

戦略的創造研究推進事業
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

研究領域「エネルギーの高度利用に向けたナノ
構造材料・システムの創製」
研究課題「界面ナノ制御による高効率な太陽光
水分解システムの創製」

研究終了報告書

研究期間 平成14年11月～平成20年03月

研究代表者：中戸義禮
(関西学院大学大学院理工学研究科、
客員教授)

1 研究実施の概要

高効率・低コストの太陽光水分解は人類の悲願であり、また石油、天然ガス等の埋蔵エネルギーの枯渇や地球環境問題が叫ばれている今日においては緊急の課題となっている。

本研究は、多結晶シリコン(Si)薄膜と可視光応答性の金属酸化物(MO_x)薄膜やリン化ガリウム(GaP)などからなる複合電極を開発し、2段階(ないしは3

段階)励起機構により、高効率・低コストの太陽光水分解(図1)を達成することを目的とした。太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率の目標値としては、実用化の可能性の目途となる(しかし現在の研究レベルから見ると画期的に高い)10%を設定し、また低コスト化の基準としては、高コスト・有毒の材料や低埋蔵量の元素を使用しないこと、また超高真空、高温などの高エネルギー消費の製造法を利用しないことを設けた。この基本方針のもとに目標効率を達成しえたならば、太陽光水分解には他にも低コスト化のメリットがあるので、この実用化もいよいよ本格的な検討の段階に入るであろうと思われる。

研究体制としては、5つの研究グループ(全体統括・太陽光水分解、多結晶 Si 薄膜製造、Si 表面ナノ制御、 TiO_2 可視光化・表面処理、シミュレーション)に分かれ、10 個の研究室が参加して、それぞれ相互に連携・協力しながら研究を進めた。「全体統括・太陽光水分解」以外の4つの研究グループは、複合電極の高性能化のための要素課題を担当し、それぞれ自由に独自の研究を進めながら、太陽光水分解グループの研究を支える形とした。

(1) 複合電極による太陽光水分解

太陽光水分解は、二つの観点から研究を行った。一つは、高効率・低コストを目標に、多結晶ないしはアモルファス Si 薄膜と可視光応答性のリン化ガリウム(GaP)とからなる複合電極を用いるものである。この系では実際に太陽光による水分解を実現し、効率 2.3-3.5 %を達成した。さらに GaP の製造法を改良すれば、目標効率 10%の達成も可能であるとの見通しを得た。もう一つは、一層の低コスト化を目標にして、リン化ガリウム(GaP)の代わりに、可視光応答性の金属酸化物(MO_x)微粒子薄膜を用いるものである。この方式は、これまでのところ、多くの努力にもかかわらず、 MO_x 微粒子薄膜として性能のよいものが見出されなかったため、効率は 1%以下に留まっている。ただし、将来、性能のよいものが見出されれば、この系は低コストの特徴をもつので、有力な方式となる。

(a) Si/GaP複合電極を用いる太陽光水分解

複合電極を構成する GaP には、いわき半導体制の LED 用 n - p GaP ウェーハを用いた。これは現時点で入手可能な唯一の n - p GaP である。この上にインジウム・スズ酸化物(ITO)薄膜をスパッタ蒸着し、さらにこの上に二酸化ルテニウム(RuO_2)微粒子を電気化学的析出法で担持して、 n - p GaP 電極とした。この n - p GaP 電極に n -Si/ p -CuI 接合(結晶 n -Si 上に真空蒸着法で p -CuI 薄膜を形成したもの)および n - i - p 接合アモルファスシリコン(a -Si)を組み合わせ、三段励起の複合電極とした(図2)。この複合電極は約 2.3 V という大きい光シフト(光起電力)を示し、これによって、この電極と白金対極とからなる電気化学セルで外部バイアスなしに可視光(太

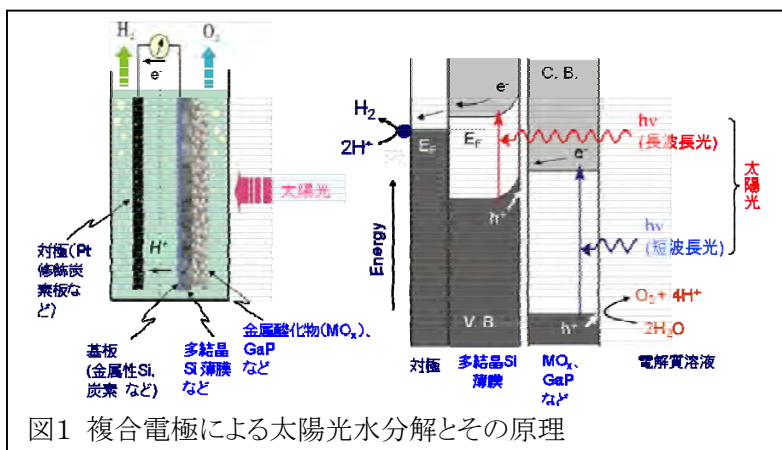


図1 複合電極による太陽光水分解とその原理



図2 複合電極による太陽光水分解(電極表面に泡の発生が見える)

陽光)のみで水の分解が可能となり、実際にこれを実施して太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率 ϕ_{chem}^s として 2.3 – 3.5 %を得た。この効率は低コスト・実用化の可能性をもつ電極のものとしては世界最高レベルの値である。しかし、目標値 10%に比べるとまだ低い。この主な原因は、今回用いた n - p GaP が LED 用のものであるため、光吸収特性が悪く、光電流が低いことによる。簡単な計算により、太陽電池用に適正に作製された n - p GaP を用いれば、光電流が大幅に増大し、効率 10% の達成も可能になるとの見通しを得た。さらに GaP には窒素ドープによるバンドギャップの縮小、光吸収係数の増大などの一層の効率向上の可能性が存在し、また埋蔵資源量も少なくない。これらの点を勘案して、“多結晶 Si 薄膜/ a -Si 薄膜/GaP”が低コスト・高効率の太陽光水分解用の複合電極として最適の組合せの一つであるという結論を得た。

(b) 一層の低コスト化をめざした太陽光水分解

本研究では、一層の低コスト化を目指して、GaP の代わりに、可視光応答性の金属酸化物の微粒子薄膜を利用する複合電極についても数多くの研究を行った。可視光応答性金属酸化物としては、 WO_3 , N-doped TiO_2 , C-doped TiO_2 , Cr,Sb-codoped TiO_2 , BiVO_4 , TaON, ZnO-GaN 固溶体, BiTiVO_6 , BiZn_2VO_6 , BiCu_2VO_6 などを検討した。このうち BiTiVO_6 , BiZn_2VO_6 , BiCu_2VO_6 は、本研究において新規に高活性な可視光応答性金属酸化物として開発したものである。特に BiTiVO_6 は既報の高活性とされている化合物より高活性であった。

上記の金属酸化物を ITO 上に塗布することにより微粒子薄膜電極を作製した。これらの電極はすべて可視光(太陽光)照射下で酸素発生による光電流を示した。そこで、この結果を踏まえて、多結晶ないしはアモルファス Si 薄膜上にこれらの金属酸化物微粒子薄膜を作製して複合電極とし、種々の条件下で光酸素発生電流を調べた。複合電極としては、 n -Si / CH_3Pt /微粒子 WO_3 、 n -Si / p -CuI /ITO/微粒子 WO_3 、 n -Si / p - a -Si:H/ITO/微粒子 WO_3 、 n - p Si / In_2O_3 /微粒子 WO_3 、 n - p Si / In_2O_3 /微粒子 TiO_2 、 n - i - p a -Si:H / ITO /微粒子 WO_3 、多結晶 n -Si /(Γ/I_3^-) //微粒子 TiO_2 など、多種類の電極を作製した。すべての電極で複合化による光シフト(光起電力)の増加がみられたが、金属酸化物薄膜電極の酸素発生光電流が低いために、太陽エネルギー変換効率はまだ低い。最も高い効率を示した n - i - p a -Si:H / ITO /微粒子 WO_3 電極でも、0.3 V のバイアス下で、変換効率 0.1%であった。ただし、将来、性能のよい金属酸化物微粒子薄膜が見出されれば、この系は低コストの特徴を持つので、有力な方式となる。

(2) 太陽光による HI の H_2 と I_2 への分解

太陽光による水分解と並んで、太陽光によるヨウ化水素(HI)の水素(H_2)とヨウ素(I_2)への分解も、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換系として重要である。この反応は複合電極にしくなくてもSi単独で達成できるという特徴をもっている。また、この系は個人家屋の屋上などでの実用化の可能性を有するほかに、試作Si電極の性能評価にも利用できる。そこで、本研究では、この系についても高効率・低コストを目標に研究を進めた。そして、内在する多くの困難を独創的なアイデアで突破して、以下のような高い効率を得た。これらはいずれも世界最高の値である。

高効率をめざした系	単結晶 Si 電極	7.4%
低コスト化をめざした系	多結晶 Si ウェーハ電極	5.4 %
	微結晶 Si 薄膜電極	2.3 %

(3) 複合電極の高性能化をめざした要素研究

(a) 高性能な微結晶 Si 薄膜の作製

大面積化・高速製膜の特徴を有する Hot-wire CVD 法を採用し、微結晶(μc)Si 薄膜の作製を行い、「太陽光水分解」グループにサンプルを提供するほか、 p - i - n 接合薄膜太陽電池を作製して、その高効率化を進めた。とくに p - i および n - i 界面の特性改善のための buffer 層導入の効果を調べ、また n 型微結晶(μc)3C-SiC:H 薄膜の最適化をはかり、これを太陽電池の n 層に世界で初めて導入して、 a -SiC:H(p)/ a -Si:H(n)/ μc -3C-SiC:H(n)の構造で、従来の p - i - n a -Si:H(0.8 V 台)に比べて非常に高い開放光電圧 0.966V を達成した。

(b) Si 表面ナノ制御

Si 表面のアルキル化は、Si電極の高性能化のほか、半導体デバイス、化学センサ、バイオセン

サなどの広い応用分野をもち、最近世界中で活発に研究されている。本研究ではアルキル化によるSi電極の性能向上を目指して研究を進めた。まず、表面にメチル化を施し白金ナノ粒子を担持した *n*-Si 電極が、高効率・安定性の両面ですぐれた電極となることを明らかにし、これをヨウ化水素(HI)の水素(H₂)とヨウ素(I₂)への太陽光分解に適用して、既述の世界最高の効率 7.4%を得た。また末端に官能基を有するアルキル基の修飾法の開拓を進め、末端に二重結合を有するアルキル基の導入に成功し、官能基置換にも成功した。エチニル基(-C≡CH)や多核金属錯体をSi表面に導入する方法の開拓も進めた。さらに活性アルキンまたはアルケンを用いることを特徴とする、温和な条件(室温、浸すだけ)で効率よく進行する新しいヒドロシリル化法を開発し、多様な官能基を末端に有するアルキル基の導入に成功した。これらの研究を通じ、本研究は、表面科学と有機化学の融合による新しい学際分野の創成にも成功した。

Siなどの半導体表面の光反射は 30%以上にも達するので、この無反射化は太陽エネルギー変換の効率向上に非常に重要である。これまで単結晶Siでは異方性アルカリエッチングを利用した表面テクスチャー化(ピラミッド化)による無反射化が図られてきたが、この方法は(100)面にのみ適用可能で、多様な面が露出する多結晶Siウエーハには適用できない。本研究では、金属微粒子担持Siを、溶存酸素を含む HF 水溶液に浸すことにより、どのSi表面にも均一に細孔が形成されることを見出し、これをもとに多結晶Siウエーハに均一に無反射処理を施す新しい方法を開発した。この方法はSiウエーハを溶液に浸すだけの簡単な処理であるが、可視光領域において 30~80%あった光反射率を 6%以下に低減し、太陽電池の効率を 5.0%から 7.3%に向上させた。

半導体表面におけるキャリア再結合の低減も高効率を得るうえで重要な課題である。本研究では、適正に調整されたシアン溶液に半導体を浸すというシアン処理による再結合低減について研究を進め、多結晶Siウエーハにおいてこの処理により開回路光電圧が向上することを見出した。さらに、この方法は、Si 表面欠陥の CN 終端化によるキャリア再結合低減のほかに、表面金属の完全除去によるSi表面清浄化や、Si表面の平坦化・凸凹化などの表面構造制御にも利用できることを見出し、多様な利用法があることを明らかにした。

Si 表面の修飾法の一つとして、*n*-Si 上に *p*-CuI を真空蒸着して作製した *n*-Si/*p*-CuI 接合も特筆に値する。これは少数キャリア支配の理想的なヘテロ接合を形成し、0.62 V という非常に高い開回路光電圧を発生することを新しく見出した。

(c) 可視光応答性金属酸化物薄膜の開発

太陽光水分解の一層の低コスト化を図るためには、先に述べたように、高活性な可視光応答性金属酸化物(MO_x) 薄膜を開発する必要がある。本研究では、文献既知の WO₃, N-doped TiO₂, C-doped TiO₂, Cr,Sb-codoped TiO₂, BiVO₄, TaON, ZnO·GaN 固溶体などの微粒子薄膜電極を作製し、活性評価をするとともに、Cr,Sb-codoped TiO₂については光エッチングにより特性が大幅に向上することを発見した。また、新規な高活性の可視光応答性金属酸化物の開拓も行い、BiTiVO₆, BiZn₂VO₆, BiCu₂VO₆などの新規化合物が既報の化合物より高活性であることを発見した。また BiInV₂O₈, BiCu₂PO₆ も可視光により水を酸化分解できることを見出した。とくに BiCu₂PO₆ はリン酸系金属酸化物として初めての例である。

高効率の金属酸化物(MO_x) 薄膜の作製に関して、液中レーザーアブレーションによる粉碎微粒子化が有効であることを明らかにした。たとえば、水中の BiVO₄ や BiZn₂VO₆ 粒子にエキシマレーザーを照射するとこれらの金属酸化物が微粒子化され、これを利用することにより良質の微粒子薄膜が作製でき、光電流が向上することを見出した。

金属酸化物薄膜の高効率化をめざして、水の光分解反応の機構の解明も進めた。まず TiO₂ 表面上の水の光分解反応について新しい分子論的機構を提唱し確立した。ついで、N-doped TiO₂ や TaON などの可視光応答性の含窒素化合物上での水分解反応の機構を考察し、これが上記の新機構によってのみ理解されることを明らかにした。この結論は高活性の可視光応答性金属酸化物の開発に新機構が有効であることを示し、重要である。また TiO₂ および TaON のナノ粒子、ナノワイヤについてフェムト秒レーザー分光法を用いてキャリアダイナミクスを観測し、光生成した電荷キャリアの挙動と寿命が形状に依存することを明らかにした。

(d) シミュレーション

複合電極による太陽光水分解の高効率化の条件を明らかにするために、種々の複合電極につ

いてデバイスシミュレーションを行った。 n - p Si/ITO/ WO_3 複合電極、 n -Si/ p -CuI ヘテロ接合太陽電池、 n -Si/ p -CuI/ITO/ n - p GaP/ITO/ RuO_2 複合電極等について、実験結果とほぼ一致する出力特性を得た。この結果を踏まえ、出力を規制しているパラメータに関して考察を行い、複合電極高性能化の条件を明らかにした。

2 研究構想及び実施体制

(1) 研究構想

本研究は、多結晶シリコン(Si)薄膜と可視光応答性の金属酸化物薄膜やリン化ガリウム(GaP)などの半導体とからなる複合電極を開発し、2段階(ないしは3段階)励起機構により高効率・低コストの太陽光水分解(図1)を達成することを目的に、研究を進めた。また、太陽光による水分解と並んで、太陽光によるヨウ化水素(HI)の水素(H_2)とヨウ素(I_2)への分解も、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換系として重要であるとの考えから、この反応系についても、当初から、高効率・低コストを目標に研究を進めた。

上記の目的のもとに、本研究では、実際に複合電極を作製し太陽光水分解を実施する研究グループと、複合電極の高性能化のための要素研究を担当する研究グループとを構想し、さらに後者には、高品質な多結晶 Si 薄膜の製造、Si 表面ナノ制御による高性能化、 TiO_2 可視光化・表面処理、複合電極動作のシミュレーションの4つの研究グループを置いて、それぞれ相互に連携・協力しながら研究を進めた。初期には 9 個の研究室が参加していたが、平成 18 年度からは 10 個の研究室が参加した。基本的な研究のスタンスとしては、「太陽光水分解」グループが中心となっており、ここが研究全体を総括・指導することとし、要素研究を担当する他の4つの研究グループは、それぞれ担当の要素課題のもとに自由に研究を進めながら、「太陽光水分解」グループの研究を支えることとした。

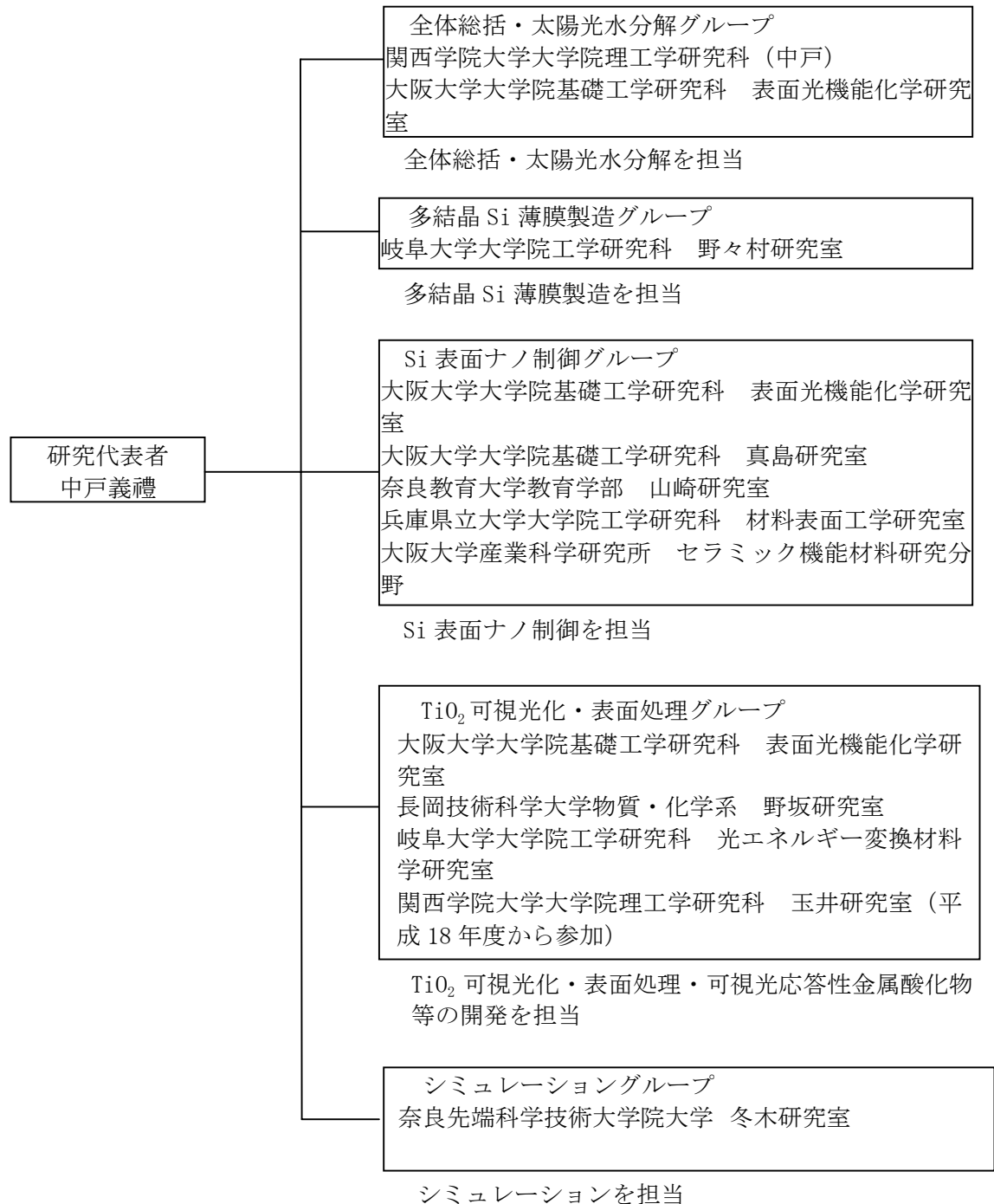
研究の初期には、要素課題にいくつか未解決の問題があり、即座に複合電極を作製することが困難であったために、要素研究に重点を置いて研究を進め、太陽光水分解グループは主に太陽光によるヨウ化水素(HI)の分解を担当した。ただし、この過程で、新たな問題が生じてきた。当初、複合電極用の半導体として念頭に置いていた微粒子 TiO_2 薄膜(窒化・可視光化したもの)では十分な性能を得ることが困難であることが判明してきたのである。たとえば、Science 誌に発表された他の研究者による C-doped TiO_2 を用いた高効率な太陽光水分解の実験結果が再現しないという事態が発生した。このため、本研究の後半では、可視光化した TiO_2 に代えて、可視光応答性の一般の金属酸化物(MO_x)や GaP などの半導体を利用する方向に計画を一部変更した。また、この困難発生のために、実際の複合電極の作製とこれによる太陽光水分解の研究は、予定より遅れて、平成 16 年度の後半から開始することになった。

研究全体としてみると、高品質な多結晶 Si 薄膜の製造および Si 表面ナノ制御に関する研究は順調に進行した。特に後者については、表面科学と有機化学の融合による新しい学際分野の創成、表面アルキル化・金属ナノ粒子担持の高効率 n -Si 電極の開発、 n -Si/ p -CuI といった高品質ヘテロ接合の発見、多結晶 Si ウエーハの無反射処理法、欠陥終端化法などの他分野に波及効果をもたらす新しい方法の開発など、多くの研究の核が生まれ、予想外の新展開も見られた。

一方、金属酸化物による可視光水分解については、上述のように困難が発生し、研究計画に一部変更が生じた。しかし、この変更によって、幸い、太陽光水分解の達成にも成功し、また BiTiVO_6 、 BiZn_2VO_6 、 BiCu_2VO_6 などといった新規な高活性の可視光応答性金属酸化物の発見にも至った。特に BiTiVO_6 は高活性で、この研究成果は、本研究とは別に、環境浄化用の光触媒として(株)竹中工務店との共同研究に発展している。

またシミュレーションについても、初期には、実験結果を再現できないという予想外の困難に遭遇した。これは、初期には、電解質溶液を組み込んだ電極系のモデル化をめざしたためで、ここには電気二重層を正當に取り入れられないという現在のシミュレーション技術では早急の解決が難しい問題があることが後で判明した。そこで、本研究の後半には、複合電極を p - n 接合の組合せとしてモデル化する方針に切り替え、これによって多くの複合電極についてシミュレーションに成功することができた。

(2)実施体制



3 研究実施内容及び成果

3.1 全体総括・太陽光水分解（関西学院大学、大阪大学 全体総括・太陽光水分解グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

太陽光水分解については、二つの観点から研究を進めた。一つは、高効率・低コストを目標に、多結晶ないしはアモルファス Si 薄膜と可視光応答性のリン化ガリウム(GaP)とからなる複合電極を利用するものである。もう一つは、一層の低コスト化を目標として、リン化ガリウム(GaP)の代わりに、可視光応答性の金属酸化物(MO_x)微粒子薄膜を利用するものである。

(a) Si / GaP 複合電極を用いる高効率・低コストの太陽光水分解

複合電極用の *n-p* GaP には、前述のように、いわき半導体制の LED 用のものを用いた。このほかに、市販の *n*-GaP 上に Hot-wire CVD 法で微結晶 *p*-Si:H もしくは *p*-SiC_x:H 薄膜を形成する、あるいは真空蒸着法で *p*-CuI 薄膜を形成する等の方法でヘテロ *n-p* 接合の形成も試みたが、良好な結果は得られなかった。*n-p* GaP 電極は、上記の *n-p* GaP 上に酸化インジウム・スズ(ITO)薄膜(厚さ約 500 nm)をスパッター蒸着し、この上に酸素発生触媒として二酸化ルテニウム(RuO₂)微粒子を担持して作製した。RuO₂の担持は塩化ルテニウム溶液の塗布・加熱酸化もしくは電気化学的析出法により行った。この *n-p* GaP 電極は、0.1 M Na₂SO₄ 水溶液中で、約 1.2 V の光シフト(光起電力)および約 3.7 mA/cm² の飽和光電流を示し、電極表面からは酸素の泡が発生するのが観測された。光電流は長時間(24 h 以上)安定であった。

外部バイアスなしに太陽光のみによる水分解を達成するためには、さらに大きな光シフト(光起電力)を得る必要がある。そこでSiとの複合電極を作製した。*n-p* GaP 電極と複合させるSiには、市販の *n-p* 接合結晶 Si、ホームメイドの *n*-Si/*p*-CuI 接合、および岐阜大・野々村研作製の *n-i-p* 接合アモルファスシリコン(a-Si)を用いた。特に、*n*-Si/*p*-CuI ヘテロ接合は、本研究において新しく開発した高性能ヘテロ *n-p* 接合で、水素終端化結晶 *n*-Si ウエーハ上に *p*-CuI 薄膜を真空蒸着法で形成することにより作製した。この接合は 0.62 V という結晶 *n*-Si を用いるものとしては非常に高い開回路光電圧(*V*_{oc})を発生し、*n-p* GaP 電極との複合に有効であった。

図3に、*n-p* GaP 電極に *n*-Si/*p*-CuI 接合と *n-i-p* 接合アモルファスシリコン(a-Si)とを組み合わせた三段励起の複合電極の断面模式図を示す。絶縁封止等は簡単のために省略してある。図4には、0.1 M Na₂SO₄ 水溶液(pH 6.3) 中における、この複合電極の酸素発生光電流—電位曲線を示す。-1.7 V vs. Ag/AgCl 付近より光電流が立ち上がり、-1.2 V 付近で飽和(光強度律速)に達している。白金対極での水素発生電流は-0.7 V で立ち上がるので、図3の電極で外部バイアスなしに太陽光のみで高効率に水を酸素と水素に分解できることが分かる。太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率 ϕ^{chem} は次式により計算した。

$$\phi^{\text{chem}} = \frac{j(\text{mA/cm}^2) \times (\Delta G^0/e) (\text{V})}{\text{solar energy (100 mW/cm}^2)} \times 100 (\%)$$

ここに ΔG^0 は水分解反応 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ のギブズエネルギーで 1.23 eV である。いくつかの電極で実験を行った結果、 ϕ^{chem} として 2.3 – 3.5 % を得た。表 1 に、これまで世界で報告されている主な太陽光水分解系の効率をまとめて示す。これからも分かるように、上記の効率は、低コスト・実用化の可能性をもつ電極の値としては世界最高レベルのものである。

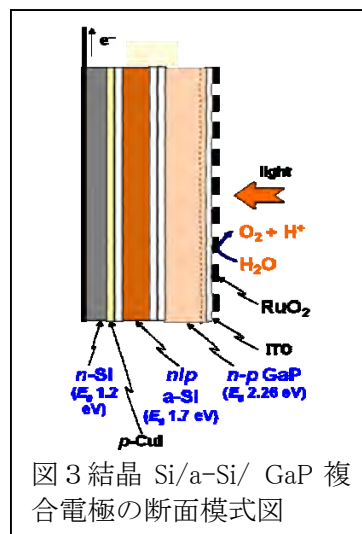


図3 結晶 Si/a-Si/ GaP 複合電極の断面模式図

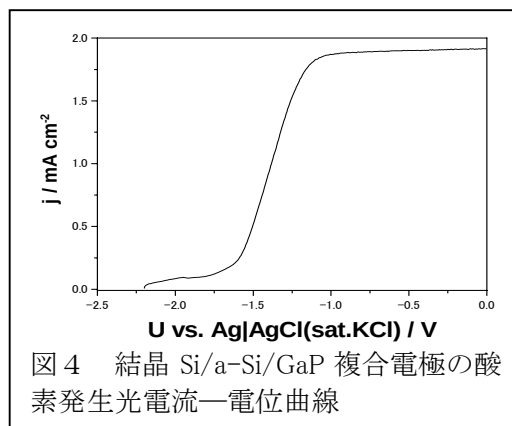


図4 結晶 Si/a-Si/GaP 複合電極の酸素発生光電流—電位曲線

表1 これまでに報告されている主な太陽光水分解系の効率（▲印：当研究での成果）

光電極	変換効率 ϕ^s (%)*	研究者（論文）
n -TiO ₂	~0.4**	Fujishima & Honda (Nature '72)
p c-Si/ n -pin a-Si/Pt	2.93	Matsumura, Nakato, et al. (CJC '88)
pin-pin-pin a-Si/Pt	5	Bockris, et al. (APL '89)
p -n c-GaAs/ p -Ga _x In _{1-x} P/Pt	12.4	Turner, et al. (Science '98) 高品質高価電極
TiO ₂ :dye/ Γ /I ₃ ⁻ // Si-Fe ₂ O ₃		Cesar, Grätzel, et al.
TiO ₂ :dye/ Γ /I ₃ ⁻ // S-TiO ₂		Arakawa, et al.
n c-CuInGaSe ₂ // doped TiO ₂		Tributsch, et al.
TiO ₂ :dye/ Γ /I ₃ ⁻ // WO ₃	~1.9	Park, Bard (ESSL '06)
2 段 n - i - p a-SiGe // WO ₃	~3	Miller, et al. (ESSL '05)
▲ n c-Si:CH ₃ ,Pt / WO ₃		Nakato, et al.
▲ n - i - p a-Si/ WO ₃	0.1**	Nakato, et al.
▲ n - p c-Si/ WO ₃	0.04**	Sugiura, et al.
▲ n - i μ c-Si/ Γ /I ₃ ⁻ // TiO ₂	0.025	Yae, et al.
▲ n - i - p a-Si/ n - p GaP/RuO ₂	1.4	Nakato, et al.
▲ n - p c-Si/ n - i - p a-Si/ n - p GaP/RuO ₂	2.3-3.5 (適正な n - p GaP で 10)	Nakato, et al.

*太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率

**外部バイアス印加下での効率

上記の電極とは別に、 n - p GaP 電極に n - i - p a-Si だけを組み合わせた二段励起の複合電極でも、外部バイアスなしに太陽光水分解を実現することができた。ただし、この場合は、光シフトが小さくなり、 ϕ^s_{chem} は 1.4 % に低下した。しかし、今後、電極作製の改良により大幅な特性の改善が見込まれるので、この型の電極も有望と思われる。

上に述べた効率は目標値 10% に比べるとまだ低い。この主な原因は、今回の研究では n - p GaP 電極として LED 用に作製されたものを転用したためである。図5に、 n - p GaP 電極の酸素発生光電流の分光感度曲線を示す。これから分かるように、500-600 nm の波長の光のみが働き、本来光電流に寄与すべき 400- 500 nm の光が有効に働いていない。このため光電流が低くなり、効率が低下している。簡単な計算により、太陽電池用に適正に作製された n - p GaP を用いれば、光電流が大幅に増大し、効率 10% の達成も可能になるとの見通しを得た。

さらに GaP には窒素のドーピングによるバンドギャップの縮小、光吸収係数の増大などの一層の効率向上の可能性が存在する。また埋蔵資源量も少なくなく、P のクラーク数は 0.08 で Zn の 20 倍であり、Ga のクラーク数は 0.001 で、Zn の 4 分の 1、Pb と同程度、In の 100 倍である。これらの諸点を考慮すると、“多結晶 Si 薄膜/a-Si 薄膜/GaP” は低コスト・高効率の太陽光水分解用の複合電極として最適の組合せの一つであると結論できる。

図6に、図3の複合電極の酸素発生光電流の安定性を示す。酸素発生による電極表面での泡の発生のため光電流は減少するが、泡を取ってやると光電流は回復する。電極自身は長時間安定であった。

(b) 一層の低コスト化をめざした太陽光水分解

本研究では、一層の低コスト化を目指して、GaP の代わりに、可視光応答性の金属酸化物微粒

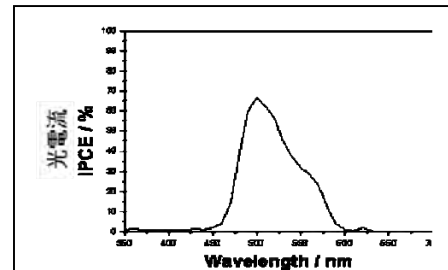


図5 n - p GaP/ITO/RuO₂ 電極の光電流の分光感度曲線

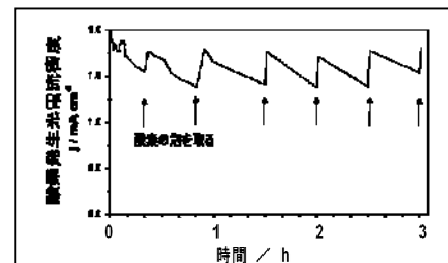


図6 結晶 Si/a-Si/GaP 複合電極の光電流の安定性

子薄膜を利用する複合電極についても数多くの研究を行った。可視光応答性金属酸化物としては、 WO_3 、N-doped TiO_2 、C-doped TiO_2 、Cr, Sb-codoped TiO_2 、 BiVO_4 、TaON、 $\text{ZnO} \cdot \text{GaN}$ 固溶体、 BiTiVO_6 、 BiZn_2VO_6 、 BiCu_2VO_6 などを詳しく検討した。このうち BiTiVO_6 、 BiZn_2VO_6 、 BiCu_2VO_6 は、本研究において独自に新規の高活性な可視光応答性金属酸化物として開拓したものである。特に BiTiVO_6 は既報の高活性とされているものより高活性であった。

金属酸化物の活性評価は、ITO 上に微粒子薄膜電極を作製し、電解質水溶液中で光電流を測定することにより行った。上記の可視光応答性の金属酸化物は、すべて酸素発生による光電流を示した。そこで、この結果を踏まえて、多結晶ないしはアモルファス Si 薄膜上にこれらの金属酸化物の微粒子薄膜を作製して複合電極とし、種々の条件下で光酸素発生電流を調べた。複合電極としては、 $n\text{-Si} / \text{CH}_3\text{Pt} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 、 $n\text{-Si} / p\text{-CuI} / \text{ITO} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 、 $n\text{-Si} / p\text{-a-Si:H} / \text{ITO} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 、 $n\text{-p Si} / \text{In}_2\text{O}_3 / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 、 $n\text{-p Si} / \text{In}_2\text{O}_3 / \text{微粒子 } \text{TiO}_2$ 、 $n\text{-i-p a-Si:H} / \text{ITO} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ など、多種類の電極を検討した。すべての複合電極で二段階励起による光シフト(光起電力)の増大を示したが、金属酸化物薄膜の酸素発生光電流密度が向上せず、これがネックとなって、効率はまだ低い。図 7 に、最もよい特性を示した $n\text{-i-p a-Si} / \text{ITO} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 複合電極の断面模式図を示す。また、図8には、0.1 M Na_2SO_4 中におけるこの電極の酸素発生光電流—電位曲線(実線)を示す。この結果から、エネルギー変換効率は、0.3 V のバイアス下で約 0.1%と計算された(表1)。

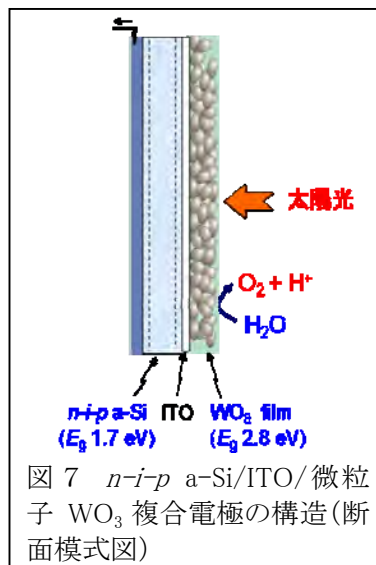


図 7 $n\text{-i-p a-Si} / \text{ITO} / \text{微粒子 } \text{WO}_3$ 複合電極の構造(断面模式図)

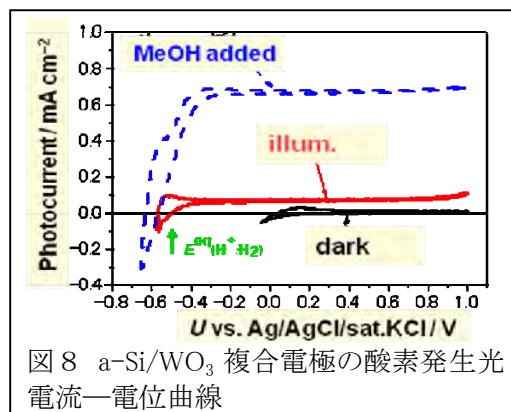


図 8 $\text{a-Si} / \text{WO}_3$ 複合電極の酸素発生光電流—電位曲線

可視光応答性の金属酸化物光触媒による水の光分解は、最近、注目を集め、効率のよい系は Nature, Science 等の有名雑誌に発表されている。しかし、本研究における評価から見る限り、活性はまだ十分でない。ただし、将来、性能のよい金属酸化物微粒子薄膜が見つければ、この系は低コストの特徴を持つので、一躍有力な方式となる可能性がある。

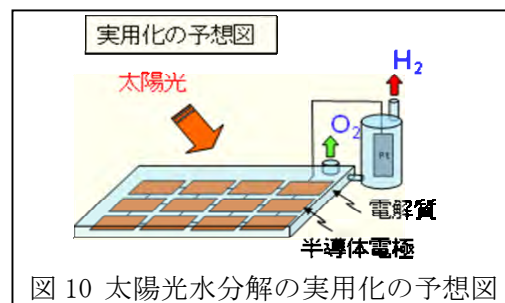
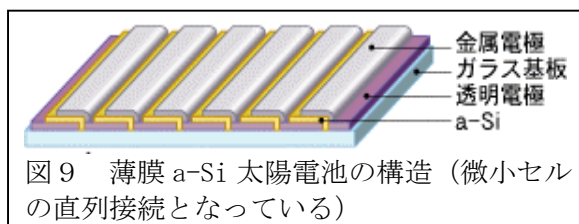
(c) 太陽光による HI の H_2 と I_2 への分解

すでに述べたように、太陽光による水分解と並んで、太陽光によるヨウ化水素 (HI) の水素 (H_2) とヨウ素 (I_2) への分解も、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換系として重要である。この反応は、複合電極にしなくても、Si 単独で達成できるという特徴をもつ。また、この系は個人家屋の屋上などでの実用化の可能性を有するほか、試作 Si 電極の性能評価にも利用できる。そこで、この系についても高効率・低コストを目標に研究を進めた。特に、本研究グループでは、単結晶 $n\text{-Si}$ 電極を用いて、この反応系の高効率化と安定化に関する基礎を確立することを目的に研究を進めた。この結果、内在する多くの困難を独創的なアイデアで突破して、長期の安定化を達成するとともに、単一の半導体を用いた太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率としては世界最高の 7.4% という値を得た。研究実施の詳細については、Si 表面ナノ制御グループの成果報告の欄で述べる。

(2) 研究成果の今後期待される効果

太陽光による水の分解は、太陽電池と水電解装置とを組み合わせた技術と競合する関係にある。将来どちらの技術が優先するかは、効率、安定性、コストの面で、どちらの技術が優れた方式を生み出せるかにかかっている。太陽電池、特に低コストをめざした薄膜太陽電池には、電流収集の面で大きな困難がある。これは透明導電膜が必須で、かつこれが高価であることによる。さらに、透明

導電膜の電導性が十分でないため、大面積化による電流の増加（オーミックロスの増加）を防ぐために、微小太陽電池を直列に接続するという工夫がなされている（図 9）。このため、この方式は複雑さのほかに、直列接続の微小太陽電池のうちのどれか一つが劣化すると直列接続の微小太陽電池の全体の性能がダウンするという大きな問題を抱えている。太陽光水分解は、電流収集の必要がないため、透明導電膜も不要で、上記のような問題はない。また半導体を水に接触させるだけなので、微粒子膜等の安価な半導体を容易に利用できるという大きな利点をもつ（図 10）。これらを考慮すると、太陽光水分解は、有効な電極さえ開発されれば、実用化に向けて大きな可能性を持つといえる。



本研究がスタートした後、ブッシュ大統領のソーラ・ハイドロジャンの声明などもあって、最近、本研究と類似の低コスト化をめざした複合電極による太陽光水分解の研究が世界各地で行われるようになった（表 1 参照）。これらの複合電極では、二段の a-Si 太陽電池と WO_3 薄膜電極との複合、二段の色素増感太陽電池と Si-doped Fe_2O_3 薄膜電極との複合などが用いられていて、複合する半導体のそれぞれを最適条件で作製できるように、個々に分離して作製できる型の電極とし、導線で結んで複合している。このため、本研究の *n-i-p* a-Si/ITO/微粒子 WO_3 複合電極より高い効率を示している（本研究の複合電極では a-Si と WO_3 とが一体となっているので、簡便型であるが、 WO_3 膜を作製するときに a-Si を劣化させる高温を使えないなどというような作製条件の制限がある）。しかし、金属酸化物薄膜を用いる方式の実用化には、何よりもまず、高い効率の可視光応答性金属酸化物を開発することが先決である。この点をはっきりさせたことも本研究の大きな意義である。

本研究の“多結晶 Si 薄膜/a-Si 薄膜/GaP”複合電極は、バンドギャップ (E_g) が 1.1 eV, 1.7 eV, 2.26 eV の組合せとなっていて、太陽光を有効に波長分割して利用している。このため、先にも述べたように、適正に製造された GaP を用いれば、10%という高い効率を達成することも可能である。また GaP には、窒素のドーピングによるバンドギャップの縮小および光吸収係数の増大などの一層の効率向上の可能性が存在し、資源埋蔵量も少なくない。したがって、本研究で開発したこの複合電極は、新しい有力な複合方式として、今後発展することが期待される。

3.2 多結晶 Si 薄膜製造（岐阜大学 多結晶 Si 薄膜製造グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

本研究グループは、「全体総括・太陽光水分解」グループに、*n* 型結晶 Si/*p* 型アモルファス Si ヘテロ接合、*n-i-p* 接合アモルファス Si、*n-i-p* 接合微結晶 Si などのサンプルを提供すると同時に、アモルファスおよび微結晶 Si 薄膜の高品質化を目的として、*p-i-n* 接合薄膜 Si 太陽電池を作製し、その高効率化をはかった。以後、水素化アモルファス Si を a-Si:H、水素化微結晶 Si を μc -Si:H と表記する。これらの製造には、高速、大面積化の特徴をもつ Hot-wire CVD 法（過熱したフィラメントで SiH_4 などの反応性ガスを熱分解して、薄膜として堆積させる方法）を用いた。

Hot-wire CVD 法による μc -Si:H の製膜において、原料ガスにはモノシランガスのみを用いた。発電層としてのアンドープ膜 (*i* 層) の製膜では、製膜条件が基板温度 $\sim 300^\circ C$ 、フィラメント温度 $1750^\circ C$ にて、製膜速度 $\sim 3 \text{ \AA/s}$ を得て、欠陥密度を $\sim 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ まで低減することができた。この μc -Si:H 薄膜を発電層に用いた Al / ZnO / μc -Si:H(*p*) / μc -Si:H(*i*) / μc -Si:H(*n*) / ZnO / Ag / SnO_2 / glass の構造を有する太陽電池において変換効率は 3.49% ($FF=56\%$, $J_{sc}=11.32 \text{ mA/cm}^2$, $V_{oc}=0.55 \text{ V}$) まで到達した。

この成果をもとにした μc -Si:H 薄膜の HI 太陽光分解および水分解用複合電極への応用にあた

り、当初は堆積した Si 薄膜が剥離する問題が生じた。この原因として、透明電極保護膜として用いていた材料がヨウ化水素電解質溶液中にて溶解するためと考えられた。この問題を解決するために、透明電極の保護膜として化学的に安定な TiO_2 を堆積させることを試みた。その結果、溶液中での Si 薄膜の剥離が抑止可能であることがわかり、以下の成果につながった。

はじめに、世界で初めて $\mu\text{c-Si:H}$ 薄膜の太陽光 HI 分解デバイスへの展開を行った。 $\mu\text{c-Si:H}$ 薄膜の i - n 接合を本研究グループで作製し、 i 層表面への Pt 担持および発電特性の測定は兵庫県立大学の八重真治准教授の研究室にて行い、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率 2.3%を得るまでに至った。

一方、太陽光水分解複合電極への応用には大きな開放電圧が必要とされる。このため、発電層にはアモルファスシリコンを使用し、ドーピング層には低抵抗かつ広いバンドギャップをもつ n 型微結晶立方晶 $\text{SiC:H}(\mu\text{c-3C-SiC:H})$ 薄膜を使用した太陽電池の作製を行った。 $\mu\text{c-3C-SiC:H}$ の製膜には従来のドーピング層用材料と比較してさらに高い水素希釈率(高い原子状水素密度)が必要とされる。透明電極上に直接製膜した場合には透明電極表面が原子状水素により還元されて黒い金属色が現れ、結果として光透過率が低下する問題が生じる。この問題を解決するために、保護膜として酸化チタン薄膜を透明電極上にコーティングし、その上に $\mu\text{c-3C-SiC:H}$ 薄膜の堆積を行った。試料は製膜後も高い光透過率($\sim 70\%$)を維持し、酸化チタン薄膜は還元抑止膜として有効であることが確認でき、透明電極上への $\mu\text{c-3C-SiC:H}$ 薄膜の堆積が可能であることがわかった。この成果をもとに、酸化チタンコーティングを行った透明電極基板上に $\text{Al} / \text{ZnO} / \text{a-SiC:H}(p) / \text{a-Si:H}(i) / \mu\text{c-3C-SiC:H}(n) / \text{TiO}_2 / \text{SnO}_2 / \text{glass}$ の構造を有する太陽電池を作製し、通常のアモルファスシリコン太陽電池より高い開放電圧 0.966V (変換効率 4.49%、短絡電流密度 $8.01\text{mA}/\text{cm}^2$ 、曲線因子 0.582) を得た(図 11)。すなわち、透明電極上に n 型 $\mu\text{c-3C-SiC:H}$ 薄膜を使用したアモルファスシリコン太陽電池を世界で初めて実現し、 $\mu\text{c-3C-SiC:H}$ 薄膜をドーピング層に使用したアモルファスシリコン太陽電池として世界最高の開放電圧を得た。なお、このアモルファスシリコン太陽電池を太陽光水分解用複合電極としてグループ内への提供を行った。

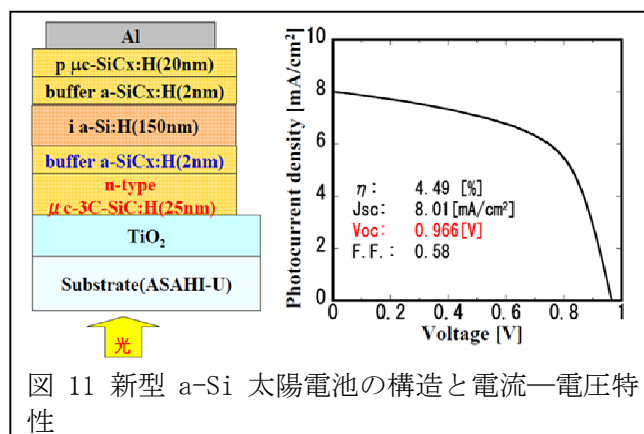


図 11 新型 a-Si 太陽電池の構造と電流－電圧特性

さらに、上記の太陽電池の i 層膜厚を変えて(トップセル: 900 Å、ボトムセル: 3500 Å)直列に接続した 2 接合型タ

ンデム太陽電池の作製を行った。この太陽電池には中間層として、電子ビーム蒸着法により作製した酸化チタン薄膜を用いた。 $\text{Al} / \text{ZnO} / p\text{-}i\text{-}n / \text{TiO}_2 / p\text{-}i\text{-}n / \text{TiO}_2 / \text{SnO}_2 / \text{glass}$ の構造を有する太陽電池において、開放電圧が 1.73V(変換効率 5.31%、短絡電流密度 $4.96\text{mA}/\text{cm}^2$ 、曲線因子 0.62)に達した。

酸化チタン薄膜を太陽電池用の透明電極保護膜や中間層として用いる場合、低抵抗であることが要求される。最後に、このことに関する成果をまとめる。電気伝導度を改善するために、Nb ドープ率を変化させて酸化チタン薄膜を電子ビーム蒸着法により作製した。膜中の Nb 含有量が 4at% では高い光透過率($\sim 80\%$)が維持され、かつ、作製時の基板温度が 500°C において $\sim 10^{-2} \text{ S}/\text{cm}$ 、 300°C において $\sim 10^{-6} \text{ S}/\text{cm}$ の電気伝導度を有する酸化チタン薄膜を得ることができた。なお、これらの酸化チタン薄膜の製膜速度は $\sim 0.05 \text{ nm}/\text{s}$ であった。

さらなる低抵抗化、製膜速度の改善および実用化のための大面積化を可能とするために、世界で初めて Hot-wire CVD 法による酸化チタン薄膜の作製も試みた。原料ガスとしてチタニウムテトライソプロポキシド(TTIP)を用いた。TTIP の使用にはアルゴンをキャリアーガスとしたバブリング法を利用した。フィラメント材料には高融点金属であるレニウム、タンタルおよびタングステン等を使用した。基板温度 500°C 、フィラメント温度は 1700°C で作製した酸化チタン薄膜において、 $\sim 1\text{nm}/\text{s}$ の製膜速度を実現した。X 線回折測定の結果よりアナターゼ型の微結晶化が確認でき、また、シェラー

の式を用いて求めた結晶粒径は 40~50nm(電子ビーム蒸着の場合は~30nm)であった。これらのことから電子ビーム蒸着法よりも速い製膜速度において、高い結晶性のアナターゼ型微結晶酸化チタン薄膜が得られることがわかった。

(2)研究成果の今後期待される効果

2接合型のタンデム太陽電池において、開放電圧は現段階で 1.73V にとどまっているが、タンデム型太陽電池での開放電圧の値は理論的にはトップセルとボトムセルの太陽電池の和になる。今後さらなる最適化を行えばシングルセルでの開放電圧(0.966V)の2倍の約 1.9V が期待できるために、2 接合型シリコン系薄膜太陽電池単独での太陽光水分解デバイスへの応用も可能となると思われる。

一方、透明電極の保護膜として化学的に安定な酸化チタン薄膜を堆積することにより、酸性溶液(ヨウ化水素)中でのシリコン薄膜の剥離およびシリコン製膜時の原子状水素による還元を抑止できることを明らかにした。本研究では基板として透明電極を使用した。今後安価な金属基板等に酸化チタンをコーティングすることにより、化学的に安定な基板として使用できることが期待される。また Hot-wire CVD 法による酸化チタン薄膜の製膜では、(プラズマ等を使用しない)フィラメントによる原料ガス分解のため、基板の形状や種類の選択に自由度が高く、大面積化にも対応可能と考えられる。

3. 3. Si 表面ナノ制御 (大阪大学 3 研究室 奈良教育大学 兵庫県立大学 Si 表面ナノ制御グループ)

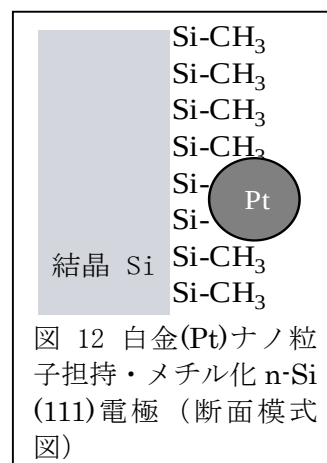
(1) 研究実施内容及び成果

当グループには多くの研究室が参加し、内容が多岐にわたるため、5つの項目(5つの研究室)に分けて記述する。

(a) Si の表面修飾による高性能化とヨウ化水素の太陽光分解(大阪大学 表面光機能化学研究室)

Si 表面のアルキル化は、Si電極の高性能化のほか、半導体デバイス、化学センサ、バイオセンサなどの広い応用分野をもち、最近世界中で活発に研究されている。本研究グループでは、以下に述べるように、物理化学系1研究室と有機化学系2研究室がこの課題に取り組み、アルキル化によるSi電極の性能向上を目指して研究を進めた。これにより、電気化学、表面科学と有機化学の融合による新しい学際分野の創成に大きく貢献した。

まず物理化学系の表面光機能化学研究室では、鎖長の異なるアルキル基 (C_nH_{2n+1} , $n=1, 4, 6$) で修飾し白金ナノ粒子を担持した n-Si(111)電極を作製し、アルキル鎖長、アルキル基や金属微粒子の被覆率、これらの分布の光電流-電位特性や電極の安定性に及ぼす影響を検討した。Si には市販の n-Si (111) 単結晶 (抵抗率: 3.81~4.09 Ω cm、厚さ: 400 μ m) を用いた。アルキル化は以下の手順で行った。まず n-Si (111) を RCA 洗浄後、5% HF および 40% NH_4F でエッチングすることにより、原子レベルで平坦化され、かつ水素終端化されたSi表面(以下、n-Si (111)-H と略記)を得た。次に、この n-Si (111)-H に sat. PCl_5 / $PhCl$ 中で光照射して、Si表面を塩素終端化した。これを $C_nH_{2n+1}Li$ ($n=1, 4, 6$) 溶液中に浸漬させることにより、目的とする一連のアルキル修飾Si電極を得た。XPS 法を用いて決定した被覆率は、メチル化の場合で 50~70%であった。アルキル化 Si 表面への白金(Pt)ナノ粒子の担持は、 $K_2PtCl_6/LiClO_4$ 水溶液を用いて電着法により行った。このようにして作製したアルキル化・白金ナノ粒子担持 n-Si(111)電極について、種々の Γ/I_2 レドックス水溶液中で太陽電池特性を測定し、性能を評価した。この結果、数 nm のサイズの金属粒子をまばらに担持し、高い被覆率でアルキル基を結合すれば、 Γ/I_2 水溶液を電解質とした場合、高効率で安定な Si 電極が得られることを明らかに



した。

この成果を踏まえ、メチル化・白金(Pt)ナノ粒子担持の n -Si 電極(図 12)を作製し、ヨウ化水素の水素とヨウ素への太陽光分解を行った(図 13)。この電極はヨウ化水素/ヨウ素(I^-/I_2)レドックス溶液中で、高い光起電力を発生するとともに、長期の安定性も示し、擬似太陽光 AM1.5, 100 mW/cm^2 照射下で 7.4 %の太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率を与えた。この値は単一の半導体を用いた系では世界最高の効率である。

さらに、アルキル化・白金微粒子担持の n -Si 電極の種々の I^-/I_2 水溶液中での特性を詳しく検討し、アルキル基の未被覆のSi表面サイトへの I^- イオンの吸着がおこり、これがSiのバンドエッジの負方向(上方)シフトを引き起こし、電極の太陽電池特性を大きく向上させているという新しい現象を見出した。この現象はSiバンドエッジのシフトによる太陽電池特性の向上の新しい方法を与えるものとして極めて興味深い。ただし、アルキル基の未被覆のSi表面サイトが酸化されてしまうと、もはや I^- イオンの吸着は起こらなくなる。

Si の表面修飾による高性能化のもう一つの研究として、新しく n -Si/ p -CuI ヘテロ接合を開発した(図 14)。注目すべきことは、この接合が 0.62 V という結晶 n -Si を用いるもの

としては非常に高い開回路光電圧(V_{oc})を発生することである(図 15)。通常の p - n 接合 Si では約 0.59 V の V_{oc} しか発生しない。実験研究および理論計算から、この接合は少数キャリア支配の理想的な太陽電池接合を形成していることが明らかになった。この接合は水素終端化結晶 n -Si ウエーハ上に真空蒸着法で p -CuI 薄膜を形成することにより作製されるが、高い V_{oc} が発生する理由についても詳細な研究を行い、以下の要因によることを明らかにした(図 16)。

- ①水素終端化 n -Si 上に表面欠陥がない。
- ② p -CuI 薄膜が真空蒸着法というソフトな方法で形成されるため、この時にSi表面に欠陥が形成されない。
- ③ n -Si の価電子帯と p -CuI のそれとの間でエネルギーマッチングがよく、正孔の移動がスムーズである。
- ④ p -CuI の伝導帯が n -Si のそれより上にあるため n -Si からの多数キャリア暗電流密度が非常に小さくなる。

この接合は簡単に作製できて、高い性能を与えるので、 n - p GaP との組み合わせによる複合電極形成に利用された。

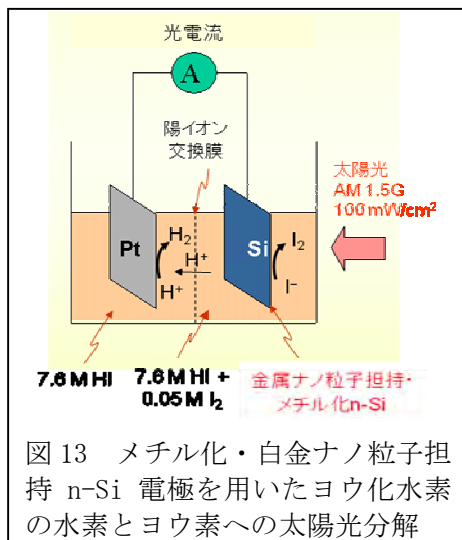


図 13 メチル化・白金ナノ粒子担持 n -Si 電極を用いたヨウ化水素の水素とヨウ素への太陽光分解

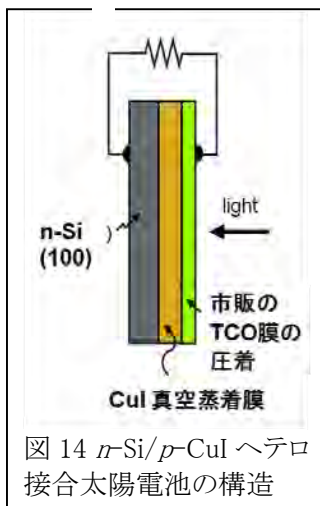


図 14 n -Si/ p -CuI ヘテロ接合太陽電池の構造

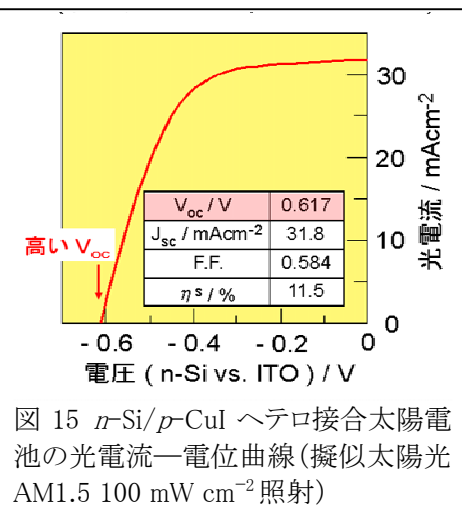


図 15 n -Si/ p -CuI ヘテロ接合太陽電池の光電流—電位曲線(擬似太陽光 AM1.5 100 $mW cm^{-2}$ 照射)

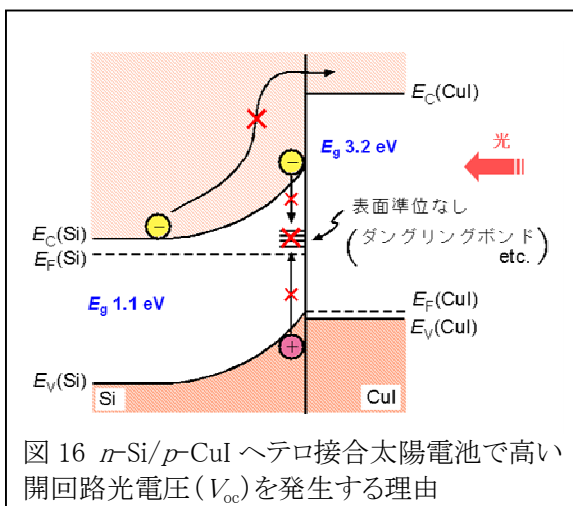
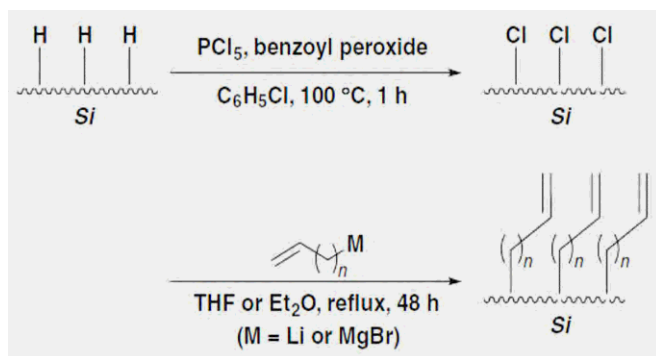


図 16 n -Si/ p -CuI ヘテロ接合太陽電池で高い開回路光電圧(V_{oc})を発生する理由

(b) 末端に官能基を有するアルキル基の修飾と光電気化学特性(大阪大学 真島研究室)

これまでに末端に種々の官能基を持つアルキル鎖のSi 表面への修飾が報告されているが、これらの研究は単発の合成および物性の報告にとどまっており、アルキル基の鎖長の変化が電極性能や官能基の機能に及ぼす影響については系統的に調べられていない。そこで本研究室では、末端に二重結合を有する種々の鎖長のアルキル基によるn-Si(111)電極の修飾を行い、この二重結合を利用して種々の官能基を導入する方法で、種々の官能基を有するアルキル鎖の修飾を行い、電気化学的特性を評価した。

実験には、(a)の研究室と同じように、n-Si (111) 単結晶を用い、表面塩素化を経由してアルキル基の導入を行った。ただし、表面塩素化は、ラジカル開始剤である過酸化水素共存下、水素化n-Siをsat. PCl_5/PhCl 中で熱処理することにより行い、ついで、この塩素化Siを $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_n\text{Li}$ 溶液中に浸漬して、目的とするアルキル修飾シリコン電極を得た(スキーム 1)。



スキーム 1

電極表面上への $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_n$ -基の修飾は、XPS, IRスペクトルにより確認した。またXPSスペクトルから、塩素化の過程で過酸化水素を用いているにも拘らず、Si表面が酸化されることが分かった。アルキル化後に、 $\text{K}_2\text{PtCl}_6/\text{LiClO}_4$ 水溶液中で電気化学的方法により白金微粒子を担持した。このSi電極の表面のSEMを、二つのアルキル基の場合について、図17に示す。白金微粒子が均一に担持されているが、アルキル鎖が長くなるほど、粒径が大きくなることが明らかになった。

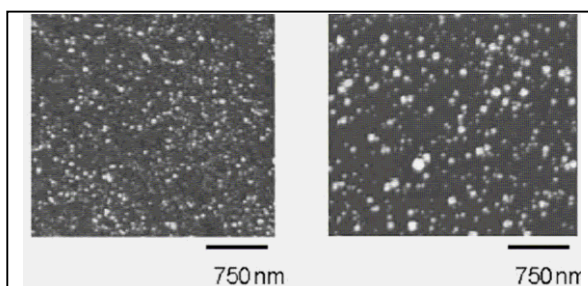


図 17 アルキル修飾・白金担持 n-Si(111)のSEM (左: $\text{CH}_2=\text{CH}-$ 基で修飾したもの、右: $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_3$ -基で修飾したもの)

末端に二重結合を有し白金ナノ粒子担持のn-Si電極の7.6M HI/0.05M I_2 水溶液

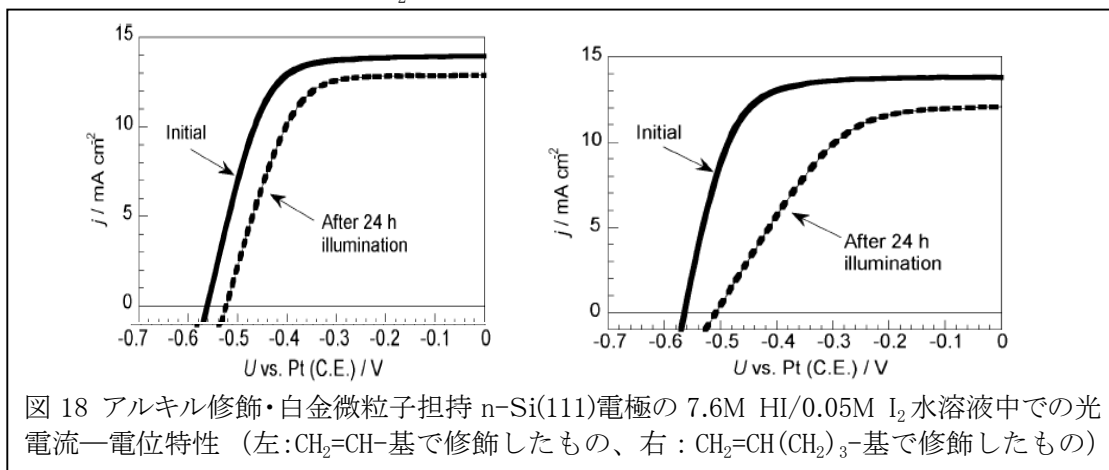


図 18 アルキル修飾・白金微粒子担持 n-Si(111)電極の 7.6M HI/0.05M I_2 水溶液中での光電流—電位特性 (左: $\text{CH}_2=\text{CH}-$ 基で修飾したもの、右: $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_3$ -基で修飾したもの)

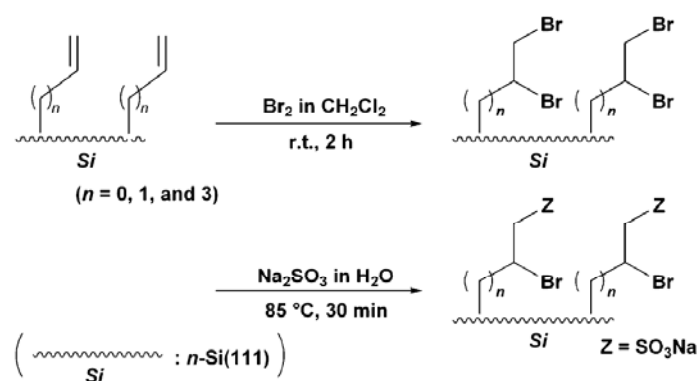
中での太陽電池特性を図18および表2に示す。基本的に二重結合を有しないアルキル基の修飾の場合と類似の結果が得られたが、詳細にみるとかなりの差異がみられた。この理由はまだ明らかになっていない。水素終端化電極に比して、開回路光電圧 V_{oc} の増加と耐酸化能(安定性)の向上が確認された。

表2 末端に種々の官能基を有するアルキル基で修飾し白金ナノ粒子を担持した n-Si (111) 電極の太陽電池特性 (AM1.5G, 100mW/cm², 7.6M HI/0.05M I₂ 水溶液中)

surface alkyl	V_{oc}/V	$j_{sc}/mA\ cm^{-2}$	FF	$\eta/\%$
CH ₂ =CH- ^b	0.562	13.95	0.665	5.21
CH ₂ =CH(CH ₂)- ^b	0.554	15.73	0.681	5.94
CH ₂ =CH(CH ₂) ₃ - ^b	0.564	13.76	0.695	5.39
CH ₂ BrCHBr-	0.475	11.12	0.513	2.79
CH ₂ BrCHBr(CH ₂)-	0.490	11.80	0.591	3.42
CH ₂ BrCHBr(CH ₂) ₃ -	0.439	12.86	0.533	3.16
CH ₂ ZCHBr- ^c	0.477	14.57	0.528	3.57
CH ₂ ZCHBr(CH ₂)- ^c	0.486	14.08	0.608	4.16
CH ₂ ZCHBr(CH ₂) ₃ - ^c	0.420	13.52	0.620	3.35
H- ^d	0.359	13.95	0.653	3.27

V_{oc} : 開回路光電圧、 j_{sc} : 閉回路光電流密度、FF: 曲線因子、 η : 太陽エネルギー変換効率、Z: SO₃Na

次に、末端C=C二重結合への付加反応を利用してアルキル鎖への臭素原子の導入を検討した。Si表面を末端C=C二重結合を有するアルキル鎖で修飾したサンプルを塩化メチレンに溶かした臭素溶液で処理することによりn-Si(111)-(CH₂)_n-CHBr-CH₂Br電極を得た。さらに、これをNa₂SO₃水溶液で処理することにより、SO₃Na基を導入した(スキーム2)。図19に示すXPSスペクトルの測定結果から、SO₃Na基の導入の際には、一つのアルキル基につく二つのBrのうち、1つが未反応のままになっていることが明らかになった。立体障害の面から考えて、外側の臭素のみが選択的に反応していると推定された。

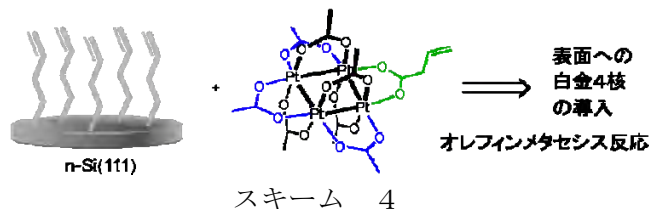
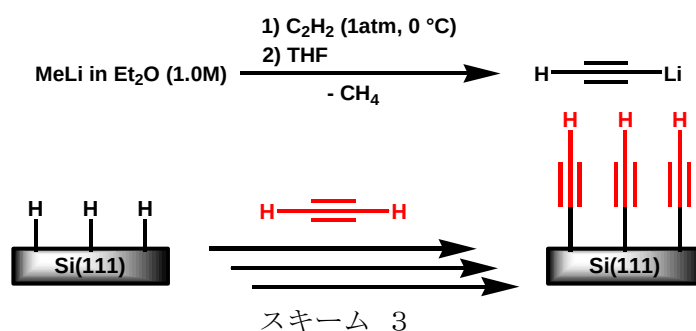
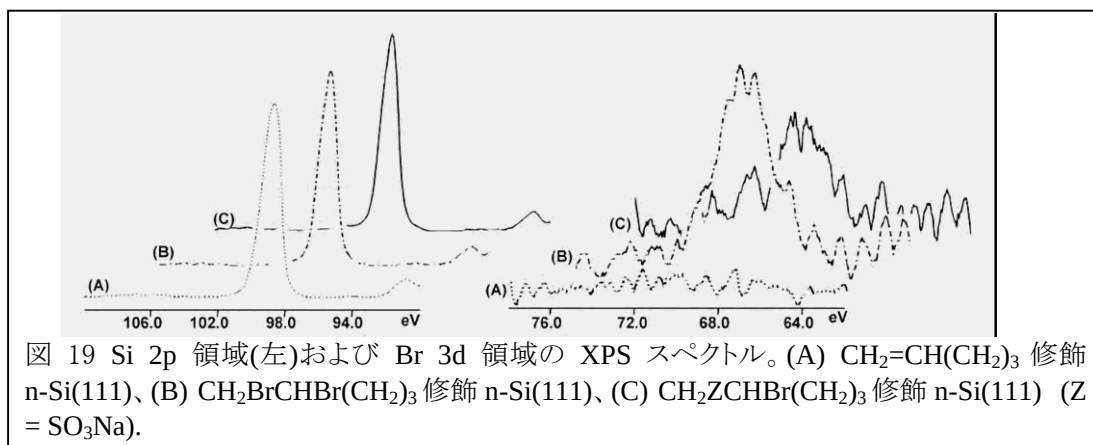


スキーム 2

末端にBrおよびSO₃Na基を導入したアルキル基により修飾し白金微粒子を担持したn-Si(111)電極の太陽電池特性を表2に示す。臭素化およびスルフォニル化を施した電極はともに、水素終端化電極に比べて V_{oc} の改善がみられたが、C=C二重結合を末端に有するものに比べると特性はよくなかった。

エチニル(H-C≡C-)基は、Si(111)上に修飾した場合、多くのアルキル基の中でアルキル基間の立体障害が一番小さく、高い被覆率での修飾が期待される。H-C≡C-Liを、スキーム3の方法に従って合成し、これを用いてエチニル基の修飾を試み、これに成功した。エチニル基修飾・白金微粒子担持n-Si電極は、メチル基修飾の場合と同様に、高い V_{oc} を示し、非常に良好な太陽電池特性

を示した。



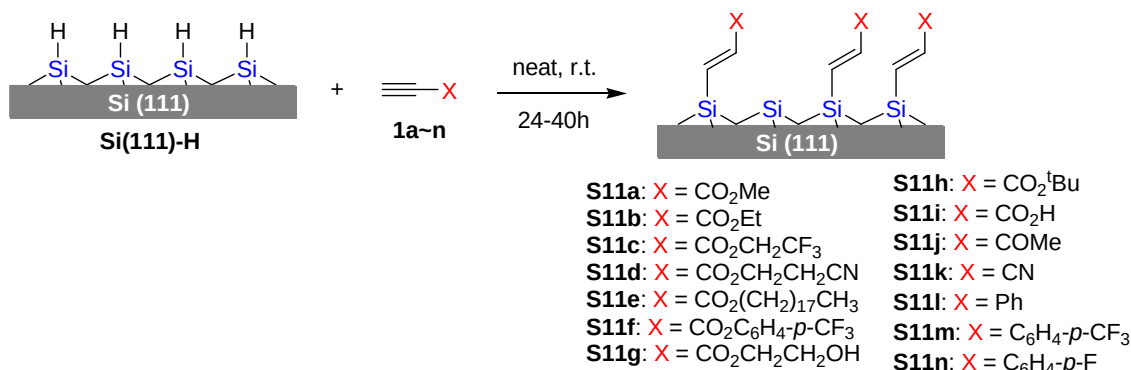
さらに最近は、末端に $\text{C}=\text{C}$ 二重結合を有するアルキル基のSi表面への導入の成功を踏まえて、これとのメタセシス反応による白金4核クラスターの導入を計画し(スキーム4)、現在白金4核クラスターを合成中である。

(c) 活性アルキンまたはアルケンを用いる新しいヒドロシリル化法の開発 (奈良教育大学 山崎研究室)

本研究室では、活性アルキンまたはアルケンを用いることを特徴とする、温和な条件(室温、浸すだけ)で効率よく進行する新しいヒドロシリル化法を考案し、これを用いて多様な官能基を末端に有するアルキル基の導入を行い、太陽電池特性を検討した。これまで知られているシリコン表面修飾法は、高温、光照射、有機金属試薬との反応を利用するものであるが、この方法では有機金属試薬と官能基との反応などのために、導入できる官能基の種類に限界が生じる。このため、より温和な条件でのSi表面修飾法の開発が望まれていた。本研究室では、エステル(プロピオール酸エステル)、シアノ、カルボキシル基、芳香族等で置換したアルキンが、置換基の効果により、ヒドロシリル化反応に対し極めて高い反応性を有することを見出し、これにより熱、光、ラジカル開始剤、金属触媒等の不要な温和な条件でのシリコン表面の有機基修飾に成功した。

たとえば、水素終端化した単結晶 Si(111) 面をエステル置換アルキンに浸し、室温で 24-40

時間、容器を緩く回転するだけで、高温や特別な光照射を用いずに、この有機基を Si 表面に導入することができる。シアノ、カルボキシル基、芳香族等で置換したアルキンについても同様である(スキーム 5)。この際、Si 表面はほとんど酸化されない。エステル基、シアノ基、カルボキシル基などの官能基は、有機金属試薬を用いる方法では、この試薬との反応のために、導入が難しい。これに対し、本研究の方法では、これらを自在に導入することができる。

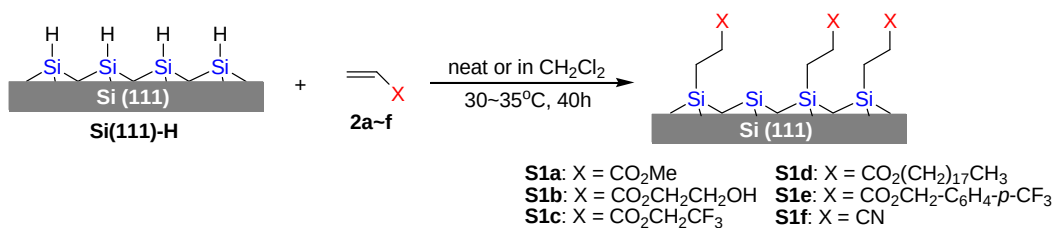


スキーム 5

被覆率は、XPS 法による Si と F または N 元素の比から、表面の有機層とその厚み、内部 Si 原子からの光電子放出を補正し、文献の方法で計算した。その結果、活性アルキンによる修飾で得た Si 表面の被覆率は約 37-56%と推定された。多結晶 Si ウエーハでも同じ方法で表面修飾できることを XPS で確認した。

表面アルキル化の反応機構を調べるため、反応時間、光の影響と被覆率の関係を検討した。また、Si 中のチャージキャリアの影響を調べるため、*n* 型に加え、*p* 型 Si 表面についても検討した。この結果、反応時間が長くなると被覆率が大きくなることが、XPS と ATR-IR 法で確かめられた。また(室内光などの)光照射の影響はほとんどないことが分かった。*n*-Si 表面と *p*-Si 表面とでは、被覆率における有意の差は見られなかった。現在のところ、後で述べるモデル化合物トリス(トリメチルシリル)シランの反応機構との類似性より、表面付近に混入している酸素を開始剤とするラジカル連鎖反応で起こっていると考えているが、詳細な解明にはさらに検討を要する。

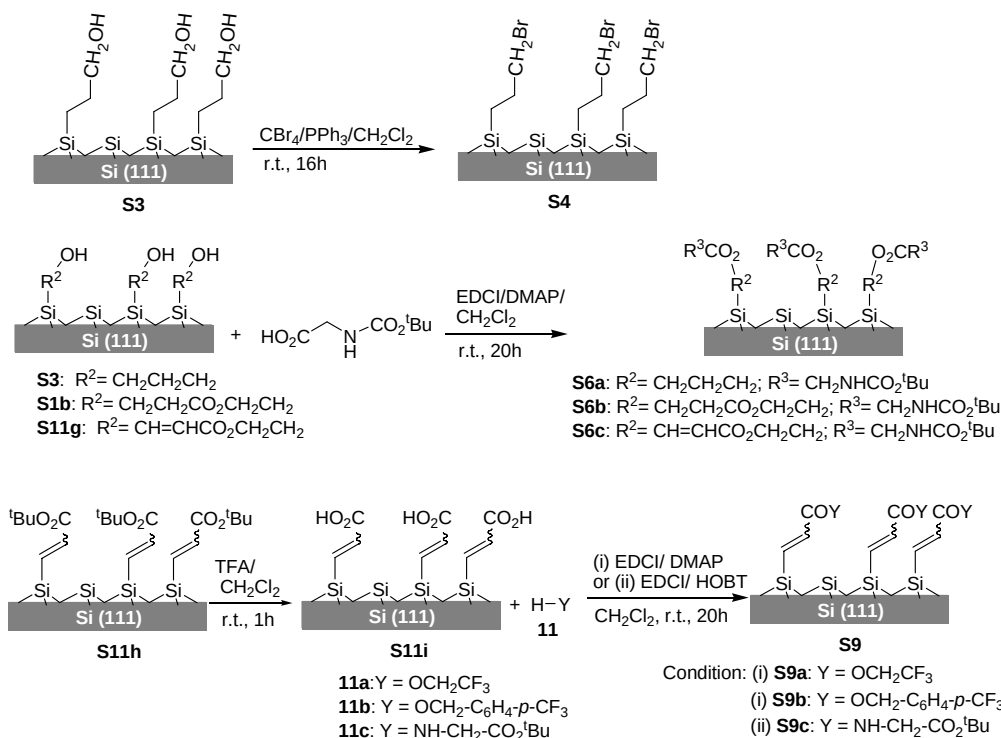
アクリル酸エステル、アクリロニトリルなどを置換した活性アルケンを用いる Si(111) 表面のヒドロシリル化も検討した。活性アルキンの場合よりもやや温度を高くしたが、それでも 30-35°C の温和な条件で反応が起こることを見出した(スキーム 6)。XPS により算出した被覆率は 19-39% となった。これより反応性は若干活性化アルキンより低いことが分かる。



スキーム 6

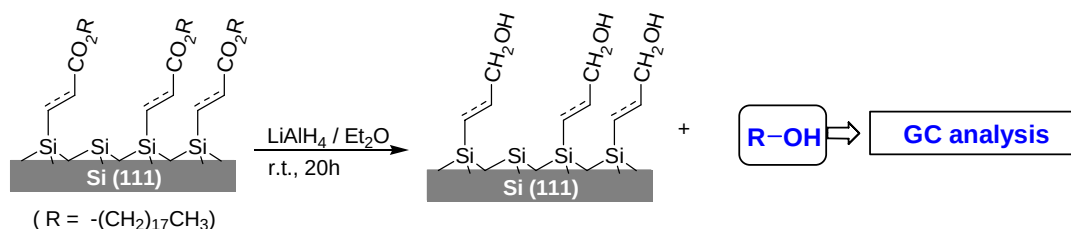
プロピオール酸エステルおよびアクリル酸エステルで置換したアルキンとの反応で得られたエステル修飾 Si 表面を用いて、種々の官能基変換(還元、求核置換、エステル化、アミド化などの官能基変換)により、有用な置換基の導入を行った。その際、用いる反応試薬、条件などは、トリス(トリメチルシリル)置換モデル分子で、C-Si、Si-Si 結合が切断されない条件を確かめてから、Si 表面に適用した。修飾 Si 表面の被覆率は XPS 等で評価した。

これにより、Si 表面上では、通常の有機反応である、還元によるアルコール生成、求核置換反応によるハロゲン化、エステル化、アミド化は問題なく起こることが確かめられた(スキーム 7)。種々の置換基をもつ Si 表面の水の接触角などによる評価も行った。さらに 7.6M HI/0.05M I₂ 水溶液中における光電極としての性能も検討した。しかし、白金微粒子の密度やサイズがアルキル置換基に依存することもあり、官能基と太陽電池特性との明確な関係はまだ見出されていない。



スキーム 7

被覆率決定の新しい方法として、エステル修飾 Si 表面から還元反応によって切り離れたアルコールの GC による定量を行った (スキーム 8)。エステル修飾両面平坦 Si (111) 単結晶表面の LAH または DIBAH による還元で、遊離したアルコールのガスクロマトグラフィによる定量で、被覆率は 24-31% であると算出された。一般に XPS や FTIR 法ではスペクトルピークの高さに感度補正が必要なため、標準サンプルがない場合には、被覆率の絶対値の決定はかなり難しい。しかし、上記の GC による方法は絶対値を与えるので、この意味で大変有効である。ただし、微量ゆえの誤差の問題は残る。

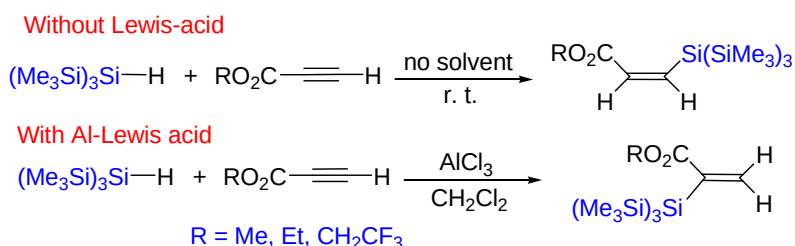


スキーム 8

これまで Si 表面のアルキル修飾を行う場合、この予備実験として Si 表面のモデル分子と考えられる Si-Si 単結合を有するトリス(トリメチルシリル)シランを用いたヒドロシリル化を検討してきた。この実験において、種々の修飾アルキンのルイス酸触媒存在下および触媒なしの条件下でのプロピオール酸エステルのヒドロシリル化で、位置選択性をアルミニウムルイス酸で制御できることがわかった。プロピオール酸メチル及びエチルエステ

ルのヒドロシリル化で、ルイス酸として 1.2 等量の塩化アルミニウムを用いた場合は α ケイ素付加が、二塩化エチルアルミニウム、塩化ジエチルアルミニウムでは、 β ケイ素付加（トランス-ヒドロシリル化）がそれぞれ選択的に起こり、位置選択性をアルミニウムルイス酸で制御できることがわかった。例外的に、2, 2, 2-トリフルオロエチルエステルでは、これらのアルミニウムルイス酸では、いずれも α ケイ素付加体を与えた。一方、ルイス酸触媒のない、溶媒も用いない条件で、エステル置換アルキンおよびフェニル置換アルキンのヒドロシリル化反応は、室温で終夜攪拌するだけで、位置選択的に進行し、 β ケイ素付加体が単一生成物として高収率で得られることを見出した。

α ケイ素付加、 β ケイ素付加の反応の選択性は、イオン反応とラジカル反応機構によってそれぞれ進行するためと説明される。ラジカル反応は、混入している酸素を開始剤としてシリルラジカルが発生する機構を理論計算による示した。また、トリフルオロエチルエステルでのアルミニウムルイス酸での α ケイ素付加選択性は、トリフルオロエチル基の電子求引性による効果から理解できる。これらの結果は、有機合成的に大変重要である。



スキーム 9

以上の研究から、従来、熱、光、ラジカル開始剤、金属触媒が必要であったヒドロシリル化について、室温で無溶媒の温和な条件で進行する効率のよいヒドロシリル化反応を確立した。

(d) 金属ナノ粒子担持、表面凸凹形状制御によるSi電極の高効率化とヨウ化水素の太陽光分解
(兵庫県立大学 材料表面工学研究室)

◆金属ナノ粒子の担持とサイズ・数密度の制御

高性能・簡便・安価・安全な方法の開拓を目標に、無電解めっきによる白金、パラジウム、銀などの担持を試みた。金属微粒子のサイズ、数密度の制御には、シリコンの表面状態制御、溶液イオン濃度やめっき時間の変化、またパルス電位印加などの手法を用いた。

フッ化水素酸を含む金属塩水溶液に単結晶 Si ウェーハを浸すだけの簡単な処理で、局部電池反応機構(ホール注入による金属の電析と注入ホールによる Si 表面の酸化と HF によるエッチング)により、白金、パラジウム、ロジウム、金、銀、銅の各種金属微粒子を担持することに成功した。Si の前処理方法を変えることで白金微粒子の数密度を $10^6 \sim 10^9$ 個 cm^{-2} の範囲で変化させ、析出時間によってサイズを変化させることができた。金属の種類によって、析出挙動が異なり、白金族と銅族の二種類に分類できることが分かった。さらに、この方法を多結晶 Si ウェーハ、微結晶 Si 薄膜に適用し、同一条件では単結晶よりも多数の金属微粒子が析出すること、前処理方法とめっき時間によって析出粒子の数密度とサイズを制御できることを明らかにした。

以上により、簡便で安価な方法で金属ナノ粒子を制御して担持するという当初の目的を達成した。これまでに、このように同一条件で多種類の金属について初期析出挙動を検討した例はない。また金属種と粒子数密度に密接な関係があることを見出し、これをもとに金属を分類するなどの新たな提案を行った。本方法は、最近、Si への金属ナノ粒子の担持法として他の研究者によっても利用されている。

◆多結晶 Si ウェーハの表面テクスチャー化(表面凹凸化)による無反射処理

Siなどの半導体表面の光反射は 30%以上にも達するので、太陽エネルギー変換において半導体の無反射処理は効率向上の上で非常に重要である。これまで単結晶Siでは異方性アルカリエッ

チングを利用した表面テクスチャー化による無反射化が図られてきたが、この方法は(100)面のみ適用可能であるため、多様な結晶面が露出する多結晶Siウエーハには適用できない。このため多結晶Siウエーハの化学的テクスチャー化に関しては、これまで適当な方法が存在しなかった。そこで、本研究室では、多結晶Siウエーハの無反射処理に関する新しい方法の探索を行い、金属微粒子担持Siを、溶存酸素を含む HF 水溶液に浸すと、どのSi表面にも均一に細孔が形成されることを見出し、これをもとに多結晶Siウエーハに均一に無反射処理を施す新しい方法を開発した。

この方法は金属微粒子を担持した Si をフッ化水素酸水溶液に浸すだけというもので、これにより Si 表面に細孔が形成され、光の反射率が低下する(図 20)。詳細な検討の結果、細孔形成は、溶存酸素と光が関

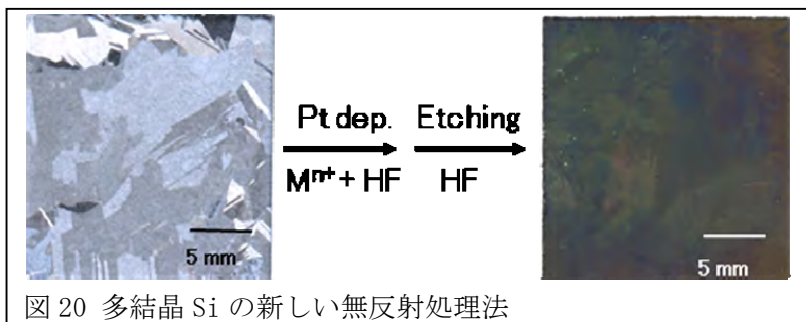


図 20 多結晶 Si の新しい無反射処理法

与する局部電池機構によるものであることが明らかになった。この方法の大きな特徴は、従来のアルカリエッチング法とは異なり、Si のどの結晶面にも同じように適用できることである。これによって多結晶 Si ウエーハに均一にテクスチャー化を施すことができる。さらに HF 溶液浸漬時の溶存酸素濃度の変化と光照射強度の制御により、ナノメートルオーダーからマイクロメートルオーダーの範囲で細孔の大きさを制御することにも成功した。

また、この方法で多結晶 n-Si ウエーハにテクスチャー化をほどこすことにより、可視光域で 30~70%もあった光反射率が 6%以下にまで大きく低減した。これにより、多結晶 Si ウエーハを用いた湿式太陽電池で、短絡光電流密度が約 20%向上した。さらに、上述の白金微粒子の数密度制御により光電流密度と開回路光電圧の向上を図り、当初3.8%であった多結晶 Si 電極の光電変換効率を7.3%に引き上げることに成功した(図 21)。

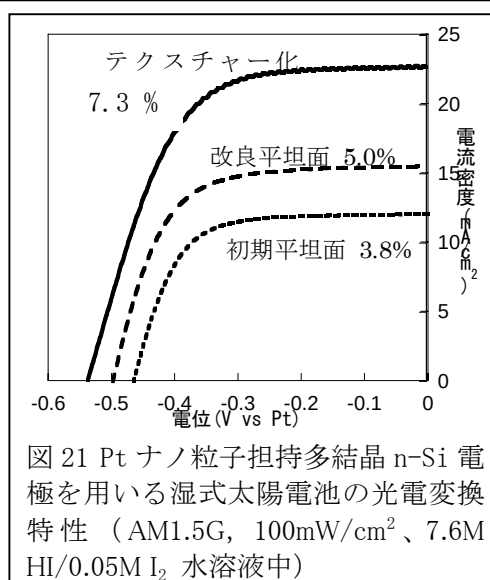


図 21 Pt ナノ粒子担持多結晶 n-Si 電極を用いる湿式太陽電池の光電変換特性 (AM1.5G, 100mW/cm², 7.6M HI/0.05M I₂ 水溶液中)

溶液に浸すだけの簡便な処理で、多結晶 Si ウエーハを効率よく無反射化できた意義は大きい。これまでの他の研究者による方法では、過酸化水素などの酸化剤を添加してエッチング速度を大幅に増大させ表面を乱れさせるなどの方法がとられているが、ウエーハ溶解による損失が大きく、また十分な無反射化は達成できていない。なお、上記の研究に関連して、当研究室では、最近、パラジウム微粒子を担持したSiでは、暗所・無酸素下でもエッチングが進行するという特異な挙動を示すことを新たに見いだした。

◆微結晶 Si 薄膜および多結晶 Si ウエーハを用いたヨウ化水素の太陽光分解

前述したように、(a)の研究室で、表面メチル化・白金ナノ粒子担持の単結晶 n-Si 電極を用いて効率のよい太陽光によるヨウ化水素の分解・水素製造に成功したが、同じことを低コスト半導体材料として注目されている多結晶 Si ウエーハや微結晶 Si 薄膜を用いて試みた。この反応は、水の分解とは異なり、Si のみで引き起こせること、生成物の水素およびヨウ素を貯蔵して、後で必要時に燃料電池を用いて電力を再生できることなどの特徴を持っている。

先に述べた方法で白金ナノ粒子を担持し表面をテクスチャー化した多結晶 n-Si 電極を作製し、ヨウ化水素酸水溶液と過塩素酸などの酸性電解質溶液とからなる2室型電解セルを用いて(図 13 参照)、前者に Si 電極を浸し、後者に白金対極を浸して、両者を短絡し、擬似太陽光を照射したところ、Si 電極から褐色のヨウ素(I₃⁻)が、対極から水素の気泡が発生し、ヨウ化水素をヨウ素・水素に

分解することができた。流れた光電流から、太陽光エネルギーから化学エネルギーへの変換効率は 5.4%と計算された。この値は世界最高の値である。

微結晶 Si 薄膜電極についても同様の実験を行った。この電極は、岐阜大学野々村研究室で作製した *n* 型微結晶 3C-SiC:H 層と *i* 型微結晶 Si:H 層からなる *n-i* 接合 Si 膜に、白金微粒子を電着して作製した。当初、基板として透明導電膜を用いた場合には、透明導電膜/微結晶 Si 界面での剥離が問題となったが、透明導電膜上に TiO₂ 薄膜を形成することにより、この問題は解決された。さらに、微結晶 Si:H 薄膜上に無電解析出法により白金微粒子を担持できること、また白金担持の *n-i* 接合微結晶 Si:H 電極が臭化水素酸やヨウ化水素酸水溶液中でリーク電流なしに安定に光電流が発生することを確認した。さらに、炭素（グラッシーカーボン）を基板に利用することにも成功し、また *i* 型微結晶 Si:H 層を 2 μm から 3 μm に厚膜化することにより光電流密度が増大するという、シミュレーションと一致する結果も得た。これらの結果を踏まえて、*n-i* 接合微結晶 Si:H/Pt 電極と 7.6M HI/0.05M I₂ 電解質とからなる湿式太陽電池で光電変換効率 2.5%を得た。さらに、この電極を用いて、ヨウ化水素の太陽光分解を実施し、水素の泡の発生から、外部バイアスなしに太陽光のみでこの分解が可能であることを確認し、太陽光エネルギーの化学エネルギーへの変換効率として 2.3%を得た。このような研究は世界で初めてのものであり、当然、効率は世界最高である。

◆2つの光電気化学セルの複合による太陽光水分解

これまでの結果を踏まえ、2つの光電気化学セルの複合による太陽光水分解を試みた。すなわち、太陽光の短波長部を利用するセルとして、TiO₂ 微粒子薄膜電極と白金対極とからなる光水分解セル（電解質溶液：過塩素酸水溶液）を用い、一方、太陽光の長波長部を利用するセルとして、グラッシーカーボン基板/*n-i*接合微結晶 Si:H/Pt 電極と白金対極および 7.6M HI/0.05M I₂ 電解質とからなる湿式太陽電池を用い、後者の光起電力を前者のセルの外部回路に挿入して外部バイアスとして働くようにした。つまり、2つの光電気化学セルを直列に接続して二段階励起による太陽光水分解による水素の製造を試みた。

短波長利用のセル（つまり TiO₂ 微粒子薄膜電極）を透過してきた太陽光を、長波長利用のセル（つまり *n-i*接合微結晶 Si:H/Pt 電極）に照射したところ、短絡光電流 2.6 mAcm⁻²、光電圧 0.3 V が得られた。この電圧を短波長利用セル（TiO₂ 電極を用いた光水分解セル）の外部バイアスとして導入したところ、太陽光照射のみで 0.02 mAcm⁻² の光電流が定常的に得られ、光水分解セルの白金対極から僅かながら水素の気泡が発生した。また、この電流値から、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率は 0.025%と計算された。

(e) Si 電極のシアン処理によるキャリア再結合の低減（大阪大学 セラミック機能材料研究分野）

太陽光水分解システムにおいて、太陽光照射で生成した電子-正孔対の再結合防止は効率向上のための重要な鍵である。本研究では、適正に調整されたシアン溶液に半導体を浸すというシアン処理による再結合低減について研究を進め、この方法が、Si 表面欠陥の CN 終端化によるキャリア再結合低減のほかに、Si 表面清浄化（表面金属の徹底的な除去）、Si 表面の平坦化・凸凹化などの表面構造制御にも利用できることを見出し、多様な利用法があることを明らかにした。これまで KCN 水溶液に Si 材料を浸漬することにより欠陥準位の終端化がおこることは知られていたが、残存する K⁺ イオンによる Si の電気特性の劣化が問題とされていた。さらに、KCN 水溶液がアルカリ性で、これによる Si 表面のエッチングも問題の一つであった。本研究では、これらの諸問題を解決し、同時に欠陥終端化能力を向上するために、シアン処理法の高性能化を図り、これによって開発した処理法を単結晶並びに多結晶 Si 太陽電池に適用した。

シアン終端化では、シアン溶液に Si を浸漬することにより、Si ダングリングボンドをシアン化物（CN⁻）イオンで終端化する。シアン処理法の改良では、1) 光エネルギー変換・半導体デバイスの動作・信頼性に多大の悪影響を及ぼす処理溶液中の含有金属の低減、および、2) 処理溶液の活性度の増加、を目標とした。項目 1) の解決のために、金属イオンを含まない HCN 水溶液の利用を検討した。金属シアン化物の分解で発生させた HCN ガスを超純水に溶解して HCN 水溶液を調整したが、この際に出発原料からの金属の混入を防止するためトラップを反応系に設置する工夫や反応容器を石英ガラスとテフロンで構築するなどの検討を行った。その結果、金属不純物が ppb 以下の濃度の HCN 水溶液の調整に成功し、これにより本シアン処理は半導体デバイスにも展開可

能になった。項目2)については、HCN 水溶液における $\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$ の平衡を右に傾け、 CN^- イオンの濃度を増加させることで達成した。この方法は、後述する研究から、シアン化処理の反応種が、HCN でなく、 CN^- イオンであることが明らかになったことに基づいている。

シアン終端化における CN 基の役割を検討するために、第一原理に基づく分子軌道計算を Si のモデルクラスターを用いて行い、以下の知見を得た。1) CN 基の導入により、表面 Si の価電子帯－伝導帯間のバンドギャップ内からダングリングボンドによる表面準位が消滅する。2) CN 基は Si と C を介して結合する。3) 生成した Si-CN 結合の結合エネルギーは 4.5 eV であり、汎用的な Si 終端化に用いられる Si-H 結合の結合エネルギーよりも 1 eV 以上大きい。すなわち Si-CN 結合は大変安定で、一度形成されると切断される可能性が少なく、欠陥の再生を防ぐ。Si 材料中に存在するダングリングボンドがシアン終端化で消滅することは電子論的にも理解でき、さらに生成する Si-CN 結合が強固な結合であることは、光エネルギー変換デバイスへのシアン終端化の有効性を保証するものである。

適正に調整した HCN 水溶液 (0.1M, pH 9) を用いて、*p-n* 接合単結晶 Si 太陽電池や *p-n* 接合球状 Si 太陽電池にシアン処理を施したところ、処理前と比べてエネルギー変換効率が 7～48% 向上することを見いだした。処理効果に幅があるのは処理前の変換効率の違いによる。処理前の効率が低い太陽電池では大幅な向上が見られるが、処理前の効率が高い太陽電池ではシアン処理による効率の向上は小さい。これは、前者では欠陥準位が多いためシアン処理の効果が大きく現れるが、欠陥準位の少ない後者ではこの効果が顕著ではないことによる。

多結晶 Si ウェーハを用いた湿式太陽電池のエネルギー変換特性の向上にもシアン処理が有効であった。この知見は、兵庫県立大学 八重真治 准教授の研究室との共同研究で得られた。白金を担持し無反射化(テクスチャー化)処理を施した多結晶 Si ウェーハ電極を用いた湿式太陽電池(電解質: 7.6 M HI/0.25 M I_2 水溶液)の光電流－電圧特性を擬似太陽光 (AM1.5G, 100 mW/cm²) 照射下で測定し、シアン処理の効果を見た。湿式系で、しかも酸性溶液(一般にイオン結合性の金属シアン化物は酸性溶液中で HCN ガスを発生して分解する傾向をもつ)を用いた系においても、シアン処理による太陽電池特性の向上が観測された。シアン処理による欠陥準位終端化は太陽電池の暗電流密度低減に寄与し、 V_{oc} や形状因子 (FF) の増加が観測された。さらに、希フッ化水素酸水溶液によるエッチングを施した後にもシアン処理の効果が持続した。これは、シアン処理効果が多結晶 Si 材料表面だけでなく粒界層を介して材料内部まで達しているためと考えられる。また、生成した Si-CN 結合が十分に大きな結合エネルギー (4.5 eV) を有していることも、このような処理効果の安定性に寄与していると考えられる。以上より、太陽光水分解システムへのシアン処理適用の有効性が明らかになった。一方で、 J_{sc} の減少傾向や白金担持効果との整合性など、さらに解決すべき問題点が残っている。

CN^- イオンが有する金属と安定な錯イオンを形成する性質に着目し、半導体デバイス技術で重要な Si 材料表面清浄化への応用研究を行った。Si 材料表面の清浄化(洗浄)には、一般的には RCA 洗浄法が用いられている。この方法は、塩酸と過酸化水素の混合水溶液、アンモニアと過酸化水素の混合水溶液などを用いて 40～80℃ で材料表面をエッチングしつつ表面を清浄化する方法である。本研究では、 CN^- イオンの特異な反応性を利用し、これによって Si 材料をシアン溶液に室温で浸漬するだけで、全反射蛍光 X 線分析装置の検出下限 ($\sim 3 \times 10^9$ 原子/cm²) 以下の表面濃度まで、表面金属を除去できることを見いだした。金属除去実験後の溶液には金属シアン錯イオンが生成していた。HCN の酸解離定数は 7.2×10^{-10} M であるので、溶液の pH を高くすることで $\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$ の平衡を右に傾け、溶液中の CN^- 濃度を高めることが可能である (pH 調整をしない HCN 水溶液の pH は 4 である)。溶液の pH を変えて金属除去能力を調べたところ、pH を高くすることで除去能力が飛躍的に増大することを見いだした。これから CN^- イオンが金属除去反応の反応種であり、シアン終端化溶液においては HCN ではなく CN^- イオンが重要な役割を果たしていることが明らかになった。特に、 SiO_2/Si 接合表面に吸着した Cu の除去では、pH を 9 に調整した処理溶液を用いると、わずか 10 秒の浸漬で Cu が除去できた。このときに用いた HCN 水溶液の濃度は比較的低濃度の 0.01 M であることも注目に値する。この高い洗浄効果は、半導体材料表面の洗浄において未だ達成されることがないものである。

高いシアン処理能力を有する高 pH のシアン水溶液では、 OH^- イオンによるシリコン表面のエッ

チングが問題となる。そこで、pH 調整に用いるアルカリ種の検討と、非水溶媒を用いた処理溶液の開発を行った。その結果、アルカリ種としては、アンモニア水の代わりに、水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)水溶液や水酸化コリン水溶液を用いることで、シリコン表面のエッチング作用が制御でき、非常に細かい凹凸を有する表面を創出可能であることを見いだした。TMAH 水溶液は、一般的には半導体材料のエッチング液として用いられるものであるが、本研究では、 CN^- イオンとの共存によりエッチング性を制御可能であることを見いだした。また、HCN アルコール溶液(メタノール溶液、イソプロパノール溶液)の調整を行い、これらを用いることで、非常に平滑なSi表面が得られることも見いだした。シアン処理溶液を、対象とする材料、構造によって使い分けることで、効果的な終端化・清浄化・表面形態制御が行えることになった。

シアン終端化溶液の高性能化に関する上記の研究の過程で、もう一つ別の成果として、金属基板上にシアン化物ならびにオキシナイトライドを含有する誘電体薄膜を常圧室温下で形成する新しい方法を開発した。たとえば、Si、Ti、W などの金属板をシアン処理溶液に浸し、電圧を印加すると、これらの金属の表面に上記の誘電体薄膜が形成される。さらに印加電圧の操作により膜中のアニオン組成を変化させることができることを見いだした。これを利用すれば、Si MOS(金属-酸化物-半導体)構造で注目されている酸化物層への窒素ドーピング(オキシナイトライド化)において、目的に合うように窒素濃度を傾斜させることができる。つまり Si-酸化物層界面では界面歪みを低減する SiO_2 を形成し、酸化物層バルクに向かって窒素濃度を増加させて緻密な層を作り上げ、ゲート電極からの B などの拡散を抑制するということができる。シアン終端化溶液に含まれる CN^- イオンの分解は、使用後の溶液の無害化の観点から重要な課題であるが、上述の誘電体薄膜の室温形成の発見の成果は、この CN^- イオンの分解実験(電気化学反応を用いたシアン分解実験)において、印加電位によって生成するガス中の HCN 濃度が異なることに気がつき、この原因を調べる過程で発見したものである。したがって、この研究は世界的に見てきわめて独創的な発見であり、今後の展開・応用が期待される。

(2) 研究成果の今後期待される効果

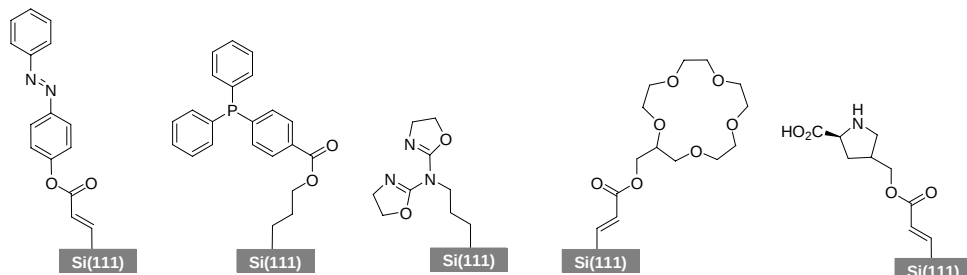
Si 表面のアルキル化は、基板となるSi結晶において、大きな単結晶が容易に得られる、原子レベルで平坦でかつ反応活性な水素終端化された表面が化学エッチングで容易に得られる、*p* 型、*n* 型、金属導電性のいずれの結晶も容易に得られる、という利点があり、したがって、Si の表面のアルキル化は固体・半導体表面の分子修飾によるナノ・サブナノ領域の構造制御と機能制御という先端的課題の格好の対象となっている。このため、電子デバイス、光変換デバイス、化学センサ、バイオセンサなどの広い分野において最近世界中で注目され、研究者数が急増しつつある。本研究グループは、世界に先駆けて、この分野に取り組み、多くの先導的成果を挙げてきた。この成果は今後ますます発展させられ、光エネルギー変換に限らず、広い分野で活用されていくことは間違いないと思われる。さらに、アルキル化されたSi表面は、修飾分子の高度な構造制御により、ちょうど生体系でDNAが果たしているような、微細プロセスを制御するテンプレート的な役割を果たす方向へも発展していくと期待される。本研究グループの成果の中にはこの端緒を開いたとみなせるものも少なくない。

まず本研究で開発したアルキル化・白金ナノ粒子担持の *n*-Si 電極は、有用な Si 半導体の利用の可能性を大きく広げたという点で極めて重要である。Si 半導体は、適度な大きさのバンドギャップ、良好な半導体特性、豊富な埋蔵資源量、無害性などからみて太陽エネルギー変換に好適の半導体であるが、水溶液中、特に光照射下では容易に酸化されて絶縁性の酸化被膜を表面に形成する。このため、これまででは、水溶液と接触させる湿式太陽電池や太陽光水分解の系には Si は利用できないと長い間信じられてきた。しかし、本研究で開発したアルキル化・白金微粒子担持の方法により、高い効率と安定性が達成されることになり、有用な Si を有効に湿式太陽電池や太陽光水分解の系に利用できるようになった。つまり、本研究の成果により、有用な Si 半導体の利用の可能性が大きく広がった。さらに、本研究のアルキル化・白金微粒子担持の *n*-Si 電極は、Si 表面に数 nm サイズの活性点(反応サイト)をまばらに形成し、残りの表面を不働態化(表面準位の化学的・電子的にきれいな表面と)することにより、高性能・安定なSi面が得られるという新しい原理を示している。したがって、アルキル化以外にシリコンナイトライド膜などの形成を利用して、一層の安定化

をはかり、今後大きく発展していくものと期待される。

Si 表面に、末端に官能基を有するアルキル基を導入することによる新機能の開発に関しては、種々の官能基の導入およびこれらの官能基の置換に成功し、またエチニル ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-$) といった特異な有機基や白金などのクラスター分子を導入する可能性を明らかにした。これを基に固体表面の高機能化に向けて、電極触媒、固定化触媒等、新たな展開が期待される。

また本研究グループでは活性アルキンないしはアルケンを用いることを特徴とする、温和な条件で進行する新しいヒドロシリル化法を開発した。これによって従来法では困難であった種々の極性や光特性をもった置換基を有するアルキル基を自在に導入することが可能となった。今後、表面の被覆率と官能基の大きさ、反応機構等との関係を詳細に明らかにすることにより、本研究の学術的意義が一層深まるものと考えられる。



さらに上記の新しく開発した容易に進行する Si 表面修飾法の応用として、Si(111)表面にキラル配位子を結合することにより、不斉合成反応に用いる不斉触媒として、環境調和型の固定化触媒などへの展開が提案される。このように Si 表面修飾は新たな科学技術の発展に大きく寄与すると考えられる。

また、モデル分子として使用したトリス(トリメチルシリル)シランの新反応および元素としての Si の特徴を利用した有機ケイ素化学の新展開にも本研究の成果が役立っていくものと考えられる。

今回、本研究で開発した n -Si/ p -CuI ヘテロ接合は、 n -Si に関する新しいタイプのヘテロ接合で、非常に高い開回路光電圧 (V_{oc}) を発生するという特徴をもつ。この接合が高い V_{oc} を発生する理由は、すでに述べたように、表面準位の少ない水素終端化 Si を利用し、この上にソフトな薄膜形成法である真空蒸着法で p -CuI 薄膜を形成する点にある。これによって表面再結合が大幅に低減される。さらに n -Si の価電子帯と p -CuI のそれとの間でエネルギーマッチングがよく、そのうえ p -CuI の伝導帯が n -Si のそれより上にあるため n -Si からの多数キャリア暗電流密度が非常に小さくなる点も重要である。以上の点から見て、この新しい接合は高効率なヘテロ p - n 接合を形成する新しい指針を与えており、この点で極めて重要である。今後、この新しい n -Si/ p -CuI ヘテロ接合の利用のみならず、この接合原理を利用した高効率なヘテロ p - n 接合の開発が進められていくと思われる。

本研究グループで新しく取り上げた Si 上への金属の電気化学的析出は、半導体デバイスに湿式めっきプロセスが多用されるようになって、最近改めて大きく注目されるようになった。特に本研究で開発した無電解置換析出法は、成膜のための核形成や電池あるいはセンサー製造のための触媒付与法、さらには半導体デバイスの欠陥検出法としての利用が報告され、大きな発展の様相を見せている。今回の成果は、これらの分野において基礎的な知見を提供するとともに、簡便にナノ粒子を制御して担持する方法を提供し、太陽電池のみならず多方面での利用へと発展していくものと思われる。

金属微粒子を利用した湿式エッチングによる多結晶 Si ウエーハのテクチャー化も、太陽電池の高効率化と低コスト化への応用のほかに、新しい多孔質 Si いわゆるポーラス Si の製造法として、そのナノ加工性が大きく注目されている。すでに多孔質層の孔のサイズや形状の制御、多孔質層のパターニングなどへの展開が、我々を含むいくつかのグループから報告され、今や半導体デバイス技術の重要なトピックスとなっている。

また本研究グループで開発したシアン終端化溶液は、エスシースクエア終端化溶液 (エスシースクエア: $\text{SC}^2 = \text{Super Clean and Surface Controllable}$) として、すでに数社からの問い合わせがあり、国内だけでなく海外の研究グループとの共同研究も始めている。この溶液は、最新の半導体デバ

イスクラスの超高純度を達成し、かつ次世代半導体デバイスに求められる材料表面洗浄能力を有している。またこの溶液は、シリコン材料を全くエッチングしないものからエッチング作用を有するものまで調節でき、洗浄、欠陥終端化、表面モフォロジー制御を行うことができる。この溶液を用いた表面改質により、光エネルギー変換デバイスのみならず、MOS デバイスを始め種々の半導体デバイスの特性改善に展開可能である。本CREST研究の開始時には、表面エッチング性の無い処理溶液を探索していたが、後半にはエッチング性の付与を検討した。その結果、エッチング作用と欠陥終端化作用を同時に発現できる、これまでに考えられたことのないプロセスの可能性を見出した。これによって、反応メカニズムの解明を進めることにより、太陽光利用における光閉じこめ効果への応用など、学術的にも産業応用面でも展開が期待される。

3. 4 TiO₂ 可視光化・表面処理グループ (大阪大学 長岡技術科学大学 岐阜大学 関西学院大学 TiO₂ 可視光化・表面処理グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

当グループも多く研究室が参加し、内容が多岐にわたるため、4つの項目(4つの研究室)に分けて記述する。

(a) 新しい可視光応答性金属酸化物の開発および水の光酸化反応機構の解明・確立 (大阪大学 表面光機能化学研究室)

◆新規な可視光応答性の金属酸化物の開拓

研究開始の当初は、既報の文献をもとに、TiO₂ の可視光化で十分な水の光酸化電流が得られるという見通しで研究を進めた。したがって、窒素ドープ TiO₂、炭素ドープ TiO₂、硫黄ドープ TiO₂、Cr,Sb 共ドープ TiO₂ など、いろいろな他元素ドープ TiO₂ を種々の方法で作製し、薄膜電極ないしは焼結体電極の形で、可視光照射下の光電流特性を評価した。特に、炭素ドープ TiO₂ については、高効率な太陽光水分解が可能という結果を Khan らが Science に発表していたので、詳しく検討した。しかし、Khan らの結果は再現されなかった。むしろ Khan らの方法とは異なり、Ti 板をオーブン中 850℃で 10 h 加熱処理し、この後 2 h 水素還元処理を施して得た TiO₂ 薄膜の方が量子収率(IPCE)は高かった。しかし、それでも目的とする光電流値には遠く及ばなかった。この結果、他元素ドープ TiO₂ の利用では、本研究の目的にかなう高効率な可視光応答性光電極を得ることは難しいという結論となった。

そこで、2年目からは、可視光応答性の水の光酸化用の電極の開発について、他元素ドープ TiO₂ にこだわらず、可視光応答性の金属酸化物(MO_x)やその他の半導体を広く探索することに計画を変更した。可視光応答性金属酸化物としては、文献に高活性として報告されている WO₃, BiVO₄, TaON, ZnO・GaN 固溶体などについて微粒子薄膜電極を作製し、水酸化の光電流を測定して、活性を評価した。

さらに、本研究室でも独自に可視光応答性金属酸化物の探索を行い、BiTiVO₆、BiCu₂VO₆、BiZn₂VO₆ が新規の高活性な可視光応答性金属酸化物になることを発見した。BiTiVO₆ は特に高活性で、従来から高活性として知られる BiVO₄ の活性を大きくしのぐ特性を示した。図 22 に、BiTiVO₆ 微粒子薄膜電極による水の光酸化光

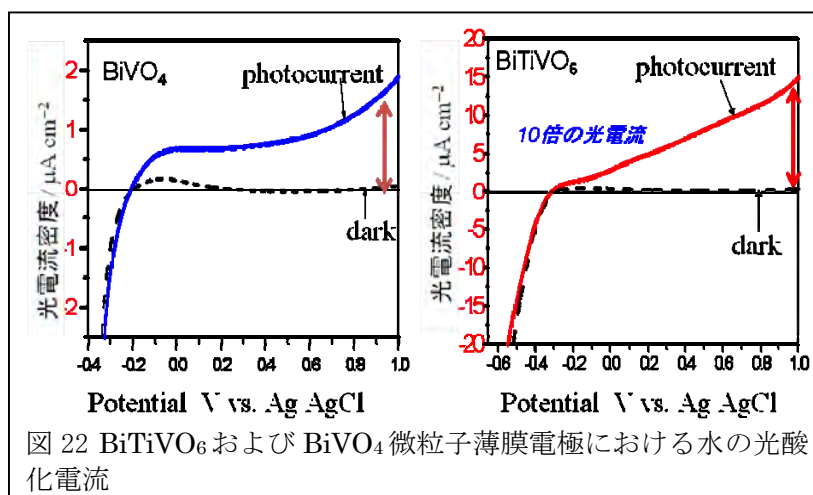


図 22 BiTiVO₆ および BiVO₄ 微粒子薄膜電極における水の光酸化電流

電流をBiVO₄のものに比較して示す(測定条件:0.5 M Na₂SO₄ 水溶液中、光源:擬似太陽光 AM 1.5 G 100 mW cm⁻²、電位 1.0 V vs. Ag/AgCl)。また図 23 には、いろいろな金属酸化物粉末の懸濁水溶液からの光触媒的酸素発生効率を比較して示す。(測定条件:0.01 M NaIO₃ 水溶液、IO₃⁻:犠牲酸化剤、300 W Xe ランプ+filter による可視光照射、λ > 420 nm)。これらの結果はBiTiVO₆が高活性であることを明白に示している。この成果をもとに、上記の新規金属酸化物については、本研究とは別に、環境浄化用の光触媒として(株)竹中工務店との共同研究を進めている。なお、上記の新規化合物は固相反応法により、市販粉末 Bi₂O₃、NH₄VO₃ と TiO₂、CuO または ZnO の混合物を 700–850℃の高温で数十時間反応させて合成した。

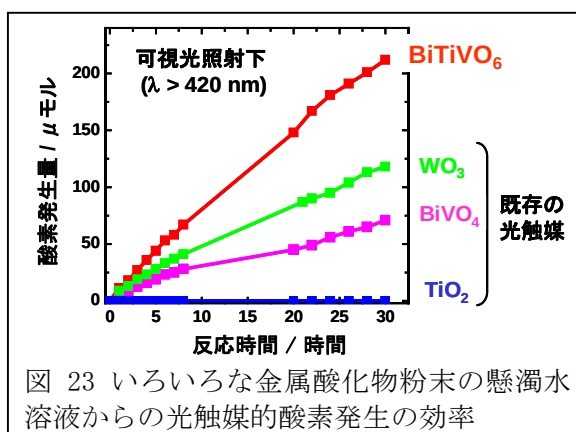


図 23 いろいろな金属酸化物粉末の懸濁水溶液からの光触媒的酸素発生効率

◆ TiO₂ 表面における光酸素発生反応の分子論的機構の解明・確立

可視光応答性金属酸化物における可視光応答性の起源を明らかにし、またこの高効率化と安定化をはかるためには、光酸素発生反応の機構の解明が重要である。このため、本研究室では、n-TiO₂ をモデル電極として、光酸素発生反応の分子論的機構の解明を進め、世界で初めてこれを達成した。

明確な表面反応機構の解明のためには、表面構造の原子レベルでの規制、ならびに、in situ 分光法の適用が必須である。本研究では、原子レベルの構造規制として、光エッチングによる(100)面の選択的露出、および、フッ化水素酸処理と熱アニールの方法による原子レベルで平坦かつ安定な TiO₂(110),(100)面の形成(鯉沼チームとの共同研究)に成功し、また、in situ 分光法としては、高感度化 in situ 多重内部反射 FTIR 法を開発して、TiO₂ 表面上での光酸化反応の中間体を直接検出することに成功し、さらに、表面中間体からの再結合発光を利用する in situ 表面発光分光法を開発して、光酸素発生反応の前駆体(表面捕捉正孔、Ti-O=Ti₂⁺) (図 24) から発するフォトルミネッセンス(PL)を発見した。これらの手法を用いた詳細な実験的研究に、UPS による表面酸素種のエネルギー準位のデータをもとにした理論的考察も加えて、最終的に、水の光酸化反応が、従来から仮定されていたような表面 OH の正孔による酸化(HO・ラジカルの生成)ではなく、正孔がいったん表面格子酸素に捕捉されて、表面捕捉正孔(PL 発光種)を形成し、これに溶液中の H₂O 分子が求核的に攻撃して、結合解裂を含む付加反応が起こることにより開始されるという新しい機構を明らかにし、確立した(図 25)。

この新しい機構は、従来の Marcus, Levich, Gerischer ら

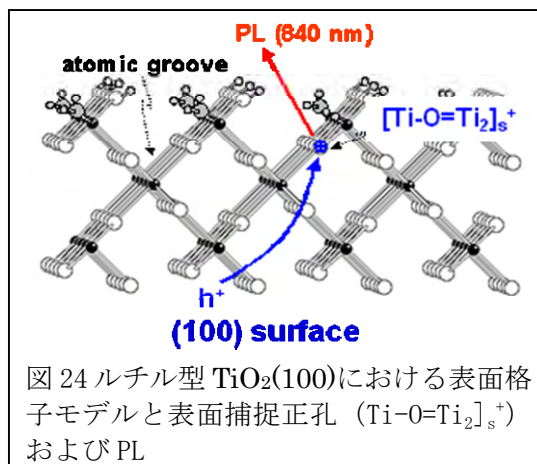
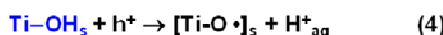
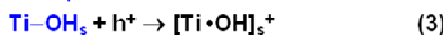
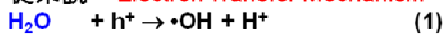


図 24 ルチル型 TiO₂(100)における表面格子モデルと表面捕捉正孔 (Ti-O=Ti₂⁺) および PL

従來說 Electron Transfer Mechanism



新機構 Nucleophilic Attack Mechanism

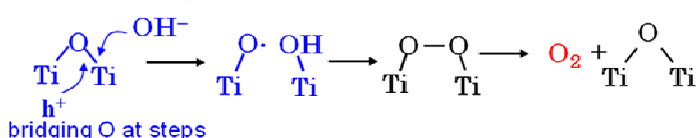


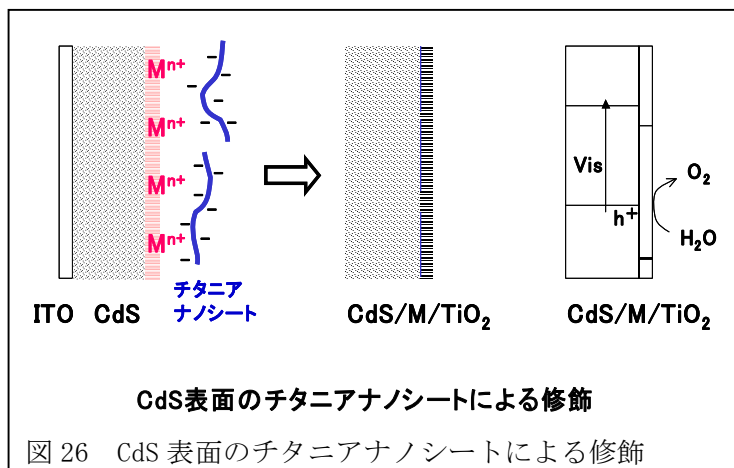
図 25 TiO₂ (ルチル) 表面における光酸素発生反応の機構

の電子移動理論をもとにした機構にかわるアンチテーゼを提出して、表面反応理論にブレークスルーをもたらしたという意味で学問的に重要である。しかし、それ以上に、水の光酸化反応の速度がいわゆる酸化還元電位 ($E(\text{HO}\cdot/\text{HO}^-)$ 、 $E(\text{HO}\cdot + \text{H}^+/\text{H}_2\text{O})$ など) に直接には依存せず、むしろ電極表面の電子的・化学的・形態的因子の方が重要であることを明らかにした点で、実用面で非常に重要である。これによって、N-doped TiO_2 、 TaON 、 $\text{GaN}\cdot\text{ZnO}$ 固溶体などの含窒素化合物における水の光酸化の機構が理解できるようになった。これらの含窒素化合物では、正孔が $\text{N}2\text{p}$ 軌道に生じるので、電子移動説では、この正孔による水の酸化 ($\text{O}2\text{p}$ 軌道からの電子の引き抜き) は理解できなかったのである。つまり、新機構は可視光応答性の水酸化用半導体の開発の基本的指針を与え、太陽光水分解の実現の基礎原理として極めて重要な位置を占めることになった。

(b) 可視光応答性の高効率な酸素発生半導体電極の開発 (長岡技術科学大学 野坂研究室)

本研究室では、可視光応答性の高効率な酸素発生半導体電極の開発を目的として、 CdS 電極の TiO_2 ナノシートによる被覆・安定化、新規の金属酸化物の探索、および液中レーザアブレーションを用いた高効率な微粒子薄膜電極の作製を検討した。

CdS 半導体は、可視光を吸収し、水を酸化できる深い価電子帯と比較的高い伝導帯を持つため、水の完全光分解の有力候補であるが、正電位下の光照射で表面酸化による溶解が起こるという問題をもっている。そこで、近年開発されたチタニアナノシートを安定化層として表面に被覆することで、 CdS を基礎とする可視光応答性酸素発生電極の作製を試みた (図 26)。この作製にあたり、当研究室で経験のあるイオン層吸着反応 (SILAR) 法を応用し、電気化学的に作製した CdS 電極表面にカチオンである金属イオンを堆積し、その表面にアニオン性のチタニアナノシートを堆積する方法を採用した。



CdS 電極は、塩化カドミウムとチオ尿素を含む緩衝溶液に ITO ガラス基板を 75°C で浸漬する化学溶液堆積法で作製した。吸収スペクトルや XRD などの測定で、 CdS 薄膜の形成を確認した。チタニアナノシートは、文献にしたがい、炭酸セシウムと酸化チタンから層状酸化物として作製し、それをテトラブチルアンモニウム水溶液で分解することによって得た。生成は吸収スペクトルから確認した。 CdS とチタニアナノシートを結合させるために、カチオン性ポリマーや種々の金属イオンの CdS 上への吸着を試みた。 CdS 上にチタニアが修飾されたことは、 Ti の存在を AES (オージェ電子分光法) で測定することで確かめた。

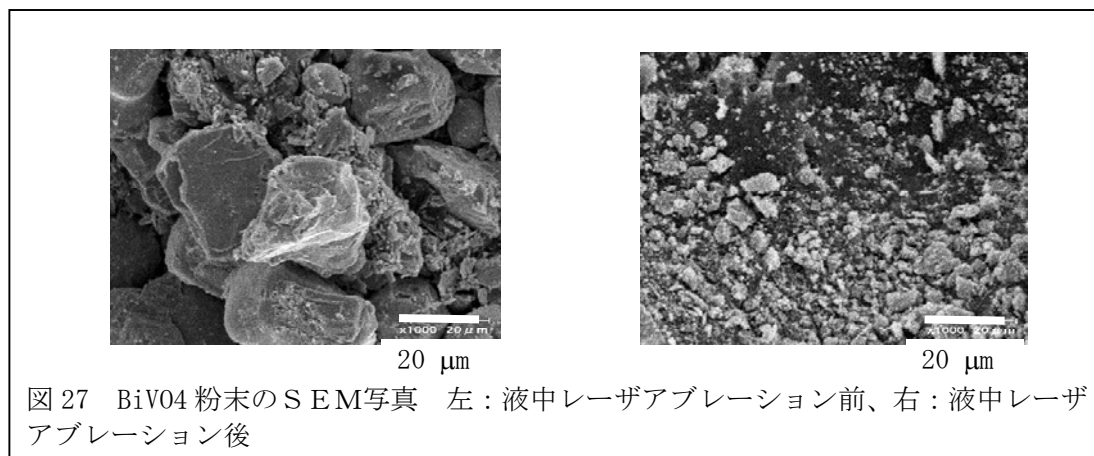
CdS に、カチオン性ポリマーとして、塩化ポリジアルキルメチルアンモニウムやポリエチレンジアミンの吸着を介して、アニオン性のチタニアナノシートを吸着させることによって作製したチタニアナノシート修飾 CdS 電極は、電解質として Na_2SO_4 溶液を用いた場合に、光溶解を抑えることができなかった。一方、金属イオンの吸着を介して、チタニアナノシートを修飾した場合は、金属の種類とそれを吸着させる電位により、種々の CV 特性および光照射効果が見られた。検討した 8 種の金属イオンのうち、 Cu(II) 、 Ni(II) 、 In(III) を一原子層吸着させることによりチタニアナノシート層を修飾した電極では、光照射による CdS の溶解は防止された。しかし、光電流が極端に減少した。チタニアナノシートは、チタン 1 原子層からなるため、層を横切る方向には電子移動バリアは生じないと思われたが、実際にはチタニアの外側の表面に正孔を受けとる準位がないため再結合が多くなるものと考えられる。

上記の方法では良好な結果が得られなかったため、次に、新しい可視光応答性の金属酸化物を開発するとともに、その電極化に取り組んだ。まず窒素ドーピング TiO_2 をアンモニア水や炭酸グアニ

ンジンを用いるゾルゲル法で作製し、水の光酸化分解特性を測定して、可視光応答特性、安定性の評価を行った。ゾルゲル法で作成した窒素ドープ TiO_2 は 550 nm あたりまでの可視光に対して応答を示したが、水の光酸化電流の量子収率 (IPCE) が低く、本研究の目的達成には十分でないことが明らかになった。炭酸グアニンジンを用いるゾルゲル法により窒素ドープ量の増加をはかり量子効率の向上をめざしたが、ドープ量の増加には成功したが、量子収率はドープ量の増加によりかえって低下した。

可視光吸収を持ち、水を酸化できる金属酸化物として BiVO_4 が知られている。これをもとに、新しい金属酸化物として、 BiA_2VO_6 と BiA_2PO_6 (A は種々の金属イオン) の二つのシリーズについて、合成と活性試験を行った。A について種々検討した結果、中戸らのグループで発見された BiZn_2VO_6 と BiCu_2VO_6 が高活性であることを確認した。また、活性はこれより少し落ちるが、 BiCu_2PO_6 が可視光照射下で光触媒的酸素発生能を有することを見出した。

以上の結果を踏まえ、次に、金属酸化物微粒子から高効率な微粒子薄膜電極を作製する方法を検討した。最近、可視光応答性の金属酸化物が数多く開発されてきているが、ほとんどの場合、金属酸化物は高温における焼成によって作製されているため、粒径が大きくなっており、そのままでは均一な薄膜電極を作製することが難しい。そこで、最近ナノサイズの微粒子の合成法として注目されている液中レーザーアブレーションによる微粒子化を利用し、これによって均一な微粒子薄膜電極を作製し、高効率化をはかることを目指した。



検討する金属酸化物微粒子としては、高活性の可視光応答性光触媒として知られる BiVO_4 や新たに発見した BiCu_2VO_6 を用いた。市販品の BiVO_4 粉末試料を純水に懸濁し、レーザー光 (XeCl : 308 nm, 100 mJ) を液中 BiVO_4 粉末に集光して 2 時間照射した。図 27 に、レーザー照射前と照射後の BiVO_4 粉末の SEM 写真を示す。これから分かるように、レーザー照射を行うことにより、 BiVO_4 粉末が粉砕されることが観察された。レーザー照射後の BiVO_4 粉末について X 線回折測定を行ったところ、照射前の BiVO_4 結晶と同様の回折ピークが観測され、結晶形に変化がないことが確認された。ただし、これらのピークの低角側にブロードなピークが確認され、アモルファス相が少量生成していることも確認された。

照射後の微粉化された BiVO_4 微粒子の溶液に分散剤を加え、FTO ガラスに 5 回スピンコートしたのち、焼成温度 450℃、焼成時間 30 分で BiVO_4 薄膜を作製した。この焼成によりアモルファス相に由来する低角における XRD のブロードなピークが消失した。アブレーションで微粉化された BiVO_4 微粒子から作製した薄膜電極の光電流特性を、0.5 M Na_2SO_4 溶液中、3 電極系 (対極: Pt 電極、参照極: Ag/AgCl 電極、印加電圧 1.5 V) で測定した。比較のために、ゾルゲル法によって作製した BiVO_4 微粒子の薄膜電極についても光電流測定を行った。レーザーアブレーションで微粉化した BiVO_4 粉末から作製した薄膜電極は 400 nm より短波長側で高い光電流を示し、ゾルゲル法で作製した BiVO_4 薄膜電極とは異なる特性を示した。

BiZn_2VO_6 光触媒粉末試料についても同様の実験を行った。この場合、異なる波長において液中アブレーションを行い、微細化した粉末で薄膜電極を作成し、その光電流を調べた。 BiZn_2VO_6 光触媒は Bi_2O_3 , ZnO , および NH_4ViO_3 の粉末を粉砕焼成することにより得た。得られた BiZn_2VO_6

粉末を純水に懸濁し、YAGレーザ光の2倍波(532nm, 100mJ)または3倍波(355nm, 100mJ)を液中微粒子に30分間集光照射した。レーザ照射後の BiZn_2VO_6 粉末から薄膜電極を作製し、0.5 M Na_2SO_4 溶液中、光電流を測定した。図 28 に、レーザ照射前、355 nm レーザ照射後、532 nm レーザ照射後の3種類の BiZn_2VO_6 の微粒子薄膜電極について光電流(IPCE)の波長依存性を示す。レーザ照射前に比べ、レーザ照射後の粉末では薄膜電極の光電流が高くなった。さらに、532nm でレーザ照射した場合は、355 nm でレーザ照射した場合に比べて、光電流の波長依存性が長波長側にシフトし、レーザ照射波長による変化の違いが観察された。薄膜電極の断面の電子顕微鏡観察から、レーザ照射後では金属酸化物薄膜と導電性基板との境界が明確に見えることから、光電流の向上には、金属酸化物薄膜と導電性基板との接合の向上が必要であることが示唆された。

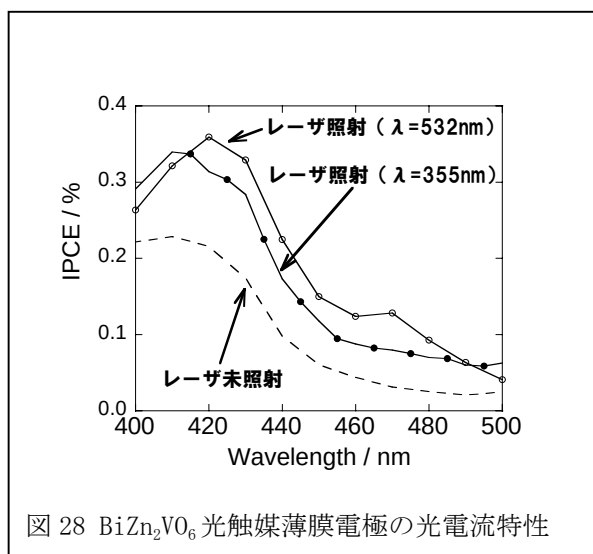


図 28 BiZn_2VO_6 光触媒薄膜電極の光電流特性

以上の研究の結果、CdS 薄膜電極の修飾による安定化は、これまでの他の研究者による報告と同様、本研究においても安定な被覆は成功しなかった。これはある程度は予想された結果ではあるが、チタニアナノシートの被覆は新しい試みであり、今後の表面修飾の設計指針を与えるものである。

粉末からの微粒子薄膜電極の作製には多くの困難が存在するが、これは低コストな系を開発するには必要な技術である。本研究により、粒子の粉碎微細化が薄膜電極の高効率化に有効であることが明らかになった。粒子の粉碎微細化にはいろいろな方法があるが、液中レーザーアブレーションは今までにない新しい方法として今後の発展が期待される。

(c) 高効率な可視光応答性金属酸化物薄膜電極の開発とこれを利用した太陽光水分解(岐阜大学 光エネルギー変換材料学研究室)

◆Cr-Sb 共ドーブ TiO_2 電極の光エッチングによる光応答性の向上

太陽光水分解の高効率化とともに低コスト化を達成するためには、複合電極において低コストの可視光応答性の金属酸化物微粒子薄膜を利用する必要がある。そこで、本研究室では、可視光応答性の金属酸化物微粒子薄膜の開発とこれを用いた太陽光水分解を検討した。

可視光応答性の金属酸化物として、Cr-Sb 共ドーブ TiO_2 を取り上げた。 TiO_2 への遷移金属ドーブによる可視光応答性は古くから知られていたが、ほとんどの場合、バンドギャップ内に形成される d 準位が効率のよい再結合サイトとして働くため、光応答が非常に小さくなった。Cr-Sb 共ドーブ TiO_2 では、Cr のドーピングに加えて、電子供与性の Sb をドーピングすることによって、Cr による可視光応答性を残しながら、再結合による光電流低下を抑えたものである。しかし、それでもまだ光電流は低い。そこで、本研究室では、光電流増加を目的に、光エッチング処理の効果について検討した。

図 29 に、可視光による光エッチング処理の前後の Cr-Sb 共ドーブ TiO_2 焼結体表面の SEM 像を示す。光エッチング前の表面では、焼成時に形成されたステップ-テラス構造が見られた。一方、光エッチング後では、テラス部分が溶けて、ステップ部分が選択的に溶け残るとともに、テラス部分に数十 nm の大きさのエッチングパターンが形成されることがわかった。光エッチング前後における Cr-Sb 共ドーブ TiO_2 電極の光電流のアクションスペクトルを調べたところ、光エッチング前に比べて、光エッチング後では、紫外光に対する応答が減少しているものの、可視光領域では光電流の増加が見られ、1.0 V vs. SCE のアノード分極下での 450 nm における光電流量子効率、光エッチングにより 0.04% から約 4% にまで約 10 倍増加した。

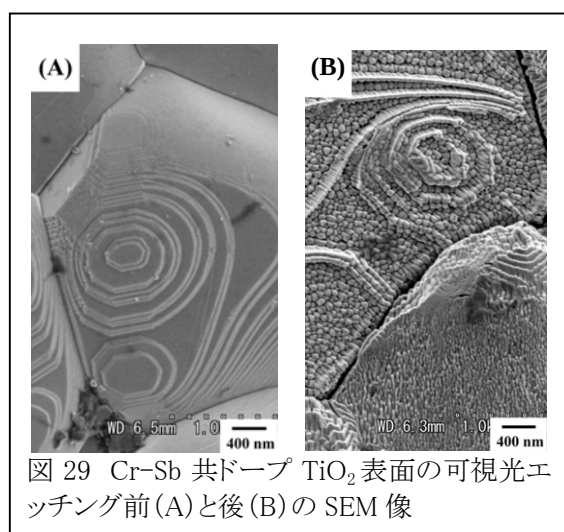


図 29 Cr-Sb 共ドーブ TiO₂ 表面の可視光エッチング前(A)と後(B)の SEM 像

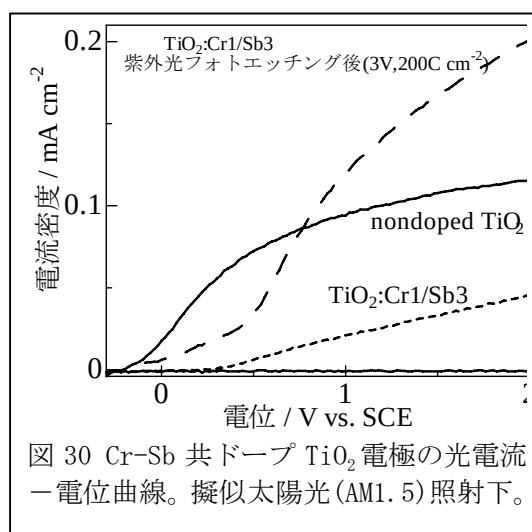


図 30 Cr-Sb 共ドーブ TiO₂ 電極の光電流-電位曲線。擬似太陽光 (AM1.5) 照射下。

図 30 に、何もドーブしていない TiO₂ および光エッチング前と後の Cr-Sb 共ドーブ TiO₂ 焼結体電極の光電流-電位特性を示す。電解液は 0.1 M Na₂SO₄、光源は擬似太陽光 (AM1.5)、またドーブ量は TiO₂ 中の Ti 原子に対して、Cr 1.0 mol%、Sb 3.0 mol% であった。光エッチング後の Cr-Sb 共ドーブ TiO₂ 焼結体電極において、+0.6 V vs. SCE 以上の電位で無ドーブ TiO₂ の光電流より大きな光電流が得られており、可視光応答が増大していることがわかる。

以上の結果から、光エッチングが Cr-Sb 共ドーブ TiO₂ 焼結体電極の可視光応答性の向上に有効であることが明らかになった。ただし、光エッチング後の Cr,Sb 共ドーブ TiO₂ 電極の可視光応答は、高バイアス (大きい正電位) 下では高い値を示したが、低バイアス下のフラットバンド電位付近では低い値となった。これは低バイアス下 (小さいバンドの曲がりの状態) では、キャリア再結合が優先するためと考えられる。

◆WO₃ 微粒子薄膜電極および Si/WO₃ 複合電極の作製と太陽光水分解

太陽光照射下での一層高い光電流を求めて、次に WO₃ 微粒子薄膜電極を検討した。WO₃ は安定で、約 450nm 以下の波長の可視光を吸収し、また価電子帯の上端の正孔は酸素発生を起こすのに十分に正の電位にあり、効率よく酸素を発生する。そこで、WO₃ 粉末を含むペーストを用いて、スキージ法により微粒子薄膜電極を作製し、太陽光水分解について検討した。基板としては、市販の透明導電膜および多結晶 *p-n* 接合 Si を用いた。図 31 に、多結晶 *p-n* 接合 Si を基板としたときの光照射下でのエネルギーバンドモデルと二段階励起機構を示す。太陽光のうち短波長の光が WO₃ 膜で吸収され電子と正孔が生成する。正孔は水を酸化して酸素を発生し、一方、電子は Si 側に移動して *n-p* 接合 Si の *p*-Si の正孔と再結合する。この *p*-Si の正孔は、*n-p* Si の励起で補給される。また *n-p* Si の励起で生じた *n*-Si 部の電子は対極の白金に移り、この上でプロトンを還元して水素を発生する。

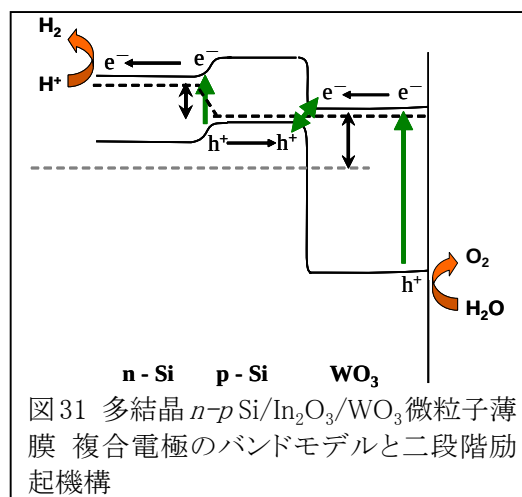


図 31 多結晶 *n-p* Si/In₂O₃/WO₃ 微粒子薄膜 複合電極のバンドモデルと二段階励起機構

n-p 接合 Si の上に WO₃ 微粒子膜を作製する際の熱処理による Si 表面の酸化を防ぐために、*p*-Si 上に形成する In₂O₃ 保護層について検討を行い、1~2 μm の保護層の形成が有効であることを見出した。図 32 に、多結晶 *n-p* Si/In₂O₃/WO₃ 微粒子薄膜 複合電極の光電流-電位特性を示す。WO₃ のみを励起可能な紫外光を照射した場合、あるいは、Si のみを励起可能な可視光を照射した場合は、ほとんど光電流は観測されなかったが、両者を同時に照射した場合には大きな光電流が観測され、二段階励起機構が働いていることが明確に示された。しかし、光電流の立ち上がり

電位は約 -0.2V vs. SCE であり、 0.1 M HClO_4 電解液中における水素発生電位 -0.24 V よりも正の電位となっているので、この場合、バイアスなしの水の分解は起こらない。そこで、 0.2 V の電圧を印加して水の光分解を行ったところ、対極から水素の発生が確認され、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換効率は約 0.04% と計算された。

◆ Si/TiO_2 微粒子薄膜 複合電極を用いた水の光分解

TiO_2 は WO_3 より高い位置に伝導帯を持つので、 $n\text{-p Si}/\text{In}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 微粒子薄膜 複合電極では外部バイアスなしに水の光分解が可能となる。そこで、 WO_3 電極の場合と同様に、市販の多結晶 $n\text{-p Si}$ の p 層側に TiO_2 微粒子 (Degussa P-25) のペーストをスキージ法で塗布し、熱処理を施して、複合電極を作製した。図 33 に、 $n\text{-p Si}/\text{In}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 微粒子薄膜 複合電極および FTO/TiO_2 微粒子薄膜電極の光電流-電位特性 (電解液: 0.1 M HClO_4 、擬似太陽光 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 照射) を示す。 FTO 上の TiO_2 薄膜電極に比べ、複合電極では光電流の立ち上がり電位が $0.4\sim 0.5\text{ V}$ 負にシフトしており、二段励起が起きていることが確認される。また複合電極の光電流は -0.24 V でほぼ飽和しており、水の完全光分解が可能であることがわかる。面積 5cm^2 の複合電極を作製し、短絡状態下 (外部バイアスなし) で擬似太陽光を照射したところ、対極から水素の発生が確認された。エネルギー変換効率は、約 0.07% と計算された。また 365nm における光電流量子効率を長波長照射下で、約 20% であった。

上の複合電極における TiO_2 微粒子 (Degussa P-25) の代わりに、 Cr-Sb 共ドーパ TiO_2 微粒子を用いて複合電極を作製したが、可視光における光電流応答は観測されなかった。これは、 Cr-Sb 共ドーパ TiO_2 では、図 30 から分かるように、光電流応答が生じるためには、相当正の電圧を印加する必要があるためと考えられる。

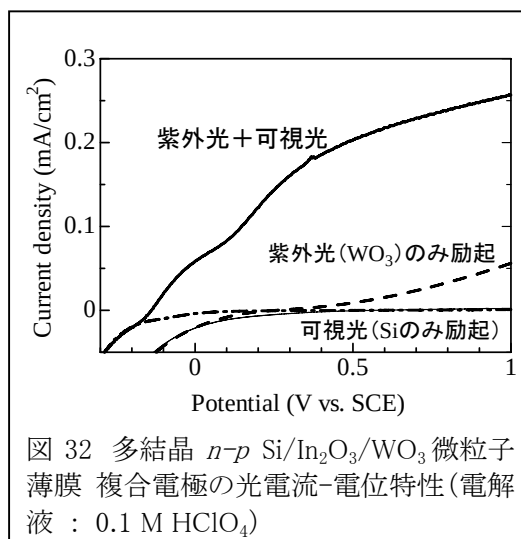


図 32 多結晶 $n\text{-p Si}/\text{In}_2\text{O}_3/\text{WO}_3$ 微粒子薄膜 複合電極の光電流-電位特性 (電解液: 0.1 M HClO_4)

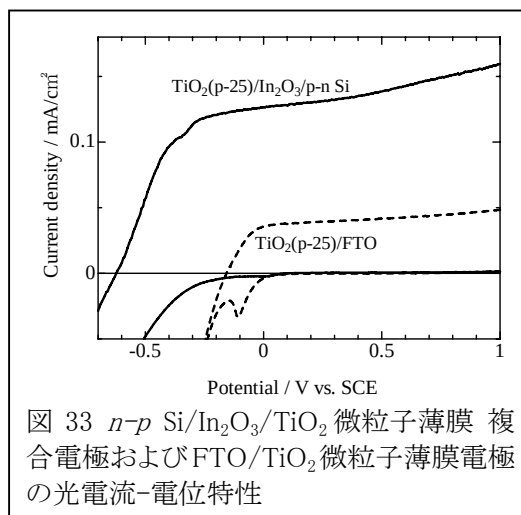


図 33 $n\text{-p Si}/\text{In}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 微粒子薄膜 複合電極および FTO/TiO_2 微粒子薄膜電極の光電流-電位特性

(d) フェムト秒レーザー分光法による水の光酸化過程のダイナミクスの研究 (関西学院大学 玉井研究室)

◆ナノ構造を有する TaON および TiO_2 光触媒のキャリアダイナミクス

本研究室では、太陽光 (可視光) で水の分解が可能な光触媒、特に TaON および TiO_2 をとりあげ、ナノ構造を制御したサンプルを作製するとともに、その光物性や光励起によって生成した電子と正孔の振る舞いをフェムト秒レーザー分光法により明らかにし、これを材料合成にフィードバックすることを目的に研究を進めた。

TaON のような Ta^{5+} を含む窒酸化物は可視光で水を酸化できる光触媒として近年注目されている。 TaON は犠牲試薬として Fe^{3+} のような酸化剤の存在下で、可視光照射により水を酸化して O_2 を発生できるので、太陽エネルギー変換において重要な物質である。本研究では、 TaON 合成の元物質である Ta_2O_5 のナノ微粒子を水熱合成法で合成するとともに、この窒化による TaON の合成を試みた。また中戸研究室で合成した TaON 微粒子および TaON ナノワイヤもサンプルとして用いた。 Ta_2O_5 ナノ微粒子は、 $\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$ を用いて水熱合成法により作製した。これを 750°C 程度までの

種々の温度に加熱し、結晶性と温度との関係をX線回折法により調べた。粒子の大きさはスピノコート法で薄膜とし、AFM で測定した。光触媒として重要な地位を占める TiO_2 に関しても、ナノ構造制御とその光物性への影響の解明を目的に研究を行った。特に、 TiO_2 ナノチューブを高濃度 NaOH 水溶液中における水熱合成法により TiO_2 ナノ微粒子から合成し、電子顕微鏡で構造解析するとともに、電子-正孔ダイナミクスをフェムト秒過渡吸収分光法により観測した。フェムト秒過渡吸収スペクトルの測定は、 Ti:sapphire レーザーの2倍波、3倍波を励起光として行った。

Ta_2O_5 および TaON について

水熱合成した Ta_2O_5 微粒子はX線回折からアモルファスであることが分かった。AFM 観察から、粒子の大きさは100 nm程度で、数 nm〜数十 nmの微小の粒子は生成していなかった。700°C以上で熱処理することにより Ta_2O_5 結晶が生成することがわかった。拡散反射法による吸収スペクトルは、市販の Ta_2O_5 のものより約30 nm短波長側シフトしていた。発光スペクトルは市販品と同様に約370 nmにピークを示し、これより約30 nm短波長側にショルダーも示した。

高温で Ta_2O_5 にアンモニアガスを反応させて合成した TaON 微粒子、およびポラスアルミナを鋳型として同様の方法で合成した TaON ワイヤの拡散反射スペクトルは、微粒子の吸収帯は約410 nm付近にピークを示し、 $E_g = 2.4 \text{ eV}$ であることを示したが、ワイヤーの吸収帯は微粒子より短波長にピークを示した。

フェムト秒過渡吸収スペクトルの測定では、 TaON 微粒子は時間の初期に負の吸収(発光)を示したが、20 ps程度でブロードな長寿命の正の吸収へと変化した。初期の負の吸収は、微粒子のバンドギャップ近傍の吸収が強く、発光の誘導放出が重なって観測されたためと考えられる。一方、 TaON ナノワイヤーは負の吸収は示さず、数 ps以内に緩和する(正)吸収の成分と長寿命のブロードな吸収成分から成り立っていた(図34)。これらの過渡吸収は、光励起により生成した電子と正孔によるものである。キャリア寿命は数ピコ秒で緩和する成分と、数ナノ秒以上の寿命を持つものが存在しており、長い寿命成分が光触媒活性に大きな寄与をしていると考えられる。今後、正孔捕捉剤などを添加して吸収の同定を行う必要がある。

TiO_2 ナノチューブについて

ナノ微粒子から作製した TiO_2 ナノチューブは、直径5〜7 nm、長さ数百 nm〜1 mmであり、 TiO_2 2〜3層から成り立っていることが電子顕微鏡観察から推定された。また、吸収や発光スペクトルはナノ微粒子に比べて短波長シフトしており、バンドギャップ E_g も微粒子よりも0.5 eVも大きい3.82 eVであることがわかった。第三高調波励起により過渡吸収スペクトルを測定すると、 TiO_2 ナノチューブでは、520 nm付近にピークを持つトラップされた正孔の吸収がナノ微粒子に比べてかなり大きく観測された(図35)。これは正孔の有効質量が電子に比べ小さくて拡散距離が大きいことを考えると、表面準位の寄与が重要であることを示唆している。一方、ルチル単結晶では自由電子からの吸収が主に観測され、トラップされ

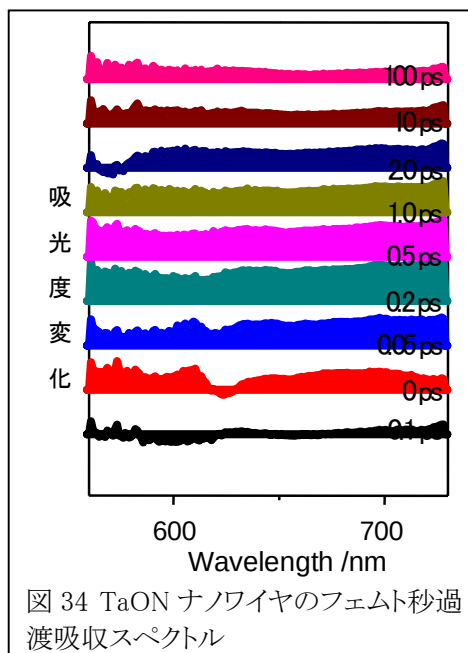


図34 TaON ナノワイヤーのフェムト秒過渡吸収スペクトル

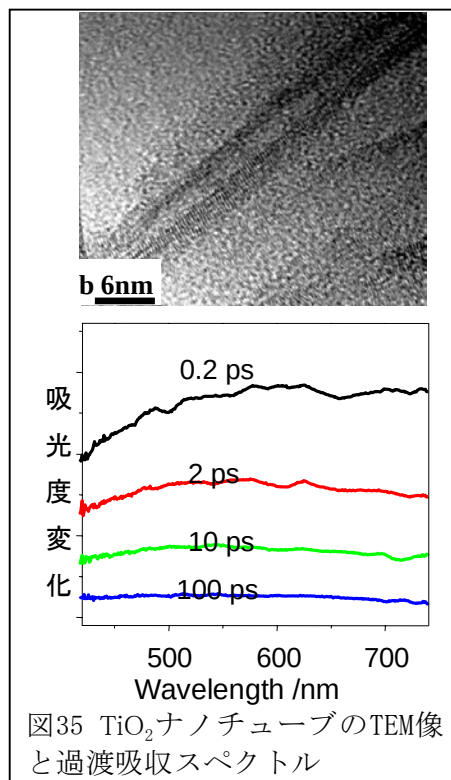
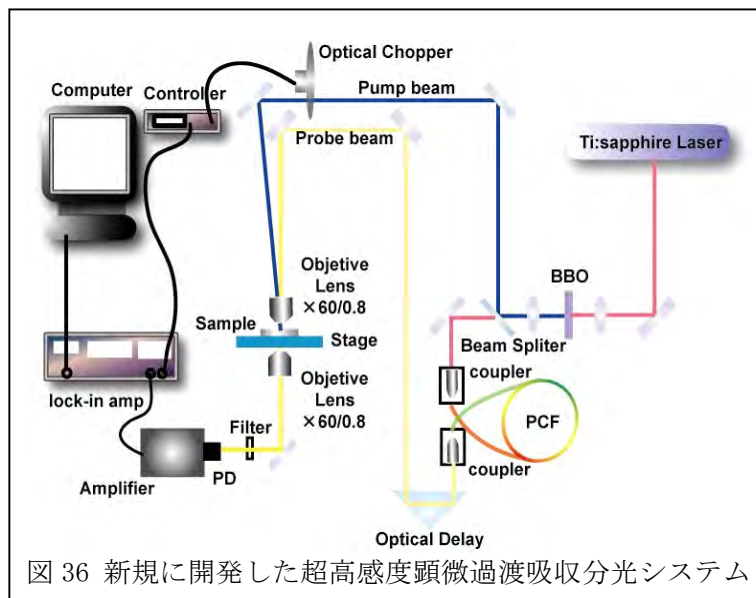


図35 TiO_2 ナノチューブのTEM像と過渡吸収スペクトル

た正孔やトラップされた電子の寄与は極めて小さかった。TiO₂ ナノ微粒子では、単結晶とナノチューブの中間的な電子、正孔キャリアの振る舞いが観測された。ナノチューブでは、単位体積当たりの表面積が球形微粒子に比べて大きく、これがトラップされた正孔の寄与を大きくしているものと考えられる。さらに、ポリビニルアルコール等の正孔反応剤による実験でもナノチューブにおけるトラップされた正孔の重要性が確認された。これより、正孔を用いる酸化反応等にナノチューブを有効に利用できる可能性があることが明らかになった。

◆ナノ構造材料・システムの評価のための超高感度顕微過渡吸収分光システムの開発

一般に従来の顕微過渡吸収分光では、増幅したレーザーをファイアや重水等を集光して得られる白色光がプローブ光に用いられてきた。しかし、この手法では微弱な吸収変化を測定することが出来ず、また強いポンプ光を集光して用いるので、様々な好ましくない非線形効果を試料に誘起することになる。一方、増幅しないレーザーを用いるとプローブ波長が限られてしまい、実験系そのものに制限を受ける。特にナノ構造材料を評価するためには、非常に広い波長範囲で光機能を時間分解において解析する必要がある。本研究では、ナノ構造材料・システムの評価のための超高感度顕微過渡吸収分光システムの開発を目指して、増幅しない Ti:sapphire レーザー (80MHz、120fs、780nm) をフォトニック結晶ファイバー (PCF) にカップリングすることにより広帯域のフェムト秒白色光 (500nm~1200nm) を発生させ、これをプローブ光として用いた。また、Ti: sapphire レーザーの 2 倍波 (SHG:390nm) を励起光に用い、プローブ光と同軸で顕微鏡に導入して微小領域の過渡吸収を測定する新規なフェムト秒顕微過渡吸収分光システムを開発し、その性能を評価した (図 36)。



本研究では、ナノ構造材料・システムの評価のための超高感度顕微過渡吸収分光システムの開発を目指して、増幅しない Ti:sapphire レーザー (80MHz、120fs、780nm) をフォトニック結晶ファイバー (PCF) にカップリングすることにより広帯域のフェムト秒白色光 (500nm~1200nm) を発生させ、これをプローブ光として用いた。また、Ti: sapphire レーザーの 2 倍波 (SHG:390nm) を励起光に用い、プローブ光と同軸で顕微鏡に導入して微小領域の過渡吸収を測定する新規なフェムト秒顕微過渡吸収分光システムを開発し、その性能を評価した (図 36)。

焦点顕微過渡吸収システムにおけるフェムト秒白色光を用いた透過像の解析結果から、空間分解能は 0.6~0.8 μm 程度と求められた。対物レンズとして $\times 60$ 、NA=0.8 のものを用いているが、NA の大きな対物レンズを用いれば、さらなる分解能の向上が期待される。次に Ti:sapphire レーザーの 2 倍波を励起光とし、基本波を PCF にカップリングさせることによって発生した白色光をプローブ光として、ポンプ-プローブ分光を行った。サンプルを透過した光は共焦点位置でファイバーにカップリングした後フォトダイオードにより検出し、ロックインアンプを用いて微小な信号の変化を測定した。半導体ナノ微粒子を含む薄膜の光吸収ダイナミクスの解析から、 10^{-7} オーダーの吸収変化をフェムト秒の時間分解能で観測することに成功した。さらに過渡吸収の励起光強度依存性・プローブ光強度依存性を測定したところ、励起光 0.1mW、白色光 50nW (透過強度) 程度まで $\pm 3 \times 10^{-8}$ の吸光度精度で測定可能であった。観測波長範囲は InGaAs フォトダイオードを用いて近赤外領域まで感度を持たせることが出来た。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究グループで新しく開発した可視光応答性金属酸化物、BiTiVO₆、BiCu₂VO₆、BiZn₂VO₆ は極めて高活性で、国内、国外特許を申請しているほか、本研究とは別に、環境浄化用の光触媒として (株) 竹中工務店との共同研究を進めている。これからも明らかなように、今後、これらの応用は大きく展開されていくものと思われる。

また、本研究グループで新しく解明・確立した n -TiO₂ (ルチル) 表面上での光酸化反応の機構は、従来から広く信じられてきた Marcus, Levich, Gerischer らの電子移動理論に基づく表面 OH 基のホール酸化による HO・ラジカルの生成という機構に対して、表面ホールへの水分子の求核攻撃という全く新しい観点からのアンチテーゼを提出して、表面反応理論にブレークスルーをもたらした。これは学問的に大きなインパクトを与えたのみならず、応用的にも極めて重要である。

水の電解とこの逆反応(水素・酸素燃料電池反応)は化学的エネルギー変換技術を確認する上で基本的に重要な反応である。しかし、図 37 に見るように、酸素発生反応とこの逆反応である酸素還元反応はともに大きい過電圧(活性化エネルギー)を有し、このため、水電解には 1.7V 程度の電圧を要するのに、燃料電池で発生する電圧は 0.7 V 程度となってしまう。つまり、たとえば、太陽電池で発生した電力で水を電解し、水素を貯蔵し、再び水素・酸素燃料電池で電力に変換したとすると、これだけで出力は 1/2.5 程度になってしまう。これから、酸素発生・酸素還元反応に対して有効な電極材料を開発することがいかに重要であるかが分かる。しかし、これまでは反応機構が不明で、このため活性な電極の開発も手探り状態に終始してきた。今回の反応機構の解明・確立によって、研究に指針が与えられることになり、これによって、この方面の研究は新しい段階に入ると思われ、大いなる発展が期待される。

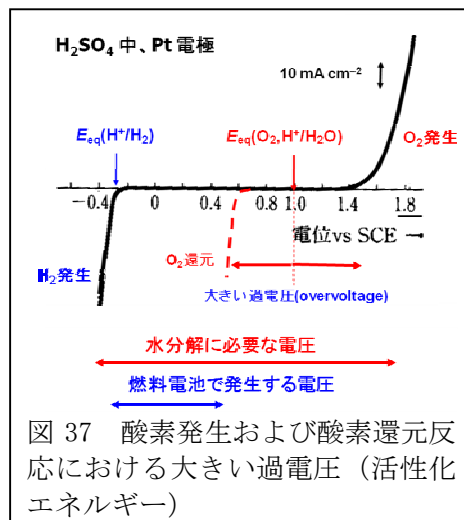


図 37 酸素発生および酸素還元反応における大きい過電圧(活性化エネルギー)

液中アブレーションを用いた可視光応答性の金属酸化物の微粒子化とこれを利用する高効率な微粒子薄膜電極の作製は、本研究グループが初めて試み、成功裏に達成させた新しい方法である。この方法は、色素増感型太陽電池等でも効率の良い電極が作製できているので、さらに発展させられる可能性がある。今後は、液の種類や照射波長と粉碎過程の関係を詳細に検討することにより薄膜作製に一層適した条件が見出されると思われる。

多結晶 n - p Si/In₂O₃/WO₃ 微粒子薄膜あるいは n - i - p a-Si/ITO/WO₃ 微粒子薄膜からなる複合電極で、外部バイアス存在下ではあるが、太陽光水分解に成功したことは、安価な Si 太陽電池の上に WO₃ 微粒子のペーストを塗るという極めて単純な方法で太陽光水分解ができることを示している。これは太陽電池方式に比べて太陽光水分解の方式が低コスト化の面で有利であることを明確に示しており、非常に重要である。将来、金属酸化物微粒子膜で効率のよいものが見出されれば、この方式は一躍太陽エネルギー利用法の主流になる可能性がある。

ナノ微粒子、ナノワイヤ、ナノチューブなどのナノ構造体中の電子や正孔の動的挙動を明らかにすることは、薄膜光電極の活性を解明する上で基本的に重要なことである。レーザー分光法はこの意味で今後も重要な役割を果たしていくであろう。

今回、本研究グループでは、新しい超高感度顕微過渡吸収分光システムを開発した。従来の過渡吸収分光法では、増幅したレーザー光を用いて白色光を発生させていたために、微弱な吸収変化が測定できず、一方、強い励起光を用いざるを得なかったために、微小領域では高密度励起となり、試料ダメージを引き起こしやすいという問題があった。本研究の新しい方法では、増幅しないレーザーを用いて白色光を発生させているので、試料のダメージも少なく、微小領域の光化学ダイナミクスや反応メカニズム等を明らかにすることが出来る。したがって、ナノ構造材料・システムの評価をする上で重要な分光的手法となりうる。さらに、生物系等の試料を生きたままで解析することが可能になり、その波及効果は材料開発にとどまらず、生命科学まで拡がり、かなり広い。一方、今回の新手法を用いると、増幅しないレーザー光を用いているので、従来の過渡吸収分光法に比べてレーザー増幅装置が不要となり、装置製作費の面で従来のものの半分以上の価格で高性能な顕微過渡吸収分光装置を組み立てることが出来る。従って、この意味でも、波及効果は極めて大きいと考えられる。

3.5 シミュレーション（奈良先端科学技術大学院大学 シミュレーショングループ）

(1) 研究実施内容及び成果

複合電極による太陽光水分解の高効率化の条件を明らかにするために、種々の複合電極についてデバイスシミュレータを用いたシミュレーションを行った。初期には、実験結果を再現するモデル化ができないという困難に遭遇した。これは、初期には、電解質溶液を組み込んだ電極系のモデル化を行ったためである。半導体や金属と電解質溶液との界面には電気二重層が形成され、これが電極特性を決定づける因子として働くが、現在のシミュレーション技術では（池庄司チームの研究でも明らかにされているように）この電気二重層の効果を正當に取り入れることができない。そこで、本研究の後半には、*n*-Si/レドックス溶液接合を *p-n* 接合で近似してモデル化する方針に切り替え、これによって多くの複合電極についてシミュレーションに成功することができた。

◆ *n*-Si/レドックス溶液接合を組み込んだ電極系のモデル化—初期の研究—

まず、*n*-Si 上に 5 nm の Pt ナノ粒子を担持させた電極のモデル化を行い（図 38）、そのモデルを基にしたショットキー型太陽電池においてシミュレーションを実行した。その結果、Pt ナノ粒子の間隔が大きくなるほど、光電圧 V_{oc} が高くなる、シリコン膜厚が増大するほど、短絡電流は増加する、レドックス水溶液や Pt の仕事関数が開放光電圧 V_{oc} に大きく影響する、等の一応合理的な結果が得られた。しかし、実験結果では Pt ナノ粒子の間隔が 20 nm 程度になると、0.62 V を超える V_{oc} が得られるのに、シミュレーションでは、Pt ナノ粒子の間隔が 200 nm になっても V_{oc} は 0.48 V にしかならなかった（図 39）。また、Pt やレドックス水溶液の仕事関数を 6.5 eV まで非常に大きくしても、 V_{oc} は 0.55 V にとどまり、0.60 V を超えることはなかった（図 40）。総じて、このモデルでは、白金ナノ粒子担持 *n*-Si 電極の特徴である高い光起電力の発生（0.64 V 程度）をうまく説明できなかった。

次に、Si 表面のアルキル化の効果を取り入れることを考え、基本的な構造のモデル化を行った（図 41）。アルキル化の効果は、Si 表面に固定電荷を置くことで対応した。これによって以下の結果を得た。固定電荷は、Si/SiO₂ 界面においても、Si 表面においても効果がある。

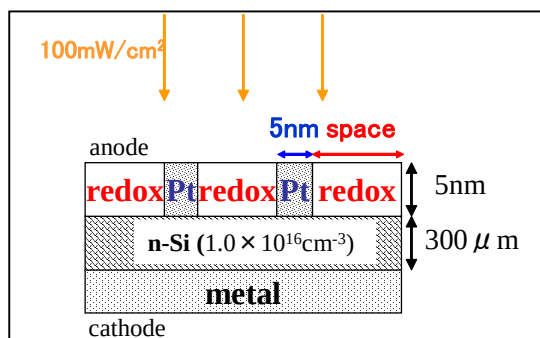


図 38 Pt ナノ粒子担持 *n*-Si 電極のモデル

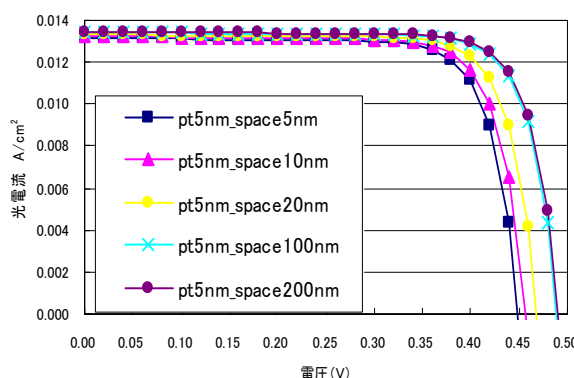


図 39 Pt ナノ粒子担持 *n*-Si 電極の光電流—電位特性におよぼす Pt ナノ粒子間隔に対する依存性

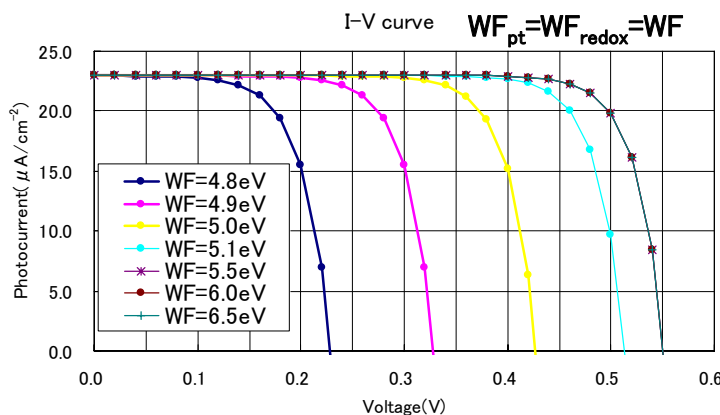


図 40 Pt ナノ粒子担持 *n*-Si 電極の光電流—電位特性におよぼす Pt（およびレドックス溶液）の仕事関数の影響

固定電荷はSi表面を空乏化させる。固定電荷は、Pt/Siショットキー接合におけるバンドの曲がりを促進する。これらの効果によって、開放端電圧が改善する。ただし、負の固定電荷を $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ から $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ まで変化させても、開放光電圧 V_{oc} は 0.48 V から 0.50 V に変わるだけであり、十分な変化を与えるものではなかった(図 42)。

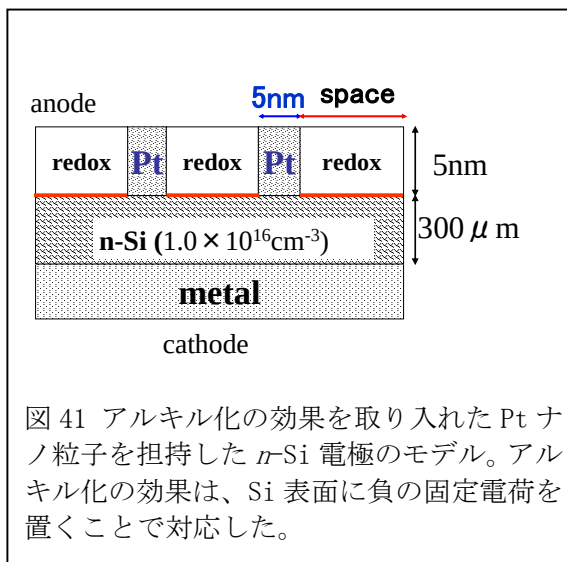


図 41 アルキル化の効果を取り入れた Pt ナノ粒子を担持した n -Si 電極のモデル。アルキル化の効果は、Si 表面に負の固定電荷を置くことで対応した。

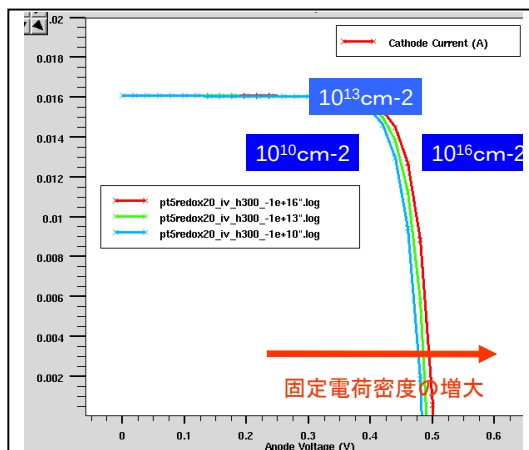


図 42 アルキル化の効果を検討した Pt ナノ粒子を担持した n -Si 電極の光電流-電位特性におよぼす表面電荷の影響

さらに、Pt ナノ粒子を担持した n -Si 電極の上に WO_3 層を形成した複合電極のモデル化を検討した(図 43)。光電極は、Si 表面に白金を介して WO_3 が接続する形になっている。この電気特性の解析を最適化するために、2次元デバイスシミュレータを用いた。その結果、Pt ナノ粒子の上に WO_3 層を形成することで、開放光電圧 V_{oc} が向上した(図 44)。これは、Si 層、 WO_3 層がそれぞれ異なる波長領域の光を吸収して、これらの光起電力が、二段階励起の機構に従い、直列につながったためと考えられる。 WO_3 で発生したキャリアと、Si で発生したキャリアとが白金で再結合している様子が再現できた。さらに短絡光電流が WO_3 の膜厚に依存して変化し、 WO_3 に生成する光電流が複合電極の光電流を決めていることが確認された。

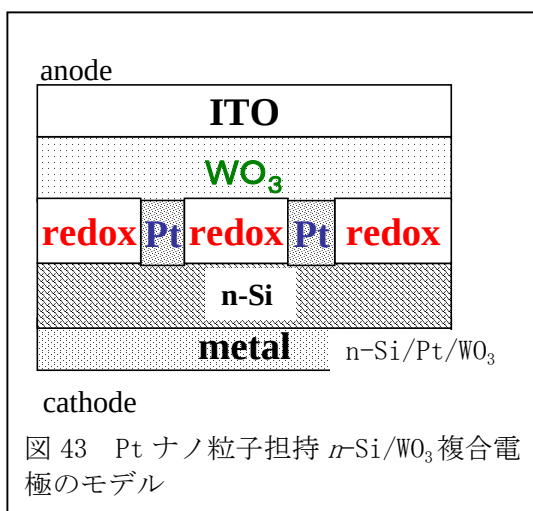


図 43 Pt ナノ粒子担持 n -Si/ WO_3 複合電極のモデル

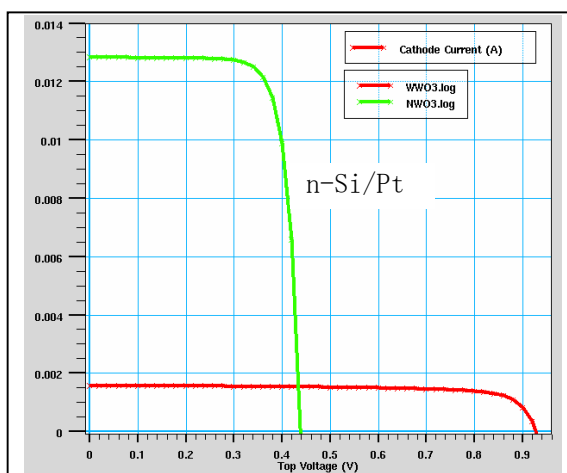


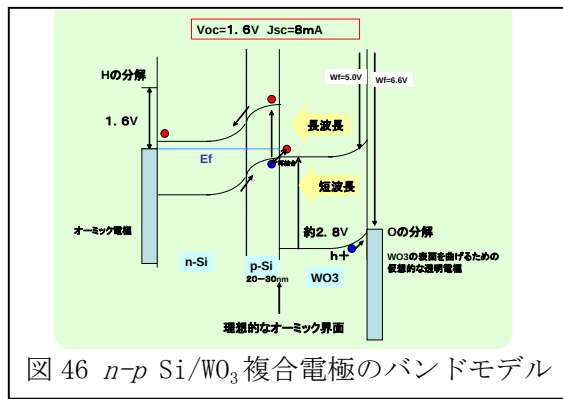
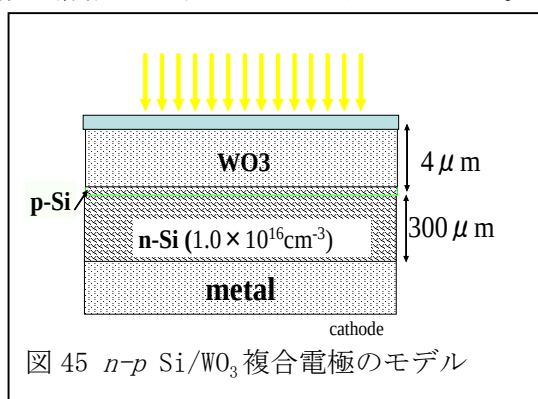
図 44 WO_3 複合による V_{oc} の向上

◆ n -Si/レドックス溶液接合を p-n 接合で近似した複合電極のモデル化

以上、示したように、 n -Si/レドックス溶液接合を組み込んだ電極系のモデル化では、実験結果を正しく再現することができなかった。特に、このモデルでは、白金ナノ粒子担持 n -Si 電極の特徴である高い光起電力の発生 (0.64 V 程度) をうまく説明できなかった。そこで、本研究の後半には、

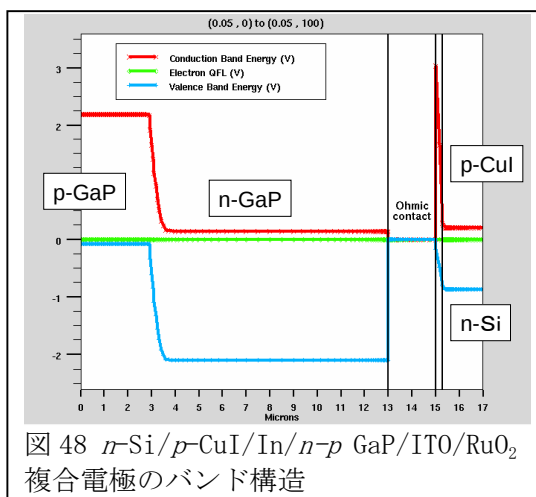
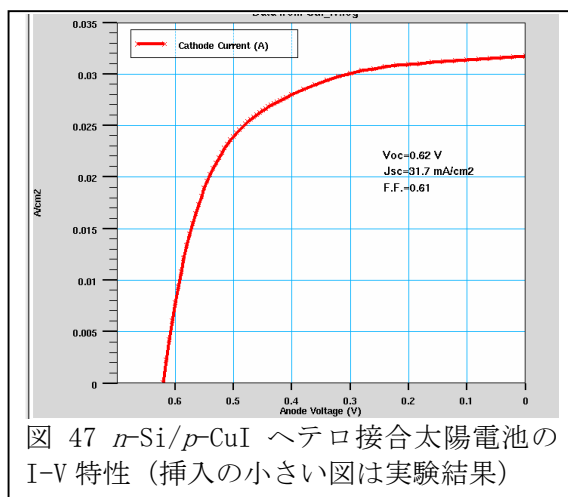
n -Si/レドックス溶液接合を p - n 接合で近似してモデル化する方針に切り替え、これによって多くの複合電極についてシミュレーションに成功することができた。特に、 n - p Si/ITO/ WO_3 複合電極、 n -Si/ p -CuI ヘテロ接合太陽電池、および n -Si/ p -CuI/ITO/ n - p GaP/ITO/ RuO_2 複合電極等について、実験結果とほぼ一致する出力特性を得た。この結果を踏まえ、出力を規制しているパラメータに関して考察を行い、複合電極高性能化の条件を明らかにした。

まず、図 38 の Pt ナノ粒子を担持し、レドックス溶液に接触させた n -Si 電極を n - p Si で近似し、この上に WO_3 を形成した複合電極、すなわち n - p Si/ WO_3 複合電極のモデル化を行い(図 45)、シミュレーション計算を行った。この電極のバンドモデルを図 46 に示す。これによって、 n -Si と WO_3 がそれぞれ最適の性能を示せば、図 38 ないしは図 45 の複合電極で、太陽光分解に必要な出力 ($J_{sc} = 8 \text{ mA/cm}^2$, $V_{oc} = 1.6 \text{ V}$) を達成できることが明らかになった。実験ではこの性能は達成されていないが、これは個々の部分の性能が理論通りに達成されていないことによる。ただし、短絡電流 J_{sc} の達成には、 WO_3 の電子と n -Si のホールの再結合をスムーズにする WO_3 と n -Si のオーミック接触の形成が重要であることが分かった。またシミュレーションの精度の向上には、 WO_3 の光吸収係数の情報が重要であることも明らかになった。



つぎに、GaP を用いる複合電極についてモデル化とシミュレーションを行った。予備的シミュレーションとして、 n -GaP/ p - $\mu\text{c-Si:H}$ および n -GaP/ p - a-SiC:H ヘテロ接合について、バンドエネルギーとバンドマッチングの違いの電気特性への影響を調べた。この結果、価電子帯のミスマッチ構造を有する n -GaP/ p - a-SiC:H ヘテロ接合の方が、高い開放光電圧と短絡光電流を示すことを確認した。この結果は実験結果と一致している。両者において短絡時の電流分布には明確な差が見られなかった。また両者のヘテロ界面での再結合電流には明確な差が見られた。

もう一つの予備実験として、 n -Si/ p -CuI 接合太陽電池の電流-電圧特性を計算した。このヘテロ p - n 接合は、本研究チームの中戸研究室において新しく開発されたもので、0.62 V という結晶 n -Si を用いるものとしては非常に高い開回路光電圧 (V_{oc}) を発生するという特徴をもっている。計算



の結果、以下のように、誤差 10%以内で実験値に一致する理論曲線が得られた(図 47)。

	実験値	計算値
V_{oc} (V)	0.617	0.62
J_{sc} (mA cm ⁻²)	31.8	31.7
F.F.	0.583	0.61

また、高い開回路光電圧(V_{oc})の発生が、実験的研究と一致して、水素終端化 n -Si 上に表面欠陥がない、 n -Si の価電子帯と p -CuI のそれとの間でエネルギーマッチングがよい、 p -CuI の伝導帯が n -Si のそれより上にあるため n -Si からの多数キャリア暗電流密度が非常に小さくなる等の理由によるものであることも明らかになった。

以上の成果を踏まえ、 n -Si/ p -CuI/ In/n - p GaP/ITO/ RuO_2 複合電極の理論解析を行った。図 48 に、この電極の暗時・平衡下でのバンドモデルを示す。計算した光電流-電位特性は、数値および曲線の形状において、ほぼ実験値を再現する結果を得た(図 49)。

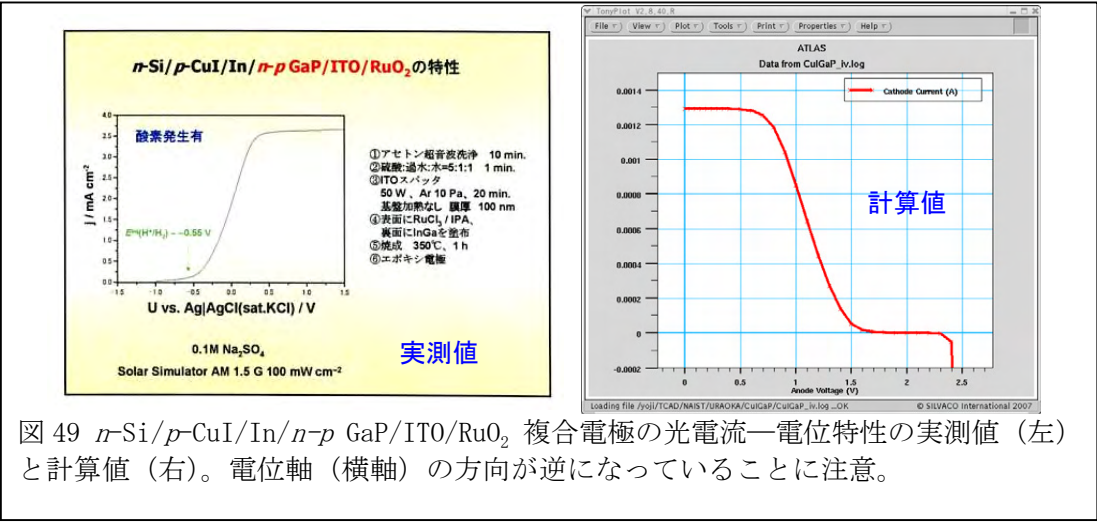


図 49 n -Si/ p -CuI/ In/n - p GaP/ITO/ RuO_2 複合電極の光電流-電位特性の実測値 (左) と計算値 (右)。電位軸 (横軸) の方向が逆になっていることに注意。

(2)研究成果の今後期待される効果

種々の複合電極について、実験的データをもとに、理論的なシミュレーションを実施し、その解析を行った。今回、用いたシミュレータは、LSI では一般的な市販の ATLAS(SILVACO 社)と呼ばれるデバイスシミュレータであったが、目的を達成するのに十分な性能を有したと思われる。このことは、材料の物性さえ明らかになれば、この程度のシミュレータによって、出力の向上に対する指針が得られることを示唆する。本研究での計算によって、あらためてシミュレーションの重要性を感じた。シミュレーションの精度については、開放光電圧の変化を信頼性高く推定することができた。一方、短絡光電流に関しては、実験結果を必ずしも、十分には再現できなかった。光吸収係数など、実測に基づく一層正確なパラメータの導入が必要であることが明らかになった。

4 研究参加者

① 全体総括・太陽光水分解グループ (全体総括・太陽光水分解の研究)

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
中戸 義禮	大阪大学基礎工学研究科 関西学院大学大学院理工学研究科	教授 客員教授	チーム全体の研究方針・計画の策定、複合電極の考案・作製と太陽光水分解	H14. 11～H18. 03 H18. 04～H20. 03

今西 哲士	大阪大学大学院 基礎工学研究科	准教授	太陽光水分解	H14. 11～H20. 03
大竹 才人	大阪大学大学院 基礎工学研究科	CREST 研 究員	金属酸化物薄膜作製・太陽 光水分解	H17. 05～H19. 05
豊川 雅博	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-2	複合電極作製・太陽光水分 解	H16. 04～H18. 03
加藤 直諒	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-2	同上	H17. 04～H19. 03
小島 慎司	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-2	同上	H17. 04～H19. 03
山根 聡	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-2	同上	H18. 04～H20. 03
伊藤 弥生	大阪大学大学院 基礎工学研究科	チーム事 務員	チーム事務	H16. 06～H17. 03
近藤 絵美	大阪大学大学院 基礎工学研究科	チーム事 務員	チーム事務	H17. 04～H20. 03

② 多結晶 Si 薄膜製造グループ (多結晶 Si 薄膜の製造の研究)

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
野々村 修一	岐阜大学大学院 工学研究科	教授	Hot-wire CVD 法の高性能 化	H14. 12～H20. 03
吉田 憲充	岐阜大学大学院 工学研究科	准教授	Si 多結晶薄膜の作製	H14. 12～H20. 03
伊藤 貴司	岐阜大学大学院 工学研究科	准教授	Si 多結晶薄膜の評価	H14. 12～H19. 10
夏原 大宗	岐阜大学大学院 工学研究科	M1-D3	Si 多結晶薄膜の評価	H14. 12～H19. 03
國井 稔枝	岐阜大学大学院 工学研究科	M2-D3	Si 多結晶薄膜の評価	H14. 12～H18. 03
傍島 靖	岐阜大学大学院 工学研究科	D2-D3	Si 多結晶薄膜の作製	H14. 12～H16. 03
沈 振華	岐阜大学大学院 工学研究科	M1-D3	Si 多結晶薄膜の評価	H14. 12～H19. 03
小川 俊輔	岐阜大学大学院 工学研究科	M1-D3	Hot-wire CVD 法の高性 能化、Si 多結晶薄膜の作 製	H14. 12～H19. 03
飯田 民夫	岐阜大学大学院 工学研究科	D1-D3	同上	H16. 04～H19. 03
水野 功一	岐阜大学大学院 工学研究科	D1-D2	同上	H17. 04～H19. 03
成田 知岐	岐阜大学大学院 工学研究科	D1-D2	同上	H18. 04～H20. 03
岡部 真明	岐阜大学大学院 工学研究科	M2	同上	H18. 08～ H19. 03

③ Si 表面ナノ制御グループ (Si 表面ナノ制御の研究)

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
-----	-----	-----	------	------

中戸 義禮	大阪大学大学院 基礎工学研究科 関西学院大学 大学院理工学 研究科	教授 客員教 授	メチル化・Ptナノ粒子担持 n- Si 電極によるHIの分 解、n-Si /p-CuI ヘテロ接 合太陽電池	H14. 11～H18. 03 H18. 04～H20. 03
今西 哲士	大阪大学大学院 基礎工学研究科	准教授	Si 表面の分子修飾	H14. 12～H20. 03
中西 周次	大阪大学大学院 基礎工学研究科	助教	Si 表面ナノ構造形成	H15. 11～H20. 03
Zhiquan Zhang	大阪大学大学院 基礎工学研究科	CREST 研 究員	Si 表面のアルキル修飾	H15. 05～H16. 03
鷹林 将	大阪大学大学院 基礎工学研究科	D1-D3	メチル化・Ptナノ粒子担持 n- Si 電極によるHIの分解	H14. 11～H17. 03
岡崎 健一	大阪大学大学院 基礎工学研究科	D1-D3	ナノ金属担持法の開発	H14. 11～H17. 03
酒井将一郎	大阪大学大学院 基礎工学研究科	D1-D3	同上	H15. 04～H18. 03
深見 一弘	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M2-D3	同上	H15. 04～H18. 11
長井 智幸	大阪大学大学院 基礎工学研究科	D1-D3	同上	H17. 04～H20. 03
福島 聡史	大阪大学大学院 基礎工学研究科	D1-D3	同上	H17. 04～H20. 03
園田憲太郎	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-M2	同上	H17. 04～H19. 03
松岡 達也	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-M2	Si 表面処理	H17. 04～H19. 03
田村 欣章	大阪大学大学院 基礎工学研究科	M1-M2	同上	H18. 09～H20. 03
市川 雅章	大阪大学大学院 基礎工学研究科	B4-M1	同上	H18. 09～H20. 03
真島 和志	大阪大学大学院 基礎工学研究科	教授	Si 表面のアニオン基つきア ルキル化	H14. 12～H20. 03
Xu Quanguang	大阪大学大学院 基礎工学研究科	学振 PD	Si 表面のアニオン基つきア ルキル化	H15. 02～H16. 09
大橋 理人	大阪大学大学院 基礎工学研究科	CREST 研 究員	Si 表面のアニオン基つきア ルキル化	H15. 04～H18. 06
八重 真治	兵庫県立大学大 学院工学研究科	准教授	金属微粒子担持と Si 表面 多孔化、HI 光分解	H14. 12～H20. 03
松田 均	兵庫県立大学大 学院工学研究科	教授	金属無電解析出	H14. 12～H20. 03
福室 直樹	兵庫県立大学大 学院工学研究科	助教	金属 Si 構造解析	H14. 12～H20. 03
田中 宏幸	兵庫県立大学大 学院工学研究科	M1-M2	金属 Si 構造解析	H14. 12～H16. 03
川岸 辰則	兵庫県立大学大 学院工学研究科	B4-M2	Si 表面多孔化	H16. 04～H19. 03
奈須 紀明	兵庫県立大学大	B4-M2	金属微粒子担持	H16. 04～H19. 03

	学院工学研究科			
阿部 真	兵庫県立大学大学院工学研究科	B4-M2	Si 表面多孔化、HI 分解	H17.04～H20.03
鈴木健太郎	兵庫県立大学工学部	B4	HI および水分解	H18.04～H19.03
松田 貴士	兵庫県立大学大学院工学研究科	M1-M2	金属微粒子担持	H18.04～H20.03
高橋 昌男	大阪大学産業科学研究科	准教授	多結晶 Si のシアン化	H14.12～H20.03
劉 玥伶	大阪大学産業科学研究科	D2-D3	同上	H17.04～H18.03
任 星淳	大阪大学産業科学研究科	D1-D2	同上	H17.04～H18.10
マダニ モハメド	大阪大学産業科学研究科	D1-D2	同上	H18.04～H20.03
山崎 祥子	奈良教育大学教育学部	教授	Si 表面のアニオン基つきアルキル化	H14.12～H20.03
濱中佐和子	奈良教育大学教育学部	研究補助員	同上	H16.04～H17.03
倉本 香織	奈良教育大学教育学部	実験補助員	同上	H16.04～H17.03
劉 揚	奈良教育大学教育学部	CREST 研究員	同上	H15.10～H18.03
出原 卓	奈良教育大学教育学部	技術補助員	同上	H18.04～H20.03
鹿島 慎一	奈良教育大学教育学部	M2	同上	H18.04～H20.03
山本 優子	奈良教育大学教育学部	B4	同上	H19.04～H20.03

④ TiO₂ 可視光化・表面処理グループ (TiO₂ 可視光化・表面処理の研究)

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
中戸 義禮	大阪大学大学院基礎工学研究科 関西学院大学大学院理工学研究科	教授 客員教授	新規の可視光応答金属酸化物の開発、薄膜電極による水の太陽光分解、水の光分解反応の機構	H14.11～H18.03 H18.04～H20.03
村越 敬	大阪大学大学院基礎工学研究科	助教授	TiO ₂ 表面構造解析	H14.12～H15.09
今西 哲士	大阪大学大学院基礎工学研究科	准教授	TiO ₂ 表面修飾	H14.12～H20.03
中村 龍平	大阪大学大学院基礎工学研究科	D1-D3	TiO ₂ 窒化・反応機構	H14.12～H17.03
Liu Haimei	大阪大学大学院基礎工学研究科	CREST 研究員	新規な可視光応答性金属酸化物の開発・光水分解	H15.10～H20.03
大竹 才人	大阪大学大学院基礎工学研究科	CREST 研究員	太陽光水分解・金属酸化スパッター膜作製・評価	H17.04～H19.05

岡村 知明	大阪大学大学院 基礎工学研究科	B4-M2	金属酸化物開発	H16.04～H19.03
辻 悦司	大阪大学大学院 基礎工学研究科	B4-M2	同上	H17.04～H20.03
森江 美帆	大阪大学大学院 基礎工学研究科	B4-M1	同上	H17.04～H18.07
野坂 芳雄	長岡技術科学大 学工学部	教授	新規可視光応答金属酸 化物開発・光水分解	H14.12～H20.03
村上 能規	長岡技術科学大 学工学部	助教	可視光応答半導体の合 成	H15.04～H20.03
野坂 篤子	長岡技術科学大 学工学部	講師 (非常勤)	TiO ₂ 窒化	H14.12～H15.02
西野 純一	長岡技術科学大 学工学部	助手	NSOM、TEM 測定	H15.04～H19.03
シッティデッ チ ティカテ ィラウエッチ	長岡技術科学大 学工学部	D1-D3	TiO ₂ 窒化	H14.12～H17.09
チュン・チャン フー	長岡技術科学大 学工学部	D1-D3	TiO ₂ 可視応答化	H16.09～H19.08
山田そよか	長岡技術科学大 学工学部	M1-M2	同上	H15.04～H17.03
夏井 勇人	長岡技術科学大 学工学部	M1	同上	H14.12～H15.03
松下 政美	長岡技術科学大 学工学部	M1	同上	H14.12～H15.03
Yu Yang (楊 宇)	長岡技術科学大 学工学部	PD (COE 研究員)	TiO ₂ 窒化	H17.09～H18.09
杉浦 隆	岐阜大学大学院 工学研究科	准教授	TiO ₂ 可視化・表面処理、 WO ₃ 薄膜作成・水分解	H14.12～H20.03
柳 漢振	岐阜大学大学院 工学研究科	D1-D3	TiO ₂ 可視化・表面処理	H14.12～H16.02
星屋さくら	岐阜大学大学院 工学研究科	B4-M2	同上	H16.04～H19.03
津野 修司	岐阜大学大学院 工学研究科	B4-M2	同上	H15.04～H18.03
加藤 篤	岐阜大学大学院 工学研究科	B4～M1	同上	H17.04～H19.03
玉井 尚登	関西学院大学大 学院理工学研究 科	教授	表面光反応機構	H18.04～H20.03

⑤ シミュレーショングループ (シミュレーションの研究)

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
浦岡 行治	奈良先端科学 技術大学院大 学物質創成科 学研究科	准教授	複合半導体光電極の動 作のシミュレーション	H14.12～H20.03
山崎 努	奈良先端科学	D1-D3	同上	H14.12～H17.02

	技術大学院大学物質創成科学研究科			
八木 俊樹	奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科	M2-D3	同上	H14. 12～H18. 03
大鐘 章義	奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科	D1-D2	同上	H18. 04～H20. 03

5 招聘した研究者等

氏 名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
David Jason Riley (University of Bristol・Senior Lecturer 講師)	半導体ナノ粒子の作成、構造解析、光物性に関する研究交流および講演・討議	大阪大学大学院基礎工学研究科	H16. 12. 01～12. 09
Kizhanipuram Vinodgopal (Indiana University Northwest・Professor)	金属、半導体ナノ粒子の作成と（光）触媒活性に関する研究交流および講演・	大阪大学大学院基礎工学研究科	H17. 02. 21～03. 08
Reiner Anwander (University of Bergen・Professor)	固体表面に導入した希土類化学種の制御と機能に関する研究討論のため。阪大基礎工・工、産総研関西センター等で講演	大阪大学大学院基礎工学研究科	H17. 03. 03～03. 12
Janet Bruemel (University of Heidelberg・Professor)	固体表面の化学種のNMRによる同定に関する研究討論のため。阪大基礎工・工、産総研関西センター等で講演	大阪大学大学院基礎工学研究科	H18. 01. 14～01. 21
Steven Frederick Durrant (Universidade Estadual Paulista・教授)	Hot-wire CVD 法による金属酸化物薄膜の作製と評価に関する情報交換およびそれに関する第4回 Hot-wire CVD (Cat-CVD) プロセス国際会議における招待講演	岐阜大学大学院工学研究科	H18. 10. 03～10. 08
Wolfgang Scherer (University of Augsburg・教授)	固体表面の分子による化学修飾に化学修飾に関して、討論及び講演	大阪大学大学院基礎工学研究科	H19. 09. 10～09. 21

6 成果発表等

(1) 原著論文発表 (国内誌 10 件、国際誌 180 件)

国内誌 10 件

1. 福室直樹, 加藤陽平, 八重真治, 松田 均, TiO_2 光触媒を利用したマグネシウム合金上への無電解めっきの光パターニング, 表面技術, 54(12), 1056-1057 (2003).
2. 山岸憲史, 八重真治, 岡本尚樹, 福室直樹, 松田 均, 無電解めっきの二液法活性化前処理により非導電性基板上に形成される吸着物: 表面技術, Vol. 54, 150 (2003)
3. 八重真治, 濱田隆弘, 横山敦之, 伊藤 潔, 福室直樹, 松田 均 ヒドラジンを還元剤とする無電解純ニッケルめっきの浴組成の単純化, 表面技術, 55(1), 89-90 (2004).
4. 杉浦 隆, 柳 漢振, 安野 聡, 箕浦秀樹, 「光電気化学エッチングによる酸化チタンナノロッド構造の創製」、色材協会誌 **77**(2), 14-18(2004)
5. 福室直樹, 臼井勇樹, 八重真治, 松田 均, “無電解Ni-P/ TiO_2 複合めっき膜の構造と光電流密度”, 表面技術, 55 (5) 355-359 (2004).
6. 岡本尚樹, 八重真治, 山岸憲史, 三俣宣明, 渡辺 徹, 福室直樹, 松田 均, “無電解めっきの活性化前処理に用いられるセンシタイジング液の経時変化”, 表面技術, 55 (4), 281-285, (2004).
7. 山岸憲史, 岡本尚樹, 鶴川博之, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “二液法活性化により非導電性基板上に形成される吸着物と無電解Ni-Pめっき初期析出物の微視的形態”, 表面技術, 55 (6), 417-422, (2004). (2004年6月)
8. 伊藤 潔, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “ヒドラジンを還元剤とする無電解純ニッケルめっき膜の微細構造と電気伝導性”, エレクトロニクス実装学会誌, **8**(3), 233-236 (2005).
9. 伊藤 潔, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだとの接合性に優れた無電解純Niめっき”, エレクトロニクス実装学会誌, **9**(1), 52-56 (2006).
10. 中西周次, 酒井将一郎, 長井智幸, 中戸義禮, “電極表面上の吸着界面活性剤の相転移に誘起される振動電析反応と合金多層膜の形成”, 表面科学, **27**, 408-413 (2006).

国際誌 180 件

論文誌のインパクトファクターは論文誌名の後に[IF 0.000]というように示す。インパクトファクターの調査方法: ISI Web of Knowledge、Journal Citation Reports

(H14 年度)

1. T. Kisumi, A. Tsujiko, K. Murakoshi, Y. Nakato, “Crystal-Face Dependences of Quantum Efficiencies of Photoelectrochemical Etching, in Relation with Those of Water Oxidation, at n- TiO_2 (Rutile) Semiconductor Electrodes”, *J. Electroanal. Chem.*, **545** (3), 99-107 (2003). [IF 2.076]
2. T. Kunii, J. Kitao, N. Yoshida, S. Nonomura, “Temperature Dependence of Absorption Coefficient Spectra for $\mu\text{c-Si}$ Films by Resonant Photothermal Bending Spectroscopy”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **74**, 415-420 (2002). [IF 1.258]
3. T. Itoh, K. Fukunaga, Y. Katoh, T. Fujiwara, S. Nonomura, “Doping of a-SiCX:H Films Including $\mu\text{c-Si:H}$ by Hot-Wire CVD and Their Application as a Wide Gap Window for Heterojunction Solar Cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **74**, 379-385 (2002). [IF 1.258]
4. S. Yamazaki, S. Inaoka, K. Yamada, “Zinc Halide-promoted Cyclization of Propargyl Amide Enynes: Novel Six-membered Ring Formation”, *Tetrahedron Lett.*, **44**, 1429-1432 (2003). [IF 2.326]
5. S. Yamazaki, S. Yamabe, “A Computational Study on Addition of Grignard Reagents to Carbonyl

- Compounds”, *J. Org. Chem.*, **67**, 9346-9353 (2002). [IF 3.217]
6. A. Y. Nosaka, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, “Photocatalytic Reaction Sites at the TiO₂ Surface as Studied by Solid-State ¹H-NMR Spectroscopy”, *Langmuir*, **19** (6), 1935-1937 (2003). [IF 3.098]
 7. M. Sagawara, Y. Nosaka, “The effect of chelating reagents on the layer-by-layer formation of CdS films in the electroless and electrochemical deposition processes”, *Electrochim. Acta*, **48** (5), 483-488 (2003). [IF 1.996]
- (H15 年度)
8. R. Nakamura, A. Imanishi, K. Murakoshi, Y. Nakato, “In Situ FTIR Studies of Primary Intermediates of Photocatalytic Reactions on Nanocrystalline TiO₂ Films in Contact with Aqueous Solutions”, *J. Am. Chem. Soc.*, **125**, 7443 (2003). [IF 6.516]
 9. S. Nakanishi, S. Sakai, M. Hatou, K. Fukami, Y. Nakato, “Promoted Dissociative Adsorption of Hydrogen Peroxide and Persulfate Ions and Electrochemical Oscillations Caused by a Catalytic Effect of Adsorbed Bromine”, *J. Electrochem. Soc.*, **150**, E47-E51 (2003). [IF 2.361]
 10. K. Fukami, S. Nakanishi, S. Sakai, Y. Nakato, “Mechanism of Oscillatory Electrodeposition of Zinc, Revealed by Microscopic Inspection of Dendritic Deposits during the Oscillation”, *Chem. Lett.*, **32** (6), 532-533 (2003). [IF 1.579]
 11. A. Tsujiko, K. Kajiyama, M. Kanaya, K. Murakoshi, Y. Nakato, “New Approach to Lowering of the Overvoltage for Oxygen Evolution on RuO₂ and Related Metal-Oxide Electrodes by Ion Implantation”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **76** (6), 1285-1290 (2003). [IF 1.505]
 12. K. Murakoshi, H. Tanaka, Y. Sawai, Y. Nakato, “Effect of Photo-irradiation and External Electric Field on Structural Change of Metal Nano-Dots in Solution”, *Surf. Sci.*, **532-535**, 1109-1115 (2003). [IF 2.063]
 13. Y. Sawai, M. Suzuki, K. Murakoshi, Y. Nakato, “Photo-induced Metal Deposition onto an Au Electrode in Solution”, *J. Photochem. Photobio. A*, **106**, 19-25 (2003). [IF 2.098]
 14. K. Okazaki, Y. Nakato, K. Murakoshi, “Absolute Potential of the Fermi Level of Isolated Single-Walled Carbon Nanotubes”, *Phys. Rev. B*, **68**, 035434 (2003). [IF 2.962]
 15. A. Imanishi, T. Nagai, Y. Nakato, “Formation of Well-Ordered Step Structures on Si(111) by a Combination of Chemical Etching and Surface Scratching for Producing Macro-Sized Patterns”, *J. Phys. Chem. B*, **108**, 21 (2004). [IF 3.834]
 16. R. Nakamura, Y. Nakato, “Primary Intermediates of Oxygen Photoevolution Reaction on TiO₂ (Rutile) Particles, Revealed by In Situ FTIR Absorption and Photoluminescence Measurements”, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 1290 (2004). [IF 6.903]
 17. K. Chikusa, K. Takemoto, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, “Preparation of B-doped a-Si_{1-x}C_x:H films and heterojunction p-i-n solar cells by Cat-CVD method”, *Thin Solid Films*, **430**, 245-248 (2003). [IF 1.598]
 18. H. Natsuhara, T. Ohashi, S. Ogawa, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, M. Fukawa, K. Sato, “Hydrogen-radical durability of TiO₂ thin films for protecting transparent conducting oxide for Si thin film solar cells”, *Thin Solid Films*, **430**, 253-256 (2003). [IF 1.598]
 19. T. Itoh, K. Fukunaga, T. Fujiwara, S. Nonomura, “Effect of hydrogen radical on growth of μ c-Si in hetero-structured SiC_x alloy films”, *Thin Solid Films*, **430**, 33-36 (2003). [IF 1.598]
 20. S. Yamazaki, K. Yamada, K. Yamamoto, “Lewis Acid-promoted Cyclization of Heteroatom-substituted Enynes”, *Org. Biomol. Chem.*, **2**, 257-264 (2004). [IF 2.194]
 21. S. Yae, Y. Kawamoto, H. Tanaka, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Formation of porous silicon by metal particle enhanced chemical etching in HF solution and its application for efficient solar cells”, *Electrochemistry Communications*, **5**, 632-636 (2003). [IF 2.300]
 22. O. Maida, A. Asano, M. Takahashi, H. Iwasa, H. Kobayashi, “Experimental and theoretical studies of Si-CN bonds to eliminate interface states at Si/SiO₂ interface”, *Surf. Sci.*, **542** (3), 244-252 (2003). [IF 2.063]
 24. Y. Nosaka, S. Komori, K. Yawata, T. Hirawaka, A. Y. Nosaka, “Photocatalytic $\cdot$ OH radical formation in TiO₂ Aqueous Suspension Studied by Several Detection Methods,” *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **5** (20), 4731 – 4735 (2003). [IF 1.959]
 25. J. Nishino, S. Teekateerawej, Y. Nosaka, “Preparation of TiO₂ Coated Al₂O₃ membrane by a Pyrolysis Method”, *J. Mater. Sci. Lett.*, **22** (14), 1007-1009 (2003).
 26. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka, “Preparation of TiO₂ coated Alumina Membranes for

- Photocatalytic Activity” *Adv. Technol. Mater. Mater. Process, J.* **5** (2), 80-83 (2003).
27. A. Y. Nosaka, E. Kojima, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, “Photoinduced Changes of Adsorbed Water on a TiO₂ Photocatalytic Film as Studied by ¹H- NMR Spectroscopy”, *J. Phys. Chem. B*, **107** (44), 12042-12044 (2003). [IF 3.679]
 28. K. Nishioka, T. Takamoto, T. Agui, M. Kaneiwa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Evaluation of InGaP/InGaAs/Ge Triple-Junction Solar Cell under Coconcentrated Light by Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (3), 882-889 (2004). [IF 1.142]
 29. Y. Ishikawa, A. Nakamura, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Polycrystalline Silicon Thin Film for Solar Cells Utilizing Aluminum Induced Crystallization Method”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (3), 877-881 (2004). [IF 1.142]
 30. T. Yagi, Y. Uraoka, T. Fuyuki “Nobel Evaluation Method for Light Trapping Effect in Polycrystalline Silicon Solar Cells with Texture Structures using Laser Beam Induced Current”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (2), 39-443 (2004). [IF 1.142]
 31. N. Sakitani, K. Nishioka, T. Yagi, Y. Yamamoto, Y. Ishikawa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Evaluation of Recombination Velocity at Grain Boundaries in Poly-Si Solar Cells with Laser Beam Induced Current”, *Solid State Phenomena*, **93**, 351-354 (2003).
 32. Y. Ishikawa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Nucleation Control by Intermittent Supply of Dichlorosilane towards the Fabrication of Polycrystalline Silicon Thin Film with Large Grain Size”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 6759-6765 (2003). [IF 1.171]
 33. Y. Inoue, H. Ogawa, T. Endo, Y. Yano, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Reliability of Low-Temperature Poly-Si Thin-Film Transistors”, *Solid State Phenomena*, **93**, 43-48 (2003).
 34. K. Nishioka, N. Sakitani, K. Kurobe, Y. Yamamoto, Y. Ishikawa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Analysis of the Temperature Characteristic in Polycrystalline Si Solar Cells Using Modified Equivalent Circuit Model”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 7175-7179 (2003). [IF 1.171]
 35. K. Nishioka, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, R. Hagihara, M. Watanabe, “Field-test analysis of PV system output characteristics focusing on module temperature”, *Solar Energy Material & Solar Cells* **75**, 665-671 (2003). [IF 1.100]
 36. Y. Yamamoto, Y. Ishikawa, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Numerical analysis of bulk diffusion length in thin-film c-Si solar cells”, *Solar Energy Material & Solar Cells*, **75**, 433-438 (2003). [IF 1.100]
 37. Y. Yamamoto, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Passivation Effect of Plasma Chemical Vapor Deposited SiN_x on Single-Crystalline Silicon Thin -Film Solar Cells”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 5135-5139 (2003). [IF 1.171]
 38. H. Nakagawa, H. Yano, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Hot Carrier Effect in Low-Temperature Poly-Silicon p-Channel Thin Film Transistors”, *Solid State Phenomena*, **93**, 31-36 (2003).
- (H16 年度)
39. K. Okazaki, Y. Nakato, K. Murakoshi, “Characteristics of Raman features of isolated single-walled carbon nanotubes under electrochemical potential control”, *Surface Science*, **566-568**, 436-442 (2004). [IF 2.160]
 40. K. Nakato, S. Takabayashi, A. Imanishi, K. Murakoshi, Y. Nakato, “Stabilization of n-Si electrodes by Surface Alkylation and Metal Nano-Dot Coating for Use in Efficient Photoelectrochemical Solar Cells”, *Sol. Energy Mater. Solar Cells*, **83**(4), 323-330 (2004). [IF 1.432]
 41. R. Nakamura, T. Tanaka, Y. Nakato, “Mechanism for Visible Light Responses in Anodic Photocurrents at N-doped TiO₂ Film Electrodes”, *J. Phys. Chem. B*, **108**, 10617-10620 (2004). [IF 3.834]
 42. S. Takabayashi, R. Nakamura, Y. Nakato, “A nano-modified Si/TiO₂ composite electrode for efficient solar water splitting”, *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, **166**, 107-113 (2004). [IF 2.098]
 43. A. Imanishi, T. Nagai, Y. Nakato, “Scratch Induced Nano-wires Acting as a Macro-Pattern for Formation of Well-Ordered Step Structures on H-terminated Si(111) by Chemical Etching”, *Appl. Surf. Sci.*, **237**, 532-536 (2004). [IF 1.497]
 44. A. Imanishi, T. Hayashi, Y. Nakato, “Temperature Dependence of Formation of Nano-Rods and Dots of Iodine Compounds on an H-Terminated Si(111) Surface in a Concentrated HI Solution”,

- Langmuir*, **20**, 4604-4608 (2004). [IF 3.295]
45. S. Nakanishi, K. Fukami, T. Tada, Y. Nakato, "Metal Latticeworks Formed by Self-Organization in Oscillatory Electrodeposition", *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 9556-9557 (2004). [IF 6.903]
 46. K. Mashima, Jianjun Yi, T. Miyabayashi, M. Ohashi, T. Yamagata, "An Infinite Zigzag Chain of Alternating Cl-Pd-Pd-Cl and Mo-Mo Units", *Inorganic Chemistry*, **43** (21), 6596-5699 (2004). [IF 3.454]
 47. K. Mashima, T. Rüffer, M. Ohashi, A. Shima H. Mizomoto, Y. Kaneda, "Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetranuclear Rh-Mo-Mo-Rh Clusters", *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 12244-12245 (2004). [IF 6.903]
 48. Y. Nosaka, T. Daimon, A. Y. Nosaka, Y. Murakami, "Singlet Oxygen Formation in Photocatalytic TiO₂ Aqueous Suspension", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **6** (11), 2917-2918 (2004). [IF 2.076]
 49. A. Nosaka, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, "Characteristics of Water Adsorbed on TiO₂ Photocatalytic Systems on Temperature Increase as Studied by Solid-State ¹H-NMR Spectroscopy", *J. Phys. Chem. B*, **108** (26), 9121-9125 (2004). [IF 3.834]
 50. J. Nishino, S. Teekateerawej, Y. Nosaka, "Preparation of TiO₂ by a nearby vaporization chemical vapor deposition method", *J. Mater. Sci.* **39** (11), 3813-3816 (2004). [IF 0.864]
 51. Y. Nosaka, M. Matsushita, A. Y. Nosaka, J. Nishino, "Preparation of Nitrogen Doped Titanium Dioxide by Using Guanidine and Its Characterization", *J. Ceramic. Soc. Jpn.* **112** (5), S1411-S1413 (2004). [IF 0.608]
 52. J. Nishino, Y. Nosaka, "Low temperature preparation of ZnO by a nearby vaporizing chemical vapor deposition method", *J. Crystal Growth*, **268** (1-2), 174-177 (2004). [IF 1.707]
 53. Y. Sobajima, K. Mori, M. Tsukamoto, H. Kamiguchi, N. Yoshida, H. Kobayashi, S. Nonomura, "A change of photoinduced dilation of a-Si:H by cyanide treatment", *Journal of Non-Crystalline Solids*, **338-340**, 365-368 (2004). [IF 1.433]
 54. K. Okazaki, K. Murakoshi, Y. Nakato, "Preparation of Highly Dispersed Single Walled Carbon Nanotubes on Metal Surface in Solution", *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **28** (3), 931-934 (2003).
 55. Y. Sobajima, K. Mori, M. Tsukamoto, N. Yoshida, M. Takahashi, H. Kobayashi, S. Nonomura, "Suppression of photo-induced dilation in cyanidetreated hydrogenated amorphous silicon films", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **85** (2), 177-187 (2005). [IF 2.002]
 56. S. Yamazaki, S. Morikawa, Y. Iwata, M. Yamamoto, K. Kuramoto, "A Lewis Acid-promoted Cyclization of Ethenetricarboxylate Derivative Aromatic Compounds. Novel Syntheses of Oxindoles and Benzofuranones via Friedel-Crafts Intramolecular Michael Addition", *Org. Biomol. Chem.*, **2**, 3134-3138 (2004). [IF 2.194]
 58. J. Nishino, Y. Miyagishima, Y. Nosaka, "An Influence of Copper Particle Size on the Morphology of Silver Tree Formed from AgNO₃ Aqueous Solution", *Electrochemistry* **72**, 743-746 (2004). [IF 0.543]
 59. A. Imanishi, M. Suzuki, Y. Nakato, "Adsorption of Cationic Surfactants on Hydrogen-Terminated Si(111) Surfaces Studied by In-situ Atomic Force Microscopy", *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **29** (7), 3223-3225 (2004).
 60. T. Sugiura, H. J. Ryu, A. Suzuki, H. Minoura, "Photoelectrochemical Formation of Nano-Porous Structures on TiO₂ Film Electrode", *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **29** (3), 939-942 (2004).
 61. S. Nakanishi, S. Sakai, T. Nagai, Y. Nakato, "Macroscopically uniform nanoperiod alloy multilayers formed by coupling of electrodeposition with current oscillations", *J. Phys. Chem. B*, **109**, 1750-1755 (2005). [IF 4.033]
 62. S. Fukushima, S. Nakanishi, K. Fukami, S. Sakai, T. Nagai, T. Tada, Y. Nakato, "Observation of synchronized spatiotemporal reaction waves in coupled electrochemical oscillations of an NDR type", *Electrochem. Comm.*, **7**, 411-415 (2005). [IF 3.388]
 63. R. Nakamura, N. Ohashi, A. Imanishi, T. Osawa, Y. Matsumoto, H. Koinuma, Y. Nakato, "Crystal-Face Dependences of Surface Band Edges and Hole Reactivity, Revealed by Preparation of Essentially Atomically-Smooth and Stable (110) and (100) n-TiO₂ (Rutile) Surfaces", *J. Phys. Chem. B*, **109**, 1648-1651 (2005). [IF 4.033]
 64. K. Yamagishi, N. Okamoto, N. Mitsumata, N. Fukumuro, S. Yae, H. Matsuda, "Reaction Process of Two-Step Catalysation Pre-treatment for Electroless Plating on Non-conducting Substrates", *Trans. Inst. Met. Fin.*, **82** (3-4), 114-117 (2004).
 65. Y. Liu, S. Yamazaki, S. Yamabe, "Regioselective Hydrosilylations of Propiolate Esters with

- Tris(trimethylsilyl)silane”, *J. Org. Chem.*, **70**, 556-561 (2005). [IF 3.675]
66. S. Yamazaki, K. Ohmitsu, K. Ohi, T. Otsubo, K. Moriyama, “Novel Lactonization of Ethenetricarboxylate Derivatives: Intermolecular Trapping of Alkenes”, *Org. Lett.*, **7**, 759-762 (2005). [IF 4.368]
 67. K. Nishioka, T. Takamoto, T. Agui, M. Kaneiwa, Y. Uraooka, T. Fuyuki, “Evaluation of temperature characteristics of high-efficiency INGaP/InGaAs/Ge triple-junction solar cells under concentration”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **85**, 429-436 (2005). [IF 2.002]
 68. H. Kirimura, K. Kubota, E. Takahashi, S. Kishida, K. Ogata, Y. Uraoka T. Fuyuki, “Low-Temperature Microcrystalline Silicon Film Deposited by High-Density and Low-Potential Plasma Technique Using Hydrogen Radicals”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43** (12), 7929-7933 (2004). [IF 1.142]
 69. S. Yae, K. Ito, T. Hamada, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Electroless Deposition of Bright/Black Pure Nickel Films from Simple Solution Consists of Nickel Acetate and Hydrazine”, *Proc. 2004 SUR/FIN Conference and INTERFINISH*, **2004**, 142-149, (2004).
 70. K. Ito, S. Yae, T. Hamada, H. Nakano, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Autocatalytic Deposition of Pure Nickel Films Having Bright Surfaces and High Electrical Conductivity”, *Electrochemistry*, **73** (2), 123-127 (2005). [IF 0.545]
 71. N. Fujiwara, Y.-L. Liu, T. Nakamura, O. Maida, M. Takahashi, H. Kobayashi, “Removal of copper and nickel contaminants from Si surface by use of cyanide solution”, *Appl. Surf. Sci.*, **235**, 372-375 (2004). [IF 1.497]
- (H17 年度)
72. J. Li, Y. Nakato, K. Murakoshi, “Electrochemical Fabrication of Pd-Au Heterogeneous Nanocontact Showing Stable Conductance Quantization under Applying High Bias Voltage”, *Chem. Lett.*, **34**, 374-375 (2005). [IF 1.830]
 73. R. Nakamura, T. Tanaka, Y. Nakato, “Oxygen Photoevolution on a Tantalum Oxynitride Photocatalyst under Visible-light Irradiation: How Does Water Photooxidation Proceed on a Metal Oxynitride Surface?”, *J. Phys. Chem. B*, **109**, 8920 (2005). [IF 4.033]
 74. S. Nakanishi, S. Sakai, K. Nishimura, Y. Nakato, “Layer by layer Electrodeposition of Copper in the Presence of o-phenanthroline, Caused by a New-type Hidden NDR Oscillation with the Effective Electrode Surface Area as the Key Variable”, *J. Phys. Chem. B*, **109**, 18846-18851 (2005). [IF 4.033]
 75. K. Fukami, S. Nakanishi, T. Tada, Y. Nakato, “Self-organized periodic growth of electrodeposited dendritic zinc in synchronization with a potential oscillation”, *J. Electrochem. Soc.*, **152**, C493-C497 (2004). [IF 2.356]
 76. T. Tada, K. Fukami, S. Nakanishi, H. Yamasaki, S. Fukushima, T. Nagai, S. Sakai, Y. Nakato, “Tuning of the spacing and thickness of metal latticeworks by modulation of self-organized potential oscillations in tin (Sn) electrodeposition”, *Electrochim. Acta*, **50**, 5050-5055 (2005). [IF 2.453]
 77. S. Takabayashi, A. Imanishi, Y. Nakato, “Efficient Solar to Chemical Conversion by a New-type n-Si Electrode with Metal Nano-contact and Surface Methylation”, *Compt. Rend. Chim.*, **9**, 275-281 (2006).
 78. S. Takabayashi, N. Kato, Y. Nakato, “Negative Shifts in the Flatband Potential by Adsorption of Iodide Ions on Surface-Alkylated and Pt Nano-dotted n-Si (111) Electrodes for Improvement of Solar Cell Characteristics”, *J. Electrochem. Soc.*, **153**, E38-E43 (2006). [IF 2.387]
 79. A. Imanishi, R. Omoda, Y. Nakato, “In situ FTIR Studies on Self-Assembled Monolayers of Surfactant Molecules Adsorbed on H-terminated Si(111) Surfaces in Aqueous Solutions”, *Langmuir*, **22**, 1706-1710 (2006). [IF 3.902]
 80. S. Takabayashi, M. Ohashi, K. Mashima, Y. Liu, S. Yamazaki, and Y. Nakato, “Surface Structures, Photovoltages, and Stability of n-Si (111) Electrodes Surface-Modified with Metal Nano-Dots and Various Organic Groups”, *Langmuir*, **21**, 8832-8838 (2005). [IF 3.705]
 81. Y. Liu, S. Yamazaki, S. Yamabe, Y. Nakato, “A mild and efficient Si(111) surface modification via hydrosilylation of activated alkynes”, *J. Mater. Chem.*, **15**, 4906-4913 (2005). [IF 3.600]
 82. S. Yamazaki, Y. Iwata, “Catalytic Enantioselective Friedel-Crafts/Michael Addition Reactions of Indoles to Ethenetricarboxylates”, *J. Org. Chem.*, **71**, 739-743 (2006). [IF 3.790]
 83. S. Yamazaki, M. Yamamoto, S. Morikawa, “A Lewis-acid catalyzed synthesis of substituted

- oxindole derivatives”, *Heterocycles*, **67**, 269-289 (2006). [IF 1.077]
84. S. Yamada, A. Y. Nosaka, Y. Nosaka, “Fabrication of CdS Photoelectrodes Coated with Titania Nanosheets for Water Splitting with Visible Light”, *J. Electroanal. Chem.* **585**, 105-112 (2005). [IF 2.223]
 85. T. Trung, P. T. Hanh, V. T. Huong, J. Nishino, Y. Nosaka, “The Role of Electrolyte Components in the Electrodeposition of CdS Films Studied by Cyclic-Voltammetry”, *Electrochemistry*, **73**, 807-812 (2005). [IF 0.545]
 86. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka, “Photocatalytic microreactor study using TiO₂ coated porous ceramics”, *J. Appl. Electrochem.*, **35**, 693-697 (2005). [IF 1.282]
 87. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka, “Design and evaluation of photocatalytic micro-channel reactors using TiO₂ coated porous ceramics”, *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, **179**, 263-268 (2006). [IF 2.098]
 88. K. Mashima, “Ligand Architecture on Stereocontrol of Half-metallocene Benzyldiene Complexes of Niobium and Tantalum”, *Advanced Synthesis & Catalysis, special issue dedicated to Professor R. Schrock*, **347**, 323-328 (2005). [IF 4.632]
 89. K. Mashima, H. Tsurugi, “Uniqueness and Versatility of Iminopyrrolyl Ligands for Transition Metal Complexes”, *J. Organometal. Chem.*, **690**, 4414-4423 (2005). [IF 2.025]
 90. T. Yasumoto, T. Yamagata, K. Mashima, “Iselective Living Polymerization of 1-Hexene Catalyzed by Half-metallocene Dimethyl Complexes of Hafnium with Bidentate N-Substituted (Iminomethyl)pyrrolyl Ligands”, *Organometallics*, **24**, 3375-3377 (2005). [IF 3.473]
 91. H. Fukumoto, K. Mashima, “Unique Preferential Conformation and Movement of Ru(acac)₂ Fragment(s) Coordinated in an ⁴-s-trans Fashion to All Diene Unit(s) of ⁴, -Diphenylpolyenes”, *Organometallics*, **24**, 3932-3938 (2005). [IF 3.473]
 92. A. Nakamura, T. Ohshima, K. Mashima, “A Topological Isomer of Ferrocene: Theoretical Approach for Transition Metal Complexes with Conjugated All Trans Cyclodecapentaene”, *J. Organometal. Chem.*, **690**, 4373-4375 (2005). [IF 2.025]
 93. S. Yae, K. Ito, T. Hamada, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Electroless Deposition of Pure Nickel Films from a Simple Solution Consisting of Nickel Acetate and Hydrazine”, *Plat. Surf. Finish.*, **92** (4), 58-62 (2005).
 94. S. Yae, H. Tanaka, T. Kobayashi, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Porous Silicon Formation by HF Chemical Etching for Antireflection of Solar Cells”, *Phys. Stat. Sol. (c)*, **2** (9), 3476-3480 (2005).
 95. N. Fukumuro, J. Nishiyama, S. Yae, H. Matsuda, “Microstructural Feature of Crystalline-Amorphous Transition Layer in Structurally Graded Co-P Films Produced by an Electroless Plating Process”, *Trans. Inst. Met. Finish.*, **83** (6), 281-285 (2005).
 96. S. Yae, Y. Kato, N. Fukumuro, K. Tanaka, H. Matsuda, “Photocatalytic Initiation and Patterning of Autocatalytic Deposition of Metal Films on Magnesium Alloy Substrates”, *Photocatalytic and Advanced Oxidation Processes for Treatment of Air, Water, Soil and Surfaces (Proceedings of TiO₂-9 and AOTs-10) Edited by D. F. Ollis, H. Al-Ekabi, Redox Technologies, Inc.*, 155-160 (2005).
 97. S. Nonomura, N. Yoshida, T. Itoh, “The formation of the hetero-junction using carbon alloys by the hot-wire CVD method”, *Thin Solid Films*, **501**, 164-168 (2006). [IF 1.666]
 98. T. Yamazaki, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Large grain poly crystalline Si thin films by nucleation-controlled chemical vapor deposition using intermittent source gas supply”, *Thin Solid Film*, **487**, 26-30 (2005). [IF 1.569]
 99. T. Yamazaki, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Analysis of p-n Junction Profiles of Polycrystalline Silicon Thin-Film Solar Cells by Electron-Beam-Induced Current Technique”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45** (4A), 2441-2446 (2006). [IF 1.222]
 100. K. Nishioka, T. Takamoto, T. Agui, M. Kaneiwa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, “Evaluation of InGaP/InGaAs/Ge triple-junction solar cell and optimization of solar cell’s structure focusing on series resistance for high-efficiency concentration photovoltaic system”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **90**, 1308-1321 (2006). [IF 2.321]
 101. M. Takahashi, Y.-L. Liu, N. Fujiwara, H. Iwasa, H. Kobayashi, “Silicon cleaning and defect passivation effects of hydrogen cyanide aqueous solutions”, *Solid State Commun.* **137**, 263-267 (2006). [IF 1.556]

102. S. Yae, T. Kanki, N. Fukumuro, Y. Yamada, H. Matsuda, "Electrolessly, Deposited Co-W-Zn-P Films Having High Coercivity and High Corrosion Resistance", *Trans. Inst. Met. Finish.*, **81** (2), 45-47 (2003).
 103. Y. Nosaka, M. Matsushita, J. Nishino, A.Y. Nosaka, "Nitrogen-doped titanium dioxide photocatalysts for visible response prepared by using organic compounds", *Science and Technology of Advanced Materials*, **6** (2), 143-148 (2005). [IF 1.124]
 104. T. Fuyuki, K. Kitajima, H. Yano, T. Hatayama, Y. Uraoka, S. Hashimoto, Y. Morita, "Thermaldegradation of low temperature poly-Si TFT", *Thin Solid Film*, **432**, 216-220 (2005). [IF 1.569]
 105. M. Takahashi, Y-L. Liu, H. Narita, H. Kobayashi, "A new semiconductor cleaning method by the use of defect passivation etchless cleaning solutions", *Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing IX* ed. By J. Ruzyllo, T. Hattori, and R.E. Novak, pp. 11-18, *The Electrochemical Society*, NJ (2005). [IF 2.190]
 106. R. Nakamura, T. Okamura, N. Ohashi, A. Imanishi, Y. Nakato, "Molecular Mechanisms of Photo-induced Oxygen Evolution, PL Emission, and Surface Roughening at Atomically Smooth (110) and (100) n-TiO₂ (Rutile) Surfaces in Aqueous Acidic Solutions", *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 12975-12983 (2005). [IF 7.419]
- (H18 年度)
107. H. Liu, R. Nakamura, Y. Nakato, "Promoted Photooxidation Reactivity of Particulate BiVO₄ Photocatalyst Prepared by a Photoassisted Sol-gel Method", *J. Electrochem. Soc.*, **152**, G856-G861 (2005). [IF 2.387]
 108. H. Liu, R. Nakamura, Y. Nakato, "Bismuth Copper Vanadate BiCu₂VO₆ as a Novel Photocatalyst for Efficient Visible-Light-Driven Oxygen Evolution", *Chem. Phys. Chem.*, **6**, 2499-2502 (2005). [IF 3.449]
 109. H. Liu, R. Nakamura, Y. Nakato, "A Novel Visible-Light Responsive Photocatalyst, BiZn₂VO₆, for Efficient Oxygen Photoevolution from Aqueous Particulate Suspensions", *Electrochem. Solid-State Lett.*, **9**, G187-190 (2006). [IF 2.009]
 110. S. Sakai, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Mechanisms of Oscillations and Formation of Nano-scale Layered Structures in Induced Codeposition of Some Iron-Group Alloys (Ni-P, Ni-W, and Co-W), Studied by an In-situ Electrochemical Quartz Crystal Microbalance Technique", *J. Phys. Chem. B*, **110**, 11944-11949 (2006). [IF 4.115]
 111. T. Kunii, N. Yoshida, Y. Hori, S. Nonomura, "Optical Absorption Spectra of Hydrogenated Microcrystalline Silicon Films by Resonant Photothermal Bending Spectroscopy", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45**, 3913-3921 (2006). [IF 1.222]
 112. S. Yae, T. Kobayashi, T. Kawagishi, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Structural Change in Porous Si by Photoillumination During Metal Particle Enhanced Etching", *Proc. the Intern. Symp. Pits & Pores III: Formation, Properties, and Significance for Advanced Materials*, 206 ECS Meeting, Oct. 3-8, Honolulu HI USA, Edited by P. Schmuki, D. J. Lockwood, Y. H. Ogata, M. Seo, and H. S. Isaacs, *ECS Proceedings Vol.*, **2004-19**, 141-146 (2006).
 113. S. Yae, T. Kobayashi, T. Kawagishi, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Antireflective Porous Layer Formation on Multicrystalline Silicon by Metal Particle Enhanced HF Etching", *Solar Energy*, **80**, 701-706 (2006). [IF 1.431]
 114. Yueh-Ling Liu, N. Fujiwara, H. Iwasa, M. Takahashi, S. Imai, H. Kobayashi, "Reaction of cyanide ions with copper on Si surfaces and its use for Si cleaning", *Surf. Sci.*, **600**, 1165-1169 (2006). [IF 1.880]
 115. H. Tsurugi, T. Ohno, T. Yamagata, K. Mashima, "Synthesis, Structure, and Reactivity of Tantalum and Tungsten Homoenolate Complexes", *Organometallics*, **25**, 3179-3189 (2006). [IF 3.632]
 116. T. Yamagata, H. Tadaoka, M. Nagata, T. Hirao, Y. Kataoka, V. Ratovelomanana-Vidal, J. P. Genet, K. Mashima, "Oxidative Addition of RCO₂H and HX to Chiral Diphosphine Complexes of Iridium(I): Convenient Synthesis of Mononuclear Halo-Carboxylate Iridium(III) Complexes and Cationic Dinuclear Triply Halogen-Bridged Iridium(III) Complexes and Their Catalytic Performance in Asymmetric Hydrogenation of Cyclic Imines and 2-Phenylquinoline", *Organometallics*, **25**, 2505-2513 (2006). [IF3.632]

117. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka, "TiO₂ Photocatalytic Micro-Channel Reactors Using Capillary Plates", *Adv. Mater. Res.* **11**, 303-306 (2006).
118. Atsuko Y. Nosaka, J. Nishino, T. Fujiwara, T. Ikegami, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, "Effects of Thermal Treatments on the Recovery of Adsorbed Water and Photocatalytic Activities of TiO₂ Photocatalytic Systems", *J. Phys. Chem., B*, **110**, 8380-8385 (2006). [IF 4.115]
119. S. Morikawa, S. Yamazaki, Y. Furusaki, N. Amano, K. Zenke, K. Kakiuchi, "Zinc- and Indium-Promoted Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Propargylamines and Alcohol: Novel Methylenepyrrolidine and Methylenetetrahydrofuran Syntheses", *J. Org. Chem.*, **71**, 3540-3544 (2006). [IF 3.790]
120. T. Nagai, S. Nakanishi, Y. Mukouyama, Yukio H. Ogata, Y. Nakato, "Periodic and chaotic oscillations of the electrochemical potential of p-Si in contact with an aqueous (CuSO₄ + HF) solution, caused by electroless Cu deposition", *Chaos*, **16**, 37106 (2006). [IF 1.926]
121. Y. Nosaka, H. Natsui, M. Sasagawa, Atsuko Y. Nosaka, "ESR Studies on the Oxidation Mechanism of Sterically Hindered Cyclic Amines in TiO₂ Photocatalytic Systems", *J. Phys. Chem. B* **110**, 12993-12999 (2006). [IF 4.115]
122. Y. Murakami, K. Endo, Atsuko Y. Nosaka, Y. Nosaka, "Direct Detection of OH Radicals Diffused to the Gas Phase from the UV-irradiated Photocatalytic TiO₂ Surfaces by means of Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy", *J. Phys. Chem. B*, **110**, 16808-16811 (2006). [IF 4.115]
123. H. Natsuhara, K. Matsumoto, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, M. Fukawa, K. Sato, "TiO₂ thin films as protective material for transparent conducting oxides used in Si thin film solar cells", *Sol. Energy Mater. Solar Cells*, **90**, 2867-2880 (2006). [IF 2.321]
124. T. Kunii, T. Honda, N. Yoshida, S. Nonomura, "Optical properties of microcrystalline 3C-SiC:H films measured by resonant photothermal bending spectroscopy", *J. Non-Cryst. Solids*, **352**, 1196-1199 (2006). [IF 1.362]
125. M. Ohashi, S. Takabayashi, K. Mashima, Y. Nakato, "Modification of the n-Si(111) Surface with Alkyl Chains Having the Terminal C=C Double Bond", *Chem. Lett.*, **35**, 956-957 (2006). [IF 1.734]
126. M. Ohashi, A. Yagyu, K. Mashima, "Metathesis Approach to Linkage of Two Tetraplatinum Cluster Units: Synthesis, Characterization, and Dimerization of [Pt₄(-OCOCH₃)₇(-OCO(CH₂)_nCH=CH₂)] (n = 0-3)", *Chem. Lett.*, **35**, 954-955 (2006). [IF 1.734]
127. A. Imanishi, H. Suzuki, K. Murakoshi, Y. Nakato, "Crystal-Face Dependence and Photoetching-Induced Increases of Dye-Sensitized Photocurrents at Single-Crystal Rutile TiO₂ Surfaces", *J. Phys. Chem. B*, **110**, 21050-21054 (2006). [IF 4.115]
128. T. Nagai, A. Imanishi, Y. Nakato, "Highly Ordered Chevron-Shaped Arrays of Continuous Copper Nano-Dot Lines Formed by Electroless Deposition on Hydrogen-Terminated Si(111) Surfaces", *J. Phys. Chem. B*, **110**, 25472-25476 (2006). [IF 4.115]
129. S. Yae, T. Kobayashi, M. Abe, N. Nasu, N. Fukumuro, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, Y. Nakato, H. Matsuda, "Solar to chemical conversion using metal nanoparticle modified microcrystalline silicon thin film photoelectrode", *Sol. Energy Mater. Solar Cells*, **91**, 224-229 (2007). [IF 2.321]
130. Y. Liu, S. Yamazaki, S. Izuhara, "Modification and Chemical Transformation of Si(111) Surface", *J. Organomet. Chem.*, **691**, 5809-5824 (2006). [IF 2.332]
131. K. Mashima, Y. Shimoyama, Y. Kusumi, A. Fukumoto, T. Yamagata, M. Ohashi, "Formation of a Dative Bond Between Pt⁰ and Mo^{II} in Linear Pt⁰-Mo^{II}-Mo^{II}-Pt⁰ Complexes, Mo^{II}₂Pt⁰₂(pyphos)₄(PR₃)₂, and Unique 1,4-Oxidative Addition Reaction of Diaryl Disulfides Giving Mo^{II}₂Pt^I₂(pyphos)₄(SAr)₂ (pyphos = 6-Diphenylphosphanyl-2-pyridonato)", *Eur. J. Inorg. Chem.*, 235-238 (2007). [IF 2.704]
132. M. Ohashi, Y. Nakato, K. Mashima, "Surface Modification of n-Si(111) Electrodes with Brominated and Sulfonylated Alkyl Chains and Their Photoelectrochemical Characteristics", *Chem. Lett.*, **35**, 1360-1361 (2006). [IF 1.734]
133. A. Imanishi, E. Tsuji, Y. Nakato, "Dependence of the work function of TiO₂ (rutile) on crystal faces, studied by a Scanning Auger Microprobe", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 2128-2132 (2007).
134. S. Nakanishi, T. Tanaka, Y. Saji, E. Tsuji, S. Fukushima, K. Fukami, T. Nagai, R. Nakamura, A.

- Imanishi, Y. Nakato, "Ordered nano-groove arrays on n-TiO₂ with a variation of the groove depth, formed by self-organized photoetching", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 3934-3937 (2007).
135. K. Fukami, S. Nakanishi, Y. Sawai, K. Sonoda, K. Murakoshi, Y. Nakato, "In-situ probing of dynamic nano-structural change of electrodeposits in the course of oscillatory growth using SERS", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 3216-3219 (2007).
 136. K. Fukami, S. Nakanishi, H. Yamasaki, T. Tada, K. Sonoda, N. Kamikawa, N. Tsuji, H. Sakaguchi, Y. Nakato, "A general mechanism for the synchronization of electrochemical oscillations and self-organized dendrite electrodeposition of metals with ordered 2D and 3D microstructures", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 1150-1160 (2007).
 137. N. Fukumuro, J. Nishiyama, K. Shigeta, Y. Morimoto, H. Takagami, S. Yae, H. Matsuda, "Co-P multilayer film electrodeposited under DC electrolysis", *Electrochem. Comm.*, **9**, 1185-1188 (2007). [IF 3.484]
 138. S. Ogawa, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Heterojunction amorphous silicon solar cell with n-type microcrystalline cubic silicon carbide as a window layer", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 518-522 (2007). [IF 1.222]
 139. S. Yamazaki, M. Yamamoto, A. Sumi, "Conjugate addition of aromatic amines to ethenetetracarboxylates", *Tetrahedron*, **63**, 2320-2327 (2007). [IF 2.817]
 140. T. Oekermann, T. Yoshida, J. Nakazawa, S. Yasuno, T. Sugiura, H. Minoura, "Wall thickness and charge transport properties of nano-honeycomb TiO₂ structures prepared by photoetching", *Electrochim. Acta*, **52**, 4325-4333 (2007). [IF 2.955]
 141. Y. Murakami, B. Kasahara, Y. Nosaka, "Photoelectrochemical Properties of the Sulfur Doped TiO₂ Film Electrodes: Characterization of the Doped States by Means of the Photocurrent Measurements", *Chem. Lett.*, **36**, 330-331 (2007). [IF 1.734]
 142. T. Daimon, Y. Nosaka, "Formation and Behavior of Singlet Molecular Oxygen in TiO₂ Photocatalysis Studied by Detection of Near-Infrared Phosphorescence", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 4420-4424 (2007).
 143. M. Matsushita, Trung H. Tran, Atsuko Y. Nosaka, Y. Nosaka, "Photo-Oxidation Mechanism of L-Alanine in TiO₂ Photocatalytic Systems as Studied by Proton NMR Spectroscopy", *Catalysis Today* **120**, 240-244 (2007). [IF 2.148]
 144. S. Mitra, N. Tamai, S. Mukherjee, "Intramolecular proton transfer in 4-methyl-2,6-diformyl phenol and its derivative studied by femtosecond transient absorption spectroscopy", *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, **178**, 76-82 (2006). [IF 2.098]
 145. A. Miura, Y. Shibata, H. Chosrowjan, N. Mataga, N. Tamai, "Femtosecond fluorescence spectroscopy and near-field spectroscopy of water-soluble tetra(4-sulfonatophenyl)porphyrin and its J-aggregate", *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **178**, 192-200 (2006). [IF 2.098]
 146. S. Ito, T. Sugiyama, N. Toitani, G. Katayama, Lingyun Pan, N. Tamai, H. Miyasaka, "Molecular translational diffusion in solution under radiation pressure of near infrared laser light", *Proc. SPIE* **6326**, 632605-632612 (2006).
 147. N. Boens, W. Qin, N. Basari, J. Hofkens, M. Ameloot, J. Pouget, J.-P. Lefèvre, B. Valeur, E. Gratton, M. vande Ven, N. D. Silva, Jr. Y. Engelborghs, K. Willaert, A. Sillen, G. Rumbles, D. Phillips, A. J. W. G. Visser, A. van Hoek, J. R. Lakowicz, H. Malak, I. Gryczynski, A. G. Szabo, D. T. Krajcarski, N. Tamai, A. Miura, "Fluorescence Lifetime Standards for Time and Frequency Domain Fluorescence Spectroscopy", *Anal. Chem.*, **79**, 2137-2149 (2007). [IF 5.646]
 148. M. Takahashi, Y. -L. Liu, H. Narita, H. Kobayashi, "Si Cleaning Method Having Defect Passivation Effect by Use of HCN Aqueous Solutions", *Algerian J. Adv. Mater.*, **3**, 131-134 (2006).
 149. N. Fujiwara, Y. -L. Liu, M. Takahashi, H. Kobayashi, "Mechanism of Copper Removal from SiO₂ Surfaces by Hydrogen Cyanide Aqueous Solutions", *J. Electrochem. Soc.*, **153**, G394-G398 (2006). [IF 2.387]
 150. Y. -L. Liu, M. Takahashi, H. Kobayashi, "Mechanism of Ni Removal from Si Materials Using Hydrogen Cyanide Aqueous Solutions", *J. Electrochem. Soc.*, **154**, H16-H19 (2007). [IF 2.387]
 151. M. Oohashi, J.-J. Yi, D. Shimizu, T. Yamagata, T. Ohshima, K. Mashima, "Hexapalladium Cluster: Unique Cluster Construction Reaction of Cyclic Pd₃(CNC₆H₃Me₂-2,6)₆ and Linear [Pd₃(CNC₆H₃Me₂-2,6)₈]²⁺", *J. Organometal. Chem.*, **691**, 2457-2464 (2006). [IF 2.332]

152. H. Fukumoto, K. Mashima, "Unique Preferential Conformation and Movement of RuCp*Cl Fragment(s) Coordinated in an h^4 -s-cis Fashion to All Diene Unit(s) of α,ω -Diphenylpolyenes", *Eur. J. Inorg. Chem.*, 5006-5011 (2006). [IF 2.704]
153. Y. Yang, Y. Murakami, A.Y. Nosaka, Y. Nosaka, "A Novel Photocatalyst, BiCu₂PO₆, for Efficient Visible-Light-Driven Oxygen Evolution," *Adv. Technol. Mater. Mater. Process, J.*, **9**,115-118 (2007).
(H19 年度)
154. T. Nagai, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Water Molecules Adsorbed at Electrode Surfaces Determine the Macroscopic Contact Angles", *ChemPhysChem*, **8**, 1016-1018 (2007). [IF 3.449]
155. H. M. Liu, A. Imanishi, Y. Nakato. "Mechanisms for Photooxidation Reactions of Water and Organic Compounds on Carbon-doped Titanium Dioxide, as Studied by Photocurrent Measurements", *J. Phys. Chem. C*, **111** (25), 8603-8610 (2007).
156. N. Fukumuro, J. Nishiyama, K. Shigeta, H. Takagami, S. Yae, H. Matsuda, "Confirmation of hydroxide in electroless cobalt alloy films by GDOES", *Trans. Inst. Met. Finish.*, **85**, 111-112 (2007).
157. N. Fukumuro, M. Yamazaki, K. Ito, H. Ishihara, S. Kakunai, S. Yae, H. Matsuda, "In Situ Measurement of Internal Stress in Electrolessly Deposited Copper Film by Television Holographic Interferometry", *Electrochem. Solid State Letters*, **10**, E14-E15 (2007).
158. Z. Shen, T. Gotoh, M. Eguchi, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Study of Nano-Scale Electrical Properties of Hydrogenated Microcrystalline Silicon Solar Cells by Conductive Atomic Force Microscope", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 2858-2864 (2007). [IF 1.222]
159. L. Pan, A. Ishikawa, N. Tamai, "Detection of Optical Trapping of CdTe Quantum Dots by Two-photon-induced Luminescence", *Phys. Rev. B*, **75**, 161305(1)-161305(4) (2007).
160. S. Morikawa, S.Yamazaki, M. Tsukada, S. Izuhara, T. Morimoto, K. Kakiuchi, "Lewis Acid-Catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Substituted Propargyl Alcohols: Stereoselectivity in the Efficient One-Pot Synthesis of Methylenetetrahydrofurans", *J. Org. Chem.* **72**, 6459-6463 (2007). [IF 3.790]
161. Z. Shen, T. Gotoh, M. Eguchi, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Study of Nano-Scale Electrical Properties of Hydrogenated Microcrystalline Silicon Solar Cells by Conductive Atomic Force Microscope", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46** (5A), 2858-2864 (2007). [IF 1.222]
162. S. Yae, M. Abe, T. Kawagishi, K. Suzuki, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Structure of Porous Si Formed by Metal-Particle (Pt, Pd) Enhanced HF Etching", *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **32**, 445-448 (2007).
163. Y. Murakami, K. Endo, I. Ohta, A. Y Nosaka, Y. Nosaka; "Can OH Radicals Diffuse from the UV-irradiated Photocatalytic TiO₂ Surfaces? Laser-Induced Fluorescence Study." *J. Phys. Chem. C*, **111** (30), 11339-11346 (2007).
164. L. Pan, N. Tamai, K. Kamada, S. Deki, "Nonlinear Optical Properties of Thiol-capped CdTe Quantum Dots in Nonresonant Region", *Appl. Phys. Lett.* **91**, 051902-1-051902-3 (2007).
165. A. Ishii, S. Kishi, H. Ohtsu, T. Iimori, T. Nakabayashi, N. Ohta, N. Tamai, M. Melnik, M. Hasegawa, and Y. Shigesato, "Molecular Distortion Effect on ff-emission in a Pr(III) Complex with 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline", *ChemPhysChem*, **8**, 1345-1351 (2007). [IF 3.449]
166. Akihito Imanishi, Hidenori Suzuki, Naomichi Ohashi, Toshiaki Ohta, Yoshihiro Nakato, "Dye-Sensitized Photocurrents and Adsorption Properties of Merocyanine Dye at Atomically Flat Rutile (110) and (100) TiO₂ Surfaces", *Inorganica Chimica Acta*, **361**, 778-782 (2008).
167. A. Imanishi, T. Okamura, N. Ohashi, R. Nakamura, Y. Nakato, "Mechanism of Water Photooxidation Reaction at Atomically-Flat TiO₂ (Rutile) (110) and (100) Surfaces - Dependence on Solution pH", *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 11569-11578 (2007).
168. S. Fukushima, T. Ogawa, Y. Nakato, S. Nakasniishi, "Bifurcation analysis of bistability between spatially uniform and non-uniform electrochemical oscillations", *Chem. Phys. Lett.*, in press.
169. A. Imanishi, M. Suzuki and Y. Nakato, "In-situ AFM Studies on Self-Assembled Monolayers of Adsorbed Surfactant Molecules on Well-defined H-terminated Si(111) Surfaces in Aqueous Solutions", *Langmuir*, **23**, 12966-12972 (2007).
170. Z. Shen, M. Eguchi, T. Gotoh, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Localized oxidation influence from conductive atomic force microscope measurement on nano-scale I-V characterization of silicon thin film solar cells", *Thin Solid Films*, **516**, 588-592 (2008).

171. S. Ogawa, M. Okabe, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, "Amorphous $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ films prepared by hot-wire CVD using SiH_3CH_3 and SiH_4 mixture gas and its application to window layer for silicon thin film solar cells", *Thin Solid Films*, **516**, 758-760 (2008).
172. Lewis Acid-Catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Substituted Propargyl Alcohols: Stereoselectivity in the Efficient One-Pot Synthesis of Methylenetetrahydrofurans. Morikawa, S.; Yamazaki, S.; Tsukada, M.; Izuhara, S.; Morimoto, T.; Kakiuchi, K. *J. Org. Chem.* **72**, 6459-6463 (2007).
173. Shinji Yae, Noriaki Nasu, Kohei Matsumoto, Taizo Hagihara, Naoki Fukumuro, Hitoshi Matsuda, "Nucleation behavior in electroless displacement deposition of metals on silicon from hydrofluoric acid solutions", *Electrochim. Acta*, **53**, 35-41 (2007).
174. Shinji Yae, Ayumi Onaka, Makoto Abe, Naoki Fukumuro, Shunsuke Ogawa, Norimitsu Yoshida, Shuichi Nonomura, Yoshihiro Nakato, Hitoshi Matsuda, "Hydrogen production using metal nanoparticle modified silicon thin film photoelectrode", *Solar Hydrogen and Nanotechnology II, Proceedings of SPIE Volume 6650*, ed. by Jinghua Guo (2007).
175. Shinji Yae, Makoto Abe, Naoki Fukumuro, Hitoshi Matsuda, "Palladium Enhanced Etching of n-type Silicon in Hydrofluoric Acid Solution", *Electrochemistry*, **72**, in press (2008).
176. H. Narita, M. Takahashi, H. Iwasa, H. Kobayashi, "Complete removal of copper contaminants on bare silicon surfaces by use of HCN aqueous solutions", *J. Electrochem. Soc.*, **155**, H103-H107 (2008).
177. Yoshinori Murakami, Manabu Ikarashi, Masaharu Hashizume, Atsuko Y. Nosaka, Yoshio Nosaka, "Laser ablation of the photocatalytic BiVO_4 and BiZn_2VO_6 powders in water and their photocurrent properties" *Electrochem Solid State Lett*, in press.
178. Toshihiro Daimon, Tsutomu Hirakawa and Yoshio Nosaka, "Monitoring the Formation and Decay of Singlet Molecular Oxygen in TiO_2 Photocatalytic Systems and the Reaction with Organic Molecules", *Electrochemistry*, **76**, in press (2008).
179. Trung H. Tran, Atsuko Y. Nosaka, Yoshio Nosaka, "Adsorption and Decomposition of a Dipeptide (Ala-Trp) in TiO_2 Photocatalytic Systems", *J. Photochem. Photobiol. A. Chem.* **192**, 105-113 (2007).
180. T. Sugiura, M. Kato, H. Minoura, "Effect of Photoetching on Photoinduced Hydrophilicity of Titanium Dioxide Films", *Electrochemistry*, **76**, in press (2008).

(2) その他の著作物 (総説、書籍など) 53 件

(H15 年度)

1. 中戸義禮、荒川裕則監修「水分解光触媒技術の最新動向－太陽光と水で水素を造る－*Recent Advances in Photocatalytic Technology for Direct Water Splitting*」シーエムシー出版、2003. 4. 第5章 太陽電池材料を利用した水の光電気化学的分解、1. 太陽電池および半導体電極を利用した水の光分解
2. 中戸義禮、中西周次、電気化学振動現象とパターン形成 現状と展望、*Electrochemistry* (特集非線形科学), **71**(5), 327-332 (2003).
3. 村越 敬、中戸義禮、光と電場による金属ナノ構造制御、*応用物理*(最近の展望)、**72**(6), 721-726 (2003).
4. 中戸義禮、 TiO_2 表面の構造制御と光反応の機構－高効率な太陽光水分解の実現をめざして、*日本写真学会誌*, **66**(4), 341-348 (2003).
5. 中戸義禮、表面科学における一つの夢、*表面科学*, **25**(2), 61 (2004).
6. Y. Sobajima, H. Kamiguchi, T. Iida, K. Mori, N. Yoshida, S. Nonomura, "Photoinduced volume changes in doped a-Si:H films", *Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 1611-1614 (2003).
7. T. Kunii, T. Kiriya, K. Mori, N. Yoshida, S. Nonomura, "Optical absorption in $\mu\text{c-Si:H}$ films induced by oxygen", *Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 1683-1686 (2003).
8. T. Itoh, Y. Hasegawa, T. Fujiwara, A. Masuda, S. Nonomura, "Wide gap and low

- resistive hetero-structured SiC_x films for wide gap window of heterojunction solar cells”, *Proc. of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 1706-1703 (2003).
9. S. Yamazaki, K. Yamamoto, “Six-Membered Hetarenes with Two Unlike O-, S-, Se-, or Te-Atoms”, *Science of Synthesis*, Weinreb, S. M., Ed., Thieme, **17**, 19-54 (2003).
 10. Y. NOSAKA, “Electronic states of chemically modified CdS nanoparticles”, *Single Organic Nanoparticles*, H. Masuhara, H. Nakanishi, and K. Sasaki, Eds. Springer, 253-264 (2003).
 11. 野坂芳雄、野坂篤子、酸化チタン光触媒表面の水に関する固体 NMR による研究、*会報光触媒*, **11**, 34-39 (2003).
 12. 野坂芳雄、酸化チタン表面における光触媒反応化学種の挙動、*光化学*, **34** (1), 14-21 (2003).
 13. 今西哲士、中戸義禮、 “水溶液中の反応を利用した水素終端化シリコン表面の分子修飾とナノ構造形成”, *表面* (広信社), **41** (12), 18-31 (2003).
(H16 年度)
 14. 野坂芳雄、 “酸化チタン光触媒系における一重項酸素の発生”, *会報光触媒*, **14**, 26-31 (2004).
 15. T. Kunii, H. Shibagaki, T. Kiriya, N. Yoshida, S. Nonomura, “A Study of the localized state at 0.7~1.2 eV in the mc-Si:H film by resonant-PBS and CPM”, *Proceedings of 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 1629-1632 (2004).
(H17 年度)
 16. 中西周次、福島聡史、中戸義禮、 “電極表面における自己組織化パターン形成”, *表面*, **43** (1), 29-36 (2005).
 17. 中戸義禮、 “太陽エネルギー変換”, 強光子場科学研究懇談会編集「*光科学研究の最前線 V 光と分子の新たな展開*」(2005).
 18. 中戸義禮、 “6 章 応用分野から見た電気化学, 3 節 光電気化学, 1 項 半導体電極” 日本化学会編、*実験化学講座第5版*, 25 巻 触媒化学・電気化学, 丸善 (2005).
 19. 中戸義禮、 “1 章 光触媒の基礎, 2 節 光触媒反応の機構, 2.2. 半導体光電気化学の基礎”, 「*光触媒～基礎・材料開発・応用～*」(橋本和仁, 大谷文章, 工藤昭彦監修) エヌ・ティー・エス (2005), pp. 31-38.
 20. 中戸義禮、 “1 章 光触媒の基礎, 2 節 光触媒反応の機構, 2.3. 光触媒表面種の解析”, 「*光触媒～基礎・材料開発・応用～*」(橋本和仁, 大谷文章, 工藤昭彦監修) エヌ・ティー・エス (2005), pp. 39-44.
 21. 中西周次、 “非平衡：非線形化学ダイナミクスによる自己組織化微細構造形成”, *化学と工業*, **59** (2), 112-115 (2006).
 22. 中西周次、 “電気化学系におけるパターン形成 —微細機能性材料創成への応用—”, *数理解析研究所講究録*, **1453**, 101-117 (2005).
 23. 中西周次、中戸義禮、 “非線形電気化学振動反応による微細秩序構造の自己組織化形成 (I) ”, *表面科学*, **26** (11), 694-699 (2005).
 24. 深見一弘、中西周次、中戸義禮、 “非線形電気化学振動反応による微細秩序構造の自己組織化形成 (II) ”, *表面科学*, **26** (12), 757-761 (2005).
 25. 野坂芳雄、 “反応中間体の検出”, 可視光応答型光触媒、268-279、シーエムシー (2005).
 26. 村上能規、野坂芳雄、 “光触媒の動作機構と期待される特性 “*可視光応答型光触媒*”, pp. 5-17, シーエムシー (2005).
 27. 野坂芳雄、 “光触媒の反応機構”, *実力養成化学スクール 5 光触媒*, 3 章, pp. 43-62, 日本化学会編、丸善 (2005).
 28. 野坂芳雄、野坂篤子、 “光触媒とテラヘルツ技術 “*テラヘルツテクノロジー*”, pp. 430-442, エヌ・ティー・エス (2005).

29. 野坂芳雄、“発光および ESR による光触媒反応の中間体検出 “, *光触媒*, pp. 72-79 (橋本和仁、大谷文章、工藤昭彦編、エヌ・ティー・エス (2005).
 30. 野坂芳雄、“超微粒子半導体の光触媒化学”、*光触媒*, pp. 143-149 (橋本和仁、大谷文章、工藤昭彦編、エヌ・ティー・エス (2005).
 31. 大橋 理人、真島 和志、“遷移金属を含む新しい有機金属共役系分子の創製”, *生産と技術*, **57** (3), 46-50 (2005).
 32. 八重真治、福室直樹、松田 均、“太陽光水分解・湿式太陽電池”, *マテリアルインテグレーション*, **19** (2), 21-25 (2006).
 33. 杉浦 隆、箕浦 秀樹、“光エッチングによる光触媒ポーラス電極の作成”, *光触媒 基礎・材料開発・応用* 橋本和仁、大谷文章、工藤昭彦 編著 (分担執筆), (株)エヌ・ティー・エス, 503-509 (2005).
 34. 杉浦 隆、箕浦 秀樹、“光電気化学エッチングによる酸化チタン光電極の表面処理”, *マテリアルインテグレーション*, **19** (2), 15-20 (2006).
 35. 浦岡行治、八木俊樹、冬木隆, “シリコンナノ界面制御による光電極動作の理論解析 “, *マテリアルインテグレーション*, **19** (2), 10-14, (2005).
 36. 中戸義禮、“界面ナノ制御による高効率太陽光エネルギー変換”、*表面技術*, **57** (3), 194-200 (2006).
- (H18 年度)
37. 杉浦 隆、箕浦秀樹、“光エッチングによる酸化チタンのナノポーラス加工と高活性化”、*表面技術*, **57** (3), 176-180 (2006).
 38. 高橋昌男、“欠陥終端化機能を有する半導体表面洗浄法による半導体デバイスの高性能化”、*表面技術*, **57**, 187-193 (2006).
 39. 中戸義禮、“II 太陽光で水から水素をつくる、2. 人工の木の葉で水素をつくる—光電極による水の分解”、(独) 科学技術振興機構編「ナノテクとエネルギー」丸善 (2006), pp. 30-44.
 40. 中西周次、中戸義禮、電析振動反応による金属微細格子の形成、「自己組織化ナノマテリアル」下村政嗣、山口智彦監修 (フロンティア出版)、pp. 307-312 (2007).
 41. 安保正一、川崎昌博 編、玉井尚登 (分担)、役に立つ化学シリーズ 2. 分子の物理化学、朝倉書店、pp. 108-123 (2006).
 42. 野坂芳雄、村上能規、“酸化チタン光触媒から放出される OH ラジカルの検出とその発生機構”、*会報光触媒*, **20**, 10-13 (2006).
 43. 野坂芳雄、“水の光触媒による反応” 「水—基礎・ヘルスケア・環境浄化・先端応用技術」、エヌ・ティー・エス、457-471 (2006).
 44. S. Yae, “Water splitting to produce solar hydrogen using silicon thin film”, *SPIE Newsroom*, <http://newsroom.spie.org/x5820.xml> (2007).
 45. K. Mashima, “Tantalum Organometallics”, *Comprehensive Organometallic Chemistry-III*, **5**, 101-200 (2006).
 46. Y. Nakato, N. Kato, A. Imanishi, T. Sugiura, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, “Solar water splitting with a composite silicon/metal oxide semiconductor electrode”, *Proc. of SPIE, Solar Hydrogen and Nanotechnology*, ed. L. Vayssieres, Vol. 6340, 28 (2006).
- (H19 年度)
47. 今西哲士、「内殻分光—元素選択性を持つ X 線内殻分光の歴史・理論・実験法・応用—」アイピーシー出版 2007 年 3 月.
 48. 野坂 芳雄・野坂 篤子, ” 酸化チタンの熱処理による表面状態の変化と光触媒活性” *会報光触媒*, **23**, 28-33(2007).
 49. 野坂芳雄, ” 酸化チタン光触媒では、なにが、どこで反応するか?” *化学工業*, **7**, 539-544 (2007).
 50. Shinji Yae, Naoki Fukumuro, Hitoshi Matsuda, “Porous Silicon Formation by Metal

- Particle Enhanced HF Etching”, *Electroanalytical Chemistry Research Developments*, P. N. Jiang, Ed., Nova Science Publishers, Inc., in press (2008).
51. Yoshio Nosaka” Detection of Active Oxygen Species in TiO₂ Photocatalysis”, *Electroanalytical Chemistry Research Developments*, P. N. Jiang, Ed, Chap. 11, 2007, Nova Science Publishers, Inc. (2007).
 52. 野坂芳雄；酸化チタン光触媒における活性種の検出と挙動；光化学，**38**(3), 196－199(2007).
 53. 中村龍平、今西哲士、中戸義禮、“太陽光水分解の効率化－光酸素発生反応の機構”，アクア、大阪大学出版会(2008).

(3)学会発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

① 招待講演（国内会議 46 件、国際会議 30 件）

招待国内講演 46 件

(H14年度)

1. 野々村修一，夏原大宗，吉田憲充（岐阜大学），“新しい耐プラズマ性透明導電膜 ～ TiO₂の物性とデバイス応用～”，第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー，日本大学文理学部，11月25日（2002）.

(H15年度)

2. 中戸義禮，“半導体電極の表面構造制御法の開拓と光エネルギー変換への応用”，電気化学会第71回大会，慶應大学 日吉キャンパス（横浜市），2004. 03. 25.
3. 深見一弘，多田稔生，酒井将一郎，中西周次，中戸義禮，“非線形電気化学振動とカップルした金属電析反応の機構と形態制御” 電気化学秋季大会，北海道大学高等教育機能開発総合センター（札幌市），2003. 09. 12.
4. 八重真治，“半導体電極を用いた高効率太陽光利用技術の開発”，日本材料学会 第110回セラミック材料部門委員会（大阪府和泉市），2003. 10. 21.
5. 八重真治，“半導体表面のナノ制御による高効率光エネルギー変換”，2003年度電気化学会関西支部（姫路地区）講演会（神戸市），2003. 10. 24.
6. 今西哲士，“光エッチング法による酸化チタン単結晶および微粒子のナノ構造化とその光活性” 東京工業大学応用セラミックス研究所セミナー、東京工業大学、平成15年12月11日.

(H16 年度)

7. 今西哲士，“半導体表面におけるナノ構造形成と光電気化学”、第2回関西電気化学研究会、大阪市立大学、2004年10月16日.
8. 中西周次、“固液界面における自己組織化構造形成”、日本表面科学会関西支部・表面技術協会関西支部合同研究会電極表面の科学とナノテクノロジー、神戸大学瀧川記念学術交流会館、2005年1月20日.
9. 中西周次、“電気化学振動反応による3次元微細構造の自己組織的形成”、日本化学会、神奈川大学、2005年3月28日.
10. 八重真治、“太陽光による水分解システム” 第31回アモルファス物質の物性と応用セミナー、金沢市、2004. 11. 26.
11. 八重真治、“金属微粒子援用HFエッチングによるポーラスシリコンの作製と湿式太陽電池”、第19回東海地区光電気化学研究会、2005年3月18日.
12. 國井稔枝、柴垣秀明、本田孝、吉田憲充、野々村修一、“共振型光熱ベンディング分光法と一定光電流法による水素化微結晶シリコン薄膜の光吸収スペクトル測定”、第31回アモルファス物質の物性と応用 セミナー、金沢市、2004年11月24日.
13. 傍島靖、外山利彦、岡本博明、吉田憲充、野々村修一、“アモルファスシリコンの光誘起体積変化”、第31回アモルファス物質の物性と応用セミナー、金沢市、2004年11月

- 26 日.
14. 今西哲士、“半導体表面上へのナノ構築と光電流特性”、第 11 回黒田シンポジウム、東京大学理学部講堂、平成 17 年 3 月 26 日.
- (H17 年度)
15. 中村 龍平、“金属酸化物光触媒上における光酸素発生反応の分子論的機構”、電気化学会 第 72 回大会、熊本大学、平成 17 年 4 月 3 日.
 16. 今西 哲士、“固体表面上のナノ構造形成と光電気化学特性に関する研究”、電気化学会 第 72 回大会、熊本大学、平成 17 年 4 月 3 日.
 17. 今西哲士、“半導体表面上へのナノ構築と光電流特性” 第 22 回ライラックセミナー、北海道大滝村大滝セミナーハウス、平成 17 年 6 月 19 日.
 18. 中西周次、“非線形電気化学反応による自己組織化ナノ構造形成”、化学工学会第 37 回秋季大会、岡山大学、9 月 15-17 日.
 19. 中西周次、“固液界面における自己組織化微細構造形成”、第 47 回表面科学研究会、東京工業大学、9 月 28 日.
 20. 中戸義禮、“半導体表面のナノ構造制御・分子修飾による太陽光水分解への新しいアプローチ”、2005 年光化学討論会、アクロス福岡、福岡、2005 年 9 月 12 日-14 日.
 21. 杉浦 隆、“光エッチングによる酸化チタン表面へのナノポーラス構造の創製”、第 68 回 ARS 例会 (表面技術協会)、首都大学東京、7 月 29 日.
 22. 國井稔枝、本田孝、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、“Cat-CVD 成長薄膜シリコンの共振型光熱ベンディング分光法による局在準位評価”、第 2 回 Cat-CVD 研究会、大阪市立大学、大阪、大阪、2005 年 6 月 23 日.
 23. 吉田憲充、夏原大宗、小川俊輔、國井稔枝、外山祐一、菅野充洋、尾崎友亮、高御堂康彦、伊藤貴司、野々村修一、“Cat-CVD 法のシリコン系薄膜太陽電池への応用”、第 2 回 Cat-CVD 研究会、大阪市立大学、大阪、大阪、2005 年 6 月 24 日.
 24. 國井稔枝、小川俊輔、夏原大宗、吉田憲充、野々村修一、“共振型光熱ベンディング分光法による微結晶シリコン系薄膜の光学的物性評価”、第 32 回アモルファスセミナー - アモルファス・ナノ材料の物性と応用 -、産業技術総合研究所、つくば、茨城、2005 年 11 月 22 日.
 25. 今西哲士、“半導体表面でのナノ構造構築と光電気化学特性” 第 67 回電解科学技術委員会講演会、京都大学桂キャンパス、平成 17 年 10 月 13 日.
 26. 中西周次、“非線形電気化学反応による自己組織化ナノ構造形成”、コンパクト化学プロセス研究センター研究講演会、産業技術総合研究所東北センター、2005 年 12 月 13 日.
 27. 中戸義禮、“新エネルギーと環境に関する新たな研究展開へ”、第 7 回大阪大学大学院基礎工学研究科産学交流会、第 4 回太陽エネルギー化学研究センターシンポジウム、- 新エネルギー・環境などに関する新たな研究展開と実用化の期待 -、大阪大学基礎工学部国際棟シグマホール、平成 18 年 1 月 30 日.
- (H18 年度)
28. 中西周次、中戸義禮、“非線形電気化学ダイナミクスによる自己組織化と微視的秩序構造形成”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 1 日.
 29. 松田 均、“材料表面工学研究室の紹介”、はりま産学交流会・兵庫県立大学産学連携センター「産学パートナーシップ事業」、兵庫県姫路市姫路商工会議所、2006 年 5 月 18 日.
 30. 松田 均、“電気化学的手法により構造制御した Co 系合金薄膜”、日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部材料化学研究会、平成 18 年度第 1 回材料化学研究会、パナソニックセンター大阪 (大阪市中央区)、2006 年 7 月 31 日.
 31. 中西周次、“非線形化学ダイナミクスによる固体表面上への自己組織化構造形成”、大阪大学、第 26 回表面科学講演大会、2006 年 11 月 8 日.
 32. 中西周次、“多重 Hopf 分岐によるパターン形成と自己組織化構造形成”、京都工芸繊維

- 大学、関西ソフトマター連合第2回研究会、2006年12月9日。
33. 中戸義禮、“半導体表面の原子レベル、ナノレベルの構造制御と太陽エネルギー変換”、第1回半導体電気化学セミナー「光からエネルギー：光電気化学と半導体」、2006. 12. 19.
 34. 野坂芳雄、“酸化チタン光触媒反応の ESR による研究”、第45回電子スピンサイエンス学会年会、講演要旨集 288-289、京都工繊大、平成18年11月16日。
 35. 中戸義禮、“可視光応答型光触媒の酸化反応機構と活性度”、高機能光触媒の創製と応用技術研究会 第25回講演会、2007. 2. 6.
 36. 野坂芳雄、“光触媒反応はどこまでわかったか?”、「大学と科学」公開シンポジウム「光機能界面の学理と技術」東京国際フォーラム、平成19年3月17日。
 37. 今西哲士、“半導体表面のナノ構造制御と湿式光デバイス特性～光触媒を念頭に～”大阪大学大学院基礎工学研究科 第9回産学交流会、大阪大学国際交流会館、平成18年9月27日。
 38. 中戸義禮、“半導体表面の原子レベル、ナノレベルの構造制御と太陽エネルギー変換”、第1回 半導体電気化学セミナー「光からエネルギー：光電気化学と半導体」、東北大学 学際科学国際高等研究センター、平成18年12月19日。
- (H19 年度)
39. 八重真治、福室直樹、松田 均、シリコン上への貴金属微粒子の電気化学析出、電気化学会 電解科学技術委員会 第73回委員会及び第18回電解プロセス研究会、大阪府立大学、平成19年9月28日。
 40. 中戸義禮、“ナノ界面制御による太陽光水分解システムの高効率化”、エコマテリアルにみるナノテクノロジー、KRI 京都リサーチパーク、平成19年5月25日。
 41. 高上豪倫、福室直樹、八重真治、松田 均、ゼロエミッション無電解 Ni-P めっきシステム、第23回ナノプレーティング研究会例会、慶應義塾大学、2007年10月11日。
 42. 山岸憲史、福室直樹、八重真治、松田 均、ガラスにめっきで絵が描ける無電解めっきの前処理法、第23回ナノプレーティング研究会例会、慶應義塾大学、2007年10月11日。
 43. 福室直樹、八重真治、松田 均、無電解めっき膜のエピタキシー、第24回ナノプレーティング研究会例会、慶應義塾大学、2007年12月11日。
 44. 松田 均、ナノテクノロジーとしてのめっき技術、クローズアップセミナー、明石市立産業交流センター、2007年12月12日。
 45. 中戸義禮、“太陽光の化学的利用(太陽光水分解、光触媒、色素増感太陽電池について)”、長浜シンポジウム、近畿化学協会、化学工学会関西支部、ほか、平成19年11月16, 17日。
 46. 中戸義禮、“半導体電極上での水の光酸化分解反応の機構”、第48回マテリアルズ・テラリング研究会、2007年12月22日。

招待国際講演 30 件

(H14 年度)

1. Y. Nosaka, “Mechanistic Approach of TiO₂ Photo-Catalysis and its Applications” 7th Internl. Conf. Solar Energy and Applied Photochemistry, Egypt, Feb.24 2003.

(H15 年度)

2. K. Nakato, A. Imanishi, K. Murakoshi and Y. Nakato, “Stabilization of n-Si Electrodes by Surface Alkylation for Use in Efficient and Low-Cost Water Splitting by Solar Light”, The 203rd Meeting of The Electrochemical Society, Pari, France, 2003.05.02.
3. Y. Nakato, “A NANO-MODIFIED Si/TiO₂ COMPOSITE ELECTRODE FOR EFFICIENT SOLAR WATER SPLITTING”, PCPM2003 (6th AIST Internat. Symp. on Photoreaction Control and Photofunctional Materials), AIST Tsukuba Center Auditorium, Tsukuba, 2003.10.28-31.
4. Y. Nosaka, “Mechanistic Detail of TiO₂ Photocatalytic Reactions”, 2nd-NIMS Internl. Conf. Photocatalysis”, Book of Abst. 69-70, Hayama, Feb 2004.

(H16 年度)

5. P. Puchaipetch, Y. Uraoka, T. Fuyuki, G. Pant, R. M. Wallace, B. E. Gnade, "Low Temperature Gate Dielectrics for Organic Thin Film Transistors on Plastic Substrate", AMLCD04, Tokyo, 28 August, 2004.
6. S. Nonomura, N. Yoshida, T. Itoh, "The Formation of hetero-junctions using carbon alloys by the hot-wire CVD method", 3rd HW(Cat)-CVD, Holland, 26 August, 2004.

(H17 年度)

7. Y. Nakato, "New Approach to High-Efficiency and Low-Cost Solar to Chemical Conversion with a Semiconductor Electrode", Solar Renewable Energy News (SREN) 2005 International Conference, Florence, Italy, April 5, 2005.
8. Y. Nakato, "Recent Progress of Electrochemical Solar Water Splitting with Photoelectrodes and Photocatalysts", International Conference on Solar Concentrators for the Generation of Electricity of Hydrogen, Arizona, U.S.A., May 1-5, 2005.
9. Y. Nakato, "Surface alkylated and metal nano-dotted n-Si electrodes for efficient and low-cost solar energy conversion", Organic Photovoltaics VI, The International Symposium on Optics & Photonics 2005, SPIE's 50th Annual Meeting, 31 July-4 August, 2005, San Diego, California.
10. S. Nakanishi, Y. Nakato, "Formation of Micro- and Nano-sized Ordered Structures by Self-organization in Electrochemical Systems", Pacificchem 2005 (The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), Honolulu, USA, December, 2005.
11. A. Imanishi, M. Suzuki, Y. Nakato, "H-Si(111) surfaces modified with alkyl molecules and their photoelectrochemical properties", ACCASS (Asian Conference on Recent Trends in Colloid and Surface Science), Nagoya, Japan, December, 2005.
12. K. Mashima, T. Kanayama, H. Tsurugi, "Ligand Architecture on Stereochemistry and Reactivity of Half-metallocene Benzylidene Complexes", The 16th International Symposium on Olefin Metathesis and Related Chemistry (ISOM 16), Poznań, Poland, 7-12 August 2005.
13. K. Mashima, A. Shima, M. Ohashi, "Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetrametal M-Mo-Mo-M Clusters (M = Rh, Ir, Pd, Pt)", The 13th Japan-Korea Joint Symposium on Organometallic and Coordination Chemistry, Jeju, Korea, November 23-26, 2005.
14. K. Mashima, A. Shima, M. Ohashi, "Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetrametal M-Mo-Mo-M Clusters (M = Rh, Ir, Pd, Pt)", Singapore International Chemical Conference 4 (SICC-4), Singapore, December 8-10, 2005.
15. M. Takahashi, Y.-L. Liu, O. Maida, H. Kobayashi, "Defect Passivation and improvement of solar cell characteristics by the use of new cleaning solutions", Solar Renewable Energy News – Research and Applications 2005 International Conference, Florence, Italy, April 4, 2005.
16. M. Takahashi, S. Yae, H. Kobayashi, "Improvement of solar cell materials by the use of defect passivation etchless solutions", 7th International Symposium on Eco-Materials Processing & Design, Chengdu, China, January 9, 2006.
17. L. Pan, J. Nakayama, N. Tamai, "Excited-state Dynamics, Nonlinear Properties and Optical Trapping of CdTe Quantum Dots", Trombay Symposium on Radiation and Photochemistry (TSRP-2006), Mumbai, India, January 5-9, 2006.

(H18 年度)

18. M. Takahashi, Y. -L. Liu, H. Narita, H. Kobayashi, "Si cleaning method having defect passivation effects by use of HCN aqueous solutions", 4th International Congress on Materials Science and Engineering, Tlemcen, Algeria, May 3, 2006.
19. Y. Nakato, N. Kato, A. Imanishi, T. Sugiura, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, "An Approach To High -Efficiency and Low-Cost Solar Water splitting by use of a composite semiconductor electrode", Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1), Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1), September 5 2006.
20. Y. Nakato, N. Kato, A. Imanishi, T. Sugiura, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, "Solar water splitting with a composite silicon/metal oxide semiconductor electrode", SPIE', Optics & Photonics Symposium2006, Solar Hydrogen and Nanotechnology, San Diego, U.S.A., August 14-17, 2006.

21. S. Nakanishi, "Formation of micro- and nano-sized ordered structures by self-organization in electrochemical systems", Annual meeting of international society of electrochemistry, Herriot-Watt University, Edinburgh, UK, September 1, 2006.
 22. S. Nakanishi, S. Fukushima, Y. Nakato, "Variety of spatially inhomogeneous oscillations in H₂O₂ reduction at Pt-ring electrode induced via degenerate Hopf-instabilities", 57th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Edinburgh, UK, August 28, 2006.
 23. M. Takahashi, "Semiconductor surface cleaning and passivation by the chemical treatment in solutions of hydrogen cyanide", Smolenice, Slovakia, SSSI2006 (5th international workshop in the series of the Solid State Surfaces and Interfaces), November 20, 2006.
 24. N. Tamai, L. Pan, J. Nakayama, Y. Miyoshi, A. Mandal, "Spectroscopy and Dynamics of Semiconductor Quantum Dots and Nanowires by Microspectroscopy", 2006 Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience, Seoul, Korea, November 3-6, 2006.
 25. S. Nakanishi, "Formation of micro- and nano-sized ordered structures by self-organization in oscillatory electrodeposition", Gordon Research Conference – Electrodeposition, New Londong, USA, July 30, 2006.
- (H19 年度)
26. S. Yae, A. Onaka, M. Abe, N. Fukumuro, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, Y. Nakato, H. Matsuda, "Hydrogen production using metal nanoparticle modified silicon thin film photoelectrode", SPIE Optics & Photonics Symposium2007, Solar Hydrogen and Nanotechnology, San Diego, U.S.A., August 29, 2007.
 27. S. Nakanishi, T. Nagai, Y. Nakato, "Periodic adsorption of surfactants during Cu-Sn alloy electrodeposition, leading to self-organized formation of layered nano-structures", 58th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Banff, Canada, September 11, 2007.
 28. M. Takahashi, Y.-L. Liu, H. Kobayashi, "Surface chemistry in Si cleaning with cyanide solutions", Semiconductor Surface Passivation 2007, Poland, September 18, 2007.
 29. Shoko Yamazaki, "The Lewis acid-promoted novel cyclization reactions towards N- and O-containing heterocycles", IUPAC 3rd International Symposium on Novel Materials and Synthesis (NMS-III) & 17th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XVII), Shanghai, China, October, 19, 2007.
 30. Takashi Sugiura, Sakura Hoshiya¹, Shuuji Tsuno, Norimitsu Yoshida, Shuuichi Nonomura, Yoshihiro Nakato, Hideki Minoura, "Solar Water Splitting With a Silicon/Metal Oxide Tandem Electrodes", INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND APPLICATIONS (ICAMA- 2007), Shivaji University, Kolhapur, INDIA, 17th Nov., 2007.

② 口頭発表 (国内会議 329 件、国際会議 70 件)

国内口頭 329 件

(H14 年度)

1. 中村龍平、浦 勇樹、村越 敬、中戸義禮、"TiO₂ 光触媒の反応中間体その場検出による反応機構の研究"、第 83 回日本化学会春季年会、早稲田大学 西早稲田キャンパス (東京都新宿区西早稲田)、2003 年 3 月 18 日。
2. 鷹林 将、中登啓介、今西哲士、村越 敬、中戸義禮、"白金担持アルキル終端化 n 型シリコンの作製と湿式太陽電池特性"、第 83 回日本化学会春季年会、早稲田大学 西早稲田キャンパス (東京都新宿区西早稲田)、2003 年 3 月 18 日。
3. 田中考利、浦 勇樹、中村龍平、村越 敬、中戸義禮、"光エッチングにて露出した TiO₂ 単結晶 (rutile) 微細構造評価"、第 83 回日本化学会春季年会、早稲田大学 西早稲田キャンパス (東京都新宿区西早稲田)、2003 年 3 月 18 日。
4. 村田剛士、林剛司、今西哲士、中戸義禮、"ハロゲン化水素酸水溶液中 H-Si (111) 表面のサイト選択的反応性"、第 83 回日本化学会春季年会、早稲田大学 西早稲田キャンパス (東京都新宿区西早稲田)、2003 年 3 月 21 日。
5. 今西哲士、長井智幸、中戸義禮、"スクラッチングによる水素終端化 Si (111) 上へのナノ

- ワイヤ形成とステップ構造制御”，春季第50回応用物理学関係連合講演会，神奈川大学横浜キャンパス（神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1），2003年3月28日。
6. 栗本はるな、福室直樹、八重真治、松田均、“ダブルポテンシャルステップ法によるシリコン上への金属析出”，第4回関西表面技術フォーラム、京都大学宇治キャンパス（京都府宇治市）平成14年12月10-11日。
 7. 臼井勇樹、福室直樹、八重真治、松田均、“無電解Ni-P/TiO₂複合めっき膜の光触媒活性”，第4回関西表面技術フォーラム、京都大学宇治キャンパス（京都府宇治市）平成14年12月10-11日。
 8. 宮田章生、福室直樹、八重真治、松田均、“マグネシウム素地上への光触媒を用いた無電解ニッケルめっき膜のパターニング”，第4回関西表面技術フォーラム、京都大学宇治キャンパス（京都府宇治市）平成14年12月10-11日。
 9. 福室直樹、臼井勇樹、八重真治、松田均、“無電解Ni-P/TiO₂複合めっき膜の構造と光触媒活性”，表面技術協会第107回講演大会、工学院大学新宿キャンパス（東京都新宿区）平成15年3月25-27日。
 10. 中村敦、河泰明、畑山智亮、矢野祐司、浦岡行治、冬木隆、“Aluminum Induced Crystallization法を利用した多結晶Si薄膜の形成と評価”，電子情報通信学会技術研究報告 シリコン材料・デバイス研究会，京都大学 平成14年12月20日。
 11. 山崎努、石河泰明、浦岡行治、冬木隆、“電子線励起電流法による薄膜多結晶Si太陽電池の接合評価”，電子情報通信学会技術研究報告 シリコン材料・デバイス研究会 京都大学 平成14年12月20日。
 12. 山崎努、石河泰明、浦岡行治、冬木隆、“電子線励起電流法による薄膜多結晶Si太陽電池の接合評価”，高効率太陽電池および太陽光発電システムワークショップ 岐阜 ホテルグランヴェール岐山 平成14年11月21日。
 13. 中島航、西岡賢祐、浦岡行治、冬木隆、“InGaP/InGaAs/Ge₃接合太陽電池の集光特性および直列抵抗の評価”，高効率太陽電池および太陽光発電システムワークショップ 岐阜 ホテル グランヴェール岐山、平成14年11月21日。
 14. 高橋昌男、アスハ、井上森雄、小林光，“Siの極薄化学酸化膜の物性の硝酸濃度依存性とリーク電流密度”，第50回応用物理学関係連合講演会，横浜，2003年3月27日～30日。
 15. 竹本和矢，山口豊，千種健司，吉田憲充，伊藤貴司，野々村修一，“Cat-CVD法によるa-Si_{1-x}C_x:Hを窓層に用いた薄膜シリコン系ヘテロ接合型太陽電池の開発”，2003年（平成15年）春季第50回応用物理学関係連合講演会，神奈川大学横浜キャンパス，3月30日（2003）。
 16. 森邦洋，傍島靖，上口洋輝，吉田憲充，野々村修一，“a-Si:H薄膜における光誘起体積変化 -シアン処理効果-”，2003年（平成15年）春季第50回応用物理学関係連合講演会，神奈川大学横浜キャンパス，3月30日（2003）。
 17. 長谷川勇気、藤原崇雄、増田絢子，伊藤貴司，野々村修一，“ホットワイヤーCVD法による低抵抗p型ヘテロ構造SiC_x合金薄膜の作製”，2003年（平成15年）春季第50回応用物理学関係連合講演会，神奈川大学横浜キャンパス，3月30日（2003）。
 18. 杉浦 隆、柳 漢振、安野 聡、箕浦秀樹、“フォトエッチングにより作製したナノポーラス酸化チタンのガスセンサー特性”，第21回 固体・表面光化学討論会 長岡技術科学大学、2002年11月21日，22日。
 19. 柳 漢振、鈴木敦夫、杉浦 隆、箕浦秀樹、“酸化チタン水素ガスセンサー特性に及ぼす光電気化学エッチング処理の効果”，第5回東海地区ヤングエレクトロケミスト研究会 三重大学、2002年12月12日。
 20. 山崎祥子、山田久里子、稲岡咲子、“プロパルギルアミドエンインのハロゲン化亜鉛による6員環形成反応”，日本化学会第83春季年会、東京、2003年3月。
 21. 野坂篤子、松下政美、藤原敏道、八木宏昌、阿久津秀雄、野坂芳雄、“酸化チタン光触媒上のアルコールの挙動に関する固体NMRによる研究”，第21回 固体・表面光化学討論会、長岡、2002年11月21日-22日。

(H15年度)

22. 福島聡史、酒井将一郎、深見一弘、中西周次、中戸義禮、“ H_2O_2 - Pt電極振動系における時空間パターンに対する微量Cuイオンの影響”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003年4月1日-3日.
23. 中村龍平、田中孝利、浦 勇樹、村越 敬、中戸義禮、“酸化チタン単結晶における水の光分解反応活性と溶液内極弱発光の相関”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003年4月1日-3日.
24. 浦 勇樹、中村 龍平、田中 孝利、村越 敬、中戸 義禮、“光エッチング反応による酸化チタン微粒子の表面構造制御”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
25. 今西哲士、長井智幸、中戸義禮、“スクラッチ法によるH-Si(111)単結晶表面のステップ構造制御”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
26. 酒井将一郎、深見一弘、中西周次、中戸義禮、“非線形電気化学振動によるCuの積層析出”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
27. 鷹林 将、中登 啓介、今西 哲士、村越 敬、中戸 義禮、“表面アルキル終端化による白金担持n型シリコンの太陽電池特性の向上”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
28. 林剛司、今西哲士、中戸義禮、“HI水溶液中の水素終端化Si(111)表面におけるSi-HのI-との反応-表面構サイト依存性”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
29. 深見一弘、多田稔生、酒井 将一郎、中西周次、中戸義禮、“Mullins-Sekerka不安定性による電気化学振動とシダの葉状金属析出”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
30. 鈴木 秀典、今西 哲士、村越 敬、中戸 義禮、“n-TiO₂単結晶電極における色素増感光電流の光エッチングナノ加工による増加”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス(東京都目黒区大岡山2-12-1)、2003. 04. 01-03.
31. 今西 哲士、“HI水溶液中の水素終端化Si(111)表面のサイト選択的ハロゲン化メカニズム”、第64回応用物理学会学術講演会、福岡大学 七隈キャンパス(福岡市城南区七隈8-19-1)、2003. 08. 30-09. 02.
32. 深見一弘、多田稔生、酒井将一郎、中西周次、中戸義禮、“金属電析過程における電気化学振動とそれに伴う特異な結晶成長”、第64回応用物理学会学術講演会、福岡大学 七隈キャンパス(福岡市城南区七隈8-19-1)、2003. 08. 30-09. 02.
33. 鈴木 雅人、面田亮、今西 哲士、中戸義禮、“水素終端化Si(111)面上の吸着界面活性剤のin-situ AFM観察”、第56回コロイドおよび界面化学討論会、徳島大学 常三島キャンパス(徳島市南常三島町)、2003. 09. 08.
34. 多田稔生、深見一弘、酒井 将一郎、中西 周次、中戸義禮、“電気化学振動とカップリングした樹状金属電析反応の機構”、第56回コロイドおよび界面化学討論会、徳島大学 常三島 キャンパス(徳島市南常三島町)、2003. 09. 08.
35. 今西 哲士、林 剛司、村田剛士、中戸義禮、“HI水溶液中の水素終端化Si(111)表面上のハロゲン化ダイナミクス”、第56回コロイドおよび界面化学討論会、徳島大学 常三島 キャンパス(徳島市南常三島町)、2003. 09. 08.
36. 村田剛士、林 剛司、山崎はるか、鷹林 将、今西 哲士、中戸義禮、“位置特異的ハロゲン化を経たSi(111)面のアルキル化”、第56回コロイドおよび界面化学討論会、徳島大学 常三島 キャンパス(徳島市南常三島町)、2003. 09. 08.
37. 中村 龍平、中戸義禮、“TiO₂ を用いた水の光酸化・酸素発生反応-その場FTIRおよびPL測定による研究”、電気化学秋季大会、北海道大学高等教育機能開発総合センター(札幌市)、2003. 09. 11.

38. 鷹林 将, 今西哲士 and 中戸義禮, “白金担持アルキル終端n-Si電極を用いたHIの太陽光分解”, 電気化学秋季大会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター (札幌市), 2003. 09. 11.
39. 鈴木秀典, 今西哲士, 大橋直倫, 中戸義禮, “n-TiO₂ 単結晶表面のHF処理および光エッチングによる色素増感光電流の増大”, 電気化学秋季大会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター (札幌市), 2003. 09. 12.
40. 林 剛司, 村田剛士, 今西哲士, 中戸義禮, “HI水溶液中電圧印加下での水素終端Si (111)表面のヨウ素化反応”, 電気化学秋季大会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター (札幌市), 2003. 09. 12.
41. 今西哲士, 村田剛士, 林 剛司, 山崎はるか, 鷹林 将, 中戸義禮, “サイト選択的ハロゲン化を利用したSi (111)面上のアルキル化反応”, 電気化学秋季大会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター (札幌市), 2003. 09. 12.
42. 酒井 将一郎, 西村健作, 中西周次, 中戸義禮, “有機アミン存在下のCu電析に伴う振動現象における時空間パターン形成”, 電気化学秋季大会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター (札幌市), 2003. 09. 12.
43. 浦 勇樹, 中戸義禮, “光エッチング反応による酸化チタン微粒子の表面構造制御と触媒活性の向上”, 触媒討論会, 徳島大学 工学部 (徳島市), 2003. 09. 20.
44. 中村 龍平, 浦 勇樹, 田中 考利, 中戸義禮, “二酸化チタン微粒子/水溶液界面における水の光酸化・酸素発生反応中間体のその場FTIR検出”, 触媒討論会, 徳島大学 工学部 (徳島市), 2003. 09. 20.
45. 田中 考利, 浦 勇樹, 中村 龍平, 中戸義禮, “酸化チタン単結晶の光エッチングによる表面ナノ構造制御”, 触媒討論会, 徳島大学 工学部 (徳島市), 2003. 09. 20.
46. 長井智幸, 今西哲士, 中戸義禮, “スクラッチングによりステップ構造制御したH-Si (111)表面への金属析出”, 日本物理学会 2003年秋季大会, 岡山大学 津島キャンパス, 2003. 09. 21.
47. 今西哲士, 浦 勇樹, 田中考利, 鈴木秀典, 中戸義禮, “光エッチング法による酸化チタン単結晶および微粒子のナノ構造化と光活性の向上”, 光化学討論会, 2003. 11. 21-23.
48. 中戸義禮, 中村龍平, “In Situ多重内部反射FTIR法によるn-TiO₂電極上の光酸素発生反応の表面中間体の検出”, 光化学討論会, 2003. 11. 21-23.
49. 大橋直倫, 浦勇樹, 中村龍平, 田中考利, 今西哲士, 中戸義禮, “金属酸化物半導体の光エネルギー変換機能の向上を目指した表面光反応機構の解明”, 電気化学会第71回大会, 東京大学 (文京区本郷7-3-1) キャンパス内 安田講堂/山上会館2階, 2003/12/10.
50. 田中考利, 浦勇樹, 中村龍平, 中戸義禮, “TiO₂ 単結晶の光エッチングによる表面ナノ構造制御へ光エッチング条件の詳細な検討”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 24.
51. 長井智幸, 今西哲士, 中戸義禮, “テフロンスクラッチングにより形成されたH-Si (111)上の ナノワイヤの化学組成とそれを利用したステップ構造制御”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 24.
52. 今西哲士, 林剛司, 中戸義禮, “表面core-level shift スペクトルを用いた、HI 水溶液中におけるH-Si (111)表面状態の観察”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 24.
53. 村田剛士, 鷹林将, 今西哲士, 中戸義禮, “アルキル化したH-Si (111)表面のATR-FTIR観察”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 24.
54. 鈴木雅人, 今西哲士, 中戸義禮, “水素終端Si (111)/水溶液界面に形成された界面活性剤吸着単分子膜の In-situ AFM 観察”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 24.
55. 酒井将一郎, 深見一弘, 中西周次, 中戸義禮, “電気化学振動現象とカップルしたNi-P共析によるNi/NiP 合金多層膜形成”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス

- ス (横浜市), 2004. 03. 25.
56. 大橋 理人, 鷹林 将, 真島 和志, 中戸 義禮, “炭素=炭素二重結合を末端に有するアルキル鎖で修飾した単結晶 Si (111) の合成とその性質”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 26.
 57. 大橋 理人 徐 戾紅, 鷹林 将, 真島 和志, 中戸 義禮, “炭素=炭素二重結合を末端に有するアルキル鎖による単結晶 Si (111) 表面のアルキル化”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市) 2004/3/26.
 58. 島 明日香, 大橋 理人, 真島 和志, “架橋三座配位子を有する Mo_2Ir_2 四核錯体とハロゲン化アルキルとの酸化的付加反応”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市) 2004/3/26
 59. 鷹林将, 今西哲士, 中戸義禮, “白金微粒子担持・メチル終端n-Si 電極による太陽エネルギーの変換- 表面テクスチャー化処理による効率向上”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 26.
 60. 多田稔生, 深見一弘, 中西周次, 中戸義禮, “電気化学振動を伴うスズ電析におけるデンドライト成長のその場観察と機構解明”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 26.
 61. 中西周次, 福島聡史, 中戸義禮, “過酸化水素の還元に伴う電気化学振動における時空間パターン形成とそのシミュレーション”, 電気化学会第71回大会, 慶應大学 日吉キャンパス (横浜市), 2004. 03. 26.
 62. 西村健作, 酒井将一郎, 中西周次, 中戸義禮, “銅の還元析出反応における自発的な時空間パターン形成”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 28.
 63. 中西周次, 深見一弘, 多田稔生, 中戸義禮, “電気化学振動とカップリングした樹枝状金属電析反応”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 28.
 64. 山崎はるか, 村田剛士, 鷹林将, 今西哲士, 中戸義禮, “サイト特異的にハロゲン化されたSi (111) 表面における光アルキル化反応”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 28.
 65. 大橋直倫, 鈴木秀典, 中村龍平, 今西哲士, 中戸義禮, “原子レベル構造制御の TiO_2 (110) および (100) 面を用いた色素増感光電流の結晶面依存性”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 28.
 66. Z. Zhang, Q. Xu, Takabayashi, A. Imanishi, Y. Nakato, “Modulation of the Flat-band Potential and Photovoltage of n-Si Electrodes by Modification with Carboxylate and Alkyl Sulfonate Groups”, 日本化学会, 関西学院大学 (西宮市), 2004. 03. 28.
 67. 中村龍平, 田中智章, 中戸義禮, “ TaON および Ta_3N_5 薄膜光電極による水の光酸化・酸素発生反応”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 29.
 68. Haimei Liu, Ryuhei Nakamura, Y. Nakato, “A New Photoassisted Sol-gel Method for Synthesis of Efficient Titanium Dioxide Photocatalysts”, 日本化学会, 関西学院大学上ヶ原キャンパス (西宮市), 2004. 03. 29.
 69. 福島聡史, 中西周次, 中戸義禮, “非線形電気化学振動現象で見られる動的な時空間パターン”, 物理学会, 九州大学 箱崎キャンパス, 2004. 03. 29.
 70. 深見一弘, 多田稔生, 中西周次, 中戸義禮, “非線形電気化学振動とカップルした 特異な結晶成長”, 物理学会, 九州大学 箱崎キャンパス, 2004. 03. 29.
 71. 大橋 理人, 徐 戾紅, 鷹林 将, 真島 和志, 中戸 義禮, “炭素=炭素二重結合を末端に有するアルキル鎖による単結晶 Si (111) 表面の修飾”, 日本化学会第84春季年会 (兵庫, 関西学院大学) 2004年3月28日.
 72. 田中宏幸, 八重真治, 福室直樹, 松田 均, “金属微粒子を修飾したSiの化学エッチングによるポーラス化”, 電気化学会創立70周年記念大会 (東京都), 2003. 4. 1.
 73. 福室直樹, 加藤陽平, 八重真治, 松田 均, “ TiO_2 超微粒子薄膜を用いたマグネシウム合金上への光パターンニング無電解めっき”, 2003年電気化学秋季大会 (札幌市),

2003. 9. 11.
74. 松本孝平, 濱野達郎, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “単結晶シリコンへのHF水溶液からの金属微粒子析出における粒子数決定因子”, 2003年電気化学秋季大会 (札幌市), 2003. 9. 11.
 75. 田中宏幸, 小林 努, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “金属微粒子を用いたポーラスシリコンの作製と湿式太陽電池の高効率化”, 2003年電気化学秋季大会 (札幌市), 2003. 9. 11.
 76. 浜野達郎, 松本孝平, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “単結晶n-Si上への貴金属置換析出時の核発生”, 第5回関西表面技術フォーラム (京都府宇治市), 2003. 12. 3.
 77. 福室直樹, 小松聖季, 八重真治, 松田 均, “無電解Ni-P/TiO₂複合めっき膜の光触媒活性”, 表面技術協会第109回講演大会 (東京都八王子市), 2004. 3. 17.
 78. 小林 努, 田中宏幸, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, “HFエッチングによりポーラス化した白金微粒子担持多結晶 n - S i 電極を用いる湿式太陽電池”, 電気化学会第71回大会 (横浜市), 2004. 3. 26.
 79. 國井稔枝, 桐山竜也, 柴垣秀明, 森建介, 吉田憲充, 野々村修一, “共振型光熱ベンディング分光法とCPMによる・c-Si:H薄膜の局在準位評価”, 2003年(平成15年)秋季第64回応用物理学会学術講演会, 2003年8月30日-9月2日, 福岡大学七隈キャンパス.
 80. 夏原大宗, 松本清志, 伊藤貴司, 吉田憲充, 野々村修一, 佐藤一夫, 府川真, 青野祐美, “太陽電池用透明電極保護膜としてのNドーパTiO₂薄膜の作製”, 2003年(平成15年)秋季第64回応用物理学会学術講演会、2003年8月30日-9月2日, 福岡大学七隈キャンパス).
 81. 宮崎伸一, 山本敏晴, 江口元嵩, 長谷川勇氣, 竹内雅則, 伊藤貴司, 吉田憲充, 野々村修一, “Cat-CVD法によるp型ヘテロ構造SiC_x合金薄膜の作製とそのpin型a-Si:H系薄膜太陽電池の窓層への応用”, 2004年(平成16年)春季第51回応用物理学関係連合講演会、2004年3月28日-3月31日, 東京工科大学.
 82. 塚本昌弘, 傍島靖, 森邦洋, 石川敦詞, 吉田憲充, 野々村修一, “a-Si:H薄膜における光誘起体積変化—シアン処理効果(Ⅱ)—”, 2004年(平成16年)春季第51回応用物理学関係連合講演会、2004年3月28日-3月31日, 東京工科大学.
 83. 柴垣秀明, 國井稔枝, 桐山竜也, 森建介, 吉田憲充, 野々村修一, “共振型光熱ベンディング分光法とCPMによるμc-Si:H薄膜の局在準位評価Ⅱ”, 2004年(平成16年)春季第51回応用物理学関係連合講演会、2004年3月28日-3月31日, 東京工科大学.
 84. 杉浦 隆、柳 漢振、鈴木敦夫、箕浦秀樹、“光電気化学エッチングによる酸化チタン厚膜へのナノ構造形成”、電気化学会創立70周年記念大会、東京工業大学大岡山キャンパス、2003年4月1-3日.
 85. 鈴木敦夫・柳 漢振・杉浦 隆・箕浦秀樹、“光電気化学エッチングによるナノポーラス酸化チタン厚膜の創製”、第34回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、信州大学繊維学部上田キャンパス、平成15年9月9-10日.
 86. 鈴木敦夫、柳 漢振、杉浦 隆、箕浦秀樹、“光電気化学エッチングによる酸化チタン厚膜の表面構造制御”、2003年電気化学秋季大会、北海道大学高等教育機能開発総合センター及び放送大学北海道学習センター、平成15年9月11・12日.
 87. 甲村 健、柳 漢振、杉浦 隆、箕浦秀樹、“Cr-Sb共ドーパ可視光応答型酸化チタンの光電気化学的評価”、2003年電気化学秋季大会、北海道大学高等教育機能開発総合センター及び放送大学北海道学習センター、平成15年9月11・12日.
 88. 甲村 健、柳 漢振、杉浦 隆、箕浦秀樹、“Cr - Sb共ドーパ可視光応答型酸化チタン電極の光電気化学的評価”、第18回東海地区光電気化学研究会アクトシティ浜松研修交流センター (浜松市) 平成16年2月10日.
 89. 杉浦 隆、甲村 健、柳 漢振、箕浦秀樹、“Cr-Sb共ドーパ可視光応答型酸化チタン電極のフォトエッチング”、2004年電気化学会第71回大会慶應義塾大学矢上台キャンパス、平成16年3月24-26日.

90. 山崎祥子、森川智史、山本昌智子、倉本香織、“ルイス酸によるオキシインドール環形成反応”、日本化学会第84春季年会、西宮、2004年3月26日。
 91. 劉揚、山崎祥子、“ルイス酸によるトリス(トリメチルシリル)シランのヒドロシリル化の位置選択性”、日本化学会第84春季年会、西宮、2004年3月27日。
 92. 山崎祥子、岩田ゆう子、“ルイス酸によるオキシベンゾフラン環形成反応”、日本化学会第84春季年会、西宮、2004年3月28日。
 93. 劉 玥伶、藤原 直澄、横谷 武士、高橋 昌男、岩佐 仁雄、小林 光、“欠陥消滅型非エッチングシリコン洗浄による重金属汚染の除去(1): KCNメタノール溶液”、第64回応用物理学会学術講演会、福岡、2003年9月2日。
 94. 藤原 直澄、横谷 武士、毎田 修、高橋 昌男、小林 光、“欠陥消滅型非エッチングシリコン洗浄による重金属汚染除去(2): HCN水溶液”、第64回応用物理学会学術講演会、福岡、2003年9月2日。
 95. 高橋 昌男、毎田 修、小林 光、“シアン処理によるシリコン材料中の欠陥準位終端化”、第30回アモルファスセミナー、岐阜、2003年12月11日。
 96. 劉 玥伶、藤原 直澄、高橋 昌男、岩佐 仁雄、小林 光、“非エッチングシリコン洗浄法によるニッケル汚染の除去”、第51回応用物理学関係連合講演会、八王子、2004年3月30日。
 97. 中村 唯生、藤原 直澄、劉 玥伶、深山 権一、高橋 昌男、岩佐 仁雄、小林 光、“非エッチングシリコン洗浄法による銅汚染除去(3): HCN水溶液中の洗浄能力のpH依存性”、第51回応用物理学関係連合講演会、八王子、2004年3月30日。
 98. 松下政美、野坂篤子、野坂芳雄、“グアニジンをを用いた窒素ドーピング型酸化チタンの作製”、電気化学会創立70周年記念大会講演要旨集、東京、2003. 4。
 99. 野坂芳雄、夏井勇人、大門利博、村上能規、“酸化チタン光触媒反応における一重項酸素の役割”、光化学討論会、松江、2003. 11。
 100. 夏井勇人、大門利博、村上能規、野坂芳雄、“酸化チタン光触媒反応の一重項酸素ESRプローブ剤による研究”、電気化学会第71回大会、横浜、2004. 3。
 101. 大門利博、村上能規、野坂芳雄、“近赤外発光法による酸化チタン表面における一重項酸素生成反応の研究”、日本化学会第84春季年会、大阪、2004. 3。
 102. 野坂篤子、藤原敏道、八木宏昌、阿久津秀雄、野坂芳雄、“TiO₂光触媒系の吸着水の温度変化”、日本化学会第84春季年会、大阪、2004. 3。
 103. 野坂芳雄、夏井勇人、大門利博、村上能規、“懸濁系酸化チタン光触媒反応における活性酸素の役割”、触媒討論会、大阪、2004. 3。
 104. 野坂芳雄、“酸化チタン懸濁光触媒系で形成される活性酸素種の挙動”、多元研シンポジウム—光機能界面の活性種—、仙台、2003. 12。
- (H16 年度)
105. 中戸義禮、“非線形ダイナミクスによる自己組織化とナノ構造形成” 日本表面科学会 第24回表面科学講演大会、早稲田大学、2004年11月8日。
 106. 深見一弘、多田稔生、中西周次、中戸義禮、“金属電析による3次元格子の動的・自己組織的形成”、第57回形の科学シンポジウム、理研シンポジウム(理化学研究所和光本所)、平成16年6月11日。
 107. 中村龍平、浦 勇樹、大橋 直倫、今西 哲士、中戸 義禮、“半導体微粒子光触媒における表面バンドエネルギーの非対称化による光反応効率向上”、第23回光がかかわる触媒化学シンポジウム、東京工業大学百年記念館、平成16年6月17日。
 108. 今西哲士、林剛司、中戸義禮、“表面core-level shiftスペクトルを用いた、HI水溶液中におけるH-S(111)表面状態の観察”、第57回コロイドおよび界面化学討論会、山口東京理科大学、平成16年9月8日。
 109. 鈴木雅人、今西哲士、中戸義禮、“水素終端Si(111)/水溶液界面に形成された界面活性剤の複合吸着単分子膜”、第57回コロイドおよび界面化学討論会、山口東京理科大学、平成16年9月8日。

110. 村田剛士、鷹林将、今西哲士、中戸義禮、“水素終端化Si(111)面上におけるサイト選択的アルキル化反応のMIR-FTIR による研究”、第57回コロイドおよび界面化学討論会、山口東京理化学大学、平成16年9月8日。
111. 大橋理人、真島和志、“二核Moユニットと9族遷移金属を用いた一次元多核錯体の構築”、第54回錯体討論会、熊本大学、平成16年9月24日。
112. 島 明日香、大橋理人、真島和志、“Ir-Mo-Mo-Ir四核錯体に対する1級ヨウ化アルキルの酸化的付加反応とその速度論的解析”、第54回 錯体討論会(熊本大学)、平成16年9月23日。
113. 山縣恒明、J. Yi、宮林孝行、大橋理人、真島和志、“MoMoとClPdPdClをユニットとするジグザク無限構造を有する塩素架橋錯体の合成と構造”、第54回 錯体討論会(熊本大学)、平成16年9月23日。
114. 宮林孝行、山縣恒明、真島和志、“白金とモリブデンからなる異核三核錯体での白金上の配位子が与える錯体全体への影響”、第54回錯体討論会(熊本大学)、平成16年9月24日。
115. 豊川雅博、中村龍平、浦勇樹、大橋直倫、今西哲士、大澤健男、松本祐司、鯉沼秀臣、中戸義禮、“二酸化チタン微粒子表面の非対称化による光反応効率の向上”、KAST光触媒技術展(かながわサイエンスパーク)、平成16年7月22日。
116. 田中 考利、大橋 直倫 岡村 知明 中村 龍平 今西 哲士 中戸 義禮、“光エッチングによるTiO₂表面ナノ構造形成と光電気化学特性”、イノベーションセミナー2004、大阪大学吹田キャンパス、2004年10月18日。
117. 深見一弘、多田稔生、中西周次、中戸義禮、“金属微細格子の動的自己組織的形成”、日本表面科学会 第24回表面科学講演大会、早稲田大学、2004年11月 8 日。
118. 鷹林 将、中戸 義禮、“種々の有機分子で修飾したPt微粒子担持n-Si電極の光電気化学的挙動”、第23回固体・表面光化学討論会、名古屋大学、2004年12月。
119. 中村 龍平、田中 智章、中戸 義禮、“窒素を含む金属酸化物薄膜電極を用いた可視光による水の光酸化分解”、第23回固体・表面光化学討論会、名古屋大学、2004年12月。
120. 田中 考利、中村 龍平 中西 周次 中戸 義禮、“TiO₂単結晶の光エッチングによる表面長周期構造形成と非線形ダイナミクスによる考察”、第23回固体・表面光化学討論会、名古屋大学、2004. 12. 4.
121. 大橋直倫、中村龍平、今西哲士、中戸義禮、“原子レベルで表面構造制御された酸化チタン単結晶の光電流特性”、第23回固体・表面光化学討論会、名古屋、2004, 12, 03-04
122. 中西周次、酒井将一郎、長井智之、中戸義禮、“自己組織的な電気化学振動による巨視的に均一な合金ナノ多層薄膜の形成”日本MRS学術シンポジウム、日本大学理工学部(駿河台校舎)12月23-24日。
123. 多田稔生、深見一弘、山崎はるか、中西周次、中戸義禮、“振動電析反応による金属格子構造の自己組織的形成”、日本MRS学術シンポジウム、日本大学理工学部(駿河台校舎)12月23-24日。
124. 深見一弘、多田稔生、山崎はるか、中西周次、中戸義禮、“振動電析反応による3次元微細構造の自己組織的構築”、第111回講演大会表面技術協会、千葉工業大学、2005年3月14日。
125. 長井智幸、酒井将一郎、中西周次、中戸義禮、“振動電析反応によるナノ多層薄膜の自己組織的形成”、第111回講演大会表面技術協会題目、千葉工業大学、2005年3月15日。
126. 酒井将一郎、長井智幸、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動反応によるSn-Cu合金 ナノ多層膜の形成”日本化学会、神奈川大学、2005年3月28日。
127. 小林 努、川岸辰則、福室直樹、八重真治、松田 均、“無電解法による多結晶n-Siへの白金微粒子担持とポーラス化ー表面構造制御による太陽電池の高効率化ー”、表面技術協会第110回講演大会、宮城県宮城郡松島町、平成16年9月14日。

128. 松本孝平、奈須紀明、福室直樹、八重真治、松田均、"HF溶液からn型シリコン上への貴金属無電解置換析出における核形成挙動" 第6回関西表面技術フォーラム、草津市、2004. 12. 07.
129. 川岸辰則、小林 努、福室直樹、八重真治、松田均、"白金微粒子担持p型シリコンのHFエッチングによる多孔質化" 第6回関西表面技術フォーラム、草津市、2004. 12. 07.
130. 西山 甚、福室直樹、八重真治、松田 均、"無電解Co-P薄膜の成長にともなう微細構造変化"、表面技術協会 第110回講演大会、大観荘（宮城県宮城郡松島町）、2004. 9. 14.
131. 福室直樹、八重真治、松田 均、西山 甚、"無電解Co系合金薄膜の微細組織解析"、日本金属学会 2004年秋期（第135回）大会 秋田大学手形キャンパス（秋田県秋田市）、2004年9月28日.
132. 八重真治、加藤陽平、福室直樹、田中健司、松田 均、"TiO₂光触媒による無電解ニッケルめっきの始動"、表面技術協会 第111回講演大会、千葉工業大学津田沼キャンパス（千葉県習志野市）、2005年3月15日.
133. 西山 甚、福室直樹、八重真治、松田 均、"無電解Co-P合金薄膜に形成された変調構造"、日本金属学会 2005年春期（第136回）大会 横浜国立大学常盤台キャンパス（横浜市）、2003. 3. 31.
134. 高橋昌男、劉 玥伶、中村唯生、深山権一、岩佐仁雄、小林 光（阪大産研および科技団）、"半導体新洗浄液によるシリコンデバイス洗浄とpn接合Si太陽電池のシアン処理"、第65回応用物理学会学術講演会、仙台、2004年9月3日.
135. 高橋昌男、劉 玥伶、藤原 直澄、中村 唯生、深山 権一、岩佐 仁雄、小林 光（阪大産研および科技団）、"非エッチングシリコン洗浄液を用いたシリコン表面の重金属除去(2)：銅洗浄機構"、日本物理学会 2004年秋季大会、青森、2004年9月15日.
136. 高橋昌男、任星淳、岩佐仁雄、小林光、"シアン化物溶液中での電気化学酸化法によるシリコンオキシナイトライド膜の低温創製"、日本物理学会第60回年次大会、野田、2005年3月24日.
137. 國井稔枝、柴垣秀明、本田孝、吉田憲充、野々村修一、"Hot-Wire CVD 法による微結晶 3C-SiC:H 薄膜の光吸収スペクトル評価"、2005年(平成17年)春季第52回応用物理学関連連合講演会、埼玉大学、3月29日(2004).
138. 夏原大宗、山田義博、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、佐藤一夫、府川 真、"薄膜シリコン太陽電池における酸化チタン膜の反射抑制効果"、2005年(平成17年)春季第52回応用物理学関連連合講演会、埼玉大学、3月29日(2004).
139. 西村 要介、杉浦 隆、箕浦 秀樹(岐阜大院工)、"RuO₂修飾酸化チタン電極の光電気化学特性評価"、第35回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、名古屋大学、平成16年9月18日.
140. 佐々木 明、甲村 健、澤谷 清一、吉田 司、杉浦 隆、箕浦 秀樹(岐阜大院工)、"遷移金属ドーブによる酸化チタン薄膜電極の可視光応答化"、第35回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、名古屋大学、平成16年9月18日.
141. 甲村 健、杉浦 隆、箕浦秀樹、"Cr-Sb 共ドーブ酸化チタン電極特性に及ぼす光エッチング処理の効果"、第23回固体・表面光化学討論会、名古屋大学、2004年12月4日.
142. 杉浦 隆、甲村 健、箕浦 秀樹、"Cr-Sb 共ドーブ可視光応答化酸化チタン電極のフォトエッチング処理"、第19回東海地区光電気化学研究会・岐阜大学、2005年3月18日.
143. 山崎祥子、山本昌智子、森川智史、"ルイス酸触媒による置換インドール誘導体の合成"、日本化学会第85春季年会、神奈川、2005年3月27日.
144. 劉揚、山崎祥子、"活性アルキンのヒドロシリル化によるケイ素(111)表面の温和な有機基修飾法"、日本化学会第85春季年会、神奈川、2005年3月28日.

145. 山崎祥子、岩田ゆう子、“エテントリカルボン酸エステルの触媒的エネンチオ選択的Friedel-Crafts 反応”、日本化学会第85春季年会、神奈川、2005年3月28日.
146. 山田そよか、西野純一、野坂芳雄、“金属硫化物半導体の表面修飾による可視光応答電極の作製”、電気化学会北陸支部大会、富山、9/14 (2004) .
(H17 年度)
147. 中西周次、酒井将一郎、中戸義禮、“電気化学振動を伴う誘起共析による Fe 族系合金多層膜の自己組織的形成”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
148. 福島聡史、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動に同期して電極表面上を伝播する非線形化学反応波の観測と数値シミュレーション”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
149. 岡村知明、大橋直倫、中村龍平、今西哲士、中戸義禮、“TiO₂ 微粒子の表面バンドエネルギー非対称化による光反応効率の向上”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
150. 今西哲士、村田剛士、中戸義禮、“アルキル終端化した H-Si (111) 面の C-K 吸収端表面 NEXAFS による研究” 電気化学会、第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
151. Liu Haimei、中村龍平、中戸義禮、“Promoted Photooxidation Reactivity of Particulate BiVO₄ Photocatalyst Prepared by a Photoassisted Sol-gel Method”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
152. 加藤直諒、鷹林将、今西哲士、山崎祥子、中戸義禮、“ヒドロシリル化反応を用いた H-Si (111) 電極表面へのカルボニル基の導入とその光 電気化学特性”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月1日.
153. 長井智幸、酒井将一郎、中西周次、中戸義禮、“振動電析反応による自己組織的な CuSn ナノ多層膜の形成”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月2日.
154. 深見一弘、多田稔生、山崎はるか、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動による金属微細格子の構築とその制御”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月2日.
155. 深見一弘、多田稔生、山崎はるか、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動による3次元微細構造の自己組織的構築”、電気化学会第72回大会、熊本大学、平成17年4月2日.
156. 大橋 直倫、中村 龍平、今西 哲士、中戸 義禮、“構造制御された酸化チタン表面における色素増感光電流および C-KedgeNEXAFS による色素分子吸着状態の研究”、電気化学会 第72回大会、熊本大学、平成17年4月3日.
157. 岡村知明、大橋直倫、中村龍平、今西哲士、中戸義禮、“原子レベルで平坦化した TiO₂-rutile (110), (100) 表面上での光酸素発生反応の機構の in-situ PL 法による研究”、2005年電気化学秋季大会、千葉大学、2005年9月8日-9日.
158. 山崎はるか、園田憲太郎、深見一弘、中西周次、中戸義禮、“振動電析反応による自己組織化 Latticework 形成過程の位相差顕微鏡観察”、2005年電気化学秋季大会、千葉大学、2005年9月8日-9日.
159. 大橋直倫、岡村知明、中村龍平、今西哲士、中戸義禮、“原子レベルで平坦化した TiO₂ 単結晶表面の空气中光照射によるラフニングの AFM 観察”、2005年電気化学秋季大会、千葉大学、2005年9月8日-9日.
160. 中西周次、福島聡史、中戸義禮、“光エッチングに誘起された表面不安定性による TiO₂ 表面上への配列ナノ細溝の自己組織化形成”、電気化学会秋季大会、千葉大学、2005年9月8-9日.
161. 西村健作、酒井将一郎、中西周次、中戸義禮、“o-フェナントロリン存在下における銅の析出反応で現れる自己組織化時空間パターン”、電気化学秋季大会、千葉大学、2005年9月8日-9日.
162. 長井智幸、西村健作、中西周次、尾形幸生、中戸義禮、“Si 上への Cu の無電解析

- 出に伴う開回路電位の振動現象”、電気化学会秋季大会、千葉大学、2005 年 9 月 8-9 日.
163. 松岡達也、今西哲士、中戸義禮、“規定されたステップ構造を持つアルキル終端化 Si (111) 表面の TDS による研究”、第 58 回コロイドおよび界面化学討論会、宇都宮大学、2005 年 9 月 8 日-9 月 10 日.
164. 加藤直諒、今西哲士、山崎祥子、中戸義禮、“ヒドロシリル化反応を用いた H-Si (111) 電極表面へのカルボニル基の導入とその光電流特性”、第 58 回コロイドおよび界面化学討論会、宇都宮大学、2005 年 9 月 8 日-9 月 10 日.
165. 深見一弘、中西周次、山崎はるか、中戸義禮、“電気化学系における振動結晶成長による微細格子状結晶構造の自己組織化形成”、第 35 回結晶成長国内会議、広島大学、2005 年 8 月 19 日.
166. 深見一弘、中西周次、山崎はるか、中戸義禮、“振動電析反応による固体表面上への 3 次元微細周期構造の自己組織化形成”、秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、2005 年 9 月 9 日.
167. 小島慎司、飯森弘恭、今西哲士、中戸義禮、“真空蒸着法および溶液塗布法で作製した n-Si/CuI 接合の光起電力特性”、電気化学会秋季大会、千葉大学、2005 年 9 月 8-9 日.
168. 今西哲士、村田剛士、松岡達也、中戸義禮、“アルキル終端化した H-Si (111) 面の C-K 吸収端表面 NEXAFS による研究”、第 58 回コロイドおよび界面化学討論会、宇都宮大学、2005 年 9 月 8-10 日.
169. 中西周次、中戸義禮、“非線形化学ダイナミクスによる固体表面上への自己組織化構造形成”第 25 回表面科学会講演大会、大宮ソニックシティ、大宮、2005 年 11 月 17 日.
170. 豊川 雅博、南条 泰弘、大竹 才人、中戸 義禮、“表面修飾 n-Si/金属酸化物複合電極の作製と太陽光水分解”、第 24 回固体・表面光化学討論会、東北大学 多元物質科学研究所、2005 年 11 月 24 日.
171. 大橋 直倫、岡村 知明、中村 龍平、今西 哲士、中戸 義禮、“AFM と in situ PL 法を用いた、rutile-TiO₂ 単結晶表面における光酸素発生反応機構の研究”、第 24 回固体・表面光化学討論会、東北大学 多元物質科学研究所、2005 年 11 月 24 日.
172. 中西周次、“Macroscopically ordered nano-grooves on TiO₂ via photoetching-induced surface instability”、第 16 回日本 MRS 学術シンポジウム、日本大学理工学部駿河台キャンパス、東京、2005 年 12 月 10 日.
173. 今西哲士、大橋直倫、岡村智幸、中戸義禮、“原子レベルで構造規制された TiO₂ 単結晶表面の光電気化学特性”、第 16 回日本 MRS 学術シンポジウム、日本大学、平成 17 年 12 月 11 日.
174. 田中 敏博、今西 哲士、中戸 義禮、“水素終端 Si (111)/水溶液界面における色素分子を含んだ界面活性剤吸着単分子膜の In-situ AFM 観察”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 29 日.
175. 田村 欣章、岡村 知明、大橋 直倫、今西 哲士、中戸 義禮、“光エッチングによるルチル型酸化チタン微粒子表面上のナノ細孔形成と光触媒能の向上”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日.
176. 辻 悦司、岡村知明、大橋 直倫、今西 哲士、中戸義禮、“走査型オージェ電子顕微鏡を用いたルチル TiO₂ における種々の結晶面の仕事関数測定”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日.
177. 森江 美帆、大竹才人、今西 哲士、中戸 義禮、“マグネトロンスパッター法による三酸化タングステン等の金属酸化物の薄膜の作成とその光電気化学特性”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日.
178. 山根 聡、加藤 直諒、今西 哲士、中戸 義禮、“ヒドロシリル化反応を用いてアルキル修飾した Si (111) 表面のアルキル被覆率の M I R -FTIR 観察”、日本化学会第 86

- 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006年3月27日。
179. 中西周次、福島聡史、小川知之、中戸 義禮、“電気化学振動反応系における多重 Hopf 分岐とパターン形成”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 30 日。
 180. 福島聡史、中西周次、小川知之、中戸 義禮、“電気化学振動反応波における多重 Hopf 分岐とパターン形成”、日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学・松山大学、松山、愛媛、2006 年 3 月 27 日。
 181. 劉揚、山崎祥子、出原卓、“ケイ素(111)表面の修飾と官能基変換反応”、日本化学会第 86 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日。
 182. 森川智史、山崎祥子、古崎祥揮、天野直也、善家和美、垣内喜代三、“亜鉛・インジウムによって促進されるエテントリカルボン酸誘導体とプロパルギルアミンの共役付加-環化反応によるメチレンピロリジン合成”、日本化学会第 86 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日。
 183. 山崎祥子、山本昌智子、大光加奈恵、“エテントリカルボン酸誘導体のアミン共役付加反応”、日本化学会第 86 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日。
 184. 山崎祥子、岩田ゆう子、“エテントリカルボン酸エステルの触媒的エナンチオ選択的フリーデルクラフツ/マイケル付加反応”、日本化学会第 86 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 28 日。
 185. 山田そよか、西野純一、野坂芳雄、“チタニアナノシートで修飾した可視光応答型 CdS 電極の作製”、電気化学会第 72 回大会、熊本、2005 年 4 月 1 日。
 186. T. H. Trung, A. Y. Nosaka, Y. Nosaka, “Photocatalytic decomposition of amino acid mixtures by calcined TiO₂ in aqueous suspension”, 電気化学会第 72 回大会、熊本、2005 年 4 月 1 日。
 187. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka, “Effect of the flow rate to the methylene blue decolorization in photocatalytic microreactor”, 電気化学会第 72 回大会、熊本、2005 年 4 月 3 日。
 188. 笠原文聡、村上能規、野坂芳雄、“硫黄ドープ型光触媒薄膜電極の可視光応答機構”、電気化学会秋季年会、千葉、2005 年 9 月 8 日。
 189. 大橋 理人、鷹林 将、真島 和志、中戸 義禮、“Pt ナノ粒子担持・アルキル終端 n-Si 電極(I) ~ 官能基を有するアルキル鎖で修飾された n-Si 電極の光電変換特性 ~”、電気化学会第 72 回大会、熊本大学、熊本、2005 年 4 月 1 日。
 190. 島 明日香、大橋 理人、真島 和志、“異核直線状 Mo₂Ir₂ 四核錯体の合成と酸化的付加反応”、第 55 回錯体討論会、朱鷺メッセ、新潟、2005 年 9 月 21 日。
 191. 宮林 孝行、大橋 理人、山縣 恒明、真島 和志、“配位子置換による電子密度制御を指向した異核直線状三核錯体の合成と反応性”、第 55 回錯体討論会、朱鷺メッセ、新潟、2005 年 9 月 21 日。
 192. 大橋 理人、真島 和志、“直線状三座 PNO 配位子を有する一次元多核錯体の合成と反応性”、第 55 回錯体討論会、朱鷺メッセ、新潟、2005 年 9 月 22 日。
 193. 島 明日香、大橋 理人、山縣 恒明、真島 和志、“Mo-Ir 結合を有する Mo₂Ir₂ 直線状四核錯体の合成と分子構造”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 28 日。
 194. 柳生 明浩、大橋 理人、真島 和志、“架橋カルボキシラート白金四核クラスターの合成とその集積化”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 30 日。
 195. 八重真治、“無電解プロセスによる金属微粒子修飾ポーラスシリコンの作製 - 多結晶 n-Si の光反射防止と湿式太陽電池 -”、第 41 回マテリアルズ・テーラリング研究会、(財)加藤科学振興会軽井沢研修所、佐久郡軽井沢町、長野、2005 年 7 月 29 日。

196. 小林 努、宮廻秀彰、川岸辰則、福室直樹、八重真治、松田 均、“金属微粒子援用 HF エッチングにより形成されるポーラス n-Si の構造制御—多結晶 Si の光反射防止と湿式太陽電池特性—”、2005 年電気化学秋季大会、千葉大学工学部、千葉、千葉、2005 年 9 月 9 日。
197. 西山 甚、福室直樹、八重真治、松田 均、“無電解析出法によるコバルト-メタロイド合金膜の微細組織”、日本金属学会 2005 年秋期（第 137 回）大会、広島大学東広島キャンパス、東広島、広島、2005 年 9 月 28 日。
198. 奈須紀明、八木崇晃、福室直樹、八重真治、松田 均、“n-Si 上へのナノ金属粒子の置換析出”、表面技術協会第 112 回講演大会、石川県地場産業振興センター、金沢、石川、2005 年 10 月 6 日。
199. 八重真治、小林 努、宮廻秀彰、福室直樹、松田 均、“湿式プロセスによる太陽電池用多結晶シリコンの反射防止”、第 7 回関西表面技術フォーラム、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、草津、滋賀、2005 年 12 月 6 日。
200. 森本賢周、福室直樹、八重真治、松田 均、“Co-B 系合金めっき膜中の水素の挙動”、日本金属学会 2006 年春期（第 138 回）大会、早稲田大学大久保キャンパス、新宿、東京、2006 年 3 月 21 日。
201. 重田浩平、福室直樹、八重真治、松田 均、“Co-P 系合金めっき膜中の水素の挙動”、日本金属学会 2006 年春期（第 138 回）大会、早稲田大学大久保キャンパス、新宿、東京、2006 年 3 月 21 日。
202. 杉浦 隆、甲村 健、箕浦 秀樹、“過渡光電流応答測定による Cr-Sb 共ドーブ可視光応答酸化チタン電極の特性評価”、電気化学会第 72 回大会、熊本大学工学部、熊本市、2005 年 4 月 1 日。
203. 西村要介、甲村 健、杉浦 隆、箕浦秀樹、“RuO₂ 修飾した Cr-Sb 共ドーブ可視光応答化 TiO₂ 電極の光電気化学特性評価”、2005 年電気化学秋季大会、千葉大学、千葉、2005 年 9 月 8 日。
204. 杉浦 隆、“Si/MO_x 複合電極による太陽光水分解の試み”、第六回ユニバーサルソーラーセル研究会・2005 東海地区ヤングエレクトロケミスト研究会、ぱ・る・るプラザ岐阜、岐阜、2005 年 9 月 16 日。
205. 加藤三博、杉浦 隆、箕浦秀樹、“酸化チタン薄膜電極のフォトエッチング処理と超親水性の評価”、第 36 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、静岡県コンベンションアーツセンター・グランシップ、静岡、2005 年 9 月 24 日。
206. 星屋さくら、杉浦 隆、箕浦 秀樹、“ペースト法により作製した WO₃ 電極の光電気化学特性評価”、第 36 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、静岡県コンベンションアーツセンター・グランシップ、2005 年 9 月 24 日。
207. 沈振華、江口元崇、小川俊輔、後藤民浩、佐藤一夫、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“ $\mu\text{c-Si:H}$ 薄膜太陽電池の Conductive-AFM を用いたナノスケール I-V 特性評価”、2005 年(平成 17 年)秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、徳島、徳島、2005 年 9 月 10 日。
208. 小川俊輔、二村彰、夏原大宗、岡部真明、高井雄大、川崎隆裕、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“Hot-wire CVD 法による n 型微結晶 3C-SiC:H 薄膜の太陽電池への応用”、2005 年(平成 17 年)秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、徳島、徳島、2005 年 9 月 10 日。
209. 吉田憲充、“Hot-wire CVD 法によるシリコン系薄膜太陽電池の開発”、第 6 回先端太陽電池の応用技術に関する研究会、桜華会館、名古屋、愛知、2005 年 9 月 22 日。
210. 高御堂康彦、渡部貴文、飯田民夫、吉田憲充、野々村修一、“Hot-Wire CVD 法によるシリコン系薄膜太陽電池用 TiO₂ 薄膜の作製”、2006 年(平成 18 年)春季第 53 回応用物理学関連連合講演会、武蔵工業大学、世田谷、東京、2006 年 3 月 23 日。
211. 劉玥伶、成田比呂晃、高橋昌男、岩佐仁雄、寺川澄雄、小林 光、“シアノ錯イオン形成による Si デバイス表面からの重金属汚染の除去”、第 66 回応用物理学会学術講演会

- 演会、徳島大学、徳島、徳島、2005 年 9 月 7 日.
212. 高橋昌男、劉珣伶、成田比呂晃、小林 光、“シアン化物イオンによる Si 表面の金属脱離”、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学、京田辺市、京都、2005 年 9 月 22 日.
 213. 中戸義禮、“高効率・低コストの太陽エネルギー化学変換に向けた新しいアプローチ”、第 3 回太陽エネルギー化学研究センターシンポジウム、大阪大学、2005 年 2 月 8 日.
 214. 中西周次、“双安定系での顕微分光による非線形協同化学反応の機構解明”、文部科学省科学研究費補助金「特定領域研究」分子系の極微構造反応の計測とダイナミクス・第 4 回公開シンポジウム、ハーネル仙台、仙台、宮城、2006 年 1 月 27 日.
 215. 福島聡史、中西周次、小川知之、中戸義禮、“電気化学系における時空間反応パターンとその分岐解析”、非線形テクノサイエンス講演会、千里ライフサイエンスセンター、豊中、大阪、2006 年 3 月 9 日.
 216. 野坂芳雄、“光触媒反応の測定と評価技術について”、光触媒技術活用研究会、第 5 回研究会セミナー、大阪商工会議所、2006 年 1 月 31 日.
 217. 松田 均、“ナノテクノロジーとしての「めっき」”、姫路労働基準協会 平成 17 年度姫路地区安全衛生大会 特別講演、兵庫県立姫路労働会館、姫路、兵庫、2005 年 11 月 28 日.
(H18 年度)
 218. 深見一弘、山崎はるか、中西周次、中戸義禮、“格子形成を伴うスズの振動電析反応下において基盤表面に生じる針状結晶の配向成長”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 1 日.
 219. 松岡達也、今西哲士、中戸義禮、“異なるステップ構造をもつ H-Si(111)表面上のアルキル終端化反応機構の研究”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 3 日.
 220. 加藤直諒、豊川雅博、今西哲士、杉浦隆、中戸義禮、“表面修飾 n-Si(111)を用いた n-Si/Mox 複合電極の光電流-電位特性”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 1 日.
 221. 園田憲太郎、深見一弘、中西周次、中戸義禮、“液-液および気-液界面における 2 次元金属結晶成長と電気化学振動”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 1 日.
 222. 小島慎司、今西哲士、杉浦隆、中戸義禮、“n-Si/P-CuI/ITO/WO3 複合電極による太陽光水分解”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 1 日.
 223. 杉浦 隆、西村 要介、野々村 修一、吉田 憲充、中戸 義禮、箕浦 秀樹、“Si/TiO2 複合電極の光電気化学特性”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、3I28、2006 年 4 月 3 日.
 224. 八重真治、小林 努、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、中戸義禮、福室直樹、松田 均、“金属ナノ粒子を修飾した微結晶シリコン薄膜電極を用いる光-化学エネルギー変換”、電気化学会第 73 回大会、首都大学東京南大沢キャンパス、2006 年 4 月 3 日.
 225. 大橋 理人、真島 和志、中戸 義禮、“アルキニル終端化 n-Si 電極の合成とその光電変換特性”、電気化学会 第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 3 日.
 226. Yu Yang, Yoshio Nosaka, Yoshinori Murakami, Atsuko Y. Nosaka, “Photocatalytic O₂ evolution under visible light irradiation on BiCu₂Mo₆ (M= V⁵⁺ and P⁵⁺) in aqueous AgNO₃ solution”, 電気化学会第 73 回大会、首都大学東京、2006 年 4 月 3 日.
 227. 中西周次、伊原大介、長井智幸、福島聡史、中戸義禮、“電極表面上の興奮性自己組織化膜”、コロイドおよび界面化学討論会、北海道大学、2006 年 9 月 13 日.
 228. 福島聡史、中西周次、小川知之、中戸義禮、“電気化学振動現象における時空間反応パターンのヒステリシス”、日本物理学会 2006 年秋季大会、千葉大学西千葉キャン

- ンパス、2006 年 9 月 25 日.
229. 山根聡、松岡達也、山崎祥子、今西哲士、中戸義禮、“カルボニル末端をもつ有機分子で修飾した H-Si(111) 表面の MIR-FTIR による観察”、コロイドおよび界面化学討論会、北海道大学、2006 年 9 月 13 日.
 230. 松岡達也、今西哲士、中戸義禮、“H-Si(111) 微傾斜面におけるアルキル分子吸着状態への step サイトの影響”、コロイドおよび界面化学討論会、北海道大学、2006 年 9 月 13 日.
 231. 長井智幸、中西周次、中戸義禮、“水溶液中の Pt(111) 電極においた油滴接触角の電位依存性”、第 59 回コロイドおよび界面化学討論会、北海道大学、2006 年 9 月 13 日.
 232. 辻 悦司、今西哲士、中戸義禮、“アモルファス金属酸化物を用いた光電気化学特性の研究”、電気化学会 2006 秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス、2006 年 9 月 14 日.
 233. 小島慎司、加藤直諒、今西哲士、杉浦隆、中戸義禮、“n-Si を含む複合電極の作製と光電流特性”、電気化学会 2006 秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス、2006 年 9 月 14 日.
 234. 深見一弘、園田憲太郎、中西周次、中戸義禮、“気液界面での振動電析反応による 2 次元周期微細構造の自己組織化形成”、電気化学会 2006 秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス、2006 年 9 月 14 日.
 235. Haimei Liu、今西哲士、中戸義禮、“Promoted Oxygen Photoevolution Activity of a Novel Visible-Light-Driven Photocatalyst, BiZn₂VO₆, by Chemical Etching”、電気化学会 2006 秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス、2006 年 9 月 14 日.
 236. 福島聡史、中西周次、小川知之、中戸義禮、“H₂O₂-Pt 電極”電気化学振動系における階層性時空間反応パターンの発現”、電気化学会 2006 秋季大会、同志社大学京田辺キャンパス、2006 年 9 月 15 日.
 237. 村上能規、五十嵐 学、笠原文聡、野坂芳雄、“レーザーアブレーションを利用した BiVO₄ 薄膜作成とその性能評価”、光化学討論会、仙台、2006 年 9 月 10 日.
 238. 末竹純也、渡部太朗、野坂篤子、野坂芳雄;²³Na-NMR によるチタネートナノチューブ光触媒中の Na 状態の解析、電気化学会秋季年会、京田辺、2006 年 9 月 14 日.
 239. 福室直樹、八重真治、松田均、“電気化学的成膜法により構造制御した Co-P 合金膜の磁気特性”、第 30 回日本応用磁気学会学術講演会、島根大学松江キャンパス（松江市）、2006 年 9 月 11 日.
 240. 阿部真、川岸辰則、鈴木健太郎、福室直樹、八重真治、松田均、“金属微粒子援用 HF エッチングによるシリコンの多孔質化—暗所における細孔形成の機構—”、2006 年電気化学秋季大会、同志社大学工学部、2006 年 9 月 15 日.
 241. 重田浩平、福室直樹、八重真治、松田 均、“Co 系めっき膜の結晶成長に及ぼす作製条件の影響”、社団法人日本金属学会 2006 年秋期（第 139 回）大会、新潟大学五十嵐キャンパス（新潟市）、2006 年 9 月 18 日.
 242. 星屋さくら、杉浦 隆、野々村修一、吉田憲充、中戸義禮、箕浦秀樹、“WO₃/Si 複合電極による太陽光水分解の試み”、2006 年電気化学秋季大会、同志社大学工学部、2006 年 9 月 14 日.
 243. 成田比呂晃、劉玥伶、高橋昌男、小林光、“欠陥消滅型半導体洗浄液による bare Si 上の Cu 汚染の除去、シアン化物イオンによる Si 表面の金属離”、第 67 回応用物理学会学術講演会、立命館大学、草津、2006 年 8 月 29 日.
 244. 飯田民夫、高御堂康彦、国井貴雄、山本芳樹、増田俊郎、鯉江亮輔、小川俊輔、水野功一、成田知岐、吉田憲充、野々村修一、“Hot Wire CVD 法による Si 系薄膜太陽電池の透明電極保護膜用 TiO₂ 薄膜の作製”、第 67 回応用物理学会学術講演会、立命館大学、草津、2006 年 8 月 30 日.
 245. 小川俊輔、岡部真明、飯田民夫、水野功一、成田知岐、池田雄亮、伊藤貴司、吉

- 田憲充、野々村修一、“n 型微結晶 3C-SiC:H 薄膜のシリコン薄膜太陽電池への応用”、第 67 回応用物理学会学術講演会、立命館大学、草津、2006 年 8 月 30 日。
246. 柳生明浩、大橋理人、真島和志、“架橋アセテート白金四核クラスターの選択的二置換体の合成とその集積化”、第 56 回錯体化学討論会、広島大学、2006 年 9 月 16 日。
247. 加藤直諒、今西哲士、吉田憲充、杉浦隆、中戸義禮、“Si を用いた複合電極による高効率な太陽光水分解”、産業技術総合研究所、固体・表面光化学討論会、2006 年 11 月 22 日。
248. 岡村知明、今西哲士、中戸義禮、“表面構造規定された TiO_2 -rutile 単結晶面上での光酸素発生反応機構の *in situ* PL 法を用いた研究”、産業技術総合研究所、固体・表面光化学討論会、2006 年 11 月 22 日。
249. 今西哲士、松岡達也、中戸義禮、“アルキル終端化した Si (111) 面の表面吸着状態および光電気化学特性の研究”、日本大学、第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム、2006 年 12 月 9 日。
250. 奈須紀明、松田貴士、福室直樹、八重真治、松田 均、“シリコン上に無電解置換析出する金属微粒子の成長過程”、北海道大学、(社) 表面技術協会 第 114 回講演大会、2006 年 10 月 13 日。
251. 福室直樹、伊藤 潔、格内 敏、八重真治、松田 均、“TV ホログラフィーと TEM を用いた無電解めっき膜のナノレベル解析”、第 20 回ナノプレーティング研究会例会、慶應義塾大学、2006 年 12 月 6 日。
252. 鈴木健太郎、阿部 真、福室直樹、八重真治、松田 均、“金属微粒子担持多孔質化シリコン電極を用いる湿式太陽電池の高効率化”、第 8 回関西表面技術フォーラム、近畿大学、2006 年 12 月 8 日。
253. 八重真治、阿部 真、川岸辰則、鈴木健太郎、福室直樹、松田 均、“白金、銀またはパラジウム微粒子を用いる金属微粒子援用 HF エッチングにより形成された多孔質シリコン の構造”、17th 日本 MRS 学術シンポジウム、日本大学理工学部、2006 年 12 月 9 日。
254. Mohammad Madani、劉玥伶、任星淳、高橋昌男、小林光、“Control of SiC surfaces by the annealing in a hydrogen gas and the immersion in solutions of HCN”、第 26 回表面科学講演大会、大阪大学、吹田、2006 年 11 月 7 日。
255. 劉玥伶、成田比呂晃、高橋昌男、小林光、“シアン化物含有溶液による SiO_2 薄膜上の極微量吸着 Ni の除去”、第 25 回吸着分子セミナー／第 7 回表面エレクトロニクス研究会、ラフォーレ琵琶湖、守山、2006 年 12 月 8 日。
256. 味岡敏也、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“ Li_3N を用いた酸化チタンの窒化による可視光応答光触媒の作製”、第 37 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、愛知工業大学、2006 年 11 月 13 日。
257. 林 誠、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“ Ta_2O_5 と Li_3N との反応による窒化タンタルの合成”、第 37 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、愛知工業大学、2006 年 11 月 13 日。
258. 津野修司、杉浦 隆、野々村修一、吉田憲充、中戸義禮、箕浦秀樹、“Si/ TiO_2 複合電極を用いた水の光分解の試み”、第 37 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、愛知工業大学、2006 年 11 月 13 日。
259. 杉浦 隆、箕浦 秀樹、“フォトエッチングによるナノポーラス酸化チタン薄膜の作製と光誘起親水特性の評価”、第 37 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、愛知工業大学、2006 年 11 月 13 日。
260. 今西哲士、岡村知明、中戸義禮、“ TiO_2 単結晶面上での光酸素発生反応の表面結晶構造および step 構造による影響”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 31 日。
261. 伊原大介、長井智幸、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動反応に誘起された油

- 滴の自発運動”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 25 日。
262. 中西周次、深見一弘、中戸義禮、“振動電析反応により形成された Au 薄膜上での表面増強ラマン散乱ホットスポットの明滅”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 25 日。
 263. 山根聡、小島慎司、加藤直諒、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、今西哲士、中戸義禮、“Si/GaP 複合電極を用いた高効率太陽光水分解の研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 26 日。
 264. 辻悦司、今西哲士、中戸義禮、“アモルファス酸化チタンを用いた光電気化学特性の研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 26 日。
 265. 市川雅章、今西哲士、中戸義禮、“H-Si(111)表面上における有機分子の複合パターンニング修飾の研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 25 日。
 266. 長井智幸、中西周次、中戸義禮、“Pt(111)電極表面での水分子・硫酸アニオン共吸着構造形成に伴う油滴接触角変化”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 29 日。
 267. 山根聡、小島慎司、加藤直諒、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、今西哲士、中戸義禮、“タンデム型 Si/GaP 電極の作成と太陽光水分解”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 30 日。
 268. 辻悦司、今西哲士、中戸義禮、“水溶液中におけるアモルファス TiO₂ 薄膜の光電気化学特性およびアニールによる光電流増加”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 31 日。
 269. 阿部 真、川岸辰則、鈴木健太郎、福室直樹、八重真治、松田 均、“シリコンの金属微粒子援用 HF エッチング—Pd 担持 n-Si の場合—”、(社)表面技術協会 第 115 回講演大会、芝浦工業大学、2007 年 3 月 7 日。
 270. 鈴木健太郎、阿部 真、福室直樹、八重真治、中戸義禮、松田 均、“n-Si 電極を長波長側に用いた二段階励起による太陽光水分解の試み”、(社)電気化学会第 74 回大会、東京理科大学野田キャンパス、2007 年 3 月 31 日。
 271. 山本 芳樹、後藤 民浩、沈 振華、小川 俊輔、吉田 憲充、野々村 修一、“近接場光学顕微鏡による Si 系薄膜太陽電池のナノスケール接合評価”、2007 年(平成 19 年)春季第 54 回応用物理学関連連合講演会、青山学院大学(相模原キャンパス)、2007 年 3 月 28 日。
 272. 飯田民夫、高御堂康彦、國井貴雄、増田俊郎、鯉江亮輔、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、“Hot wire CVD 法による TiO₂ 薄膜の作製”、2007 年(平成 19 年)春季第 54 回応用物理学関連連合講演会、青山学院大学(相模原キャンパス)、2007 年 3 月 29 日。
 273. 成田知岐、成瀬恒平、小川俊輔、飯田民夫、水野功一、吉田憲充、野々村修一、“Catalytic Chemical Sputtering によるゲルマニウム薄膜の製膜”、2007 年(平成 19 年)春季第 54 回応用物理学関連連合講演会、青山学院大学(相模原キャンパス)、2007 年 3 月 29 日。
 274. 小川俊輔、飯田民夫、飛田真宏、池田雄亮、成田知岐、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“電子ビーム蒸着法によるニオブドープ酸化チタン薄膜の作製”、2007 年(平成 19 年)春季第 54 回応用物理学関連連合講演会、青山学院大学(相模原キャンパス)、2007 年 3 月 30 日。
 275. 森川智史、山崎祥子、垣内喜代三、“亜鉛ルイス酸触媒によるエテントリカルボン酸誘導体とプロパルギルアルコール類の共役付加—環化反応における立体選択性”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 25 日。
 276. 高橋昌男、成田比呂晃、劉珣伶、小林光、“欠陥消滅型半導体洗浄液による bare Si 上の Cu 汚染の除去 (2) 表面形態制御”、2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会、青山学院大学、相模原、2007 年 3 月 28 日。
 277. 三好裕也、藤原有希子、玉井尚登、Vasudevan P. Biju、石川満、“低温合成した CdSe 量子ドットの光物性に関する研究”、分子構造総合討論会、静岡県コンベンショ

- ンアーツセンター、2006 年 9 月 23 日.
278. A. Mandal, J. Nakayama, N. Tamai, “Optical and Dynamic Properties of Water-soluble CdTe Quantum Dots”, 分子構造総合討論会, 静岡県コンベンションアーツセンター, 2006 年 9 月 23 日.
 279. 西井洸人、水本幸太郎、玉井尚登、“銀ナノ構造体の励起状態ダイナミクスに関する研究”、光化学討論会、東北大学、2006 年 9 月 11 日.
 280. Li Wang, Naoto Tamai, Yuxiang Weng, Hui Zhao, “Carrier Dynamics of TiO₂ Nanotubes and Single Crystals by Femtosecond Transient Absorption Spectroscopy”, 光化学討論会, 東北大学、2006 年 9 月 12 日.
 281. Lingyun Pan, Naoto Tamai, “Luminescence Spectroscopy and Dynamics of Spontaneously Organized CdTe Nanowires observed by SPM”, 光化学討論会, 東北大学、2006 年 9 月 12 日.
 282. 三好裕也、Vasudevan P. Biju、石川満、玉井尚登、“CdSe 量子ロッドの時間分解分光に関する研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 26 日.
 283. Abhijit Mandal、玉井尚登、“水溶性 CdTe 量子ドットの光学的性質に関する研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 26 日.
 284. 玉井尚登、水本幸太郎、奥城慎太郎、金子忠昭、“化合物半導体 SiC の光物性：時間分解レーザー分光による研究”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 27 日.
 285. 王莉、中戸義禮、翁羽翔、趙慧、玉井尚登、“TiO₂ ナノチューブのキャリアダイナミクス”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 27 日.
 286. 野坂芳雄・遠藤健史・太田育樹・村上能規、“酸化チタン光触媒から発生する OH ラジカルのレーザー誘起蛍光検出”、第 25 回固体・表面光化学討論会、講演要旨集、52-53、産業技術総合研究所、つくば市、平成 18 年 11 月 22 日.
 287. 太田育樹、遠藤健史、村上能規、野坂芳雄、“レーザー誘起蛍光法による酸化チタン光触媒から生成する OH ラジカルの検出”、日本化学会第 87 春季年会、3Q1-12、関西大学、平成 19 年 3 月 27 日.
 288. 村上能規、橋爪正晴、五十嵐学、野坂芳雄、“ビスマス系粉末光触媒のレーザーアブレーション法による微細化とその光電流特性”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 28 日.
 289. 杉浦 隆、星屋さくら、野々村修一、吉田憲充、中戸義禮、箕浦秀樹、“WO₃/Si 複合電極を用いた二段階励起による水の光分解”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 31 日.
- (H19 年度)
290. 成田知岐、成瀬恒平、鈴木幾己、飯田民夫、小川俊輔、吉田憲充、磯村雅夫、野々村修一、“Hot-wire を用いた化学輸送成長による Ge 薄膜の作成”、第 4 回 Cat-CVD 研究会、北九州市立男女共同参画センター「ムーブ」、2007 年 6 月 29 日.
 291. 清水靖子、川井一馬、本田 孝、横井彰敏、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、“共振型光熱ベンディング分光法によるワイドギャップ a-Si:H 薄膜の光吸収スペクトル測定”、2007 年(平成 19 年)秋季第 68 回応用物理学会学術講演会、北海道工業大学、2007 年 9 月 4 日.
 292. 鯉江亮輔、飯田民夫、増田俊郎、上野紘幸、田中陽祐、久世宏志、成田知岐、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、“Hot wire CVD 法による薄膜太陽電池用透明電極保護膜としての TiO₂ 薄膜の作製”、2007 年(平成 19 年)秋季第 68 回応用物理学会学術講演会、北海道工業大学、2007 年 9 月 4 日.
 293. 松田貴士、河井めぐみ、福室直樹、八重真治、松田 均、“n-Si への Pt 無電解置換析出—表面状態の異なる基板上での核発生挙動—”、(社)表面技術協会 第 116 回講演大会、長崎大学 文教キャンパス、9 月 18 日.
 294. 阿部 真、福室直樹、八重真治、松田 均、“金属援用 HF エッチングにおける n-Si

- 上 Pd の溶解・再析出”、2007 年電気化学秋季大会、東京工業大学大岡山キャンパス、9 月 20 日。
295. 小佐々 寛、福室直樹、八重真治、松田 均、深井 有、“電気化学的手法により作製した Co 系めっき膜中における水素の存在状態の検討”、(社)日本金属学会 2007 年秋期講演大会、岐阜大学、9 月 20 日。
 296. 長井智幸、伊原大介、中西周次、中戸義禮、“電析反応に駆動される油滴のベクトル運動”、2007 年電気化学秋季大会、東京工業大学、2007 年 9 月 20 日。
 297. 福島聡史、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動反応でみられる時空間パターンの分岐構造”、2007 年電気化学秋季大会、東京工業大学大岡山キャンパス、2007 年 9 月 20 日。
 298. 辻 悦司、今西 哲士、中戸 義禮、“RF スパッタ法により作製した TiO₂ 薄膜の格子構造評価と光電気化学特性”、2007 年 電気化学秋季大会、東京工業大学大岡山キャンパス、2007 年 9 月 20 日。
 299. 山根聡、今西哲士、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、中戸義禮、“Si/GaP 複合電極の光電流電位特性と高効率太陽光水分解”、2007 年秋季電気化学会、東京工業大学、2007 年 9 月 20 日。
 300. 市川雅章、今西哲士、中戸義禮、“サイト選択的ハロゲン化反応を利用した Si(111) 表面上における有機分子複合パターンニング修飾の研究”、第 60 回コロイドおよび界面化学討論会、信州大学、2007 年 9 月 20 日。
 301. 伊原大介、長井智幸、中西周次、中戸義禮、“電気化学振動反応に誘起された油滴の自発運動”、第 60 回コロイドおよび界面化学討論会、信州大学(松本)、2007 年 9 月 21 日。
 302. 張天声、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“Ga 浴中における酸化ガリウムと窒化リチウムとの反応による GaN の結晶成長”、日本金属学会 2007 年秋期講演大会、岐阜大学、2007 年 9 月 21 日。
 303. 平野隆義、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“ガリウムと窒化リチウムを用いた窒化ガリウムの合成”、日本金属学会 2007 年秋期講演大会、岐阜大学、2007 年 9 月 21 日。
 304. 味岡敏也、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“窒化リチウムと酸化チタンの反応による窒化チタンの合成”、日本金属学会 2007 年秋期講演大会、岐阜大学、2007 年 9 月 21 日。
 305. 林 誠、馬淵 彰、杉浦 隆、箕浦秀樹、“窒化リチウムを窒素源とした窒化タンタルの合成”、日本金属学会 2007 年秋期講演大会、岐阜大学、2007 年 9 月 21 日。
 306. 高橋昌男、劉珣伶、宋戸豪、小林光、“欠陥消滅型半導体洗浄液によるベアシリコン表面制御”、第 68 回応用物理学会学術講演会、北海道工業大学、2007 年 9 月 8 日。
 307. 小林洋一、玉井尚登、“CdTe 量子ドットの時間分解レーザー分光による逆オージェ効果の研究”、東北大学、第 1 回分子科学討論会、2007 年 9 月 18 日。
 308. Abhijit Mandal, 玉井尚登、増尾貞弘、板谷 明、“水溶性 CdTe 量子ドットの光学的性質に関する研究：誘電媒質の効果”、信州大学、光化学討論会、2007 年 9 月 28 日。
 309. 辻悦司 今西哲士 中戸義禮 “アモルファス RuO₂ 電極面上での水分解に関する表面活性の研究” 電気化学会第 75 回大会、山梨大学、2008 年 3 月 30 日。
 310. 中西周次、長井智幸、伊原大介、中戸義禮、“成長結晶表面の大きな表面張力に誘起された液液界面での金属の振動電析反応”、電気化学会第 75 回大会、山梨大学、2008 年 3 月 29 日。
 311. 市川雅章、今西哲士、中戸義禮” H-Si(111) 表面上におけるハロゲン及びアルキル分子の Step Flow 型置換反応メカニズムの研究”、日本化学会第 88 春年会、立教大学、2008 年 3 月 28 日。
 312. 川口和輝、市川雅章、今西哲士 “アルキル終端化した Si(111) 電極の表面化学状態

- と光電流特性の関連性”、日本化学会第88春年会、立教大学、2008年3月28日。
313. 森川智史・山崎祥子・森本積・垣内喜代三、“ルイス酸触媒によるエテントリカルボン酸誘導体を用いるテトラヒドロフラン合成”、第51回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会、滋賀県長浜市、2007年11月11日。
 314. 森川智史・山崎祥子・山本優子・森本積・垣内喜代三、ルイス酸触媒によるエテントリカルボン酸誘導体と置換プロパルギルアミン、アルコール類の付加環化反応、日本化学会第88春季年会、3J1-04、東京、2008年3月28日。
 315. 山崎祥子・岩田ゆう子・角亜紀子、エテントリカルボン酸ジエステルを利用した効率的ヘテロ環合成、日本化学会第88春季年会3J1-41、東京、2008年3月28日。
 316. 八重真治、阿部 真、福室直樹、松田 均、シリコンのパラジウム金属援用HFエッチング、18th 日本MRS 学術シンポジウム、日本大学理工学部、2007年12月8日。
 317. 石本和大、高木将裕、大南恵介、格内 敏、福室直樹、八重真治、松田 均、TVホログラフィーを用いためっき膜応力のin-Situ測定、第9回関西表面技術フォーラム、近畿大学、2007年12月11日。
 318. 河井めぐみ、松田貴士、福室直樹、八重真治、松田 均、ダブルポテンシャルステップ法によるn型シリコン上への貴金属微粒子析出、第9回関西表面技術フォーラム、近畿大学、2007年12月11日。
 319. 大仲亜由美、八重真治、小川俊輔、吉田憲充、野々村修一、中戸義禮、福室直樹、松田 均、微結晶シリコン薄膜電極を用いた二段励起太陽光水分解、第9回関西表面技術フォーラム、近畿大学、2007年12月11日。
 320. 田中裕三、福室直樹、八重真治、松田 均、深井 有、電気化学的手法により作製したNiめっき膜中における水素の存在状態の検討、日本金属学会2008年春期(第142回)講演大会、武蔵工業大学、2008年3月26日。
 321. 中山 彰、福室直樹、八重真治、松田 均、深井 有、電気化学的手法により作製したCoめっき膜中における水素の存在状態の検討、日本金属学会2008年春期(第142回)講演大会、武蔵工業大学、2008年3月26日。
 322. 平野達也、阿部 真、松田貴士、福室直樹、八重真治、松田 均、金属微粒子援用HFエッチングにより作製したシリコン微細孔への無電解金属充填、電気化学会第75回大会、山梨大学、2008年3月31日。
 323. 高橋 昌男、成田 比呂晃、劉 玥伶、岩佐 仁雄、小林 光、“HCN水溶液を用いるbare Si表面上の吸着Cu除去とそのメカニズム”、第27回表面科学講演大会、東京大学、2007年11月1日。
 324. 高橋 昌男、劉 玥伶、宍戸 豪、松本 健俊、小林 光、“シアン化物溶液によるシリコン表面上の吸着金属除去と欠陥準位終端化”、表面・界面スペクトロスコーピー2007、東北大学／ホテルクレセント、2007年12月15日。
 325. 高橋昌男、劉玥伶、成田比呂晃、小林光、“HCN溶液によるシリコン表面上の吸着銅の完全除去と表面形態制御”、日本物理学会第63回年次大会、近畿大学2008年3月24日。
 326. マダニ・モハマド、高橋昌男、岩佐仁雄、小林光、“欠陥消滅型半導体洗浄液とRCA洗浄液による4H-SiC上の金属汚染の完全除去”、応用物理学会第55回学術講演会、日本大学、2008年3月。
 327. 杉浦 隆、津野 修司、野々村 修一、吉田 憲充、中戸義禮、箕浦秀樹(岐阜大、JST-CREST、関西学院大)、“酸化チタン／シリコン複合電極を用いた二段階励起による水の光分解”、電気化学第57回大会、山梨大学工学部、2008年3月31日。
 328. 加藤 篤、杉浦 隆、野々村 修一、吉田 憲充、中戸 義禮、箕浦 秀樹、“タングステン酸の熱処理によるW03膜の作製とW03/Si複合電極を用いた水の光分解”、第38回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、三重大学工学部、2007年11月11日。
 329. 津野修司、杉浦隆、野々村修一、吉田憲充、中戸義禮、箕浦秀樹、“TiO2/Si複合電極を用いた二段階励起による水の光分解”、第26回 固体・表面光化学討論会、大阪

府立大学中百舌鳥キャンパス、2007 年 11 月 26 日（国内口頭）。

国際口頭発表 70件
(H15 年度)

1. R. Nakamura, Y. Ura, A. Imanishi, K. Murakoshi, Y. Nakato, "In Situ FTIR Study of Photocatalytic Reduction of O₂ on Particulate TiO₂ film in Contact with Aqueous Solutions, 203rd Meeting of The Electrochemical Society, Paris, France, 2003.05.01.
2. A. Imanishi, H. Suzuki, K. Murakoshi, Y. Nakato, "Dye sensitized photocurrents at nano-structured TiO₂ single crystals fabricated by photoetching", ICP21 (21st International Conference on Photochemistry), 2003.07.28.
3. R. Nakamura, A. Imanishi, K. Murakoshi, Y. Nakato, "In-situ FTIR Study of UV-illuminated TiO₂ /Aqueous Solution Interfaces", ICP21 (21st International Conference on Photochemistry), Nara-ken New Public Hall, Nara, 2003.07.27.
4. S. Takabayashi, K. Nakato, A. Imanishi, K. Murakoshi, Y. Nakato, "Alkyl-terminated n-Silicon Electrodes with Platinum Nanoparticles for Improvement of Stability of Photoelectrochemical Solar Cells", ICP21 (21st International Conference on Photochemistry), Nara-ken New Public Hall, Nara, 2003.07.27.
5. Z. Zhiquan, Q. Xu, S. Takabayashi, A. Imanishi, K. Mashima, Y. Nakato, "Modulation of the Flat-band Potential and Photovoltage for n-Si Electrodes Modified with Carboxyl and Sulphonic Alkyl-groups", ICP21 (21st International Conference on Photochemistry), Nara-ken New Public Hall, Nara, 2003.07.30.
6. S. -I. Sakai, K. Fukami, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Layer-by-Layer Electrodeposition of Thin Metal Films by Coupling with Nonlinear Electrochemical Oscillations", IUMRS-ICAM 2003 Symposium, Yokohama, 2003.10.11.
7. S. Nakanishi, K. Fukami, T. Tada, Y. Nakato, "Dendritic Electrodeposition of Metals by Coupling with Nonlinear Electrochemical Oscillations", IUMRS-ICAM 2003 Symposium, Yokohama, 2003.10.11.
8. A. Imanishi, "Self Assembled Monolayers on H-terminated Si(111) Surfaces", ICAM2003 (MRS), Yokohama, 2003.10.08-13.
9. R. Nakamura, Y. Ura, T. Tanaka, Y. Nakato, "Formation of Nano-holes in TiO₂ Particles by Photoetching in Sulfuric Acid Solutions", ICAM2003 (MRS), Yokohama, 2003.10.08-13.
10. A. Imanishi, T. Nagai, Y. Nakato, "Formation of well-ordered step structures on Si(111) by NH₄F etching with scratch-induced nano-wires used as a template", ACSIN-7 (7th Int. Conf. on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures), Nara, New Public Hall, 2003.11.16-20.
11. Ryuhei Nakamura, Yoshihiro Nakato, "MOLECULAR MECHANISM OF PHOTOOXIDATION REACTION OF WATER ON TiO₂ FILMS AS STUDIED BY IN SITU FTIR MEASUREMENTS", The Eighth International Conference on TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications (TiO₂-8), Canada, 2003/10/27.
12. S. Takabayashi, Z. Q. Zhang, A. Imanishi, Y. Nakato, "Methyl-Terminated and Platinum Nano-Dotted n-Si(111) Electrodes for Efficient Solar-to-Chemical Conversion", ACSIN-7 (7th Int. Conf. on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures), Nara, New Public Hall, 2003.11.16-20.
13. S. YAE, H. TANAKA, Y. KAWAMOTO, N. FUKUMURO, H. MATSUDA, "Formation of Porous Silicon by Metal Particle Enhanced Chemical Etching in HF Solution", 203rd Meeting of The Electrochemical Society (Paris, France), 2749 (2003.4.30).
14. Y. Sobajima, K. Mori, H. Kamiguchi, N. Yoshida, S. Nonomura, H. Kobayashi, "A change of photoinduced dilation of a-Si:H by cyanide treatment", 20th International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductors (August 25 –29, 2003, Campos do Jordao, SP, Brazil), Mo-B1/4 (2003).
15. T. Itoh, Y. Hasegawa, T. Fujiwara, A. Masuda, S. Nonomura, "Preparation of wide gap and low resistive hetero-structured SiC_x films as wide gap window of solar cells", 20th International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductors (August 25 –29, 2003, Campos do Jordao, SP, Brazil), We-A1/3 (2003).
16. N. Yoshida, K. Takemoto, Y. Yamaguchi, M. Tsukamoto, K. Chikusa, A. Fukuta, T. Itoh, S.

- Nonomura, "Amorphous SiC_x:H films prepared by Cat-CVD method using C₄H₁₀ as a C source gas and its application to window layer for Si thin film solar", 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (26 – 30 January, 2004, Bangkok, Thailand), pp. 453-454 (2004).
17. Takashi Sugiura, Han Jin Ryu, Atsuo Suzuki, Ken Koumura, Hideki Minoura, "Photoelectrochemical Designing of Nano-Porous Structures on TiO₂ Film Electrode", International Union of Materials Research Societies 2003 (IUMRS-ICAM 2003) Symposium B-4, Photonic Nano-material, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, Oct. 8-13 (2003).
 18. Y. Nosaka, H. Natsui, "Possibility of Singlet Oxygen Production in TiO₂ Photocatalysis", 54th Annual Meeting Internl. Soc. Electrochem. (Brazil, Sept, 2003)
 19. A.Y. Nosaka, E. Kojima, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka "Photoinduced changes of adsorbed water on TiO₂ photocatalytic film surfaces as studied by ¹H-NMR spectroscopy", 21st Intern. Conf. Photochem. (July. Nara) (2003).
 20. Y. Nosaka, "Spectroscopic Investigation of TiO₂ Photocatalytic Reactions2, Singapore Intern. Conf. Chem, 3, Frontiers in Physical and Analytical Chemistry, O-105, (Singapore, Dec. 2003).
 21. Y. Nosaka, S. Komori, "Mechanistic Investigation of TiO₂ Photocatalysis by Spin Probing Method", 203rd Electrochem Soc. Meeting, (Paris, May) Book of Abst. 2733 (2003).
- (H16 年度)
22. Y. Nakato, S. Takabayashi, A. Imanishi, "Efficient solar to chemical conversion with a methylated and metal nano-dotted n-Si electrode", 15th international conference on photochemical conversion and storage of solar energy, France, 5 July, 2004.
 23. Shuji Nakanishi, Kazuhiro Fukami, Toshio Tada, Yoshihiro Nakato, "Electrochemical Oscillations during Metal Electrodeposition Accompanied with Dendritic Deposits", International Society of Electrochemistry, 55rd Annual Meeting, Greece, 19 September, 2004.
 24. Shuji Nakanishi, Kazuhiro Fukami, Toshio Tada, Yoshihiro Nakato, "Metal Latticeworks formed by oscillation-coupled electrodeposition" 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 3-8, 2004.
 25. Akihito Imanishi, Takeshi Hayashi, Yoshihiro Nakato, "Control of the Formation Dynamics of Nano-Clusters of Iodine Compounds on an H-Terminated Si(111) Surface in a Concentrated HI Solution" 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 3-8, 2004.
 26. Akihito Imanishi, Tomoyuki Nagai, Yoshihiro Nakato, "Scratch-induced nano-wires as a template for formation of well-ordered step structures on Si(111) surfaces", 55th annual meeting of the International Society of Electrochemistry, Thessaloniki, Greece, September 21, 2004.
 27. Ryuhei Nakamura, Yuki Ura, Naomichi Ohashi, Akihito Imanishi, Takeo Osawa, Yuji Matsumoto, Hideomi Koinuma, Yoshihiro Nakato, "Surface Asymmetrization of Nano-sized TiO₂ Photocatalysts as Novel Activation Strategy", The Ninth International Conference on TiO₂ Photocatalysis, San Diego, California, USA, October 18, 2004.
 28. S. Yae, T. Kobayashi, K. Matsumoto, H. Tanaka, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Electroless Formation of Fine Metal Particles and Porous Layer on Multicrystalline Silicon for Efficient Photoelectrochemical Solar Cells", 15th international conference on photochemical conversion and storage of solar energy, France, 5 July, 2004.
 29. S. Yae, K. Matsumoto, N. Nasu, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Nucleation Behavior at Electroless Displacement Deposition of Metals on Silicon from HF Solutions," 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii (USA), October, 5, 2004.
 30. S. Yae, T. Kobayashi, T. Kawagishi, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Structural Change in Porous Si by Photoillumination During Metal Particle Enhanced Etching", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii (USA), October, 7, 2004.
 31. S. Yae, K. Ito, T. Hamada, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Electroless Deposition of Bright/Black Pure Nickel Films from Simple Solution Consists of Nickel Acetate and Hydrazine", 2004 SUR/FIN Conference and INTERFINISH2004, Navy Pier, Chicago IL USA, June 28, 2004.
 32. Y. Uraoka, H. Yano, T. Hatayama, T. Fuyuki, H. Watakabe, T. Sameshima, "Improvement of reliability by Water Vapor Annealing in Low-Temperature Poly-Si Thin Film Transistors", AMLCD04, Tokyo, 26 August, 2004.
 33. Y. Uraoka, K. Kitajima, H. Yano, T. Hatayama, T. Fuyuki, S. Hashimoto, Y. Morita,

- “Degradation of Low Temperature Poly-Si TFT by Joule Heating”, AMLCD04, Tokyo, 27 August, 2004.
34. K. Kitajima, Y. Uraoka, H. Yano, T. Hatayama, T. Fuyuki, S. Hashimoto, Y. Morita, “Thermal Degradation of Low Temperature Poly-Si TFT”, POLYSE04, Germany, 7 September, 2004.
 35. Takashi Sugiura, Atsuo Suzuki, Hideki Minoura, “Photoelectrochemical Preparation of Nano-Porous Structure on Thermally-Oxidized TiO₂ film”, 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 5, 2004.
 36. Atsuko Y. Nosaka, Yoshio Nosaka, “Behavior of adsorbed water of TiO₂ Photocatalysts on thermal treatments”, 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 4, 2004.
 37. J. Nishino, Y. Miyagishima, Y. Nosaka, “Preparation of netted silver metal from fine copper particle in silver nitrate aqueous solution”, 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 5, 2004
- (H17 年度)
38. K. Fukami, S. Nakanishi, H. Yamasaki, Y. Nakato, “Three-dimensional periodic microstructures formed by oscillatory electrodeposition”, 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, Sep. 26th, 2005.
 39. A. Imanishi, M. Suzuki, Y. Nakato, “Self Assembled Monolayers of Surfactant on H-Terminated Si(111) Surfaces Studied by In-Situ AFM”, 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, 26-30 September 2005.
 40. S. Nakanishi, Y. Nakato, “Formation of Layered Nanostructure by Self-organization in Oscillatory Electrodeposition”, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Saitama, Japan, November, 2005.
 41. A. Imanishi, R. Omoda, M. Suzuki, Y. Nakato, “SAM of Surfactant on H-Terminated Si(111) Surfaces in Aqueous Solutions Studied by In-situ Measurements”, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Omiya Sonic City, November 14-17, 2005 Omiya, Saitama, Japan.
 42. K. Fukami, S. Nakanishi, H. Yamasaki, Y. Nakato, “Formation of Three – Dimensional Microstructures by Oscillatory Electrodeposition”, Pacifichem2005 (The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), Honolulu, USA, December, 2005.
 43. T. Nagai, S. Sakai, S. Nakanishi, Y. Nakato, “Structural Control of Macroscopically Uniform Nano-multilayer of CuSn Alloy Produced by Oscillatory Electrodeposition”, Pacifichem2005 (The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), Honolulu, USA, December, 2005.
 44. A. Imanishi, M. Suzuki, Y. Nakato, “Adsorption of Surfactants on Hydrogen-Terminated Si(111) Surfaces Studied by In-situ Atomic Force Microscopy”, Pacifichem2005 (The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), Honolulu, USA, December, 2005.
 45. Y. Nosaka, T. Daimon, T. H. Trung, A. Y. Nosaka, “Importance of Surface Adsorption In The Reaction Mechanism of TiO₂ Photocatalytic Reactions”, 11th Asian Chemical Congress 156, Seoul, 27, Aug. 2005.
 46. H. Tsurugi, T. Yasumoto, K. Mashima, “Synthesis and Reactivity of Cationic Group 4 Metal Complexes bearing Iminopyrrole-based Ligands”, 12th International Conference on Boron Chemistry (IMEBORON-XII), Sendai, Japan, Sept. 11-15 2005.
 47. K. Mashima, H. Tsurugi, “Preparation and reactions of tantalum and tungsten homoenolate complexes”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 48. K. Mashima, H. Tsurugi, “Synthesis of group 4 metal benzyl complexes bearing iminopyrrolyl ligand as catalyst precursors for 1-hexene polymerization”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 49. S. Yae, T. Kobayashi, T. Kawagishi, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Antireflective porous layer formation on multicrystalline silicon by metal particle enhanced HF etching”, Solar Renewable Energy News (SREN) 2005 International Conference, Firenze, Italy, 5 April, 2005.
 50. T. Sugiura, K. Koumura, H. Minoura, "Photoelectrochemical Study of Visible - Light Sensitive Cr-Sb Doped TiO₂ Electrode and its Surface Treatment", The 4th Joint Symposium between

Gifu University and Chonnam National University, College of Eng., Chonnam National Univ., Kwangju, Korea, 2 May, 2005.

51. Z. Shen, M. Eguchi, S. Ogawa, T. Gotoh, K. Sato, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, "Nano-scale I-V characterization of $\mu\text{c-Si:H}$ solar cell by conductive atomic force microscope", 15th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Shanghai, China, 13 October 2005.
52. M. Takahashi, S.-S. Im, H. Kobayashi, "Electrochemical formation of silicon oxynitride layers at room temperature", RIVA V - 5th Iberian Vacuum Meeting, Guimarães, Portugal, September 19, 2005.
53. M. Takahashi, Y.-L. Liu, H. Narita, H. Kobayashi, "A new semiconductor cleaning method by the use of defect passivation etchless cleaning solutions", 208th Meeting of The Electrochemical Society, Los Angeles, California, U.S.A., October 17, 2005.

(H18 年度)

54. H. Liu, Y. Nakato, "A Novel Series of Mixed Metal Oxide Photocatalysts for Water Photooxidation under Visible Light Illumination", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry 2006, Kyoto, Japan, April 2-7, 2006.
55. Y. Nakato, N. Kato, A. Imanishi, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, "SOLAR WATER SPLITTING WITH A COMPOSITE Si/WO_3 ELECTRODE", 16th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy, Uppsala, Sweden, July 2-7, 2006.
56. S. Yae, N. Nasu, T. Matsuda, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Electroless Displacement Deposition of Metals onto n-Type Silicon Surface", Cancun, Mexico, 210th ECS Meeting, October 31, 2006.
57. T. Iida, Y. Takamido, T. Kunii, S. Ogawa, T. Narita, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, " TiO_2 thin films using organic liquid materials prepared by Hot-Wire CVD method", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 5, 2006.
58. S. Ogawa, M. Okabe, Y. Ikeda, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, "Application of microcrystalline hydrogenated cubic silicon carbide for amorphous silicon thin film solar cells", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 6, 2006.
59. S. Fukushima, S. Nakanishi, T. Ogawa, Y. Nakato, "Control of Electrochemical Spatiotemporal Waves via Tuning of the System Non-linearity", COEIEC9, 淡路夢舞台国際会議場, January 16, 2007.
60. K. Ichikawa, H. Yano, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, "Low Temperature poly-Si TFT Flash memory, with Si nano crystal dot", 2007 International Thin Film Transistors Conference, Rome, Italy, January 25-26, 2007.
61. H. Ueno, Y. Sugawara, Y. Uraoka, T. Fuyuki, T. Serikawa, "Reliability for Joule Effect in LTPS-TFT with very thin gate oxide", 2007 International Thin Film Transistors Conference, Rome, Italy, January 25-26, 2007.
62. Y. Nanjo, Y. Uraoka, T. Fuyuki, M. Okuda, I. Yamashita, "Enlargement of Grain size poly-Si using Ferritin Protein with Ni Nano particles", 2007 International Thin Film Transistors Conference, Rome, Italy, January 25-26, 2007.
63. Y. Miyoshi, V. Biju, M. Ishikawa, N. Tamai, "Spectroscopic Properties and Ultrafast Dynamics of CdSe Nanomaterials", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 2-7, 2006.
64. L. Pan, J. Nakayama, N. Tamai, "Luminescence Dynamics, Anisotropy, and Mesoscopic Structures of CdTe", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 2-7, 2006.
65. S. Hirata, T. Harui, M. Fujishiro, T. Tominaga, N. Tamai, "Ultrafast Excited-State Dynamics of Gold Nanomaterials by Space- and Time-resolved Microspectroscopy", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 2-7, 2006.

(H19 年度)

66. Y. Nakato, T. Okamura, N. Ohasi, R. Nakamura, A. Imanishi, "Mechanism of Photooxidation of Water and Organic Compounds on Metal Oxides and Oxynitrides under UV and Visible Illumination", SP-2 (Second International Conference on Semiconductor Photochemistry), The

- Robert Gordon University, Aberdeen (U.K.), July 23rd-25th, 2007.
67. S. Yamazaki, S. Morikawa, M. Tsukada, T. Morimoto, K. Kakiuchi, "Lewis Acid-promoted Novel Cyclization Reactions towards *N*- and *O*-containing Heterocycles", 8th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-8), Riverside, USA, August 13, 2007.
 68. A. Imanishi, T. Okamura, Y. Nakato, "Photoinduced Oxygen Evolution on Well-defined Single Crystal (rutile)TiO₂ Surfaces Studied by PL Emission", 58th annual meeting of International Electrochemical Society, Banff, Canada, September 14, 2007.
 69. Shinji Yae, Makoto Abe, Tatsuya Hirano, Naoki Fukumuro, Hitoshi Matsuda, "Structure of Porous Silicon Produced by Metal Particle Enhanced Hydrofluoric Acid Etching", Porous Semiconductors - Science and Technology 6th International Conference (PSST-2008), Mallorca, Spain, 2008 年 3 月 10 日.
 70. Shoko Yamazaki, Satoshi Morikawa, Momoko Tsukada, Tsumoru Morimoto, and Kiyomi Kakiuchi, "Lewis Acid-promoted Novel Cyclization Reactions towards *N*- and *O*-containing Heterocycles", 8th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-8), Riverside, USA, August 13, 2007.

③ ポスター発表 (国内会議 60 件、 国際会議 100 件)

(国内ポスター60 件)

(H14 年度)

1. 松本幸平、川本行則、福室直樹、八重真治、松田均、“単結晶 *n* 型シリコン電極の表面状態と金属析出核－ウェーハの前処理条件と析出粒子数－”、表面技術協会第 107 回講演大会、工学院大学新宿キャンパス (東京都新宿区) 平成 15 年 3 月 25 日～27 日.
2. 柳 漢振、鈴木敦夫、杉浦 隆、箕浦秀樹、“光電気化学エッチングによるナノポーラス酸化チタン厚膜電極の作製”、第14回日本MRS学術シンポジウム、東京工業大学大岡山キャンパス 2002年12月20日、21日.
3. 竹本和矢、千種健司、福田篤史、山口豊、塚本昌弘、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“Cat-CVD法によるp型a-Si_{1-x}C_x:H薄膜及びpinヘテロ接合太陽電池の作製”、第10回「高効率太陽電池および太陽光発電システム」ワークショップ、ホテルグランベール岐山、11月21日 (2002) .
4. 長谷川勇気、藤原崇雄、増田絢子、伊藤貴司、野々村修一、“Si系薄膜太陽電池窓層用低抵抗ワイドギャップヘテロ構造SiC_x合金薄膜の作製”、第10回「高効率太陽電池および太陽光発電システム」ワークショップ、ホテルグランベール岐山、11月21日 (2002)
5. 大橋崇宏、夏原大宗、松本清志、山田亮司、吉田憲充、伊藤貴司、野々村修一、“TiO₂被覆透明電極の水素ラジカル耐性と太陽電池への応用”、第10回「高効率太陽電池および太陽光発電システム」ワークショップ、ホテルグランベール岐山、11月21日 (2002)
6. 千種健司、竹本和矢、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“Cat-CVD法を用いたヘテロ接合型p-i-n太陽電池の作製”、第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー、日本大学文理学部、11月26日 (2002)
7. 國井稔枝、桐山竜也、森建介、吉田憲充、野々村修一、“共振型光熱ベンディング分光法を用いた・c-Si:H薄膜の局在準位評価”、第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー、日本大学文理学部、11月26日 (2002)
8. 福田篤史、塚本昌弘、吉田憲充、伊藤貴司、野々村修一、“Cat-CVD法による太陽電池窓層用p型a-Si_{1-x}C_x:H合金薄膜の作製”、第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー、日本大学文理学部、11月26日 (2002)
9. 小川俊輔、夏原大宗、大橋崇宏、吉田憲充、伊藤貴司、野々村修一、“Si系薄膜太陽電池における耐水素ラジカル透明電極保護膜の開発～NbドーブTiO₂薄膜の基礎特性及びアーニル処理効果～”、第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー、日本大学文理学部、11月26日 (2002)
10. 藤原崇雄、長谷川勇気、増田絢子、伊藤貴司、野々村修一、“Si系薄膜太陽電池窓層

用低抵抗ワイドギャップヘテロ構造SiC_x合金薄膜の作製”，第29回アモルファス物質の物性と応用セミナー，日本大学文理学部，11月26日（2002）

（H15 年度）

11. 福島聡史，中西周次，中戸義禮，“NDR 型非線形電気化学振動で現れる動的時空間パターン”，日本化学会 第 13 回「非線形反応と協同現象」研究会，京都大学理学部 6 号館（講演会場） 北部生協 1 階（懇親会・ポスター会場），京都市左京区北白川追分町，2003. 12. 06, 25.
12. 西村健作，酒井将一郎，中西周次，中戸義禮，“非線形電気化学振動を用いた多層薄膜構造の自発的形成”，日本化学会 第 13 回「非線形反応と協同現象」研究会，京都大学理学部 6 号館（講演会場） 北部生協 1 階（懇親会・ポスター会場），京都市左京区北白川追分町，2003. 12. 06, 26.
13. 多田稔生，深見一弘，中西周次，中戸義禮，“Mullins-Sekerka 不安定性に基づく電気化学振動と特異な結晶成長”，日本化学会 第 13 回「非線形反応と協同現象」研究会，京都大学理学部 6 号館（講演会場） 北部生協 1 階（懇親会・ポスター会場），京都市左京区北白川追分町，2003. 12. 06, 24.
14. 中西周次，中戸義禮，“非線形電気化学振動による微細構造形成”，日本化学会 第 13 回「非線形反応と協同現象」研究会，京都大学理学部 6 号館（講演会場） 北部生協 1 階（懇親会・ポスター会場），京都市左京区北白川追分町，2003. 12. 06, 23.
15. 上川和範，田中宏幸，福室直樹，八重真治，松田 均，“金属微粒子の置換析出及び化学エッチによる n-Si 湿式太陽電池の高効率化”，表面技術協会第 109 回講演大会（東京都八王子市），PD-8（2004. 3. 15）.

（H16 年度）

16. 山崎はるか，多田稔生，深見一弘，中西周次，中戸義禮，“電析振動反応による金属微細格子の自己組織的形成” 第 14 回「非線形反応と協同現象」研究会、大阪大学、2004 年 12 月 4 日
17. 大橋 理人、真島 和志、“Mo₂ 二核ユニットをコア部位とする一次元多核錯体の構築”、日本化学会 第 85 回春季年会、神奈川大学、2005 年 3 月 27 日
18. 島 明日香、大橋 理人、真島 和志、“Mo₂Ir₂ 直線状四核錯体に対するヨウ化アルキルの酸化的付加反応”、日本化学会 第 85 回春季年会、神奈川大学、2005 年 3 月 27 日
19. 宮林 孝行、大橋 理人、山縣 恒明、真島 和志、“架橋三座配位子で保持された異核直線状三核錯体の合成と反応性”、日本化学会 第 85 回春季年会、神奈川大学、2005 年 3 月 27 日
20. 杉浦 隆、箕浦 秀樹、“光エッチングによるナノポーラス酸化チタン表面の創製”、KAST 光触媒技術展（神奈川科学技術アカデミー）、平成 16 年 7 月 22 日
21. 山崎祥子・大光加奈恵・大井邦裕、“エテントリカルボン酸誘導体の新規なラクトン化反応”、日本化学会第 85 春季年会、2005 年 3 月 27 日
22. 笠原文聡、村上能規、野坂芳雄、“ドーピングした硫黄酸化チタン薄膜の光電流特性”、第 11 回シンポジウム光触媒反応の最近の展開、東京（山上会館）、12/14（2004）
23. 菅谷剛、村上能規、菅谷剛、野坂芳雄、“レーザーによる微粒子加熱と冷却過程の実時間計測”、光化学討論会、つくば 11 月 2004

（H17 年度）

24. 山崎祥子、天野直也、森川智史、古崎祥揮、垣内喜代三、“亜鉛・インジウムによって促進されるエテントリカルボン酸誘導体とプロパルギルアルコールの共役付加-環化反応によるメチレンテトラヒドロフラン合成”、日本化学会第 86 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 29 日.
25. 末竹 純也、村上 能規、野坂 芳雄、“WO₃ を複合したチタネートナノチューブの作製と光触媒活性 “，第 12 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」，東京，2005 年 12 月 6 日.
26. 宮林 孝行、山縣 恒明、真島 和志、“多重結合を有する六族金属二核ユニットを用い

- た一次元多核錯体の合成と物性”、日本化学会第 86 回春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、船橋、千葉、2006 年 3 月 27 日。
27. 阿部 真、宮廻秀彰、川岸辰則、奈須紀明、小林 努、福室直樹、八重真治、松田 均、“金属微粒子援用エッチングにより無反射化した多結晶 n-Si 湿式太陽電池 一粒子数制御とエッチング時光照射の効果”、表面技術協会第 113 回講演大会、東洋大学川越キャンパス、川越、埼玉、2006 年 3 月 15 日。
 28. 沈振華、江口元崇、小川俊輔、後藤民浩、佐藤一夫、伊藤貴司、吉田憲充、野々村修一、“ $\mu\text{c-Si:H}$ 薄膜太陽電池の Conductive-AFM を用いたナノスケール I-V 特性評価”、第 2 回「次世代の太陽光発電システム」-ロードマップ PV2030 を見据えた産学連携-シンポジウム、ばるるプラザ岐阜、岐阜、岐阜、2005 年 9 月 29 日。
 29. 和田章宏、夏原大宗、吉田憲充、伊藤貴司、野々村修一、“薄膜 Si 太陽電池における TiO_2 薄膜の反射抑制効果と水素ラジカル耐性”、第 2 回「次世代の太陽光発電システム」-ロードマップ PV2030 を見据えた産学連携-シンポジウム、ばるるプラザ岐阜、岐阜、岐阜、2005 年 9 月 29 日。
 30. 岡部真明、小川俊輔、夏原大宗、二村彰、吉田憲充、野々村修一、“n 型微結晶 3C-SiC:H 薄膜の太陽電池への応用”、第 2 回「次世代の太陽光発電システム」-ロードマップ PV2030 を見据えた産学連携-シンポジウム、ばるるプラザ岐阜、岐阜、岐阜、2005 年 9 月 29 日。
 31. 本田孝、國井稔枝、吉田憲充、野々村修一、“微結晶 3C-SiC:H 薄膜の共振型光熱ベンディング分光法による光吸収スペクトル評価”、第 2 回「次世代の太陽光発電システム」-ロードマップ PV2030 を見据えた産学連携-シンポジウム、ばるるプラザ岐阜、岐阜、岐阜、2005 年 9 月 29 日。
 32. 劉 珮伶、高橋昌男、岩佐仁雄、小林 光、“欠陥消滅型半導体洗浄液のシリコン表面エッチング特性の制御”、第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、東京、東京、2006 年 3 月 25 日。
 33. 八重真治、“金属超微粒子担持シリコンの化学エッチによる構造制御ナノ・マクロ多孔質層形成”、平成 17 年度兵庫県立大学研究発表会、兵庫県立大学神戸学園都市キャンパス、神戸、兵庫、2005 年 11 月 30 日。
- (H18 年度)
34. 中西周次、辻悦司、深見一弘、長井智幸、今西哲士、中戸義禮、“光エッチングによる TiO_2 上への配列ナノ細溝の自己組織化形成”、東北大学、光化学討論会、2006 年 9 月 12 日
 35. 島明日香、大橋理人、山縣恒明、大嶋孝志、真島和志、“直線状 $\text{Mo(II)}_2\text{Ir(I)}_2$ 四核錯体の合成とその反応性”、第 53 回有機金属化学討論会、大阪市立大学、2006 年 9 月 8 日
 36. 園田憲太郎、中西周次、深見一弘、中戸義禮、“液液界面での電析振動反応による微細周期構造形成”、大阪大学、表面科学会、2006 年 11 月 6 日
 37. 今西哲士、松岡達也、中戸義禮、“アルキル修飾した n 型 Si (111) 電極の表面化学状態と光電流特性”、電気化学会第 74 回大会、東京理科大学、2007 年 3 月 29 日
 38. 長井智幸、中西周次、福島聡史、辻悦司、中戸義禮、“光溶解表面不安定性による TiO_2 上への配列ナノ細溝の形成”、第 16 回「非線形反応と協同現象」研究会、慶應義塾大学、2007 年 1 月 13 日
 39. 中西周次、深見一弘、中戸義禮、“電析振動反応における析出物ナノ構造変化の表面増強ラマン散乱による追跡”、第 16 回「非線形反応と協同現象」研究会、慶應義塾大学、2007 年 1 月 13 日
 40. 山崎祥子、塚田ももこ、“ルイス酸によって促進されるエテントリカルボン酸誘導体とエステル置換プロパルギルアルコールの共役付加-環化反応によるテトラヒドロフラン合成”、日本化学会第 87 春季年会、関西大学、2007 年 3 月 27 日
 41. 山崎祥子、出原卓、森川智史、正木祥子、垣内喜代三、“ルイス酸触媒によるケイ素置

- 換プロパルギルアルコールとエテントリカルボン酸誘導体の共役付加－環化反応におけるシリル基効果”、日本化学会第87春季年会、関西大学、2007年3月27日
42. 山崎祥子、鹿島慎一、岩田ゆう子、垣内喜代三、“エテントリカルボン酸エステルと置換ピロールの触媒的エナント選択的フリーデルクラフツ反応”、日本化学会第87春季年会、関西大学、2007年3月27日
 43. 村上能規、野坂芳雄、“超臨界二酸化炭素中におけるレーザーアブレーションと粒径制御”、光化学討論会、講演要旨集 P. 552, 東北大学、仙台、平成18年9月12日
 44. 村上能規、渡邊昌英、野坂芳雄、“フェムト秒拡散反射分光法による正孔・電子捕捉過程の観測”第13回光触媒シンポジウム、講演要旨 88-89, 東京大学、平成18年12月13日
 45. 太田育樹、遠藤健史、村上能規、野坂芳雄、“レーザー誘起蛍光法を用いた酸化チタン光触媒におけるOHラジカル生成過程の検討”、第13回光触媒シンポジウム、講演要旨 86-87, 東京大学、平成18年12月13日
 46. 平田繁夫、中井匡也、Wang Li、富永敏弘、竹崎 誠、玉井尚登“空間時間分解顕微分光による金ナノ物質の励起状態ダイナミクス”、分子構造総合討論会、静岡県コンベンションアーツセンター、2006年9月20日
 47. 吉田夏輝、玉井尚登、“ポリフルオレン誘導体の励起状態ダイナミクスと電界発光”、分子構造総合討論会、静岡県コンベンションアーツセンター、2006年9月21日
 48. 問谷直希、伊都将司、PAN Lingyun、玉井尚登、宮坂博、“蛍光相関分光法によるCdTe ナノ粒子のdark stateの減衰挙動の検討”、分子構造総合討論会、静岡県コンベンションアーツセンター、2006年9月23日
 49. 平田繁夫、王莉、富永敏弘、竹崎誠、玉井尚登、“空間時間分解顕微分光による金ナノ物質の励起状態ダイナミクス”、日本化学会第87春季年会、関西大学、2007年3月27日
 50. 小林洋一、三好裕也、玉井尚登、“CdTe量子ドットの逆オージェ効果に関する研究”、日本化学会第87春季年会、関西大学、2007年3月27日
(H19年度)
 51. 松田 均、八重真治、福室直樹、“材料表面工学研究室の産学交流へのとりくみ”、はりま産学交流会「第2回産学パートナーシップ事業」、兵庫県姫路市姫路商工会議所、5月30日
 52. 松田 均、八重真治、福室直樹、“材料表面工学研究室の産学交流へのとりくみ”、SURTECH2007、千葉市幕張メッセ、9月5-7日
 53. 問谷直希、伊都将司、PAN Lingyun、玉井尚登、宮坂博、“蛍光相関分光法により観測されるCdTeナノ粒子の複雑なdark state減衰挙動:計算機シミュレーションによる検討”、東北大学、第1回分子科学討論会、2007年9月17日
 54. 平田繁夫、富永敏弘、竹崎 誠、玉井尚登、“単一金ナノ物質の励起状態ダイナミクスにおける形状・サイズ依存性”、東北大学、第1回分子科学討論会、2007年9月18日
 55. 玉井尚登、水本幸太郎、北田知己、王 莉、鳥見 聡、松田一宏、金子忠昭、“ワイドギャップ半導体SiCのキャリア緩和のフェムト秒分光による研究”、東北大学、第1回分子科学討論会、2007年9月19日
 56. Abhijit Mandal, Naoto Tamai, “The Influence of Aliphatic Diamine on Optical and Dynamics Properties of Water Soluble CdTe Quantum Dots”, 東北大学、第1回分子科学討論会、2007年9月19日
 57. 三好裕也、Vasudevanpillai Biju、石川 満、玉井尚登、“CdSe量子ロッドの時間分解分光に関する研究”、信州大学、光化学討論会、2007年9月27日
 58. 王 莉、玉井尚登、中戸義禮、翁 羽翔、“インターカレートしたTiO₂ナノチューブの過渡ダイナミクスに関する研究”、信州大学、光化学討論会、2007年9月28日
 59. Tiansheng Zhang、Akira Mabuchi、Takashi Sugiura、Hideki Minoura、“Crystal Growth of GaN by the Reaction of Ga₂O₃ with Li₃N in Liquid Ga”、第18回日本MRS学術シ

- ンポジウム、日本大学理工学部駿河台キャンパス、2007 年 12 月 8 日。
60. 中西周次、長井智幸、伊原大介、中戸義禮、“Self-propelled oil droplets on metal surfaces during electrodeposition”、非線形反応と協同現象研究会、千葉大学、2008 年 1 月 12 日。

(国際ポスター100 件)

(H14 年度)

1. M. Takahashi, M. Tamura, Asuha, H. Kobayashi, "New method for fabrication of ultrathin silicon oxynitride/Si structure: The combination of low energy electron impact plasma nitridation and chemical oxidation methods", International Symposium on Scientific and Industrial Nanotechnology 2002, Osaka, December 12, 2002.

(H15 年度)

2. K. Fukami, S. Nakanishi, S. Sakai and Y. Nakato, "Mechanism of Oscillatory Electrodeposition of Zinc, Leading to Dendritic Deposits", IUMRS-ICAM 2003 Symposium C-2, Third International Symposium on Soft Solution, Yokohama, 2003.10.10-11.
3. S. Takabayashi, A. Imanishi and Y. Nakato, "Improvement in Performance of Pt-dotted n-Si Photoelectrochemical Solar Cells by Surface Alkylation", 第 2 回 COE 国際会議, (淡路夢舞台), 2003.07.18-19.
4. R. Nakamura, Y. Nakato, "Insights into the Mechanism of Photooxidation Reactions of Water on TiO₂ Films as Studied by In Situ FTIR Measurements", 第 2 回 COE 国際会議, (淡路夢舞台), 2003.07.18-19.
5. S. YAE, H. TANAKA, T. KOBAYASHI, N. FUKUMURO, H. MATSUDA, "POROUS SILICON FORMATION BY HF CHEMICAL ETCHING FOR ANTIREFLECTION OF SOLAR CELLS", 4th International Conference "Porous Semiconductors - Science and Technology" (PSST-2004) (Cullera, Valencia, Spain), P2-46 (2004.3.16).
6. Y. Ishikawa, Y. Uraoka, T. Fuyuki, "Nucleation Control Towards The Poly-Si Thin Films with Large Grain Size utilizing Intermittent Supply of Dichlorosilane", 3rd-WCPEC, Osaka, Japan (2003).
7. Y. Yamamoto, Y. Uraoka, T. Fuyuki, "Passivation Effect of SiN Deposited by Plasma Chemical Vapor Deposition for Thin Film c-Si Solar Cells", 3rd-WCPEC, Osaka, Japan (2003).
8. K. Nishioka, R. Hagihara, H. Nakagami, A. Tanaka, Y. Uraoka, T. Fuyuki "Analysis of Grid-Connected PV Systems For Residential Houses in The Tokyo Area Focusing on Module Temperature", 3rd-WCPEC, Osaka, Japan (2003).
9. T. Yamazaki, Y. Ishikawa, Y. Matsumura Y. Uraoka, T. Fuyuki "Analysis of p/n Junction Profiles by Electron Beam Induced Current Towards High Efficiency Thin-Film poly-Si Solar Cells", 3rd-WCPEC, Osaka, Japan (2003).
10. S. Takabayashi, K. Murakoshi, K. Susumu, Y. Nakato, "Electrochemical and Photoelectrochemical Properties of Cu₂O Electrode in Aqueous Solutions", 203rd Meeting of The Electrochemical Society, Paris, France, 2003.05.01.
11. H. Kondo, Y. Yamazaki, Y. Takahashi, Y. Matsumura, K. Nishioka, Y. Uraoka and T. Fuyuki, "Influence of Fire-Through Process Analysis by Electric Beam Induced Current", 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 26 – 30 January, 2004.
12. Y. Matsumura, Y. Yamazaki, Y. Uraoka and T. Fuyuki, "Effect of SiNx:H Passivation on Thin Film Poly-Si Solar Cells", 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 26 – 30 January, 2004.
13. Y. Takahashi, Y. Yamamoto, Y. Yamazaki, Y. Uraoka and T. Fuyuki, "Plasma Surface Texturization for Monocrystalline Silicon Thin Film Solar Cells", 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 26 – 30 January, 2004.
14. Y. Yamazaki, Y. Matsumura, Y. Uraoka and T. Fuyuki, "Correlation Between Electronic Properties of Grain Boundary and Thin Film Poly-Si Solar Cell Performance Deposited by APCVD", 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 26 – 30 January, 2004.
15. K. Nishioka, T. Takamoto, W. Nakajima, Y. Uraoka and T. Fuyuki, "Evaluation of

- InGaP/InGaAs/Ge Triple-Junction Solar Cells by SPICE and Reduction of Series Resistance for High Efficiency Concentration Systems”, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 26 – 30 January, 2004.
16. M. Takahashi, Yueh-Ling Liu, N. Fujiwara, T. Nakamura, K. Fukayama, H. Iwasa, H. Kobayashi, “New Si cleaning method for removal of Cu and Ni contaminants without chemical etching”, 7th SANKEN International Symposium on Hybridization of Chemistry, Biology, and Material Science, Osaka, January 14, 2004.
 17. Y. Sobajima, H. Kamiguchi, T. Iida, K. Mori, N. Yoshida and S. Nonomura, “Photoinduced volume changes in doped a-Si:H films”, 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (May 11- 18, 2003, Osaka, Japan), 5P-A9-01 (2003).
 18. T. Kunii, T. Kiriya, K. Mori, N. Yoshida and S. Nonomura, “Optical absorption in μ c-Si:H films induced by oxygen”, 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (May 11- 18, 2003, Osaka, Japan), 5P-A9-23 (2003).
 19. T. Itoh, Y. Hasegawa, T. Fujiwara, A. Masuda and S. Nonomura, “Wide gap and low resistive hetero-structured SiC_x films for wide gap window of heterojunction solar cells”, Proc. of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (May 11- 18, 2003, Osaka, Japan), 5P-A9-28 (2003).
 20. H. Natsuhara, K. Matsumoto, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, M. Fukawa and K. Sato, “Preparation of N-doped TiO₂ thin films protecting transparent conducting oxide films for Si thin film solar cells”, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (26 – 30 January, 2004, Bangkok, Thailand), pp. 307-308 (2004).
 21. T. Itoh, Y. Hasegawa, M. Horie, M. Takeuchi and S. Nonomura, “Growth of c-Si phase in hetero-structured SiC_x films by Cat-CVD”, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (26 – 30 January, 2004, Bangkok, Thailand), pp. 371-372 (2004).
 22. S. Yamazaki, K. Yamada, S. Inaoka, “Zinc Halide-promoted Cyclization of Propargyl Amide Enynes: Novel Six-membered Ring Formation”, 18th International Symposium on Synthesis in Organic Chemistry, Churchill College, Cambridge, UK, 21-24, July, 2003.
 23. S. Yamazaki, S. Morikawa, K. Yamada, S. Inaoka, “Metal-promoted Cyclization of Propargyl and Allyl Amides”, The 15th International Symposium on Olefin Metathesis and Related Chemistry, Kyoto, Japan, July 28 – August 1, 2003.
 24. A. Y. Nosaka, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Yoshio Nosaka, “Water Properties Adsorbed on TiO₂ Photocatalysts As characterized by Solid State ¹H-NMR Spectroscopy”, Intern. Conf. Chem. 3, Frontiers in Physical and Analytical Chemistry, P-135- (Singapore, Dec. 2003).
 25. A. Y. Nosaka, E. Kojima, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, “Water Properties In Various TiO₂ Photocatalytic Systems as Studied by Solid State ¹H-NMR Spectroscopy”, 54th Annual Meeting Internl. Soc. Electrochem. (Brazil, Sept. 2003).
 26. A. Y. Nosaka, T. Fujiwara, H. Yagi, H. Akutsu, Y. Nosaka, “Water Properties in TiO₂ Photocatalytic Systems as Studied by Solid State ¹H-NMR Spectroscopy”, 203rd Electrochem Soc. Meeting, (Paris, May) Book of Abst. 2804 (2003).
- (H16 年度)
27. A. Imanishi, H. Suzuki, N. Ohashi, Y. Nakato, “Dye Sensitized Photocurrents at Atomically Flat and Photo-etched TiO₂ Single Crystals”, 15th international conference on photochemical conversion and strage of solar energy, France, 5 July, 2004.
 28. R. Nakamura, Y. Nakato, “New Molecular Mechanism of Photooxidation Reaction of Water on TiO₂ (Rutile) Particles”, 15th international conference on photochemical conversion and strage of solar energy, France, 5 July, 2004.
 29. R. Nakamura, Y. Ura, N. Ohashi, A. Imanishi, T. Osawa, Y. Matsumoto, H. Koinuma, Y. Nakato, “Asymmetrization of Surface-band Energy of Nano-sized TiO₂ Photocatalysts”, 15th international conference on photochemical conversion and strage of solar energy, France, 5 July, 2004.
 30. S. Sakai, K. Nishimura, S. Nakanishi, Y. Nakato, “Layer-by-layer electrodeposition of thin metal film by coupling with electrochemical oscillation”, International Society of Electrochemistry – 55rd Annual Meeting, Greece, 19 September, 2004.
 31. K. Fukami, T. Tada, S. Nakanishi, Y. Nakato, “Formation of ordered nano-structures by use of coupling with electrochemical oscillations”, International Society of Electrochemistry – 55rd

- Annual Meeting, Greece, 19 September, 2004.
32. R. Nakamura, Y. Nakato, "Molecular Mechanism of Oxygen Photoevolution Reaction on TiO₂ (Rutile), Revealed by In-situ Spectroscopic Techniques", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 3-8, 2004.
 33. S. Takabayashi, Y. Nakato, "7.4% Efficient Solar to Chemical Conversion with a Pt Nano-dotted and Surface-methylated n-Si Electrode", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 3-8, 2004.
 34. H. Liu, Y. Nakato, "The Improved Photocatalytic Activity of Semiconductor Photocatalysts TiO₂ and BiVO₄ Prepared by a New Photoassisted Sol-gel Method", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 3-8, 2004.
 35. S. Fukushima, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Rotating and Standing Electrochemical Waves Observed for Electrocatalytic Reduction of Hydrogen Peroxide on Pt-Ring Electrode", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 6, 2004.
 36. T. Nagai, S. Sakai, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Self-organized Formation of Layered Nanostructures Produced by Oscillatory Electrodeposition", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 6, 2004.
 37. M. Ohashi, S. Takabayashi, K. Mashima, Y. Nakato, "Modification of the n-Si(111) Surface with Alkyl Chains Having the Terminal C=C Double Bond", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, October 6, 2004.
 38. S. Yae, Y. Kato, N. Fukumuro, K. Tanaka, H. Matsuda, "Photocatalytic Initiation and Patterning of Autocatalytic Deposition of Metal Films on Magnesium Alloy Substrates," The Ninth International Conference on TiO₂ PHOTOCATALYSIS: FUNDAMENTALS & APPLICATIONS (TiO₂-9), San Diego, California, (USA), October, 27, 2004.
 39. T. Yamazaki, Y. Uraoka, T. Fuyuki, "Large Grain Polycrystalline Si Thin Film by Nucleation Controlled CVD using Intermittent Source Gas Supply", POLYSE04, Germany, 8 September, 2004.
 40. M. Ohashi, T. Rüffer, A. Shima, H. Mizomoto, Y. Kaneda, K. Mashima, "Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetranuclear Rh-Mo-Mo-Rh Clusters", the XXII International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC), Canada, 26 July, 2004.
 41. T. Kunii, H. Shibagaki, T. Kiriya, N. Yoshida, S. Nonomura, "A study of the localized state at 0.7~1.2 eV in the mc-Si:H film by resonant-PBS and CPM", 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and exhibition, France, 10 June, 2004.
 42. T. Itoh, S. Miyazaki, T. Yamamoto, F. Mizuno, N. Yoshida, S. Nonomura, "Preparation of a-Si:H solar cells using B-doped hetero-structured SiC_x films as p-type window layer by Cat-CVD", 3rd HW(Cat)-CVD, Holland, 26 August, 2004.
 43. T. Itoh, S. Shimabukuro, S. Kawamura, S. Nonomura, "Preparation and electron field emission of carbon nanowall by Cat-CVD", 3rd HW(Cat)-CVD, Holland, 26 August, 2004.
 44. T. Sugiura, A. Suzuki, A. Sasaki, H. Minoura, "Photoetching of Cr, Sb Doped Visible - Light Sensitive TiO₂", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 4, 2004.
 45. T. Daimon, Y. Murakami, Y. Nosaka, "Near-infrared luminescence study of singlet oxygen formation on TiO₂ Photocatalysts", 2004 Joint International meeting on electrochemistry, Honolulu, Hawaii, (USA), October 5, 2004.
- (H17 年度)
46. K. Nishimura, S. Sakai, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Mechanism of oscillatory electrodeposition of copper from aqueous solutions in the presence of o-phenanthroline", The 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, 26-30 September 2005.
 47. S. Fukushima, S. Nakanishi, S. Sakai, T. Nagai, Y. Nakato, "Layered nano-structures of CuSn-alloy formed by oscillatory electrodeposition", 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, 26-30 September 2005.
 48. H. Yamasaki, K. Fukami, S. Nakanishi, Y. Nakato, "TUNING OF METAL LATTICEWORKS BY MODULATION OF SELF-ORGANIZED POTENTIAL OSCILLATIONS IN TIN ELECTRODEPOSITION", The 56th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, 26-30 September 2005.
 49. S. Nakanishi, Y. Nakato, "Formation of Micro- and Nano-sized Ordered Structures by

- Self-organization at electrode|electrolyte Interfaces”, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Saitama, Japan, November, 2005.
50. S. Nakanishi, T. Tanaka, S. Fukushima, T. Nagai, K. Fukami, R. Nakamura, Y. Nakato, “Macroscopically Ordered Nano-grooves on TiO₂ via Photoetching Induced Surface Instability”, Pacificchem2005 (The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), Honolulu, USA, December, 2005.
 51. S. Yamazaki, M. Yamamoto, S. Morikawa, “A Lewis-acid catalyzed Synthesis of Oxindole Derivatives”, Royal Society of Chemistry Perkin Division 19th International Symposium on Synthesis in Organic Chemistry Oxford, UK, 18-21 July 2005.
 52. M. Ohashi, T. Rüffer, A. Shima, H. Mizomoto, Y. Kaneda, K. Mashima, “Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetranuclear Rh-Mo-Mo-Rh Clusters”, Recent Advances in Organometallic Chemistry and Applied Catalysis (pre-OMCOS 13), Paris, France, 15 - 16 July 2005.
 53. M. Ohashi, T. Rüffer, A. Shima, H. Mizomoto, Y. Kaneda, K. Mashima, “Unique Oxidative Metal-Metal Bond Formation of Linearly Aligned Tetranuclear Rh-Mo-Mo-Rh Clusters”, International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC XII), Florence, Italy, 18-22 July 2005.
 54. M. Ohashi, S. Takabayashi, K. Mashima, Y. Nakato, “Surface structure and property of n-Si(111) electrodes modified with alkyl chains having the terminal functional group”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacificchem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 55. M. Ohashi, K. Mashima, “Synthesis of linear heterometallic clusters using a cationic dimolybdenum unit as a core part of metal array”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacificchem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 56. T. Miyabayashi, M. Ohashi, T. Yamagata, K. Mashima, “Dative bond between Pt(CH₃)₂ and Mo₂ in linear trinuclear PtMo₂ complexes”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacificchem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 57. A. Shima, M. Ohashi, K. Mashima, “Synthesis and oxidative reaction of linearly aligned hetero tetranuclear Mo₂M₂ (M = Rh and Ir) clusters”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacificchem 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
 58. S. Yae, N. Nasu, N. Fukumuro, H. Matsuda, “Electroless displacement deposition of fine metal particles onto silicon”, EPTM2005 4th International Symposium on Electrochemical Processing of Tailored Materials, Kyoto, Japan, 3-4 October, 2005.
 59. T. Kunii, T. Honda, N. Yoshida, S. Nonomura, “Optical properties of microcrystalline 3C-SiC:H films measured by resonant photothermal bending spectroscopy”, 21st International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors, Lisbon, Portugal, 6 September, 2005.
 60. S. Ogawa, Y. Takai, H. Natsuhara, A. Futamura, M. Okabe, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, “The preparation of microcrystalline 3C-SiC:H thin films by hot-wire CVD and its application for solar cells”, 15th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Shanghai, China, 12 October 2005.
 61. M. Takahashi, Y.-L. Liu, H. Narita, H. Iwasa, and H. Kobayashi, “New semiconductor cleaning solutions having defect passivation effect”, First International Workshop on Semiconductor Nanocrystals, SEMINANO 2005, Budapest, Hungary, September 11, 2005.
 62. S.-S. Im, M. Takahashi, H. Kobayashi, “Room temperature formation of silicon oxynitride/silicon structure by electrochemical method”, The First International Workshop for R&D Clustering among China, Japan, Korea in Eco-materials Processing, Seoul, Korea, November 11, 2005.
- (H18 年度)
63. T. Ohtake, M. Morie, M. Toyokawa, A. Imanishi, Y. Nakato, “Solar Water Photooxidation with a “Surface-modified n-Si/WO₃” Composite Electrode by a Z-scheme Mechanism”, XX1st IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 3, 2006.
 64. T. Iida, Y. Takamido, T. Watabe, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, “High conductive TiO₂ films due to auto doping by Hot-Wire CVD method for protecting material of TCO from atomic hydrogen exposures”, 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Waikoloa, Hawaii, USA, May 7-12, 2006.

65. Yu Yang, Y. Murakami, A. Y. Nosaka, Y. Nosaka, "Photocatalytic O₂ evolution under visible light irradiation on BiPb₂MO₆ (M= V⁵⁺ and P⁵⁺) in aqueous AgNO₃ solution", 4th Workshop of Regional Network Formation for Enhancing Research and Education on Materials Engineering", Bandung, Indonesia, June 26, 2006.
66. K. Fukami, S. Nakanishi, K. Sonoda, Y. Nakato, "Oscillatory growth of dendrites in metal electrodepositions at liquid|liquid interfaces", International Society of Electrochemistry, 57th Annual meeting of the International Society of Electrochemistry, Edinburgh, UK, August 29 2006.
67. A. Imanishi, H. Suzuki, N. Ohashi, Y. Nakato, "Adsorption properties of merocyanine dye at structurally controlled TiO₂ single crystal surfaces studied by C K-edge NEXAFS", 16th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy, Uppsala, Sweden, July 2-7, 2006.
68. A. Imanishi, M. Suzuki, Y. Nakato, "Structural properties of surfactant molecules weakly adsorbed on hydrogen terminated Si(111) surface", International Conference on Nanoscience and Technology (ICN+T2006), Basel, Switzerland, July 2006.
69. S. Yae, M. Abe, T. Kobayashi, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, Y. Nakato, N. Fukumuro, H. Matsuda, "SOLAR TO CHEMICAL CONVERSION USING METAL-NANOPARTICLE-MODIFIED MICROCRYSTALLINE SILICON THIN FILM PHOTOELECTRODES", 16th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy, Uppsala, Sweden, July 2-7, 2006.
70. M. Takahashi, Y.-L. Liu, H. Narita, S. Ozaki, H. Kobayashi, "Change in surface adsorbates on SiO₂/Si structures during the new semiconductor cleaning process", 13th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure, Stanford, U.S.A., July 13, 2006.
71. Yamazaki, S. Morikawa, M. Tsukada, K. Kakiuchi, "Acid-promoted Novel Cyclization Reactions towards N- and O-containing Heterocycles", The 12th Symposium on the Latest Trends in Organic Synthesis (LTOS-12), St. Catharines, Ontario, August 9-12, 2006.
72. T. Sugiura, S. Hoshiya, Y. Nishimura, N. Yoshida, S. Nonomura, Y. Nakato, H. Minoura, "Photoelectrochemical Characterization of Silicon/Metal Oxide Tandem Electrodes for Water Decomposition by Visible Light", 16th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy, Uppsala, Sweden, July 2-7, 2006.
73. T. Sugiura, S. Hoshiya, N. Yoshida, S. Nonomura, Y. Nakato, H. Minoura, "PHOTOELECTROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF WO₃/Si TANDEM ELECTRODE FOR WATER DECOMPOSITION BY VISIBLE LIGHT", Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1), Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1), September 5, 2006.
74. T. Narita, T. Iida, S. Ogawa, K. Mizuno, Jisung So, A. Kondo, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, Y. Tanaka, "Ion Beam Modification of TiO₂ Films Prepared by cat-CVD for Solar Cell", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 5, 2006.
75. K. Mizuno, S. Ogawa, M. Okabe, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, "Preparation of thin film microcrystalline silicon solar cell by Hot-wire CVD method", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 5, 2006.
76. Z. Shen, M. Eguchi, T. Gotoh, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Localized oxidation influence of Conductive Atomic Force Microscope measurements on nano-scale I-V characterization of silicon thin film solar cells", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 7, 2006.
77. S. Ogawa, M. Okabe, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, "Amorphous Si_{1-x}C_x:H films prepared by Hot-wire CVD method using SiH₃CH₃ and SiH₄ mixture gas and its application to window layer for silicon thin film solar cells", Takayama Public Cultural Hall, 4th International Conference on Hot-Wire CVD (Cat-CVD) Process, October 7, 2006.
78. S. Ogawa, M. Okabe, T. Itoh, N. Yoshida, S. Nonomura, S. Yae, Y. Nakato, "Applications of microcrystalline 3C-SiC:H for solar energy conversion based on microcrystalline silicon thin film solar cells", Makuhari Messe, Renewable energy 2006, October 12, 2006.
79. S. Morikawa, S. Yamazaki, M. Tsukada, K. Kakiuchi, "Lewis Acid-promoted Novel Cyclization Reactions towards N- and O-containing Heterocycles", the 10th International Kyoto Conference

- on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC -10), Kyoto, Japan, November 13-17, 2006.
80. E. Tsuji, A. Imanishi, Y. Nakato, "Study of photoelectrochemical properties of amorphous TiO₂", The 9th International 21st Century COE Symposium on Integrated EcoChemistry (COEIEC 9), 淡路夢舞台国際会議場, January 17, 2007.
 81. Y. Sugawara, Y. Uraoka, H. Yano, T. Hatayama, T. Fuyuki, "micro-PCD Measurement of Double-Layered poly-Si Thin Films Crystallization by Solid Green Lazer Annealing", 2007 International Thin Film Transistors Conference, Rome, Italy, January 25-26, 2007.
 82. T. Miyamoto, Y. Sugawara, Y. Uraoka, T. Fuyuki, H. Kuroda, K. Takashima, "Improvement in Si/SiO₂ properties using atmospheric pressure plasma", 2007 International Thin Film Transistors Conference, Rome, Italy, January 25-26, 2007.
 83. Y. Murakami, K. Endo, A.Y. Nosaka, Y. Nosaka, "Detection of the photo-stimulated desorption of OH radicals from the TiO₂ photocatalyst" XXI IUPAC Symposium on Photochemistry, Abstract, 305, Kyoto, April, 2006.
 84. S. Nakanishi, S. Fukushima, Y. Nakato, "Variety of spatially inhomogeneous oscillations in H₂O₂ reduction at Pt-ring electrode induced via degenerate Hopf-instabilities", 57th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Edinburgh, UK, August 28, 2006.
 85. Y. Miyoshi, V. Biju, M. Ishikawa, N. Tamai, "Spectroscopic Properties and Ultrafast Dynamics of CdSe Nanomaterials", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 3, 2006.
 86. L. Pan, J. Nakayama, N. Tamai, "Luminescence Dynamics, Anisotropy, and Mesoscopic Structures of CdTe", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 3, 2006.
 87. S. Hirata, T. Harui, M. Fujishiro, T. Tominaga, N. Tamai, "Ultrafast Excited-State Dynamics of Gold Nanomaterials by Space- and Time-resolved Microspectroscopy", XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry, Kyoto, Japan, April 3, 2006.
- (H19 年度)
88. S. Yae, M. Abe, N. Fukumuro, H. Matsuda, "Micro- to Macro-Porous Silicon Formation by Means of Metal Particle Enhanced HF Etching", 5th Spring Meeting of the International Society of Electrochemistry, Dublin, Ireland, May 3rd, 2007.
 89. Y. Liu, Shoko Yamazaki, Suguru Izuhara and Yuko Iwata, "Modification and Chemical Transformation of Si(111) Surfaces", International Symposium on Nanoscience and Photoscience Pre-symposium of ISNA-12 in Nara, Nara, July, 21, 2007.
 90. S. Morikawa, S. Yamazaki, M. Tsukada, T. Morimoto, K. Kakiuchi, "Lewis acid-catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Propargyl Amines and Propargyl Alcohols: Efficient One-pot Synthesis of *N*- and *O*-containing Heterocycles", International Symposium on Nanoscience and Photoscience Pre-symposium of ISNA-12 in Nara, Nara, July, 21, 2007.
 91. Y. Nakato, S. Yamane, N. Kato, A. Imanishi, S. Ogawa, N. Yoshida, S. Nonomura, "Solar Water Splitting with a Composite Si/GaP Semiconductor Electrode", SP-2 (Second International Conference on Semiconductor Photochemistry), The Robert Gordon University, Aberdeen (U.K.), July 23rd-25th, 2007.
 92. S. Morikawa, S. Yamazaki, M. Tsukada, S. Izuhara, T. Morimoto, K. Kakiuchi, "Lewis acid-catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Substituted Propargyl Alcohols: Stereoselectivity in the Efficient One-pot Synthesis of Methylenetetrahydrofurans", the 14th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (OMCOS 14), Nara, August, 3, 2007.
 93. N. Yoshida, Y. Shimizu, T. Honda, T. Yokoi, S. Nonomura, "A study of absorption coefficient spectra in a-Si:H films near the transition from amorphous to crystalline phase measured by resonant photothermal bending spectroscopy", 22nd International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors, Breckenridge, Colorado, USA, 23 August, 2007.
 94. T. Narita, K. Naruse, I. Suzuki, S. Ogawa, T. Iida, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, "Deposition of microcrystalline Ge films using hot-wire technique without toxic gases", 22nd International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors, Breckenridge, Colorado, USA, 23 August, 2007.
 95. T. Nagai, D. Ihara, S. Nakanishi, Y. Nakato, "Vectorial motion of an oil droplet driven by an electrochemical oscillation", the 58th Annual Meeting of the International Society of

- Electrochemistry, The Banff Centre, Banff, Canada, September 11, 2007.
96. Makoto Abe, Shinji Yae, Tatsuya Hirano, Naoki Fukumuro, Hitoshi Matsuda, "Pattern Formation by Palladium Enhanced Hydrofluoric Acid Etching of Silicon", Porous Semiconductors - Science and Technology 6th International Conference (PSST-2008), Mallorca, Spain, 2008 年 3 月 10 日.
 97. Yang Liu, Shoko Yamazaki, Suguru Izuhara and Yuko Iwata, "Modification and Chemical Transformation of Si(111) Surfaces", International Symposium on Nanoscience and Photoscience Pre-symposium of ISNA-12 in Nara, Nara, July, 21, 2007,
 98. Satoshi Morikawa, Shoko Yamazaki, Momoko Tsukada, Tsumoru Morimoto, and Kiyomi Kakiuchi, "Lewis acid-catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Propargyl Amines and Propargyl Alcohols: Efficient One-pot Synthesis of *N*- and *O*-containing Heterocycles", International Symposium on Nanoscience and Photoscience Pre-symposium of ISNA-12 in Nara, Nara, July, 21, 2007.
 99. Satoshi Morikawa, Shoko Yamazaki, Momoko Tsukada, Suguru Izuhara, Tsumoru Morimoto, and Kiyomi Kakiuchi, "Lewis acid-catalyzed Conjugate Addition-Cyclization Reactions of Ethenetricarboxylates with Substituted Propargyl Alcohols: Stereoselectivity in the Efficient One-pot Synthesis of Methylene-tetrahydrofurans", the 14th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (OMCOS 14), Nara, August, 3, 2007.
 100. M. Takahashi, H. Narita, T. Shishido, H. Iwasa, and H. Kobayashi, "Removal of Copper Adsorbates from Silicon Surfaces by the use of Semiconductor Cleaning Solutions with Capability of Defect Passivation", 11th Sanken International Symposium/6th nanotechnology center international symposium/1st MSTEC international symposium, Awaji Yumebutai International Conference Center, 2008 年 2 月 4 日.

(4) 特許出願

(国内 9 件、国外 3 件)

① 国内出願 (9 件)

1. 発 明 者：中戸義禮、中村龍平、浦 勇樹、今西哲士、大橋直倫
 発明の名称：「高い反応効率を有する光触媒」
 出 願 人：独立行政法人科学技術振興機構
 出 願 日：平成 16 年 3 月 9 日
 特願 2004-065299
2. 発明者：八重真治、松田 均
 発明の名称：「無電解めっきのセンシタイジング液及びそれを用いて絶縁体表面を金属化する方法」
 出願人：関西ティール・エル・オー株式会社
 特願 2004-063148 号
 出願日：2004 年 3 月 5 日
3. 発 明 者：中戸義禮、中西周次、深見一弘、多田稔生、酒井将一郎、長井智幸
 発明の名称：電気化学的析出方法
 出 願 人：国立大学法人大阪大学
 出 願 日：平成 16 年 10 月 4 日、特願 2004-290637
4. 発 明 者：中戸義禮、劉 海梅、中村 龍平
 発明の名称：可視光応答性を有する複合金属酸化物光触媒
 国立大学法人大阪大学、財団法人新産業創造研究機構
 平成 16 年 12 月 13 日、特願 2004-359355
5. 発 明 者：山崎 祥子、劉 揚
 発明の名称：有機基で修飾されたシリコン基板の製造方法

- 出 願 人：独立行政法人科学技術振興機構、国立大学法人奈良教育大学
 出 願 日：平成 17 年 1 月 31 日、特願 2005-24179
6. 発 明 者：村上能規、野坂芳雄、五十嵐 学
 発明の名称：「 BiVO_4 コロイド分散液及びその製造方法」
 特願 2006-167118（平成 18 年 6 月 16 日）
 特許出願人 長岡技術科学大学
7. 発 明 者：村上能規、野坂芳雄、五十嵐 学
 発明の名称：「可視光領域で光触媒活性を有する薄膜の製造方法」
 特願 2006-169884（平成 18 年 6 月 20 日）
 特許出願人 長岡技術科学大学
8. 発 明 者：八重真治、平野達也、松田 均
 発明の名称：「シリコンを母材とする複合材料及びその製造方法」
 出 願 人：独立行政法人科学技術振興機構
 出 願 日：平成 20 年 2 月 出願見込み（特許等出願申請書提出中）
 特願
9. 発 明 者：八重真治、平野達也、松田 均
 発明の名称：「複合材料及びその製造方法」
 出 願 人：独立行政法人科学技術振興機構
 出 願 日：平成 20 年 3 月 出願見込み（特許等出願申請書提出中）
 特願

② 国外出願（3 件）

1. 発 明 者：中戸義禮、中村龍平、浦 勇樹、今西哲士、大橋直倫
 発明の名称：高い反応効率を有する光触媒
 出 願 人：独立行政法人科学技術振興機構
 出 願 日：平成 17 年 3 月 1 日 PCT / JP2005 / 003371
2. 発明者 中戸義禮、中西周次、深見一弘、多田稔生、酒井将一郎、長井智幸
 発明の名称 電気化学的析出方法、電気化学的析出装置及び微細構造体
 出願人 大阪大学
 国際出願番号 PCT/JP2005/008038
 国際出願日 2005 年 4 月 27 日
3. 発 明 者：中戸義禮、劉 海梅、中村 龍平
 発明の名称：可視光応答性を有する複合金属酸化物光触媒
 出願人 国立大学法人大阪大学、財団法人新産業創造研究機構
 国際出願番号 PCT/JP2005/022870
 国際出願日 2005 年 12 月 15 日

（5）受賞等

① 受賞

- (1) 受賞者名 中戸義禮（大阪大学大学院基礎工学研究科）
 賞の名称 電気化学会賞・武井賞
 受賞理由（タイトル）半導体電極の表面構造制御法の開拓と光エネルギー変換への応用
 受賞日 平成 16 年 03 月
 受賞団体名 電気化学会
- (2) 受賞者名 中村龍平（大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程 3 年）[応募時]
 賞の名称 平成 16 年度 第 1 回 Honda-Fujishima Prize

- 受賞理由 (タイトル) 金属酸化物光触媒上における光酸素発生反応の分子論的機構
 受賞日 平成 17 年 4 月 2 日
 受賞団体名 光電気化学研究懇談会
- (3) 受賞者名 今西哲士 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
 賞の名称 平成 16 年度 電気化学会進歩賞・佐野賞
 受賞理由 (タイトル) 固体表面上のナノ構造形成と光電気化学特性に関する研究
 受賞日 平成 17 年 4 月 2 日
 受賞団体名 電気化学会
- (4) 受賞者名 中西周次 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
 賞の名称 The Hans-Jurgen Engel Prize 2005
 受賞理由 (タイトル) Recognition of his excellent scientific work and publications
 in the field of electrochemistry
 受賞日 平成 17 年 9 月 6 日
 受賞団体名 The International Society of Electrochemistry
- (5) 受賞者名 中西周次 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
 賞の名称 日本表面科学会奨励賞
 受賞理由 (タイトル) 非線形化学ダイナミクスによる固体表面上への自己組織化構造
 形成
 受賞日 平成 18 年 2 月 7 日
 受賞団体名 日本表面科学会
- (6) 受賞者 中西周次 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
 賞の名称 日本化学会第 86 回春季年会・優秀講演賞
 受賞理由 (タイトル) 電気化学振動反応系における多重 Hopf 分岐とパターン形成
 受賞日 平成 18 年 3 月 30 日
 受賞団体名 日本化学会
- (7) 受賞者 中戸義禮 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
 賞の名称 光化学協会特別講演賞 2005
 受賞理由 (タイトル) 半導体表面のナノ構造制御・分子修飾による太陽光水分解への
 新しいアプローチ
 受賞日 平成 17 年 9 月 13 日
 受賞団体名 光化学協会

③ 新聞報道

- (1) 奈良先端科学技術大学院大学 浦岡行治 准教授
 日刊工業新聞 2007. 4. 6. 「高品質薄膜多結晶シリコンの形成」
 本技術は、薄膜トランジスタと呼ばれる高性能なスイッチの機能を持つ装置を実現する
 ために、重要なものである。これまでのシリコン薄膜作製技術では高温の熱処理のみに
 より作製していたが、均一性などの問題があり作製までに 20 時間もかかっていた。し
 かし、今回の成果では、バイオの技術を使い、ニッケルをタンパク質に包んでシリコン
 半導体上に吸着させ、ニッケルの触媒効果によりシリコンの結晶をつくったうえ、5-6
 秒程度の短時間の加熱で均一に薄膜化し、高品質のスイッチができるようになった。

③ その他

7 研究期間中の主な活動 (ワークショップ・シンポジウム等)

年月日	名称	場所	参加人数	概要
-----	----	----	------	----

H15. 2. 14.	チーム内研究 打ち合わせ	大阪大学大 学院基礎工 学研究科 D222室	13名	研究代表者が全体的な研究目的・ 内容・計画を説明し、その後、共 同研究者全員が各自の現時点での 研究成果・計画を発表し、討議を 行った。
H15. 7. 7.	平成15年度チ ーム内第1回 成果報告会	大阪大学待 兼山会館 (1階特別 会議室)	17名	研究代表者が今年度の基本的な研 究方針と計画を説明し、その後、 共同研究者全員が各自の研究成果 と計画を発表し討議した。
H15. 8. 6.	平成15年度オ ンサイトミー ティング (A)	大阪大学大 学院基礎工 学研究科 国際棟Σホ ール	35名	最新データを出来るだけ多く盛り 込んだ3グループの成果を実際の 研究担当者が直接発表・討議した。
H15. 12. 2.	平成15年度チ ーム内第2回 成果報告会	大阪大学待 兼山会館 (1階特別 会議室)	16名	研究代表者が研究の基本方針、課 題、計画を説明し、その後、共同 研究者全員が各自の研究成果・計 画を発表し討議を行った。
H16. 7. 26.	平成16年度第 1回チーム内 成果発表会	大阪大学中 ノ島センタ ー2階講義 室I	15名	研究代表者が研究の進捗状況、残 された課題、計画を説明し、その 後、共同研究者全員が各自の研究 成果と計画を発表し討議した。
H16. 11. 27.	平成16年度第 2回チーム内 成果発表会	大阪大学 基礎工学部 D122講義室	18名	同上
H17. 7. 16.	平成17年度第 1回チーム内 成果発表会	大阪大学基 礎工学研究 科C419 共用セミナ ー室	17名	同上 特に中間評価会を前にして、目的 達成度、残された課題、今後の研 究の進め方について討議した。
H17. 11. 26.	平成17年度第 2回チーム内 成果発表会	大阪大学 待兼山会館 1階特別室	18名	同上
H18. 7. 24.	平成18年度第 1回チーム内 成果発表会	大阪大学基 礎工学研究 科 A304教室	18名	同上
H18. 11. 1.	平成18年度第 2回チーム内 成果発表会	大阪大学基 礎工学研究 科 A304教室	16名	同上 進捗会議における実演について討 議した。

H18(2006), 10.4-8	第4回 Hot-wire CVD (Cat-CVD)プロ セス国際会議	高山市民文 化会館	135 名	Hot-wire CVD 法による半導体薄膜 等の作製と評価、製膜プロセスお よびデバイス開発等に関する研究 成果について、国内外からの招待 講演者ならびに一般参加者による 56 件の口頭発表および 52 件のポ スター発表が行われ、活発な議論 が行われた。参加者数は、国外 15 ヶ国から 42 名および国内から 93 名の計 135 名であった。
H19.8.25	平成 18 年度第 1 回チーム内 成果発表会	大阪大学基 礎工学部 C 棟 4 階セミ ナー室 (C423)	18 名	研究代表者が研究の進捗状況、成 果、達成度等を説明し、その後、 共同研究者全員が各自の研究成果 を発表し、領域会議、終了報告書 のまとめ方について討議した。

8 研究成果の展開

(1) 他の研究事業への展開

1. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成 16～17 年度 太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

研究課題「高開放電圧ヘテロ接合薄膜シリコン太陽電池」 27,000 千円

代表者 野々村修一、分担者 嶋川晃一、伊藤貴司、吉田憲充

協力者 東京工業大 小長井 誠 教授、旭硝子株式会社中央研究所 佐藤一夫
主幹研究員

2. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成 18～19 年度 太陽光発電システム未来技術研究開発

研究課題「微結晶 3C-SiC 薄膜を用いたヘテロ接合薄膜シリコン系太陽電池の研究開
発」 33,000 千円

代表者 野々村修一、分担者 嶋川晃一、伊藤貴司、吉田憲充、後藤民浩、小川俊
輔

協力者 東京工業大 小長井 誠 教授、旭硝子株式会社中央研究所 佐藤一夫
主幹研究員

3. 科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業(さがけ)平成 18-22 年度

研究課題「興奮性固液ナノ界面における物質ベクトル輸送」 40,000 千円

研究代表者 中西周次(大阪大学基礎工学研究科 助教)

4. 研究資金獲得

[科学研究費補助金以外]

(a) H16年度 花王芸術・科学財団

研究課題「自己組織的な界面活性剤の固体表面への周期的吸着脱離により誘起される
超格子構造」 1,000 千円

代表者 中西周次

(b) 平成 16 年 7 月～平成 17 年 3 月 研究成果活用プラザ大阪

研究課題「貴金属微細単結晶格子の創成」 1,000 千円

代表者 中西周次

- (c) 兵庫県立大学特別教育研究助成金
平成16, 17年度 特別研究
研究課題「金属超微粒子担持シリコンの化学エッチによる構造制御ナノ・マクロ多孔質層形成」 1,500 千円
代表者 八重真治, 分担者 松田 均, 福室直樹, 協力者 州立南フロリダ大 R. Schlaf
- (d) JST 地域イノベーション創出総合支援事業・重点地域研究開発推進プログラム
平成17年度 「シーズ育成試験」
研究課題「可視光応答性を有する新規金属酸化物光触媒の開発と応用」 2,000 千円
研究代表 中戸義禮, 担当コーディネータ 大阪大学先端イノベーションセンター 多田英明
- (e) H17 年度 近畿地方発明センター
研究課題「高度集積・不均一系キラル電極触媒の創成」 1, 200 千円
代表者 中西周次
- (f) H17 年度 倉田記念日立科学技術財団
研究課題「大表面積を持つキラル電極・不均一系触媒の創成」 1, 300 千円
代表者 中西周次
- (g) H19 年度 トヨタ先端技術共同研究
研究課題「非平衡・非線形ダイナミクスによる活性ナノ合金 3D ネットワーク構造体の構築」 5, 000 千円
代表者 中西周次
- (h) JST 地域イノベーション創出総合支援事業・重点地域研究開発推進プログラム
平成19年度 「シーズ発掘試験」
研究課題「新規ウェットプロセスによる高密度垂直磁気記録媒体の製造」 2,000 千円
研究代表 八重真治, 担当コーディネータ 兵庫県立大産学連携センター 瀧澤精一
- (i) 兵庫県立大学特別教育研究助成金
平成19 年度 特別研究
研究課題「超高密度垂直磁気記録媒体の開発を目指した多孔質シリコンマトリックスの作製」 1,400 千円
代表者 八重真治, 分担者 松田 均, 福室直樹

[科学研究費補助金]

- (a) H16, 17 年度 基盤研究(B) (一般) 16, 100 千円
研究課題「他元素ドーピング・可視光応答性の金属酸化物の表面光反応機構解明と光触媒活性の向上」
代表者 中戸義禮、分担者 今西哲士
- (b) H16 年度 特別研究員奨励費 1, 000 千円
研究課題「単一単層カーボンナノチューブの電子状態の構造依存性を利用した選択分別」
代表者 岡崎健一
- (c) H16 年度 特別研究員奨励費 1, 000 千円
研究課題「金属酸化物半導体の光エネルギー変換機能の向上をめざした表面光反応機構の解明」
代表者 中村龍平
- (d) H17 年度 萌芽研究 3, 300 千円
研究課題「非線形化学ダイナミクスに基づく自己組織化による秩序ナノ構造形成」
代表者 中戸義禮
- (e) H17, 18 年度 基盤研究(C) (一般) 1,400 千円
研究課題「金属微粒子援用エッチングによるポーラスシリコンの作製とその構造制御」

- 代表者 八重真治, 分担者 松田 均, 福室直樹, 協力者 州立南フロリダ大 R. Schlaf
- (f) H17, 18 年度 特定領域研究「光ダイナミクス」(公募) 4,900 千円
研究課題「双安定系での顕微分光による非線形協同化学反応の機構解明」
代表者 中西周次
- (g) H17, 18 年度 特別研究員奨励費 1,800 千円
研究課題「金属電析反応と電気化学振動とのカップリングによるナノ秩序構造形成法の
開拓」
代表者 深見一弘
- (h) H17, 18, 19 年度 特別研究員奨励費 2,700 千円
「非線形ダイナミクスによる多様な自己組織化秩序形成の開拓と三次元ナノ構造の構築」
代表者 長井智幸
- (i) H17, 18 年度 21 世紀 COE プログラム「自然共生化学の創成」、COE フェロー若手研究者
による自発的研究に対する補助金 2,200 千円
研究課題「電気化学系における動的自己組織化による環境調和型高次ナノ構造形成プロ
セスの開拓」
代表者 福島聡史
- (j) H18, 19 年度 若手研究(A) 12,700 千円
研究課題「水溶液中の酸化チタン単結晶基板上における競争的光反応メカニズムの解
明」
代表者 今西哲士
- (k) H18, 19 年度 萌芽研究 3,600 千円
研究課題「表面ステップ反応ダイナミクスを利用した新規ナノ複合構造表面の構築」
代表者 今西哲士
- (l) H18, 19 年度 基盤研究(C) (一般) 3,300 千円
研究課題「フォトエッチングによる酸化物半導体のナノポーラス加工」
代表者 杉浦 隆
- (m) H18, 19 年度 基盤研究(C) (一般) 3,800 千円
研究課題「半導体量子ドットの逆オージェ効果に関する研究」
代表者 玉井尚登
- (n) H19, 20 年度 若手研究(B) 2,900 千円
研究課題「振動電析反応を用いた金属微細格子の形成と表面増強ラマン散乱デバイスと
しての応用」
代表者 中西周次

(c) 実用化に向けた展開

1. 企業との共同研究

「可視光応答型光触媒に関する研究」

大阪大学先端イノベーションセンター (コーディネータ 多田英明、研究代表者 中
戸義禮)、竹中工務店、TOMATEC、古川技術士事務所

目的: BiTiVO_6 , BiZn_2VO_6 , BiCu_2VO_6 などの新規な高活性の可視光応答性金属酸化物の環
境浄化用の光触媒としての応用

2. 関西 TLO より出願の下記特許を兵庫県内の企業に有償で権利譲渡し、当該企業にて審査請
求中

無電解めっきのセンシタイジング液およびそれを用いて絶縁体表面を金属化する方法, 八
重真治, 松田 均, 特許公開公報(A), 特許公開 2005-248287, (2005).

同社がシリコン上の金属析出についても興味を持っていることから、研究助成金の提供を受
けている。

9 他チーム、他領域との活動とその効果

(1) 領域内の活動とその効果

1. 共同研究

中戸チームが $n\text{-TiO}_2$ 電極上での光酸素発生反応の機構の解明を進めているおりに、鯉沼チームがフッ化水素酸処理と熱アニールの方法で、原子レベルで平坦かつ安定な $\text{TiO}_2(110), (100)$ 面の形成が可能であることを発見した。それ以後、両研究室でこの表面の特性を明らかにするとともに、中戸チームではこれを機構研究に取り入れ、光酸素発生反応の機構の解明を成功させた。

2. 領域会議、オンサイトミーティング等への参加がきっかけとなって生じた研究上の展開

- ◆初期のころのシミュレーションにおいて実験結果を再現できずにいたとき、池庄司チームのシミュレーションの研究成果を聞き、ここに同じ困難があることに気付いた。これがきっかけとなり、現在のシミュレーション技術では電極界面の電気二重層を正當に取り入れることができないという根本問題があることを知った。そこで、本研究の後半には、 $n\text{-Si}$ /レドックス溶液接合を $p\text{-n}$ 接合で近似してモデル化する方針に切り替え、これによって多くの複合電極についてシミュレーションに成功することができた。
- ◆本研究チームでは、多結晶 Si ウェーハに適用可能なテクスチャー化技術(金属微粒子援用 H F エッチング)を開発したが、この発表のさいに、本研究領域のアドバイザーから助言があり、これがきっかけになって、この方法をパターンドメディア型磁気記録媒体の開発に適用できることを知り、現在、取り組んでいる。これを実現できれば、テラビット毎平方インチの超高密度記録媒体が製造可能となるものと期待している。

(2) 領域横断的活動とその効果

領域横断の全体発表会に 2 回出席し多くの研究者の発表を聞き、交流を深め、大変刺激になった。しかし、研究上の展開として特記するものはなかった。

10 研究成果の今後の貢献について

(1) 科学技術の進歩が期待される成果

1. 高効率・低コストの太陽光水分解は人類の悲願であり、また石油、天然ガス等の埋蔵エネルギーの枯渇や地球環境問題が叫ばれる今日においては緊急の課題となっている。これは衆目の一致するところであろう。本研究では、新しく“結晶 Si/a-Si/GaP”型の複合電極(バンドギャップ E_g : 1.1 eV, 1.7 eV, 2.26 eV)を開発し、世界最高レベルの効率 2.3 - 3.5 %を達成し、さらに $n\text{-p}$ GaP の作製法を適正化することにより、実用化の可能性の目途となる効率 10% の達成の見通しがあることを示した。また GaP には窒素のドーピングによるバンドギャップの縮小および光吸収係数の増大などの一層の効率向上の可能性が存在し、資源埋蔵量も少なくないことを示した。これにより、“多結晶 Si 薄膜/a-Si 薄膜/GaP”の組合せが低コスト・高効率の太陽光水分解用の複合電極として最適のものの一つになることを明らかにした。本研究のこの複合電極は、新しい有力な複合方式として、今後大きく発展することが期待される。
2. Si 太陽電池の光起電力を向上するために、 n 型微結晶立方晶 SiC:H($\mu\text{C-3C-SiC:H}$)薄膜を世界で初めてアモルファス Si 太陽電池に適用し、このタイプの太陽電池としては世界最高の開放光電圧 0.966V を達成した。この成功は、微結晶立方晶 SiC:H($\mu\text{C-3C-SiC:H}$)薄膜の薄膜太陽電池への応用の有効性を明確に示しており、今後高効率化の新しい方法としてこの薄膜は活用されていくであろう。
3. Si 表面のアルキル化は、基板となる Si 結晶において、大きな単結晶が容易に得られる、原子レベルで平坦でかつ反応活性な水素終端化された表面が化学エッチングで容易に得られる、 p 型、 n 型、金属導電性のいずれの結晶も容易に得られるという利点があり、固体・半導体表面

の分子修飾によるナノ・サブナノ領域の構造制御と機能制御という先端的課題の格好の対象となっている。このため、電子デバイス、光変換デバイス、化学センサ、バイオセンサなどの広い分野において最近世界中で注目され、研究者数が急増しつつある。本研究グループは、世界に先駆けて、この分野に取り組み、多くの先導的成果を挙げた。また、日本における電気化学、表面科学と有機化学との融合による新しい学際分野の創成をはかり、新しい研究分野の構築に大きく貢献した。アルキル化されたSi表面は、修飾分子の高度な構造制御により、ちょうど生体系でDNAが果たしているような、微細プロセスを制御するテンプレートとしての役割を果たす方向へも発展していくと期待される。本研究グループの成果の中にはこの端緒を開いたとみなせるものも少なくない。たとえば、Si 表面にエチニル ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-$) 基や白金などのクラスター分子を導入できる可能性を示した。また温和な条件の反応を特徴とする新しいヒドロシリル化法を開発し、これによって従来法では困難であった種々の高機能の置換基を有するアルキル基を自在に導入することが可能となった。本研究の成果は、光エネルギー変換に限らず、広い分野で活用されていくことは間違いない。

4. 本研究では、表面アルキル化・白金微粒子担持の n -Si 電極が、高いエネルギー変換効率と安定性を持つ優れた電極になることを示し、実際にヨウ化水素の太陽光分解で世界最高の効率を達成した。この成果は、有用な Si 半導体の利用の可能性を大きく広げたという意味で極めて重要である。Si 半導体は、適度な大きさのバンドギャップ、良好な半導体特性、豊富な埋蔵資源量、無害性などの面からみて太陽エネルギー変換に好適の半導体であるが、水溶液中、特に光照射下では容易に酸化されて表面に絶縁性の酸化被膜を形成する。このため、これまで、水溶液と接触させる湿式太陽電池や太陽光水分解の系には Si は利用できないと長い間信じられてきた。しかし、本研究で開発した表面アルキル化・白金微粒子担持の方法により、Si を有効に湿式太陽電池や太陽光水分解の系に利用できるようになり、Si の利用の可能性が大きく広がった。さらに、本研究の表面アルキル化・白金微粒子担持の n -Si 電極は、Si 表面に数 nm サイズの活性点 (反応サイト) をまばらに形成し、残りの表面を不動態化することにより、高性能・安定な Si 電極が得られるという新しい原理を示しており、アルキル化以外の不動態化法 (たとえばシリコンナイトライド薄膜の形成など) の利用により、今後、一層大きく発展していくものと考えられる。
5. 本研究では、新しく n -Si/ p -CuI ヘテロ接合を開発した。これは n -Si を用いる新しいタイプのヘテロ接合であって、簡単な方法で作製でき、かつ非常に高い開回路光電圧 ($V_{oc} = 0.62$ V、通常の p - n Si では 0.59 V) を発生する。このような高性能が現れる第一の理由は、表面準位の少ない水素終端化 Si を利用し、しかもこの上にソフトな薄膜形成法である真空蒸着法で p -CuI 薄膜を形成する点にある。これによって表面再結合が大幅に低減される。さらに n -Si の価電子帯と p -CuI のそれとの間でエネルギーマッチングがよく、そのうえ p -CuI の伝導帯が n -Si のそれよりはるかに上にあるため n -Si からの多数キャリア暗電流密度が非常に小さくなる点も重要である。以上の点から見て、この新しい接合は高効率なヘテロ p - n 接合を形成する新しい一般的指針を与えている。今後、この接合原理を利用した高効率なヘテロ p - n 接合の開発が進められていくと思われる。
6. 本研究では、簡単な化学エッチングの方法で、多結晶 Si ウエーハに均一に無反射処理に施す新しい方法を開発した。Si などの半導体表面の光反射は 30% 以上にも達するので、太陽エネルギー変換において半導体の無反射処理は効率向上の上で非常に重要である。これまで単結晶 Si では異方性アルカリエッチングを利用した表面テクスチャー化 (ピラミッド形成) による無反射化が図られてきたが、この方法は (100) 面にのみ適用可能であるため、多様な結晶面が露出する多結晶 Si ウエーハには適用できない。このため多結晶 Si ウエーハの化学的テクスチャー化に関しては、これまで適当な方法が存在しなかった。このような理由から、本研究で開発した「金属微粒子援用 HF エッチング」の方法は、新しい Si 表面のナノ加工技術として多方面から大いに注目されている。

さらに、最近、酸素をはじめとする酸化剤を一切含まない HF 水溶液中で、かつ光のない環境下で、Si 上にパラジウムが存在すると Si のエッチングが高速に進行することを見いだした。これは、従来知られていない現象で、新たな Si のエッチング法としてだけではなく、パラジウムに

よる Si 表面の活性化の観点からも今後の展開が期待される。

7. 本研究で新しく解明・確立した n -TiO₂ (ルチル) 表面上での水の光酸化反応の機構は、従来から広く信じられてきた Marcus, Levich, Gerischer らの電子移動理論に基づく機構に対して、表面正孔への水分子の求核攻撃という全く新しい観点からのアンチテーゼを提出し、表面反応理論にブレークスルーをもたらした。これは学問的に重要であるばかりでなく、水の光酸化反応の速度が、いわゆる酸化還元電位 [$E(\text{HO}\cdot/\text{HO}^-)$ 、 $E(\text{HO}\cdot + \text{H}^+/\text{H}_2\text{O})$ など] に直接には依存せず、むしろ電極表面の電子的・化学的・形態的因子の方が重要であることを明らかにした点で、実用面からも重要である。これによって、 N -doped TiO₂、TaON、Ga₂N-ZnO 固溶体などの含窒素化合物上における水の光酸化 (N_{2p} 軌道にある正孔による水の酸化) の機構が理解できるようになった。つまり、新機構は可視光応答性の水酸化用半導体の開発に基本指針を提供するものとなった。さらに、これまでは反応機構が不明で、手探り状態にあった一般の酸素発生電極の開発にも研究指針が与えられることになった。これによって、化学エネルギー変換において基本的に重要な酸素電極の研究も新しい段階に入ることになり、一層の発展が期待されることとなった。
8. 液中アブレーションを用いた可視光応答性の金属酸化物の微粒子化とこれを利用する高効率な微粒子薄膜電極の作製は、本研究が初めて試み、成功裏に達成させた新しい方法である。この方法は、色素増感型太陽電池等でも効率の良い電極が作製できているので、発展の見込みの高い方法である。
9. 今回、本研究では、ナノ構造材料・システムの評価のための新しい超高感度顕微鏡吸収分光システムを開発した。この手法では、増幅しないレーザーを用いてプローブ用白色光を発生させているので、試料のダメージも少なく、また極めて高感度であるので微小領域の反応ダイナミクスの研究に適用できる。特に、生物体等のサンプルを生きたまま解析することができるので、この開発の波及効果は材料開発にとどまらず生命科学に至るまで非常に広い。さらに、増幅しないレーザーを用いているので、従来の過渡吸収分光法に比べて増幅装置が不要であり、金銭的に従来の半分以下の価格で装置を組み立てることが出来る。この意味でも波及効果は極めて大きいと思われる。

(2) 社会・経済の発展が期待される成果

1. アモルファス n - i - p Si と WO₃ 微粒子薄膜あるいは多結晶 n - p Si と WO₃ 微粒子薄膜とからなる複合電極で、外部バイアス存在下、低効率ではあるが、太陽光水分解に成功した。この成果は、WO₃ などの金属酸化物の微粒子のペーストを塗るという極めて簡単な方法で太陽光水分解を達成できることを示している。これは、太陽電池の方式に比べて、太陽光水分解の方式が低コスト化の面で大変優れていることを明確に示しており、実用化においては非常に重要である。将来、金属酸化物微粒子膜で効率のよいものが見出されれば、この方式は一躍太陽エネルギー利用法の主流になる可能性をもっている。
2. 本研究では、安価な微結晶 Si 薄膜電極を用いて、複合電極とせずに、太陽光によるヨウ化水素の水素・ヨウ素への分解を達成した。この反応は個人住宅の屋上において実施できるので、もう少し効率が上れば、実用化の可能性も見えてくるであろう。
3. 現在、アモルファスおよび微結晶シリコン薄膜の作製法はプラズマ CVD 法が主流であるが、本研究では、Hot-wire CVD 法を用いた。この方法はフィラメントによる原料ガス分解の方法であるため、基板の形状や種類の選択に自由度が高く、大面積化にも対応が容易である。本研究で Hot-wire CVD 法が高い性能の薄膜を作製できるという可能性を示したので、今後、産業界への技術移転も考えられるようになるであろう。
4. 多結晶 Si ウエーハは現在の実用太陽電池の主要材料であることから、本研究で開発した、この材料表面に適用可能な均一テクスチャー化技術は、実用太陽電池において大きな意義を持つ。また、この方法は、金属微粒子援用 HF エッチングによるパターンドメディア型磁気記録媒体の開発にも適用でき、現在、取り組んでいる。これを実現できれば、テラビット毎平方インチの超高密度記録媒体が製造可能となるものと期待される。
5. 本研究では、高活性の可視光応答性金属酸化物の開拓を行い、BiTiVO₆、BiZn₂VO₆、

BiCu₂VO₆ などの新規な高活性の金属酸化物の発見に至った。特に BiTiVO₆ は高活性で、この研究成果は、本研究とは別に、環境浄化用の光触媒として(株)竹中工務店などとの共同研究に発展している。

6. 本研究で開発した Si のシアン終端化溶液は、エスシースクエア終端化溶液（エスシースクエア：SC²=Super Clean and Surface Controllable）と呼ぶことができ、すでに数社から問い合わせがあり、国内だけでなく海外の研究グループとの共同研究も始めている。

11 結び

太陽エネルギー利用に対する国民一般の期待は高く、その実用化が待望されている。しかし、この研究は低コスト化の面で大きな困難を抱え、多くの研究がなされているにもかかわらず、未だ大規模実用化は実現していない。本研究では、この困難を打開すべく、図 50 に示すような大きな夢をもって、高効率・低コストの太陽光水分解を目標に研究を進めてきた。

人類の未来を見て、人類が太陽エネルギー利用に成功した場合と成功しなかった場合とを比べると、大変大きな差がある。太陽エネルギー利用に成功した場合には、現在社会がかかえるエネルギー、環境、原子力関連の種々の困難はほとんど解決され、明るい発展的な未来が予想される。これに対して、太陽エネルギー利用に成功しなかった場合には、現在の問題が一層深刻な形で我々の生活にのしかかり、暗い厳しい未来が予想される。太陽エネルギー利用研究の重要性が実感されるところである。

太陽エネルギー利用に関する研究は困難が大きく、一步一步の着実な進展が重要である。一方、この研究には早急に目立った成果が出にくいと、一部には、当面の利用価値だけを重視して、太陽エネルギー利用研究を否定的に評価する傾向もみられる。こういう点から考えて、今回、本領域にこの方面の研究が二つも取り入れられたことには深く感謝している。

本研究では、太陽エネルギー変換効率の目標値として、実用化の可能性の目途となる（しかし現在の研究レベルから見ると画期的に高い）10%を設定し、また低コスト化の基準として、高コスト・有毒の材料や低埋蔵量の元素を使用しないこと、また超高真空、高温などの高エネルギー消費の製造法を利用しないことを設定した。この基本方針のもとに研究を進め、実用化の可能性を持つ低コスト材料で 2.3 - 3.5 %を達成し、また GaP の作製法を太陽電池用に適正化すれば、効率 10% の達成も可能という見通しを示した。さらに GaP には窒素のドーピングによるバンドギャップの縮小、光吸収係数の増大などの一層の効率向上の可能性が存在する。これにより、時間的・資金的制限があるため、完全とは言えないまでも、本研究は、ほぼ目標を達成しえる地点にまでは至ったと考えている。

このほかに、本研究では、アモルファス *n-i-p* Si や多結晶 *n-p* Si に WO₃ 微粒子薄膜を組み合わせる形で、外部バイアス存在下、低効率ではあるが、太陽光水分解に成功した。この成果は、金属酸化物の微粒子のペーストを塗るという極めて簡単な方法で太陽光水分解のための複合電極を作製できることを示している。本研究では達成できなかったが、将来、可視光応答性の金属酸化物微粒子膜で効率のよいものが見出されたならば、この方式で効率のよい太陽光水分解を達成できる。そうなれば、この方式は低コストの特徴をもつので、一躍太陽エネルギー利用法の主流になる可能性をもっている。本研究はこういう可能性も示した。

本研究では、太陽光水分解を目標にする中で、その基盤となる要素研究にも多くの共同研究者

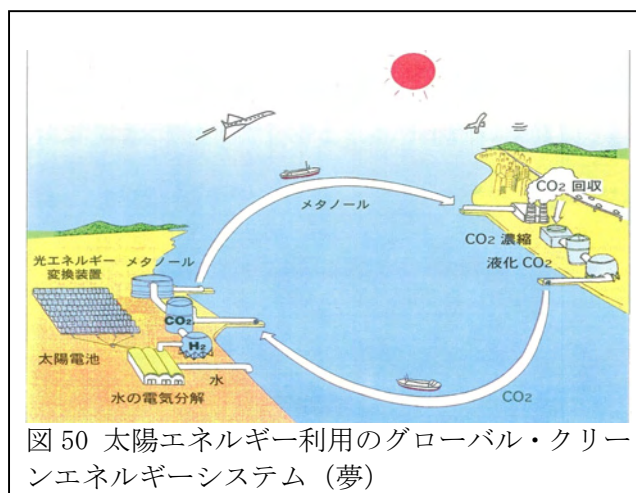


図 50 太陽エネルギー利用のグローバル・クリーンエネルギーシステム（夢）

を迎え、自由に研究してもらった。この要素研究からは世界初の優れた研究成果が数多く生まれるとともに、この要素研究が物理化学、有機化学、半導体物理と多方面におよんでいたために、広い領域にわたる共同研究を世界に先駆けて展開することになり、新しい学際的研究分野の創成にも寄与することになった。本研究で芽生えた課題や体制が核となって、これから学際領域での発展的な研究推進がなされることを期待している。

本研究チームの研究代表者はすでに定年退職を迎え、残念ながら、新たなプロジェクトを企画し申請する資格を失っている。今後は、本研究チームにいろいろな形で参加した若い共同研究者の研究の発展を望むばかりである。若い研究者からは「短い研究プログラムが多い中で、長期にわたって課題に取り組めたことはたいへん恵まれていた」「本格的な共同研究をはじめて行い、大きな刺激を受けた」「チーム内でもう少し自分の得意な分野を生かした共同研究が出来れば良かった」といった意見があった。一方、研究費の使い方では「全額受託研究になる以前は、秘書のいない小規模研究室では、大きな事務負担でした」という意見があった。最後の点は研究代表者も実感するところで、研究費は税金から出てきているゆえにその使用は厳正にすべきことは同意するにしても、あまりに事務的に過剰な厳正主義は官僚主義に陥り、かえって税金の無駄使いになるのではないかと思っている。

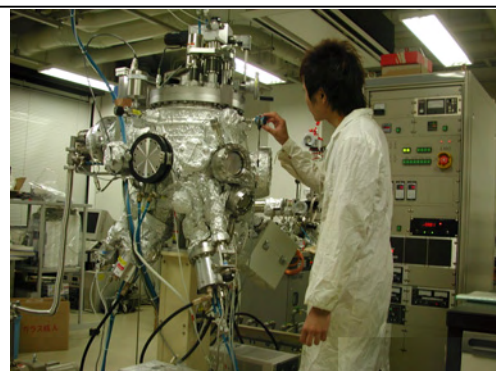
最後に、5年半の長きにわたり本研究をご支援いただいた藤嶋 昭領域代表をはじめ、アドバイザーの諸先生方、科学技術振興機構・戦略的創造事業本部の方々、領域の技術参事、事務参事をはじめとする事務の方々には厚くお礼を申し上げます。



中戸研究室の集合写真（2004年9月30日、大阪大学豊中キャンパス、基礎工学部の前庭にて、小生の右隣、今西准教授、前列右端の女性:Dr. Liu Haimei



擬似太陽光源(Solar Simulator):擬似太陽光照射下における複合電極の光電流－電位特性の測定ならびに太陽エネルギー変換効率の決定に使用



マグネトロンスパッター蒸着装置:金属酸化物薄膜のスパッター蒸着に使用