

戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域「ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成」

研究課題「ナノ界面・電子状態制御による高速動作有機トランジスタ」

研究終了報告書

研究期間 平成18年10月～平成24年3月

研究代表者:塚越一仁
(独立行政法人物質・材料研究機構
国際ナノアーキテクニクス研究拠点・主任研究者)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

軽量で柔軟なプラスチックエレクトロニクスの実現のため、主要要素である有機トランジスタの動作機構の基礎解明と有機に適したプロセスの開発を研究した。有機トランジスタの魅力は、形状形成に際しての自己組織化と薄膜の柔軟性である。分子間力による自己組織化によって、従来の半導体素子形成プロセス(一般的に 350 度以上)と比較すると、格段に低い室温帯で成膜が出来る。この温度であれば、高温にて溶解もしくは変形するプラスチック基板上に素子を直接形成できる。

有機薄膜を使ったトランジスタでは、電界効果移動度がルブレ単結晶トランジスタに於いて 20~30cm²/Vs に達することが実験的に見出され、Mott 転位を使った電界効果有機素子では約 100cm²/Vs にも達する(双方ともに塚越らが貢献した共同研究の成果)。この高い特性を引き出しうる自己組織化プロセスが出来れば、印刷によって素子形成も可能となり、製造コストも従来のフォトリソ法で作製するより格段に低減する。しかしながら、有機トランジスタの電流注入抵抗は数 10k~数 MΩ cm と高く、素子の動作電圧(一般に数 10V~100V 程度)が高い。この要因が全く解明されていないことから、有機トランジスタに用いるべき分子材料、構造、電極材料などの全ての要素開発が手さぐりであり、実用を目指すメーカーから有機トランジスタ伝導機構の解明が望まれていた。

本研究において、金属電極から有機薄膜への電流注入の機構を調べた。高い端子抵抗は予想通りに高周波領域の動作律則要因であることが判明した。さらに、ゲート電圧やドレイン電圧走印でのヒステリシスも端子抵抗に依存することが分かった。これらの問題は全て、端子界面の高密度トラップ帯に起因することがわかり、有機薄膜を構成するグレインの界面のトラップであることが分かった。

要因が分かったことで、改善方法を探求した。乱れた金属酸化膜 1nm 挿入すると、端子抵抗が低下することが分かった。SiO_x や AlO_x のような絶縁膜であっても端子抵抗は低減することから、この挿入酸化膜を用いれば、高価な金以外では電極を作れなかった有機トランジスタ電極に対して、新たな指針の提供となった。特に、酸化膜が自然に形成する銅を適切に使うと、界面酸化が起こって従来の金電極よりも良好の特性となることも見出した。(基本技術は関連メーカーに移転し、プロセス全体との適合性を検討中)。

また、根本的な界面トラップフリーとするためには、結晶を使うべきであることを示した。結晶チャネルは伝導性が高い事は自明であるが、結晶が端子抵抗の低減に利する事は新しい概念である。我々は溶液法を使って基板上に直接結晶を作製し、トランジスタに利用する技術を開発した。電界効果移動度も最大 14cm²/Vs に達した。この結晶はバンド伝導を示すこともわかり、応用展開ならびに学術探究に対してインパクトとなった。

この結晶トランジスタの基礎知見は、有機発光トランジスタに転用され、レーザー発振に重要な高密度電流注入に関して、研究開始当初から2ケタの向上を達成し、最終目標であるレーザー発振のための重要な進展を成し遂げた。

さらに、導電性炭素系膜であるグラフェンの高い結晶性に期待し、導電特性を活かした電子素子適応のための特性解明を行った。グラフェンは本質的にバンドギャップが存在しないが、電界効果によって大きなバンドギャップが制御よく変調できることを見出した。しかし、グラフェンの乱れによって、電気伝導は容易に影響を受けてバンドギャップ伝導を打ち消してしまうことも分かった。

これらの研究進展によって、現在開発中の有機トランジスタの学術的および工学的問題への提言となっている。実際に従来の概念では説明出来ない様々な現象も統一的に理解出来るようになっただけでなく、再現性良く 1kΩ cm 以下の端子を有する素子を作れる様にもなった。さらに、トラップフリー注入を実現することが可能な有機結晶トランジスタの意義が明確になり、極めて挑戦的な結晶列作製プロセスに関する技術は広く評価頂いている。このため、開発した技術は関連メーカーに関心を頂き、すでに技術移転を行って、各社の技術開発や全プロセスとのマッピングなどの詳細を検討頂いている。

さらに未来素子として期待される有機発光素子やグラフェン素子の基礎知見は、今後関連デバイス発展の起点となると確信している。

(2) 顕著な成果

1. 有機トランジスタにおける電流注入機構解明と注入改善プロセスの開発

有機トランジスタの高抵抗要因である端子注入障壁が、界面の高密度トラップによる高抵抗層にあることを初めて見出した。このトラップは界面の分子配列乱れによって生じる。空気中での銅/有機膜界面のアモルファス酸化膜によって、トラップ効果を抑制し低抵抗化する事を見つけ、銅電極使用もしくはアモルファス酸化膜導入を提言した。また、界面トラップを低減するプロセスを開発し、従来不可能とされていた有機結晶の基板上直接形成を、有機分子の自己組織化を活用した革新的溶液プロセスを開発し、メーカーへ技術提供した。

2. 注入障壁とトラップ制御による発光トランジスタの高輝度発光技術確立

有機トランジスタに電子とホールを注入し、発光制御するために、カルシウム/有機単結晶界面評価方法を確立し、電子トラップの軽減、さらに電気 2 重層を用いた新概念に基づく有機単結晶両極性トランジスタ作製に成功した。到達可能な電流密度を、従来よりも2桁の大幅な向上に成功した。これらは新しい発光トランジスタさらにはレーザーデバイス提唱に結びつく重要なマイルストーンであり、有機トランジスタの新機能応用の方向性を提示できた。

3. グラフェン伝導膜のトランジスタ適応性検討とバンドギャップ導入

有機トランジスタでは到達し得ない移動度を有するグラフェンの次世代材料としての適応性を評価した。本来バンドギャップのないグラフェンに対して、2 層グラフェンへの電界効果にてバンドギャップ導入に成功した。また、歪みの導入にてバンドギャップ導入の可能性の先行現象を見出した。さらなる技術開発を進めると同時に、知見・技術の提供を続けている。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

フレキシブルディスプレイ等の有機トランジスタが有効なアプリケーションでは、有機トランジスタに求められる素子のチャネル長は 10 ミクロン程度(仕様によっては数ミクロン)である。本研究の開始当時、数 10 ミクロンチャネル長の素子抵抗はチャネル長に依存するが、10 ミクロン以下では端子抵抗が素子動作を律速することが指摘され、議論となり始めていた。電流注入を系統的に論じた報告も全く無く、知見も指針もなく関連開発を進めなければならなかった。このため、画像デバイスや集積回路の有機トランジスタに関して、カンに頼った試行錯誤が繰り返され混沌としていた。この背景に対して、我々の有機トランジスタ研究の当初は、漠然とした有機デバイス固有の問題を整理して改善することが必要であった。そのうえで、有機トランジスタに適した素子作製法を見出さなければならなかった。実際に、有機トランジスタ実用を目指すメーカーから有機トランジスタ伝導機構の確定的な解明が強く望まれていた。

研究開始当初、薄膜有機トランジスタをサブミクロンまで縮小し、動作速度を向上させることを目論んだ。トランジスタの短チャネル化は、端子抵抗などが理想的であれば、 $1/(\text{チャネル長})^2$ にて動作向上が期待でき、有効な方法である。実際、サブミクロン長の技術は次世代開発に必要となるはずであり、サブミクロン技術が開発できれば数ミクロン長も十分に制御可能な技術である。

当時の他グループからのサブミクロン素子の報告では、1 つ素子を作って、トランジスタとして動作することを報告するスタイルが多かった。電界効果移動度は $0.01\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度であり特性ばらつきが大きいことが要因未解のまま指摘されていた。これに対して我々は、独自の方法でサブミクロン素子を再現性良く作る方法を開発し、1 基板上にて系統的にチャネル長を変化させて素子を評価する事をすすめ、特性バラツキの要因はサブミクロン有機トランジスタでは端子抵抗～素子抵抗であることを突き止めた。さらに、ゲート電圧印加に対して端子抵抗が変化することで、見かけ上、トランジスタとして動作しているために、高い端子抵抗が障壁となって電界効果移動度が低いことを解明した。さらに、チャネル長と有機チャネルのグレインサイズが同等であることから、グレイン効果によって容易に端子抵抗に揺らぎが生じ易いことを解明した。サブミクロン有機トランジスタの端子部位に局所ドーピングを施す独自方法を開発し端子抵抗を低減することに成功し、チャネル内伝導変調が可能であることを実現した。実際に、サブミクロン有機薄膜素子においても、従来報告に対して電界効果移動度を一桁以上の向上に成功した。

この系統的な研究は、有機薄膜短チャネル素子の根本的な問題を明確にすることが出来た。有機薄膜は多結晶粒で構成されており、チャネル長が多結晶粒サイズにちかづく、グレイン界面伝導によってトランジスタのオフ電流が増大することを明確に観測した。実験では、チャネル長の縮小に対して(チャネル長)⁶ でオフ電流が上昇した。これは端子抵抗にほぼ依存せず、有機トランジスタであっても多結晶の代わりに単結晶を使うべきであることが示唆された。

この根本問題を原点から見直すために、数 10 ミクロンから 10 ミクロン程度までの“現実的な短チャネル素子”に注目し、現実的有機トランジスタの電流注入問題の解明と制御を試みた。このミクロンチャネルに対しても端子抵抗要因の議論は極めて希薄であり、伝統的に使っている高コストの金電極を代換を可能とする材料の知見も技術も全く無かった。

我々の実験において、金属/有機薄膜界面の実効的電流注入を決める要因が、従来の金属の仕事関数と分子の分子軌道エネルギーとのマッチングだけでは説明出来ない事が分かった。極めて理想的な状況に限定できれば、従来モデルが成り立つが、実際の有機トランジスタでは、理想通りの機構にはならない。この要因が有機薄膜と金属の界面の高密度トラップ帯にあることが判明した。この要因の解明によって、界面への酸化膜挿入法が実現した。

さらに、判明した電流注入機構に基づくと、有機薄膜を用いた場合は素子特性の向上は可能であるが、向上上限もやはり端子抵抗に律速される。このため、理想的な注入を目指した有機分子の特性を活かした自己組織化溶液法によるトランジスタ作製プロセスの開発に挑み、基板表面の改変にて溶液分散領域を制限する方法を開発し、既提案法よりも格段に省材料・省行程のプロセス開発に成功した。また、従来の溶液法から作った有機トランジスタの電界効果移動度は $0.01 \sim 0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ の程度であり、蒸着法で作製したトランジスタ($0.1 \sim 1\text{cm}^2/\text{Vs}$)には達しないと考えられ

ていたが、結晶性を向上させることでチャネルの伝導と界面トラップを同時に低減させる独自溶液法(2層分離法+溶媒アニール法)にて、 $9.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ (達成時世界一)を実現した。さらに、素子構造の改良によって $14\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度まで向上する事も分かった。

これらの進展は、3チームでの様々な試行錯誤と議論から得られた結果である。また、それぞれのチームでの発光トランジスタやグラフェンデバイスの基礎解明に直接的もしくは間接的にフィードバックされ、それぞれに進展することが出来た。実際に開発に取り組むメーカーから有機トランジスタの溶液プロセス開発の研究協力依頼や、大学等からの我々の開発した薄膜装置を用いての研究協力依頼などを多数受け、さらなる技術開発発展の機会となった。

これらの研究進展に対して、論文・解説 124 報ならびに招待講演 167 回の発表機会を頂き広く研究議論をすることができ、これらの研究議論がさらに効率的な研究進展のアイデアを創り出す正サイクルが確立された。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

有機薄膜トランジスタの電流注入問題の解明と制御ならびに適した革新的素子作製プロセスの開発に関して、問題点を電流注入に着目し問題の解明と解決を推進した。軽微な予定変更は常に生じたが、上記の本題に関しては一貫して研究を推進し、修正などは生じていない。

当初は、電極/有機半導体界面の電流注入を端子の局所ドーピングにて低減できると考えていたが、多結晶を使っている限り、多結晶粒の問題が生じることがわかり、有機結晶チャネルには結晶を使うべきであることとした。研究開始当初、有機結晶を基板上で直接形成することは不可能と考えられていたが、独自の方法を創り出すことで実現することができた。

§ 3 研究実施体制

(1) 「有機トランジスタの界面制御と短チャネル素子(塚越)」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
塚越 一仁	独立行政法人物質・材料研究機構	主任研究者	H18.10～ H24.03
青柳 克信	立命館大学	教授	H18.10～ H24.03
三成 剛生	独立行政法人物質・材料研究機構	研究員	H18.10～ H24.03
Peter Darmawan	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H22.08～ H24.03
李 昀	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H22.08～ H24.03
Michael V.Lee	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H22.10～ H24.03
倉持 宏実	独立行政法人物質・材料研究機構	特別研究員	H22.04～ H24.03
劉 川	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H21.09～ H24.03
黎 松林	独立行政法人物質・材料研究機構	NIMS-MANA ポスドク	H21.08～ H24.03
熊谷 明哉	独立行政法人物質・材料研究機構	NIMS-MANA ポスドク	H21.01～ H23.03
宮崎 久生	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H18.10～ H23.03
徐 勇	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H23.12～

	構		H24.03
小高 隼介	独立行政法人物質・材料研究機構/東京工業大学	専任 RA	H18.10～ H22.03
陸 旭兵	独立行政法人物質・材料研究機構	ポスドク研究員	H21.05～ H22.03
宮寺 哲彦	独立行政法人産業技術総合研究所	ポスドク研究員	H18.10～ H21.03
王 穂東	独立行政法人理化学研究所	ポスドク研究員	H19.04～ H20.08
瀬戸 麻里	独立行政法人理化学研究所/京都大学	実習生(修士課程大学院生)	H19.04～ H19.12

②研究項目

界面制御と短チャネル素子

(2)「有機半導体基礎伝導(岩佐)」グループ

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
岩佐 義宏	東京大学 工学系研究科	教授	H18.10～H24.3
竹延 大志	早稲田大学 先進理工学部	准教授	H18.10～H23.3
下谷 秀和	東京大学 工学系研究科	特任講師	H18.10～H23.4
笠原 裕一	東京大学 工学系研究科	助教	H20.4～H24.3
叶 劍挺	東京大学 工学系研究科	特任助教	H22.4～H24.3
Satria Zulkarnaen Bisri	東北大学 理学研究科	博士課程大学院生	H18.10～H23.9
蓬田 陽平	東北大学 理学研究科	博士課程大学院生	H19.4～H24.3
澤部 宏輔	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H22.4～H24.3
佐藤 達哉	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H22.4～H24.3
津田 諭	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H20.4～H23.3
小林 克樹	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H20.4～H22.3
井上 誠之	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H20.4～H22.3
木内 脩治	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H19.4～H21.3
岸梅 工	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H19.4～H21.3
嘉治 寿彦	東北大学 金属材料研究所	博士研究員	H19.4～H20.8
高野 琢	東北大学 理学研究科	博士課程大学院生	H18.10～H22.3
田口 康二郎	東北大学 金属材料研究所	准教授	H18.10～H19.9

松岡 亨卓	東北大学 金属材料研究所	研究員	H18.10～ H18.11
川端 崇広	東北大学 理学研究科	博士課程大学院生	H18.10～H19.3
西島 崇裕	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H22.4～H23.3
尹 聖在	東北大学 理学研究科	修士課程大学院生	H22.4～H23.3
張 奕勁	東京大学 工学系研究科	修士課程大学院生	H23.4～H24.3
竹内 裕紀	東京大学 工学系研究科	修士課程大学院生	H23.4～H24.3

②研究項目

有機半導体基礎伝導

(3)「面内伝導システム基礎伝導(神田)」グループ

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
神田 晶申	筑波大学大学院数理物質科学研究科	准教授	H18.10 ～ H24.03
友利 ひかり	筑波大学大学院数理物質科学研究科	博士課程大学院生	H21.4～H24.03
豊田 行紀	筑波大学大学院数理物質科学研究科	修士課程大学院生	H22.4～H24.03
貫井 洋佑	筑波大学大学院数理物質科学研究科	修士課程大学院生	H23.4～H24.03
後藤 秀徳	筑波大学大学院数理物質科学研究科	研究員	H20.4～H.23.3
田中 翔	筑波大学大学院数理物質科学研究科	修士課程大学院生	H20.4～H23.3
森木 拓也	筑波大学大学院数理物質科学研究科	修士課程大学院生	H18.10～H19.3
佐藤 崇	筑波大学大学院数理物質科学研究科	修士課程大学院生	H18.10～H20.3

②研究項目

面内伝導システム基礎伝導

§ 4 研究実施内容及び成果

4.1 有機トランジスタの界面制御と短チャネル素子(独立行政法人物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点 塚越グループ)

(1)研究実施内容及び成果

[概要]

有機トランジスタの魅力は、形状形成に際しての自己組織化と薄膜の柔軟性である。分子間力による自己組織化によって、従来の半導体素子形成プロセスよりも一桁低い温度で成膜が出来る。この低温形成によって、プラスチック基板にも素子を直接形成できる。しかし、未解明の事項が多く、動作電圧も高いことから、実用は容易ではないと思われていた。この有機トランジスタの研究開発には、分子合成に依る新規分子の創成だけが実用への方法であると世界共通に考えられていた。しかし、どのような分子を作り出して、どのようにプロセスすべきかの議論がなく、単に電界効果移動度を高くすることだけを指標としているだけでは、分子開発も限界であった。

このような背景に対して、我々は有機トランジスタの電流注入の解明と改善に注視し、注入を制御することで有機トランジスタ特性を向上させることを目指した。まず、有機薄膜トランジスタの金属電極と有機薄膜との電流注入原理の解明を行った。有機トランジスタの金属電極から有機薄膜への電流注入は、有機分子の分子起動エネルギーHOMO 準位に対して、金属のフェルミエネルギーの相対差が小さければ、界面はオーミック電極となると解釈されていた(図 1)。薄膜中であっても孤立分子の軌道を前提とし、金属は清浄金属表面得られた理想的なフェルミエネルギーを引用して議論されるという、実際の素子では起こりえない前提でのモデルであった。このモデルでの界面は、相互のエネルギー順位に差が生じると、トンネル障壁となる筈である。しかし、実際の実験では、様々な従来モデルの範疇を超える現象が観測された。

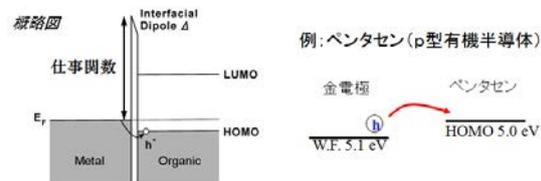


図 1. 有機薄膜に対する金属薄膜からの電流注入を説明するための従来のイメージ。2つのエネルギー差に起因したトンネル接合が端子抵抗の主要因としての説明が広く用いられている。

1. 注入抵抗の温度依存: 従来提唱されている注入モデルなら、トンネル注入となり、温度依存は無い。アウレニウス型の温度活性な注入抵抗を観測し、その要因として高密度トラップ帯の存在を指摘した。

2: 注入抵抗の粒界サイズ依存: 従来モデルに従えば、電極金属が接する薄膜のグレインが小さいほど界面面積が広くなり、抵抗が低下するはずである。しかし、実際には、グレインが小さいほど端子抵抗が増加することを見出し、界面に抵抗帯が集中していることを指摘した。

3: 金属の仕事関数と端子抵抗: 系統的な金属材料依存性において、有機分子の HOMO に近い仕事関数を有する金属電極では端子抵抗が低くならない事を見出した。自己形成的な改善法として、金属の自然酸化膜形成が端子抵抗を低減出来ることを示した。

これらは有機半導体への電流注入モデルである「有機分子の HOMO レベル(もしくは LUMO レベル)と金属のフェルミエネルギーの差によって、電流注入トンネル抵抗が決まる」と広く信じられてきたモデルは説明できない実験結果であり、このモデルの範疇から抜け出さない限り、注入機構の改善は難しいことを示唆している。

ペンタセントランジスタの伝導機構を、3つのプロセス「①電極から有機薄膜までの界面伝導、②端子部位での有機薄膜バルク伝導、③薄膜チャネル伝導」に分けて評価した(図 2)。ただし、③の伝導では、薄膜の伝導性が向上すれば向上する自明な特性である。電流注入機構に関して、電気伝導の温度特性、界面局所分子ドーブ制御、周波数特性等の実験を推進し、制御すべき注入障壁の詳細が明確になった。さらに、金属/有機半

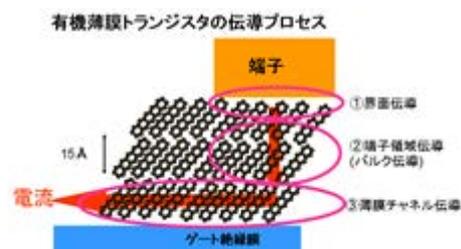


図 2. ペンタセンなどの積層分子薄膜に対する電極からチャネルまでの電流伝達過程の模式図。従来の「トランジスタ特性」としての素子評価を、3つのプロセスに分けて解明し制御する。

導体界面に極薄金属酸化膜を挿入し、挿入薄膜が界面にて起こす相互作用の機構を調べた(図3)。これによって、界面での電荷トラップサイトの低減と分子界面の偏極効果による注入障壁と端子抵抗との相関を見出すことに成功し、再現性良く $1\text{k}\Omega\text{cm}$ 以下の端子を有する素子を作れる様になった。さらに、界面電荷トラップサイトの無いトラップフリー界面を実現するために、有機結晶トランジスタの実現を提案し、新たなトランジスタ作製法の開発を有機分子の自己組織化に基づいた結晶トランジスタの基板上での直接形成法の開発を試み、試作と基本動作確認に成功した。これらを技術は、既に関連メーカに技術移転を行い、各社の技術開発に役立たれている。詳細を以下に報告する。

[研究実施内容と得られた成果の詳細]

4.1.1 サブミクロン素子の注入問題

チャンネル長(L)の縮小に関しては、トランジスタ占有面積が $1/L$ で縮小し、カットオフ周波数が $1/L^2$ で決まることから、短チャンネル化が望ましい。しかし、現状の有機トランジスタのほとんどはチャンネル長が数10ミクロン~数100ミクロンである。また、サブミクロントランジスタに関しては移動度低下や on/off 比低下を報告するに限られ、詳細な研究は全くなされていない。

有機トランジスタの性能改善に対し克服すべき問題として、電極/有機半導体界面において存在する大きな抵抗が問題である。チャンネル長の短縮に伴い端子抵抗の影響が大きくなり、短チャンネル化が動作速度向上に寄与しないことから、有機トランジスタ開発の弊害となっている。特にチャンネル長が $1\mu\text{m}$ 以下の素子においては飽和特性が得られておらず、電界効果移動度が $0.01\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度になり、短チャンネル化による特性メリットが打ち消されてしまう。有機トランジスタ開発において、大きな障壁であり、要因解明に関して複数のメーカから依頼を頂いていた。

そこで、素子動作の律則要因である接触抵抗の低減に注目して、短チャンネル有機トランジスタ素子の実現を目指した。3次元レジストマスクを電子ビームに対して異なる感度の3種レジストを用いて実現し、斜め蒸着と垂直蒸着を繰り返して、短チャンネル素子を作製した(図4)。さらに、有機薄膜蒸着を途中で止めて、端子部だけに濃度を調整しながら電荷移動錯体を蒸着することで分子ドーピングを行った。この方法にて、初めてサブミクロン級短チャンネルにおいて、有機トランジスタの接触抵抗の制御を可能とした。さらに、この評価で用いている

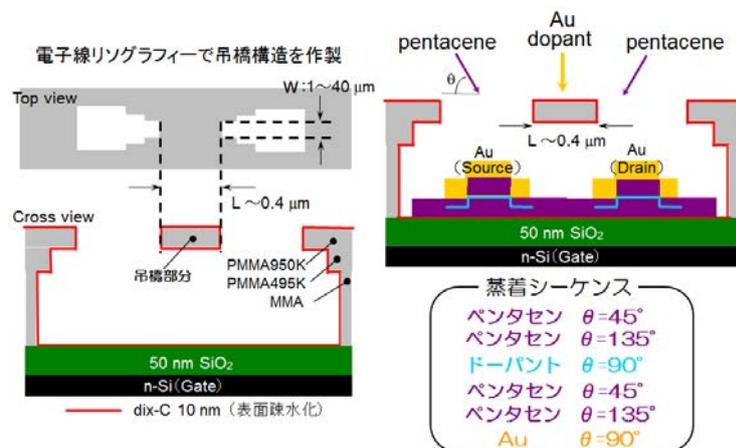


図4. (a)本研究において開発した斜め蒸着法による短チャンネル有機トランジスタ作製の架橋絶縁構造。斜め蒸着によるチャンネル作製法。

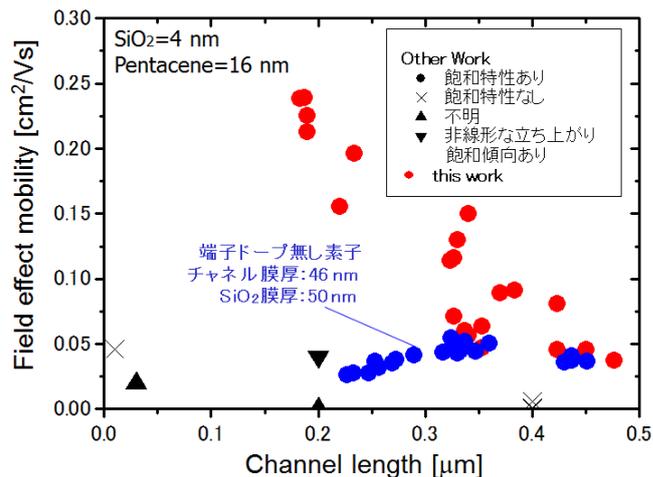


図5. 接触抵抗を低減し、短チャンネル効果を抑制した素子における電界効果移動度のチャンネル長依存性。

SiO₂ ゲート絶縁膜の厚さを5nm にすることで、有機トランジスタのゲート絶縁膜を有機薄膜内におけるゲート電界の制御性を著しく高めた。なお、このゲート絶縁膜の厚さは、最近の自己組織化絶縁膜を用いてのゲート絶縁膜と電界効果は同等である。この独自の工夫にて、図 5 のように、サブミクロン長のトランジスタにて従来よりも 1 桁高い電界移動度を実現し、チャンネル長の短縮に伴って電界効果移動度の上昇も得られた。これは有機薄膜グレインが 0.1 μm 程度であるため、短チャンネル化によってグレイン数が減少し、抵抗が小さくなることによる。有機トランジスタの短チャンネル効果の抑制を初めて達成した。

有機膜のドーピング材として TCNQ、塩化鉄(III)および TCNA を比較し、それぞれ端子部全域に挿入し、TFT 特性のドーパント依存性を調べた。端子部分子ドーピングによりオン電流を飛躍的に増加させることに成功した。しかし、素子内部で横方向のドレイン電界強度が著しく増したことで、有機薄膜部を介して空間電荷制限電流(SCLC)が流れ、オフ電流が抑制出来なくなった(図6)。オフ電流は、チャンネル長が短くなるにしたがって6乗で増大した。実験結果から外挿すると、L=40nm 付近で on/off 比が1になる。これは有機トランジスタにおける短チャンネル効果であり、外部入力電圧では制御出来ない。

SCLC の発生原因を明らかにするために、端子部分子ドーピングの空間的プロファイル制御によるトランジスタ特性の変化を詳細に検討した。有機薄膜の端子部位のドーピング配置を換えて接触抵抗を調べたところ、端子部バルクと界面部位に抵抗成分があり、これらの接触抵抗によって素子全体にかかる印可電圧が分散されていることが分かった。つまり、余計な端子抵抗によって有機フィルムへの電圧印加が低減し、SCLC 電流が抑制されているが、端子抵抗を低下させると有機フィルムに直接電圧がかかり SCLC が生じる事になる。

これらの知見に基づき、塩化鉄(III)による分子ドーピングを用いて界面抵抗と端子部バルク抵抗の両方を低減させ、ゲート絶縁膜を5nm まで薄くしてゲート電界を高め。短チャンネル効果の抑制を試みた。トランジスタ特性のチャンネル膜厚依存性、およびゲート絶縁膜厚依存性を詳細に検討から、有機薄膜内におけるゲート電界の制御性を高めることは可能であっても、多結晶を用いている限り、有機トランジスタのオフ電流の抑制は困難であることが分かった。この要因と考えられるグレイン界面のリーク電流の低減が必要であり、多結晶チャンネルに替えて結晶チャンネルが必要である。

4.1.2 有機薄膜トランジスタの電流注入機構の根本要因の解明(金属電極から有機薄膜までの界面伝導)

ペンタセントランジスタの電極に関して、分子の HOMO 順位と金属フェルミエネルギー差によって注入抵抗を論じる従来モデルでは、ペンタセンに対しては金を持ち入れれば良い端子が常に形成できるはずである。しかし、実際には、理想通りにはならない。この要因を端子抵抗の温度変化として調べた(図 7)。なお、計測した印加ソース・ドレイン電圧では、素子の電流電圧特性はオーミックな線形応答である。また、端子抵抗の評価は、チャンネル長が 50~350 μm の 7 種の素子の抵抗変化から、精密に評価する Transmission Line Method(TLM 法)を用いている。

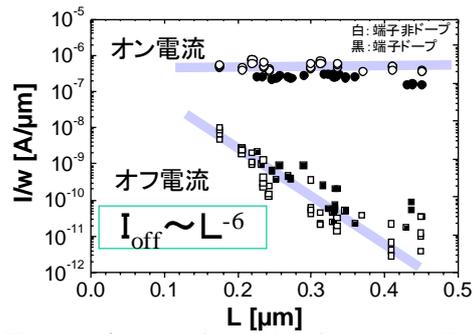


図6. サブミクロン有機トランジスタのオフ電流は、端子部位のドーピングの有無に依らず、チャンネル長に対して6乗で上昇。

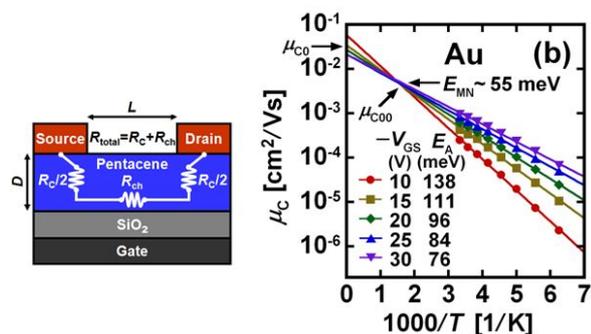


図 7. 有機トランジスタを構成する抵抗分布の模式図。素子の抵抗を端子抵抗とチャンネル抵抗に分けて、端子抵抗の振る舞いを温度変化として調べた。

ゲート電圧を固定して、素子の電流注入特性の温度変化を調べた。端子抵抗から換算される端子部移動度を温度変化としてプロットすると、温度の逆数(1/T)にて直線状になり、従来モデルから予想されるトンネル抵抗的な振る舞いではなくアウレニウス型の活性化伝導であることが見出された。ゲート電界を変えてフェルミエネルギーを変化させると、アウレニウス型活性化伝導は傾きが変わり、各種ゲート電圧から求められた直線は 1 点で交差する。これはアモルファス半導体等の乱れた伝導系で観測されるメイヤーネルデル則として知られている現象であり、伝導経路に散乱体が高密度で含有されていることを示している。さらに温度変化は、浅いトラップが関与した活性化型であることを示しているため、金と有機薄膜の端子抵抗部には、乱れた部位が存在し高密度のトラップが電気伝導を支配していることを示唆している。この高密度トラップ帯がソース・ドレイン電極間の大きな電圧降下の要因である。つまり、見かけのオーミック特性だけを追求しても端子抵抗は低減しないのは、この高トラップ抵抗帯が電流注入障壁となっているからであり、実用展開にはこの障壁の除去が必須である。

この結果から、複数グループからの様々な端子抵抗の報告が数 10k~数 10M Ω cm にてバラつく理由が推測できた。単純な金電極とペンタセンの組み合わせだけでなく、界面の乱れが個々のグループにて違うことが推測される。実際の素子作製において、ペンタセンや金の蒸着条件を変えると、系が乱れるに従って端子抵抗は大きくなることから確認できる。

4.1.3 電極から有機薄膜までの界面伝導

ペンタセントランジスタでは、ペンタセンの HOMO 準位と金電極のフェルミエネルギーの相対差が小さい金電極が広く使われてきた。しかし、実際の応用を考慮すると、有機トランジスタのメリットは大面積エレクトロニクスに適応することであり、大面積での金使用は材料コスト低減に大変不利になる。このため材料として、貴金属を使うことは避けなければならない。この観点から、金電極の代換材料が強く望まれていた。

銅電極と金電極の振る舞いを比較した。従来の電極モデルを基にすると、金電極にて低抵抗端子が形成されることが予想される。同時に並べて製膜したペンタセン薄膜に金と銅の電極を各々作り、トランジスタ特性を評価し、端子特性を比較した(図 8)。計測したゲート電圧の範囲では、常に銅電極端子の抵抗が金電極よりも低い。素子のゲート電圧と測定温度依存性の評価から、端子抵抗は単純なエネルギー差だけでは説明ができず、端子部位に存在するトラップの寄与が大きい。(銅電極端子抵抗が金電極端子抵抗より常に小さくなる要因は、次節以降にて報告する。) さらに、このトラップ抵抗帯がトランジスタ駆動に重要な要素であるバイアスストレス安定性を低減させていることも実験結果が示している。つまり、界面の高密度トラップ帯が有機薄膜トランジスタの様々な特性問題の要因であることが示唆された。

4.1.4 金属/有機薄膜界面の高周波応答

金電極とペンタセン薄膜の界面を介しての電流注入は、数 10k Ω 程度の一見オーミックな振る舞いをする。しかし、交流駆動では、電極端子から有機薄膜への電流注入が界面状態に大きく依存し、高密度トラップ薄膜域が電流注入を律則していることを見出した。図 9 のようなトランジスタ型電

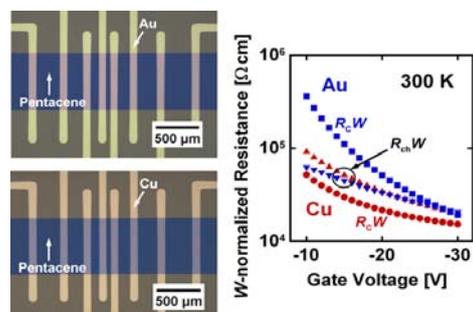


図 8. (左)金電極と銅電極の端子抵抗を精密に評価するための素子。(右)それぞれの素子にて得られた端子抵抗のゲート電圧変化。全てのゲート電圧において、金電極の端子抵抗が銅電極より大きい。また、チャンネル部分の抵抗は 2 つの素子にて同等である。

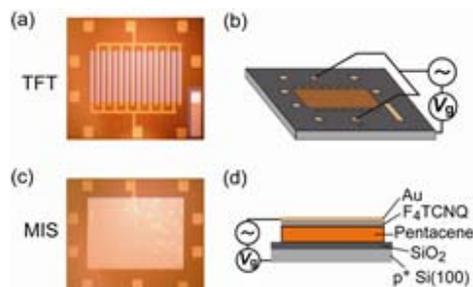


図 9. 有機トランジスタの交流駆動を想定して、金属電極から有機薄膜への電流注入の周波数依存性を計測した。図はトランジスタ型素子と MIS 型素子の顕微鏡写真とそれぞれの模式図。

極素子と MIS 型素子での電気容量を計測し、素子の交流動作時の遮断周波数を計測した。遮断周波数はトランジスタのチャンネル長 L の 2 乗分の 1 ($1/L^2$) に比例しなければならないが、有機トランジスタでは $1/L^2$ 傾向は限られた低周波域のみで成り立ち、数 10kHz を超えると期待される傾向はみられない。これは高抵抗界面での電流注入遅延が原因であり、界面への有機分子局所ドーピングによって制御可能となることが確かめられた。

さらに、金属/有機半導体界面の電流注入機構解明のため、MIS 構造におけるフラットバンド計測を試み、周波数依存性を調べた。

ペンタセン薄膜 40nm を SiO_2 /高ドーピング Si 基板上に形成し、表面に Au60nm 電極を作製した。この素子でのフラットバンドは図 10 のように周波数に依存する。1kHz 以下では大きな変化はないが、周波数の増加に伴ってフラットバンドは負に変化していく。これは界面での電流注入に対して、フラットバンド条件を満たすために必要な電荷を界面付近に集めるために遅延が起きていることを示している。この結果は、RF-ID タグなどへの応用を試みられている有機トランジスタの動作周波数の律則要因が端子部位の電荷注入に大きくかかわっていることを示唆する。

解析における問題は、単純な電荷追従だけに帰着できないことにある。ペンタセン積層膜の縦方向の伝導は、ペンタセンのパイ電子の波動関数オーバーラップが小さく、バンド伝導が期待できない。このため基本的には電界に乗じたホッピング伝導と考えられ、有機薄膜の未開の伝導機構の部分である。(有機半導体では、積層した分子に対してパイ電子波動関数が重なることでバンドが形成される方向の伝導と、バンドが形成できない方向が混在している)。複雑な有機トランジスタの伝導を解明するためのカギとなる情報を含んでいることが分かり、温度依存性などを詳細に調べている。

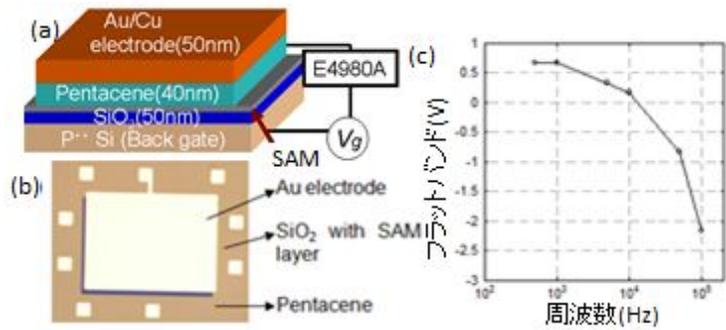


図 10. 有機 MIS 構造におけるフラットバンド計測システム。(a)(b) SiO_2 /高ドーピング Si 基板、ペンタセン薄膜 40nm、60nmAu 電極の構造。(c)フラットバンドの周波数特性。

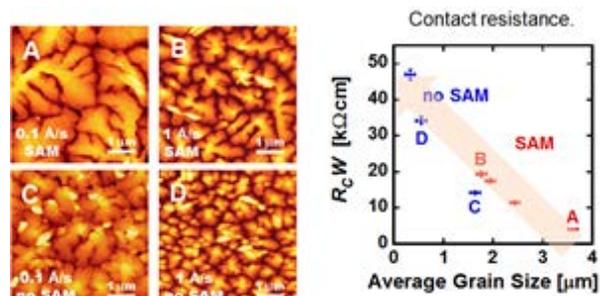


図 11. ペンタセン薄膜を構成する多結晶グレインのサイズと端子抵抗の相関。最大グレインと最小では、換算総表面積はグレインが小さい方が 2 倍の面積になる。

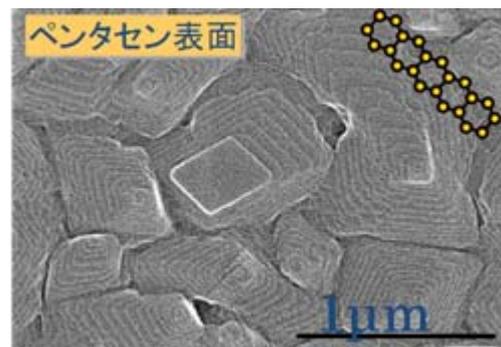


図 12. 蒸着有機薄膜の高精細電子顕微鏡観察像。グレインの傾斜に沿って、自己組織化で形成される分子ステップが明瞭に観測される。このステップは各所で揺らいでいるのは、分子の欠損や分子の位置ゆらぎと考えられる。

4.1.5. 端子界面トラップの要因

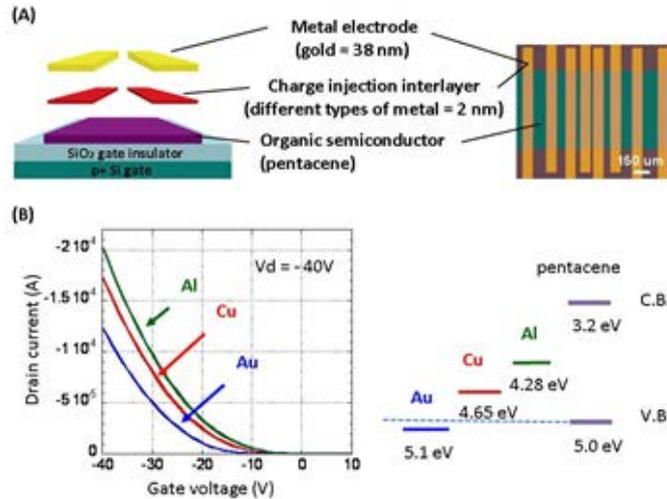


図 13. 有機トランジスタの電流注入モード図。金属端子と有機チャネル界面の高密度電荷トラップ帯が素子特性決定要因であることが分かった。酸化膜(200 nm)付シリコン基板の表面をフェニル系単分子膜で処理した後、半導体層としてペンタセン(40 nm)を形成。挿入金属は膜厚2nm。

有機トランジスタの端子抵抗の要因は、上記の結果から高密度トラップ帯が抵抗要因であり、短チャネルトランジスタのドーピング位置制御実験から、金属/有機薄膜の界面が主因であることがわかっている。

この高密度トラップ帯の解明のため、有機薄膜の多結晶グレインサイズと端子抵抗の相関に着目した(図 11)。基板表面の処理の有無ならびに有機フィルムの蒸着条件を変えることでサブミクロンから数ミクロンのグレインサイズを有する有機フィルムを作り分けた。AFM を用いた多結晶フィルムの表面積はグレインが小さくなるほど大きくなり、実験で用意した最大グレインと最小グレインでの換算総表面積は 2 倍程度の差となる。単純なトンネル電流注入を仮定した場合、グレインサイズの小さなフィルムの表面積が大きくなり、総電流注入量が增大するはずである。しかし、実験では、想定とは逆傾向が得られた。グレインが小さくなるほど、端子抵抗が大きくなる。このため、グレインが増えるに従って増加するグレイン表面の欠陥が、端子作製時の電荷トラップとなっていると考えられ、結果として、グレインサイズと端子抵抗が逆相関する。この実験から、有機トランジスタの端子抵抗を低減するためには、トラップ密度の低減が必要となる。トラップ密度の低減には、ドーピングによるトラップとしての機能の抑制、もしくはトラップフリー有機膜の形成が必要となる。この方針は、端子への電荷移動錯体のドーパント注入による端子抵抗低下や、単結晶素子で得られる高特性と一致する。つまり、界面のトラップ制御が有機トランジスタの制御のための重点要因であることに絞られる。これまでの結果を踏まえて、ペンタセン薄膜トランジスタの電極材料依存性を精密に評価した(単純な実験であるが、従来モデルを信じるあまり、直接的に比較できる実験結果は提示されていなか

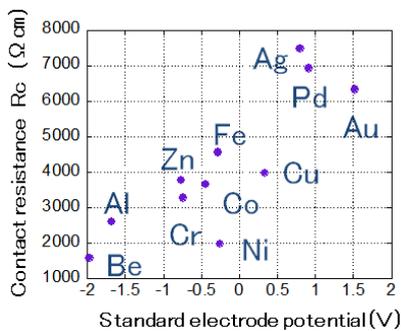


図 14. 各種金属を挿入層としたペンタセントランジスタの端子抵抗。標準電極順位にて、特性を系統づけることができることが分かった。

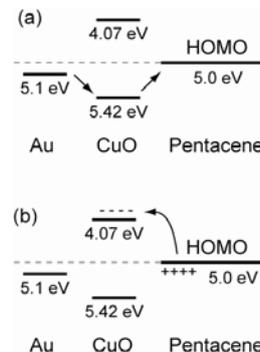


図 15 電極界面の自然酸化膜形成による電荷注入抵抗減少の模式図。(a) 酸化膜の VB を介した伝導。(b) 酸化膜とペンタセン間の電荷移動によるキャリア生成。

った)。電流注入抵抗の厳密な比較のため、端子電極の引き出し部分の抵抗まで考慮して実験を行った。一般に、電極部分は数 10nm の金属薄膜であり、金属膜厚を同一にしても金属自体の抵抗率の差によって抵抗差が生じる。この金属薄膜内部抵抗は、金属と有機薄膜の接触抵抗に対して小さいと見なしてきた。今回の実験では、この部位までも一致させ、金属と有機薄膜の接触界面だけを換えて実験を行ったことで、接触抵抗の金属依存性を精密に調べることに成功した。

まず、金、銅、アルミニウムを比較する。従来の考え方を踏襲すると、金電極、銅電極、アルミニウム電極の比較では、ペンタセン分子の HOMO 順位に最もフェルミエネルギーに近い金電極が、電流注入抵抗が最も低くなる。この Au, Cu, Al の各々を 2nm 蒸着し、外気にさらすことなく、連続して其々に金 38nm をカバーした。厚さは合計 40nm となり、電極幅は 100 ミクロンである。これによって引き出し電極部分の抵抗も同等になり、引出電極の部分も素子間差がなくなる。仕事関数 (W_F) の値に従って Au ($W_F = 5.1$ eV)、Cu ($W_F = 4.65$ eV)、Al ($W_F = 4.28$ eV) の順に端子抵抗が高くなるのが、従来モデルでは期待される。

有機薄膜および電極を空気に接することなく形成し、連続して空気に接することなくトランジスタ特性を評価すると、従来モデルに沿った予想通りの抵抗の大小が得られる。しかし、この素子を大気に暴露すると、短時間であっても図 13 に示すように、電流の大小が逆転し、抵抗が当初と逆転する。金属材料によっては数分の大気暴露であっても、試料を真空中に再封入しても当初の状態へは戻らない。つまり、注入抵抗は金属材料によって一意的に決まるのではなく、金属材料の状態によって抵抗は大きくも小さくも変化することを示唆している。

金電極との比較として、11 種の金属材料に対して同等の特性評価を行った(図 14)。大気に触れた金属が酸化することで注入抵抗を下げ、Au 電極以下の電極となることを見出した。端子抵抗の順番は、用いた挿入電極金属の標準電極順位にて特性を位置づけられることがわかり、空気暴露による抵抗変化と併せて考察すると、挿入金属の酸化し易いさによって、電流注入抵抗が決まることが分かった。金属材料自体の仕事関数だけではなく、素子の中の金属の経緯も素子特性を大きく変化させる要因であることが明確になった。

従来、有機材料は空気に触れると特性が変わるため、完全空気遮断が必要とされていたが、金属材料の空気中変化も加味してプロセスを設計すれば、素子特性を高めることが可能であることを示唆している。実際に、本効果によって銅電極の特性が金電極よりも良好になり、低コスト電極材料の選択に対して、重要な情報と評価されている。

4.1.6 金属／半導体界面の電荷移動現象

以上の結果は、大気に暴露した有機 FET のコンタクト界面には金属自然酸化膜が自ら形成し、電荷注入機構に大きな影響を与えていることを示している。界面の金属酸化膜によって注入抵抗が減少するメカニズムとして、次の 2 点が考えられる。第 1 の可能性は、酸化膜の荷電子帯 (VB) を介したペンタセンへの電荷注入である(図 15(a))。金属酸化物の内部準位または不純物準位によって金から電荷が酸化物の深い VB に注入され、さらにペンタセンに注入されることで障壁高さが下がる可能性がある。しかし、

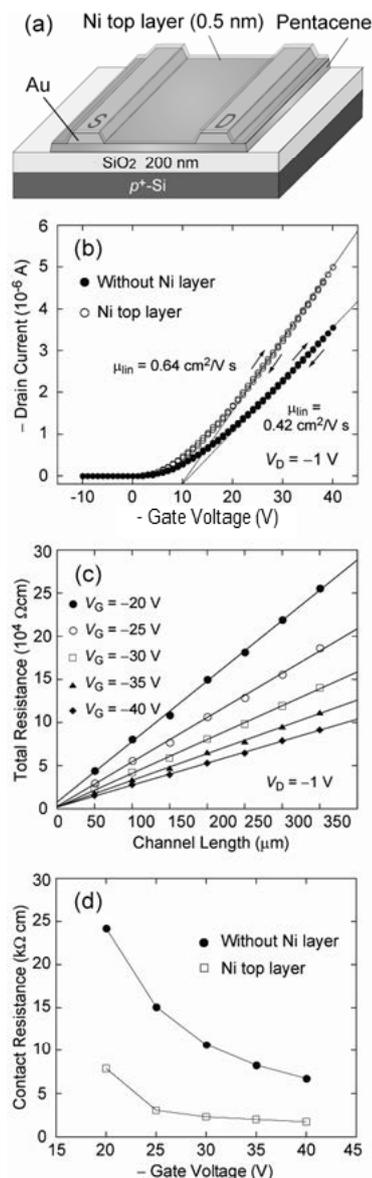


図 16. (a) Ni 電荷移動層を上面に形成した有機 FET の模式図。(b) Ni 層の有無による伝達特性変化。Ni 層を有する素子の TLM プロット(c)とコンタクト抵抗(d)。

金の仕事関数は一般的に 4.7-5.1 eV 程度と言われており、そもそもペンタセンの VB に対してそれほどの障壁高さを持つとは考えにくい。第 2 の可能性は、金属酸化膜とペンタセン間の電荷移動である(図 15(b))。ペンタセンの HOMO から酸化物の伝導帯(CB)に対して電荷が移動することで金属/ペンタセン界面に正孔が生成し、それがコンタクト界面トラップを埋めることによって注入抵抗が下がると考えられる。

この推測の確認のため、自然酸化膜と有機薄膜の接触界面での電気状態変化を調べた。金属自然酸化膜を効果的に用いて、より簡便な構造でコンタクト抵抗を制御することもできる。

シリコン酸化膜基板の上にペンタセンを 40 nm 蒸着し、大気下に取り出した後に、Au ソース・ドレイン電極を形成し、通常のトップコンタクト型構造を有する有機 FET を作製した。その上面に電荷ドープ層として Ni を 0.5 nm 真空蒸着し、図 16(a)のような構造の有機 FET を作製した。素子を大気下でしばらく放置した後に N₂ 雰囲気下で電気測定を行った。線形領域におけるドレイン電流(図 16(b))は、Ni 層を蒸着したことにより上昇し、Ni 層を持たない素子と比較して線形領域における移動度は 0.42 から 0.64 cm²/Vs へ、飽和領域における移動度は 0.48 から 0.66 cm²/Vs へと 1.5 倍に改善された。

この改善効果の要因を明らかにするため、TLM 法によるプロットを行った(図 16(c))。得られたコンタクト抵抗を図 16(d)に示すが、Ni 層を形成したことでコンタクト抵抗は約 1/4 に減少し、ゲート電圧 40 V において 1710 Ω cm にまで低減された。コンタクト界面に挿入された訳ではなく、デバイスの上に形成された Ni 層の役割を考える。有機 FET への電荷注入は、主にトップコンタクト電極の端から行われていることを示している(図 17)。ペンタセンと Ni 膜との間の電荷移動により、電極端近傍まではキャリアが豊富でトラップの少ない領域が形成されたと考えられる。金はペンタセンと比較して伝導度が非常に高いため、電極端までは電流は金の中を伝導し、端から注入される。その近傍のトラップ密度を Ni 層によって下げることでコンタクト抵抗が低くなると解釈できる。

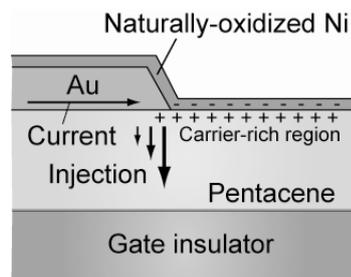


図 17. 電極端からの電荷注入における自然酸化膜効果模式図。

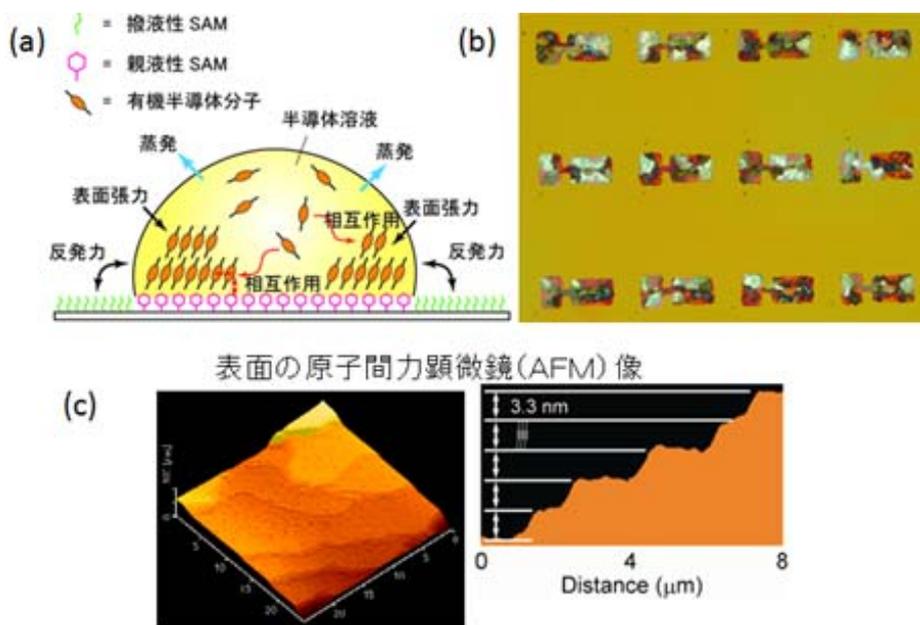


図 18. (a)表面制御による溶液結晶形成法の概念図。(b)溶解性有機半導体分子を用いて基板表面上に直接形成した有機単結晶アレイ(C8-BTBT)。(c)結晶表面を AFM によって観測した像。分子の長さに相当する結晶ステップが観測される。

4.1.7 有機に特有な自己組織化チャネル

有機トランジスタの電極界面の高密度トラップ帯を解決し、有機材料固有の「自己組織化」を引き出すには、基板上に溶液プロセスで結晶トランジスタを直接作るべきである。しかし、従来の結晶有機トランジスタは、結晶を昇華法にて別途作製し、手作業で基板上に接着する単体研究用以外には、特性の高いトランジスタを作ることができなかった。これは蒸着膜にする移動度が多結晶問題によって、上記議論の注入抵抗問題と薄膜

の高抵抗化が生じるからである。塗布が可能なポリマーなどを使うと、基板上で伝導性が高まるポリマーの整列は期待できず、一様に移動度は低い。また結晶を手作業で基板上に張り付けるに際しても、接着は有機結晶と基板との間の静電気によって張り付いているだけであるので、複数の素子にて張り付き具合が異なり、端子との接触抵抗や基板との界面のトラップの分布が異なり、特性が広く分散してしまう。つまり、結晶転写などの方法が確立したとしても、応用を考えると現実的でない。

この解決のために、基板上で単結晶薄膜を直接形成するプロセスの開発を行った(図 18)。基板上一面を自己組織化単分子膜(SAM)で覆い、所定の部位の自己組織化単分子薄膜を剥離して他SAM膜に入れ替え、基板表面エネルギーを局所的に変調する。半導体チャネル用分子を溶かした溶液を基板上に吹き付けるだけで、溶液は所定の部位にのみ付着する。溶媒をゆっくり蒸発させると、基板上に多結晶薄膜が形成され、電極を形成するとトランジスタとして動作する(図 19)。しかも、あらかじめ準備した電極列の其々のチャネルとして架橋し、基板の上の多数のトランジスタを一瞬で一括形成できるようにもなった。さらにこの方法は、基板を Si/SiO₂ 基板に替えて、プラスチック基板を用いても、基板表面さえ適切に分子修飾すれば、適応が可能である。メリットとして、パターンニングが極めて容易であり、有機半導体分子の使用を基板表面に付着する部分に限定することから、高価な分子材料を最小限必要な分だけ使って素子が作れる。(大日本印刷との共同特許出願済み)

さらに素子特性を向上させるために、チャネルの結晶性の向上を試みた。有機半導体材料と金属電極は同種のまま、溶媒がゆっくり蒸発できるようにすると、基板上に大きな結晶(おおよそ 100 μm 程度)が成長する(図 20)。この結晶トランジスタでは、同種の分子と電極での多結晶トランジスタと比較して、電界効果移動と電流 on/off 比の双方ともに、1桁向上することが分かった。

さらなる特性向上と制御のために、分子間力が大きな C8-BTBT を用いて基板表面結晶成長制御を進めた。同等の方法にて作製した結晶の表面を AFM にて観察したところ、用いた分子(C8-BTBT: 分子長さ約 3.3nm)の長さで規格化されたステップが観測され、ステップ間には分子レベルのフラット面が見られた(図 18(c))。この観測結果は分子薄膜が結晶膜であることを示し、偏光光学顕微鏡で観測した像での結果を強くサポートしている。詳細に観測すると、フラット面にナノスケール穴が無数に見えるが、これは結晶形成中に内部に取り残された溶液分子が蒸発するとき

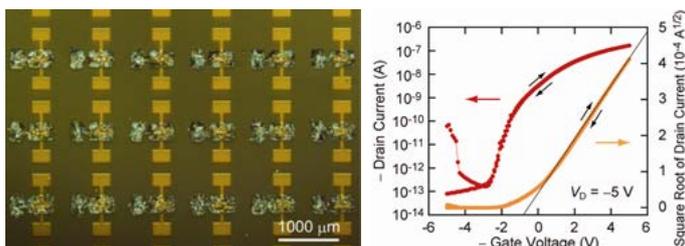


図 19. 基板上での多結晶有機薄膜直接形成によって作製した有機トランジスタ。基板上一面を自己組織化単分子膜で覆い、所定の部分だけの自己組織化単分子薄膜を剥離して他の分子構造をもつ膜に入れ替えることで表面エネルギーを制御し、溶液一括素子作製法を実現した。半導体分子材料には8QT8分子を用いた。

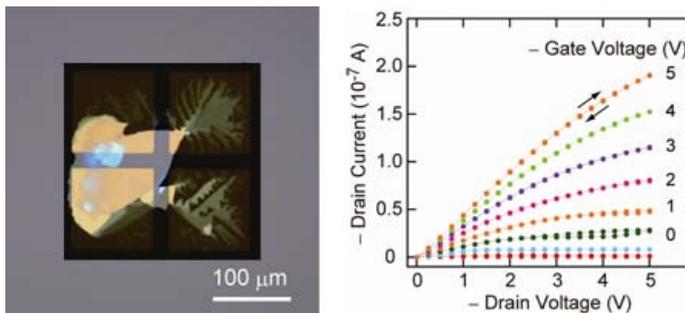


図 20. 基板上での多結晶有機薄膜直接形成によって作製した結晶有機トランジスタ。

に残した痕跡である。

このトランジスタ特性の分布を同時に形成した 56 トランジスタにおいて調べた。電界効果移動度は平均 $0.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、約 $0.24 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の分布が見られた。自己組織化を用いた本方法での形成として予想された特性バラつきとしては十分に小さいが、実用化には更なるバラつき低減が求められる(現状から 1/10 以下)。測定した素子には、最大 $1.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ にも達するトランジスタも存在し、本方法のポテンシャルの高さがうかがえる。また、電界効果移動度のバラつきは、トランジスタ特性の On 電流のバラつきの解析から、端子抵抗のバラつきであることが分かった。課題も残っているが、プロセスとして特別な装置も必要とせず、簡略であり、均一な素子が様々な基板に作れる方法である。さらに、結晶トランジスタを作れることから、電流注入問題も同時に解決できる。革新的なプロセスの開発である。

4.1.8 溶液法による高特性自己組織化有機結晶トランジスタ

溶液を用いた塗布法を更に発展させるために、有機分子に特有の自己組織化促進によるトランジスタ特性向上を検討した。

まず、有機半導体と絶縁膜界面は、2つの分子が自発的に層分離する方法を用いた(図 21)。低分子有機半導体材料と絶縁体ポリマーの 2 種類の分子材料を混合し、溶液に溶かして基板に滴下しスピコートすると、2 種類の分子は基板上で自発的に層分離する。ポリマー膜層が基板直上、その上層に低分子膜層が形成される。ステップ2として、2 種分子混合溶液を作る溶媒の蒸気に曝すと(図 22)、2 層に分かれた上層の低分子が基板上で再構成され結晶を作ることが分かった。長さ数 100 ミクロンの大きさまで成長させることができた。この結晶成長法では、真空装置などは不要である。

“層分離塗布法”と“溶媒アニール法”は、それぞれ別個に開発されて他の材料で研究されており、其々の現象は知られていたが、特別に優れた素子は得られていなかった。これに対して、我々は 2 つの方法を組み合わせ、さらに其々の方法の特徴を最適化するための材料選択や諸条件を見つけ出して、有機半導体結晶を基板上で直接作る方法に構築した。

この有機結晶を用いて、トランジスタとして評価したところ、電界効果移動度が極めて高く、最大で $9.1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ に達し、溶媒から作製したトランジスタとして世界最高の電界効果移動度を示した。従来

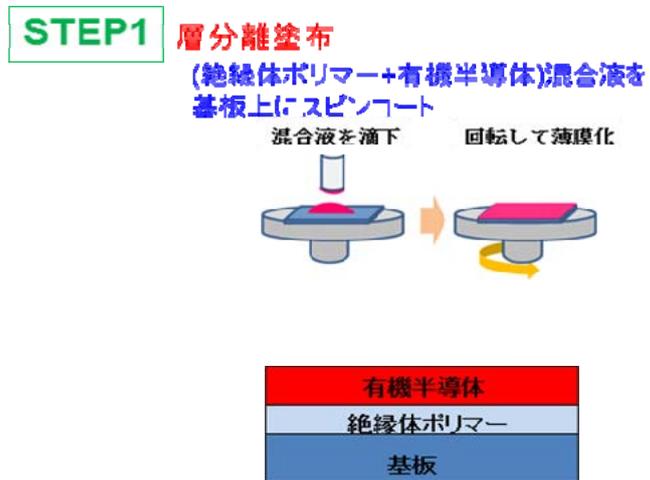


図 21. 塗布作製法のステップ 1. 2 種分子を混合し、基板上にスピコートするだけで、絶縁部位と半導体部位が分離する。

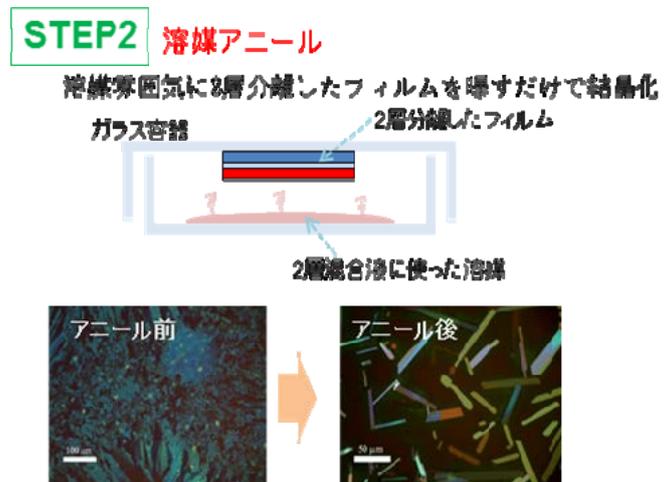


図 22. 第 2 ステップ。ガラス容器に試料と溶媒を簡単に封じ込めて保持するだけで、絶縁ポリマー状の有機半導体膜が分子レベルで再構成されて結晶化する。

は、結晶粒界や、絶縁膜と有機薄膜界面の物理的な凹凸や静電的な乱れを制御できず、移動度の向上の阻害要因となっていた。しかし、本方法は、有機分子自体が最も安定的な状態に帰着する自己組織化を用いたプロセスであり、これらの要因を大きく低減することができた。また、余計な結晶粒界がないために、素子の空気中での安定性が格段に向上した。

有機薄膜デバイスは水蒸気や酸素によって容易に特性が変化するために、空気に触れ無いようなシステム(アルゴンガスもしくは窒素ガス中など)にて素子を作らなければならないが、本方法は通常の空気中にて作製できるため、成膜システムが非常に簡略化出来る。

さらに、学術的な点でも大きな進展を見出した。温度特性を測定したところ、冷却に伴って移動度は低下することなく上昇し、結晶粒界や不純物散乱などの影響が小さいことを示した。これは、この有機結晶トランジスタの伝導機構がバンド状伝導であることを明瞭に示しているものであり、本研究の有機半導体結晶は、有機半導体の本質を研究する上でも高い評価を受けている。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究にて得られた研究成果(注入抵抗の要因、制御、結晶化、基板表面制御素子作製プロセス)は、一貫した有機トランジスタの“有機の特性”に注目して得られた。このため、有機トランジスタを用いた開発の各所において、さまざまに利用できるはずである。有機トランジスタだけでなく、有機デバイス全般に適応が可能と思われ、今後、広く展開を考察する予定である。

4.2 有機半導体基礎伝導(東京大学大学 岩佐グループ)

(1)研究実施内容及び成果

[概要]

本グループにおいては、有機半導体基礎伝導の理解を大きな目的とし、より理想的な環境下における素子評価を行った。より具体的には(1)結晶粒界を持たない有機単結晶を用いる、(2)環境の影響を極限まで取り除くため、結晶成長から素子作製および素子評価まで全ての工程を高度に管理された嫌気下にて行う、(3)得られた結果を基に新しい有機トランジスタの提案と作製を行った。特に、有機単結晶/金属界面におけるキャリア注入機構に着目し、仕事関数制御による電子注入の実現、注入制御による世界初の有機単結晶両極性発光トランジスタ作製、ショットキー接合作製による有機単結晶/金属界面空乏層の初観測、世界初の有機単結晶ショットキートランジスタ(MESFET)の作製を実現してきた。更に、研究対象を有機単結晶/金属界面から、有機単結晶/絶縁体界面や有機単結晶/環境界面にまで拡張し、界面研究を通してトラップの起源を明らかにし、最終的には理想的な注入・伝導の実現により 10kA/cm^2 を超える極めて高密度な電流を有機単結晶内で実現した。このような高電流密度の実現を世界初のレーザー発振につなげるため、有機単結晶の端面および接合面を用いた光共振器構造を有する発光トランジスタを提唱し、世界初の電流励起下での発光スペクトルの先鋭化を観測した。本成果は、有機材料としては初めての電流励起自然放光増幅と考えられ、既存の有機 EL とは概念的に異なる新しい有機発光素子研究の方向性を見出した。これらは新しい発光トランジスタさらにはレーザーデバイス提唱に結びつく重要なマイルストーンである。

[研究実施内容と得られた成果の詳細]

4.2.1 仕事関数制御による電子注入および両極性発光トランジスタの実現

有機材料は、シリコンに代表される無機材料に比べ不純物キャリア密度が極めて低く、本質的には真性半導体に近いことが知られている。そのため、反転層と蓄積層に大きな差が無く、両極性トランジスタとして駆動する事が期待される。この時、最も大きな問題となるのは、キャリア注入機構の理解と制御である。 2eV 超のバンドギャップを持つ有機半導体に対して、電子・正孔の両キャリアを注入するには、注入機構の正確な理解と注入障壁の制御が不可欠である。本問題を解決するために、結晶成長から素子作製、さらには素子特性評価までを一貫して嫌気下にて行うシステムを構築した。具体的には、アルゴン雰囲気中で昇華法を用いて成長した有機単結晶を、不活性ガス中に封じた状態で、高度に水・酸素濃度を ppm レベルに制御されたグローブボックス中に搬入した。本グループボックスは、抵抗加熱蒸着装置と直結されており、嫌気下の状況下でメタルマスクを用いて様々な電極作製が可能である。本システムを用いて、仕事関数が大きく異なる電極(Au, In, Mg, Ca)を様々な有機単結晶に作製し、その伝導特性を詳細に明らかにした。その結果、有機単結晶/金属界面におけるキャリア注入は、原理的には金属の仕事関数と半導体の電子軌道エネルギーによって決定されていることを見出した。この知見は、塚越グループにフィードバックされ、より詳細には更なる要因が潜んでいる事を明らかにする土台となった。加えて、電子伝導には単結晶・絶縁体界面や環境の影響が大きいことも合わせて明らかとなり、最終的にはカルシウム電極と PMMA 絶縁膜を用いる事により、多くの材料において電子・正孔の同時注入が可能である事を見出した。

さらに、両極性単結晶トランジスタを用いて、電子および正孔の同時注入を実現し有機トランジスタを発

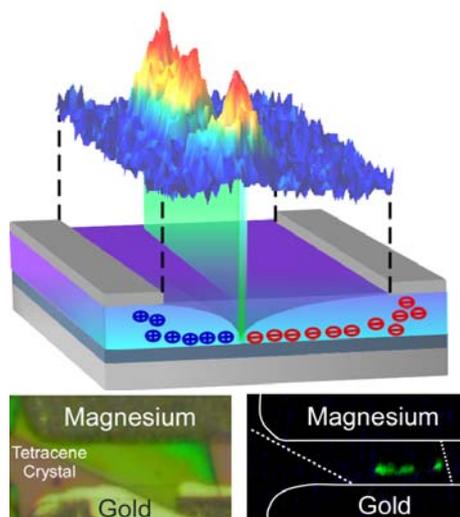


図 23. テトラセン単結晶有機トランジスタへの電子およびホール同時注入による発光現象を捉えたスペクトル図と発光部の観測写真。発光部位をソース・ドレイン電圧とゲート電圧によって制御することも可能となった。

光させ制御した(図 23)。発光性材料としてテトラセン単結晶を用いた。このテトラセン単結晶を用いた発光トランジスタ作製を皮切りに、高効率発光材料を含めた様々な材料に対して本技術の適用を試み、発光素子としての両極性トランジスタの持つ基礎特性について明らかにした。作製を試みたほとんどの材料において両極性化および発光観察に成功した。その一方で、両極性化が困難であった材料は、広いバンドギャップを持つ材料であり、キャリア注入障壁の存在が最も大きな要因と思われる。このような知見からも有機/金属界面におけるフェルミ面のピン止め効果は比較的弱い事を強く示唆し、大筋では仕事関数による注入障壁制御が正しいことを示している。上述したように、この知見は、塚越グループにフィードバックされ、より詳細には更なる要因が潜んでいる事を明らかにする土台となった。

発光トランジスタに関しては、特に α, ω -bis(biphenyl)terthiophene (BP3T)において顕著な成果をあげることが出来た(図 24)。この材料は、結晶の状態では80%の発光効率を持つが、デバイスを作製した結果、ホールの移動度 $\sim 1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、電子の移動度 $\sim 0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ と極めて優れたトランジスタ特性を持つことが明らかとなった。一般的に、高い発光効率と高い移動度は排他的な関係にあると言われているが、本材料の単結晶を用いる事で、この両方を実現する事が出来たと思われる。また、その発光は結晶の端面からのみ観測され(図 25)この振る舞いに関しては結晶内における遷移双極子モーメントの配列による光閉じ込め効果で理解される。特に、本材料においては高電流密度下でのスペクトル形状の変化が観測された。これは、レーザー発振の前段階にあたる自然放出光増幅の可能性があり、更なる有機物性探求によって高性能化の一例として世界初の電流励起有機レーザーデバイス実現を期待させる。

加えて、トランジスタの発光現象と伝導特性についても詳細な研究を行った。具体的には、テトラセンおよびルブレンを用いた発光トランジスタにおいて、発光効率を求め、その電流および電流密度依存性を明らかにした(図 26)。その結果、比較的高い発光効率が高電流密度($>2,000\text{ A/cm}^2$)まで実現されている事が明らかとなった。この値は、有機 EL の上限($\sim 1\text{ A/cm}^2$)やポリマー両極性発光トランジスタの上限($\sim 50\text{ A/cm}^2$)に比べて桁違いに大きい。非常に興味深いのは、光励起による反転分布時のキャリア密度は電流密度に換算すると数千 A/cm^2 と見積もられており、原理的には有機単結晶トランジスタを用いた電流励起レーザーデバイスの実現が十分可能であることを示している。上述の BP3T における結果と合わせると、ここまでの有機単結晶・金属界面の詳細な研究から端を発した両極性発光有機トランジスタの研究から、更なる電流密度の向上によるレーザートランジスタの

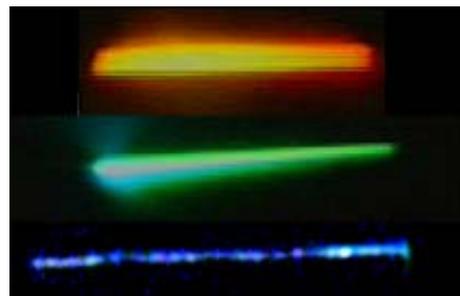


図 24. 様々な有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタからの発光。それぞれ α, ω -bis(biphenyl)terthiophene (BP3T、赤)、1,4-bis(5-phenylthiophen-2-yl) benzene (AC5、緑)、tetraphenylpyrene (TPPY、青)からの発光。

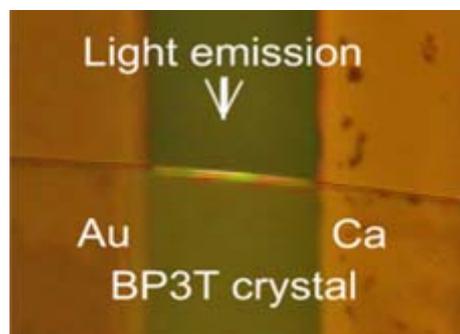


図 25. BP3T 結晶からの発光。結晶中に光が閉じ込められるため、端面からのみ発光が観測される。

高電流密度下でのスペクトル形状の変化が観測された。これは、レーザー発振の前段階にあたる自然放出光増幅の可能性があり、更なる有機物性探求によって高性能化の一例として世界初の電流励起有機レーザーデバイス実現を期待させる。

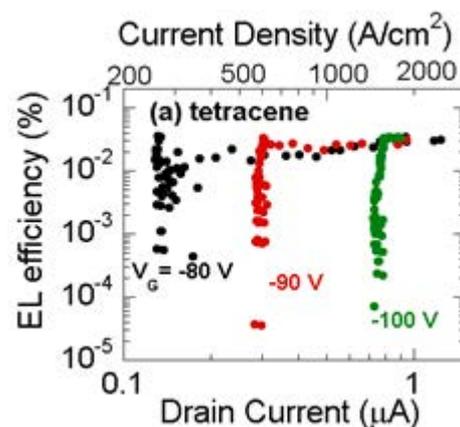


図 26. テトラセン単結晶有機トランジスタにおける、発光効率の電流密度依存性。上部横軸は、蓄積層を 1nm と仮定して試算した電流密度である。2kA/cm² を超える極めて高電流密度下においても、一定の発光効率を維持していることが明らかとなった。

実現が期待されるようになり、トラップ起源の理解及びデバイス構造の最適化による徹底的な電子トラップの除去の重要性が明確となった。

4.2.2 有機単結晶/金属界面空乏層の観測および有機単結晶 MESFET の実現

これまでの有機単結晶/金属界面の研究は、基本的には注入障壁を軽減し、よりオーミックに近い接合を実現する事が主な目的であった。しかしながら、有機単結晶/金属界面の正確な理解には、ショットキー接合の本質を理解する事が極めて重要である。特に、有機材料においては空乏層の有無が明確ではなく、長年の疑問として残されていた。このような問題を有機半導体・金属界面における根源的な問題である空乏層の有無を明確にする事に着手した。具体的には、有機材料においては一般的な金属(M)/絶縁体(I)/半導体(S)構造を有する MIS-FET ではなく、空乏層によってトランジスタ駆動する金属(ME)/半導体(S)構造を有する MES-FET (ショットキートランジスタ) 作製を試みた。ルブレネ単結晶、世界で初めての有機単結晶 MESFET 作製に成功した(図 27)。具体的には、ルブレネ単結晶を半導体を用い、金を用いて注入障壁の小さな電極を、インジウムを用いてショットキー的な接合を意図的に作製した。その結果、極めて良好なダイオード特性が得られた(図 28)。温度変化から求めた障壁高さは約 1eV と、ルブレネ単結晶と HOMO 準位とインジウム金属仕事関数差と良く一致した。このように作製したショットキー接合を用いて図 27 に示した素子を用いてトランジスタ動作を試みた結果、有機単結晶としては初めての MESFET 動作が観測された。

今回の成功によって、有機単結晶においても MESFET の作製および動作が可能である事が明らかとなった。特に重要なのは、本トランジスタは空乏層の大きさを変化させる事によってトランジスタ駆動するため、本成果は有機 EL の誕生以来これまで 10 年以上のあいだ明確でなかった、金属/有機半導体界面における空乏層の存在を初めて明確に示した事になる。言い方を変えると、本研究に用いたルブレネ単結晶は明確なエネルギーバンドを形成しており、塚越グループが推進する積層膜の実験と極めて明瞭な対比となると期待される。加えて、空乏層が形成される『綺麗な』金属/有機半導体界面は、Si に代表される無機材料で確立された半導体物理の適応を可能にし、トラップ密度やバンドベンディングなどの定量的な解析を伝導特性のみから行える。そのため、新しい界面電子構造解析方法の一つとしての可能性も示す事に成功した。実際に、ルブレネ単結晶/インジウム金属界面におけるバンド構造を明らかにしており(図 29)、本

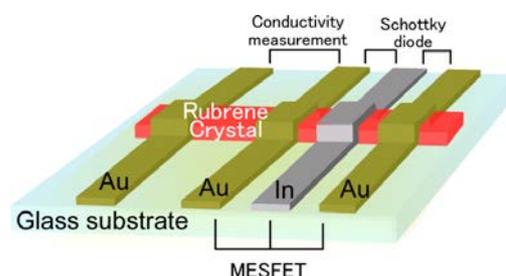


図 27. ルブレネ単結晶を用いた MESFET (ショットキートランジスタ) の模式図。金を用いてオーミック接合を、インジウムを用いてショットキー接合を意図的に作製した。

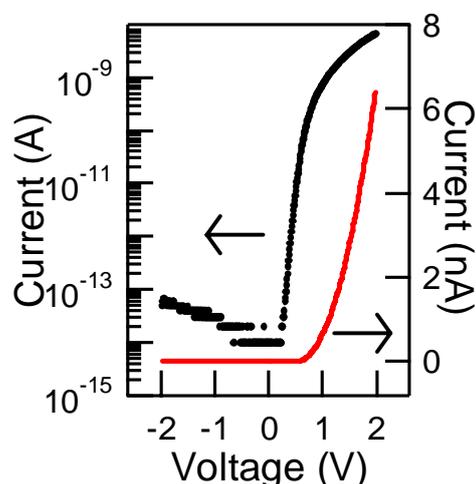


図 28. ルブレネ単結晶・インジウム界面で観測されたダイオード特性。

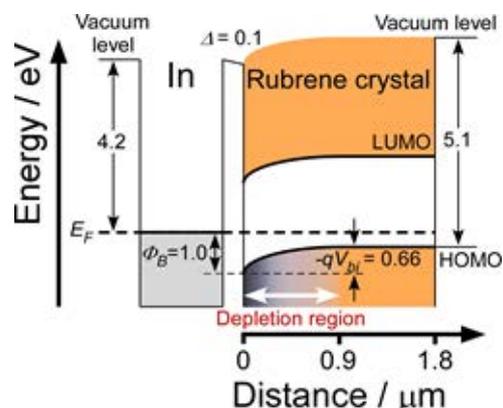


図 29. MESFET の結果より明らかとなった、ルブレネ単結晶・インジウム界面におけるバンド構造。

界面においては界面双極子の影響が極めて小さいことなど、これまでは光電子分光などを用いて明らかにしてきた界面における詳細を、伝導特性のみから明らかにすることに成功した。

4.2.3 新たな接触抵抗の評価方法

これまでの研究成果により金属・有機単結晶界面に関する理解は急速に深まっており、その結果として様々な高効率発光材料を用いた両極性発光トランジスタが実現した。この時点において、更なる発展の足枷となっているのは有機/絶縁膜界面に存在する電子トラップといえる。これら電子トラップは電子移動度を大幅に低減させ、発光トランジスタが到達可能な電流密度も制限する。この問題を解決するため、一つには、発光解析を用いた接触抵抗の評価方法を確立し、金属/半導体界面と絶縁体/半導体界面に生じている問題を明確に分離する事に成功した。これまで、不安定なカルシウム電極を使用した場合には接触抵抗の評価方法が確立されておらず、これが電子トラップの問題を複雑化させていたが、電子伝導における絶縁体/半導体界面を議論できる下地を確立した。

また、発光位置による接触抵抗だけではなく、通常は線形領域で用いる Transmission Line Method (TLM) を、飽和領域まで拡張する事にも取り組んだ。カルシウム電極を用いた場合には、線形な出力特性が得る事が出来ず、これまで TLM 法の適応例は報告されていない。このような状況を打開する為、出力特性のピンチオフ点に注目し、TLM 法を飽和領域まで拡張した。まず、線形な出力特性が得られる金電極の結果を基に、飽和領域での解析の妥当性を示した。その上で、カルシウム電極に本手法を適応し、接触抵抗の導出を行った。

両手法で得られた接触抵抗は、定量的に良く一致し、金を用いた場合の接触抵抗に比べ数桁大きい値となった。これは、単純な仕事関数と分子軌道のエネルギー差からは説明できない。これは、仕事関数制御による注入制御が大筋では重要である反面、これ以外にも要因が存在する事を明確に示している。この知見は、塚越グループにフィードバックされ、より詳細には更なる要因が潜んでいる事を明らかにする土台となった。

4.2.4 高電流密度の実現

上述したように、この時点において更なる発展の足枷となっているのは有機/絶縁膜界面に存在する電子トラップといえる。これら電子トラップは電子移動度を大幅に低減させ、発光トランジスタが到達可能な電流密度も制限する。金属/半導体界面と絶縁体/半導体界面に生じている問題を明確に分離する事に成功した為、更なるステップとして電子トラップの起源を明らかにし、高電流密度の実現に着手した。

これまでの研究より、絶縁体表面や環境に対して、電子電流が極めて敏感である事が明らかになっている。例えば、テトラセン単結晶においては、一度でも大気中に結晶をさらすと、同一の単結晶を用いては決して両極性伝導が得られない事を明らかにしている。このような状況を考慮すると、電子トラップの起源が絶縁膜中や環境の影響にある可能性が極めて高い。そこで、有機絶縁や環境が素子に与える影響を徹底的に明らかにした。具体的には、絶縁膜の作製条件から表面平坦性、使用する溶剤、グローブボックス内での熱処理効果や時間依存性など多岐に渡って詳細な研究を行った。

その結果、残留有機溶媒が界面トラップの一要因であることを初めて明らかにした。図 30 では、PMMA 絶縁膜をスピコート法で作製するとき用いる、溶媒依存

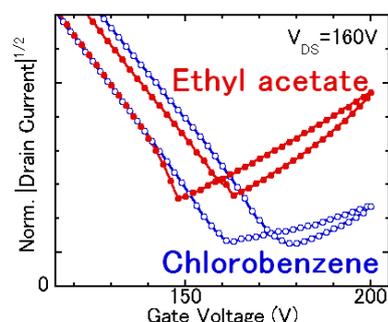


図 30. トラップの溶媒分子依存性。Chlorobenzene を溶媒に用いた場合に比べ、Ethyl acetate では電子電流が増幅している。

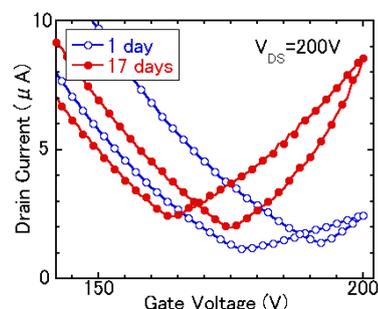


図 31. トラップの吸着分子量依存性。グローブボックス内で1日放置した場合に比べ、17日後では電子電流が増幅している。

性を示した。沸点が高く PMMA 膜中の残留量が多いと思われる Chlorobenzene に比べ、沸点が低く残留量が少ないと思われる Ethylacetate を用いた場合は、大幅に電子電流が増幅されている。これは、溶剤依存性の明確な証拠であり、各溶剤の沸点を調べた結果、沸点が低い溶剤ほど電子トラップの影響が小さく、トラップ除去方法の明確な指針が明らかとなった。

物理吸着物に関しても同様の電子電流増幅効果が観測されている。図 31 に、グローブボックス中の保存期間依存性を示す。グローブボックス内に1日間保存した場合に比べ、より吸着物が脱離していると考えられる17日間保存した同じデバイスでは、電子電流が大幅に増幅している。結晶成長時に表面もしくは結晶内に取り込まれた電子トラップとなる不純物が、時間とともに結晶から脱離していることを強く示唆している。このような手法を用いた改善の結果として、両極性発光トランジスタが達成可能な電流密度を、既存の素子に比べ一桁以上大きな値まで押し上げる事に成功し、非常に明るい発光を観測する事に成功した(図 32)。

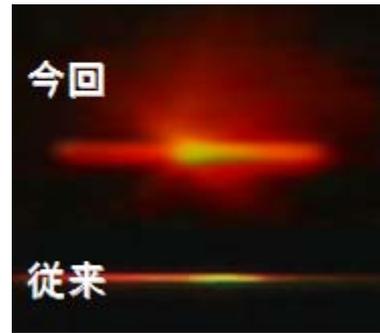


図 32. 高電流密度下での BP3T 単結晶端面からの発光。電流量が大幅に改善された発光トランジスタ(上)からは、従来の方法で作製した発光トランジスタ(下)に比べ、明らかに高輝度な発光が観測された。

4.2.5 光共振器構造を有する発光トランジスタ

有機単結晶トランジスタを用いた有機半導体基礎伝導の理解を通して、高い発光効率を用いた有機単結晶による両極性発光トランジスタや、極めて高密度な電流を実現した。これらは新しい発光トランジスタさらにはレーザーデバイス提唱に結びつく重要なマイルストーンである。しかしながら、新たな発光素子を実現するには、光共振器の導入が不可欠である。ここでは、有機単結晶トランジスタを基本とする光共振器である必要があり、これまでとは異なる概念的に新しい光素子およびそれらの両極性トランジスタへの適用が重要となる。

まず、単結晶トランジスタへ適用可能な共振器構造を徹底的に検討した。その結果、単結晶端面を用いたファブリペロ共振器に着目した。有機材料は、極めて優れた端面を有する単結晶が比較的容易に成長できる。特に、二つの端面が平行に存在する結晶においては、自然とファブリペロ共振器が実現される。この共振器導入より、レーザー発振のしきい値低減が期待される。このことを確認する為、様々な形状の BP3T 単結晶を成長し、レーザー発振に与える影響を明らかにした。図 33 に示すように、平行な端面を持たない結晶(赤線)では、照射レーザー強度に対して発光強度は線形に変化しており、レーザー発振が観測されていない。一方、平行な端面を持つ結晶(青線)においては、明確な発振(非線形性)が観測されており、端面形状の影響を示している。

このような特徴を発光トランジスタに適用するには、一つだけ問題がある。発光トランジスタにおいては、光閉じ込め効果を利用した高輝度発光を

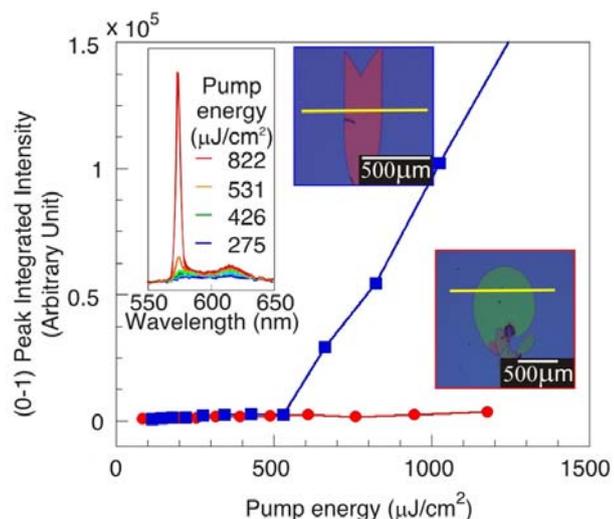


図 33. 形状の異なる BP3T 単結晶からの発光の照射レーザー強度依存性。平行な端面を持たない結晶(赤)ではレーザー発振が観測されていない。一方、平行な端面を持つ結晶(青)においては、明確な発振が観測されており、端面形状の影響を示している。

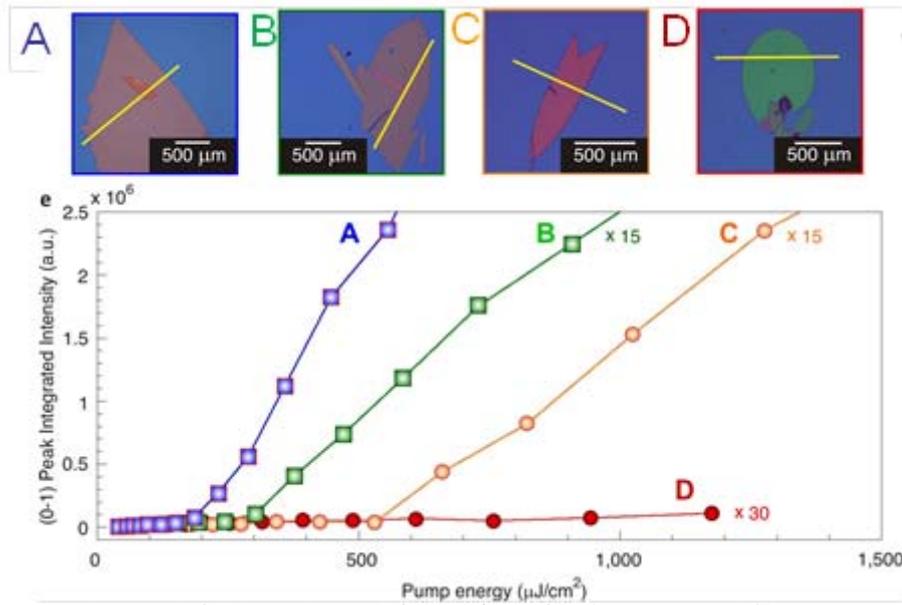


図 34.形状の異なるBP3T 単結晶からの発光の照射レーザー強度依存性。A: 端面が優れた二枚の結晶を張り合わせた試料、B: 端面が優れた結晶を張り付けた試料、C: 端面が優れた一枚の結晶、D: 通常の結晶

現する為、大きな結晶を利用する。しかしながら、大きな結晶は平行な端面を持たないため、光閉じ込め効果とファブリペロ共振器構造を両立させることが出来ない。この問題を解決する為、端面が優れた結晶と大きさが優れた結晶を重ね、光学的な相互作用を実現する方法を試みた。具体的には、大きな結晶の上に、端面が優れた小さな結晶を張り付け、その光学特性をレーザー照射の実験を通して検証した。図 34 に示すように、端面が優れた結晶を重ねる事により、レーザー発振のしきい値は劇的に減少した。これは、重ね合わせた結晶間で光学的な結合が実現しており、光結合器として機能していることを示している。

上述のように、レーザー照射による光励起の実験より、有機単結晶発光トランジスタに適応可能な光共振器構造が明確に示された。大きな結晶の上に、端面に優れた結晶を張り合わせ、その上から正孔注入用の金電極と、電子注入用のカルシウム電極を蒸着すれば良い。実際に作製した素子の写真を図 35 に示す。このように作製した素子を用いて、電流励起発光の電流量依存性を明らかにした。図 35 下に示すように、電流量の増加と共にスペクトル形状は変化しており、特に(0-2)ピークの線幅を電流量に対してプロットした結果、明確な先鋭化が観測された。このような、電流励起による発光スペクトルの明確な先鋭化は、有機 EL を含めて初めての観測である。光励起の結果から得られた、増幅自然放出に必要な励起子密度と、今回観測された電流励起先鋭化のしきい値電流密度を比較すると比較的良い一致を示している、観測された先鋭化が増幅自然放出に対応する可能性を強く示している。明確なレーザー発振には、より優れた共振器構造

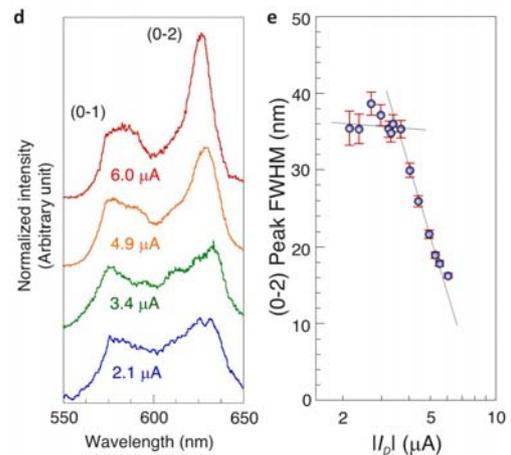
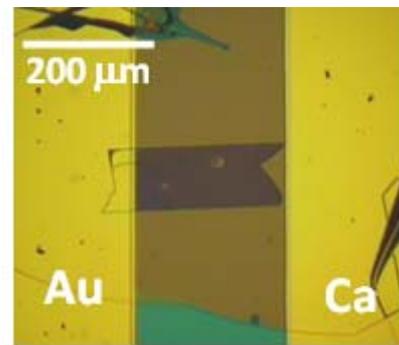


図 35. 2 枚の結晶を重ねたBP3T 発光トランジスタ(上)と観測されたスペクトルの電流励起先鋭化(下)。

と更なる電流密度の向上が不可欠ではあるが、本成果は新しい発光トランジスタさらにはレーザーデバイス提唱に結びつく極めて重要なマイルストーンである。

(2)研究成果の今後期待される効果

《成果の今後の展開見込、想定される科学技術や社会への波及効果についても記述してください。》

本研究にて得られた研究成果(発光トランジスタ、ショットキートランジスタ、レーザートランジスタの可能性)は、有機/金属界面を中心に基礎伝導に関する知見から提案・実現した“有機材料にユニークな新デバイス”である。それぞれが、新たな価値観のもとで発展する事が見込まれるが、特にレーザートランジスタの発展が大きく期待され、有機材料初の電流励起レーザー発振につながると思われる。有機材料に特徴的な多彩な発光色や柔軟性は、色彩が限定された既存のレーザー素子を根本から変化させる事が想定され、新概念表示素子や新しい市場の創造につながると期待される。

4.3 面内伝導システム基礎伝導(筑波大学 神田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

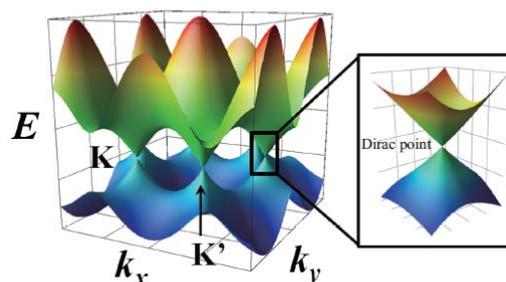
[研究の概要]

有機パイ電子の新奇2次元面内伝導システムとしてのグラフェンに着目し、その伝導特性の解明と向上を目指した基礎研究を行った。グラフェンは2005年の発見当初から、シリコンに置き換わるべき、次世代高速エレクトロニクスを担うトランジスタ材料として期待されてきたが、研究が進むにつれ、理想的な理論特性と実験で見られる現実の特性とのギャップが極めて大きく、実際の試料では理論値からの乖離が明らかになってきた。本研究では、グラフェンを電子デバイス材料に应用する際の2つのキーポイント、①高移動度、②バンドギャップの形成、に焦点をあて、理論的なグラフェンの特性と現実の特性とのギャップの原因を物理的考察から解明するとともに、特性を改善するための方策、プロセスを明らかにすることを目指した。

グラフェンの移動度については、劣化の原因であることが分かっている荷電不純物を供給する主要因が何であるかを解明することを目的として、単一の(多層)グラフェンの上面移動度、下面移動度を評価する手法を開発した。測定の結果から、グラフェンの移動度を劣化させている主要因は基板(ゲート絶縁膜)内の荷電不純物であり、移動度向上のためには、ゲート絶縁膜を high-k 化するよりも、材料内の荷電不純物の量を減らすことが重要であると結論した。また、移動度を向上させるのに有効な手法であるとされている「電流アニール法」の効果が Si 基板上のグラフェンに対しては限定的であるとされていることの原因を、伝導測定、AFM 観察を用いて探った。その結果、電流アニール時の投入電力がある値(0.06W/μm²)よりも大きくなると、アニール時にグラフェン上に堆積物があらわれ、移動度が低下することを見出した。したがって、移動度向上のためには、低電力で長時間アニールすることが有効である。さらに、金属材料とのコンタクトを改善するためのアルゴンイオンシャワーや、グラフェン成型時の酸素プラズマエッチングなどの試料作製プロセスがグラフェン特性に与える影響を検討した。

グラフェンのバンドギャップ形成については、垂直電界下の2層グラフェンにおけるバンドギャップ形成を詳細に検討した。アルミニウムをグラフェン上に直接蒸着することによって高効率のトップゲートを形成する方法を開発し、これとバックゲートを用いて2層グラフェンの垂直方向に高電界を印加することに成功した。伝導特性においてはじめてバンドギャップを確認し、漏れ電流の起源とその改善方法を解明した。さらに、グラフェン格子の歪みの大きさと位置を制御する方法を開発し、歪みの導入をラマン分光や電子顕微鏡写真で検証するとともに、歪みが伝導に与える影響を実験的に解明した。これは歪みを用いた新しいタイプのエレクトロニクスを構築するための基盤技術になる。

[研究実施内容と得られた成果の詳細]



- 25 図 36 : グラフェンのエネルギー分散。

4. 3. 1 グラフェン研究の背景と研究の方向性

炭素原子の 2 次元蜂の巣格子であるグラフェンは、円錐型の伝導帯と価電子帯が一点(ディラック点)で接する線形の分散関係を持つ(図 36)。その結果、グラフェン中の電子やホールはディラック方程式に従う質量ゼロの相対論的ディラックフェルミオンとして振る舞う。この点で、グラフェンは基礎科学的に興味深い物質であるが、それに加えて、高移動度、大きな電界効果も期待されるので、次世代の電子材料、とりわけ高速動作トランジスタの材料となる可能性をもっている。本研究はこの点に着目して立ち上げられた。

2005 年のグラフェン発見当初は、大きな電界効果やディラックフェルミオン特有の量子ホール効果観測が報告され、理論的に従来から研究されてきたグラフェンの理想的な特性(高移動度、バンドギャップの可能性、バリスティック伝導、ディラック点の物理)に注目が集まった。これに対応し、2006 年の CREST 開始時においては、本研究は、グラフェンの理想的な特性の観測、トランジスタ応用に向けたプロセスの最適化と新奇現象の探索を目的としていた。しかしながら、その後世界中でグラフェンの実験研究が進展すると、理論で予測されてきた理想的な特性と実験で見られる現実的な特性とのギャップが顕在化してきた。例えば、移動度は期待されていたほど高くなく、乱れの影響が支配的であること、バンドギャップの形成が現実には困難であること、平均自由行程が短いこと、実験的にディラック点に到達するのは困難であること、などである。これは、グラフェンが完全 2 次元膜であるので環境の影響を受けやすいことが原因である。このような状況を反映して、本研究では、グラフェンの特性劣化の原因究明と特性向上のための手法・プロセスを開拓することに目的がシフトした。具体的には、トランジスタを形成するためのキーポイントである高移動度の実現、バンドギャップの形成を中心に研究を進め、平行してグラフェンの新規機能性としてのスピン・クーパー対伝導についても研究したが、結果的には後者の研究から、高移動度実現についての知見が得られることとなった。

4. 3. 2 Si 基板上グラフェンの散乱機構解明と伝導特性の向上

グラフェンでは、バンド構造を反映してアンバイポーラな電界効果が起こるが、電気伝導度の最小値やゲート電圧依存性は、理論予測と実験で大きく異なる。Adam らの理論(Adam et al. PNAS (2007))とその後の実験によって、現実のグラフェンでは、グラフェン本来の伝導特性は実現しておらず、荷電不純物による長距離クーロン散乱によって伝導が支配されていることが明らかとなり、荷電不純物の除去と移動度を向上させるための有効な手段の解明がグラフェン応用研究の主題となってきた。

荷電不純物を除去するためには、まずクーロン散乱の主要因がどこにあるのかを明らかにする必要がある。荷電不純物の供給源としては、グラフェン下面が接する基板(SiO_2)、グラフェン上面が接する吸着分子、レジスト残渣等の付着物等が挙げられ、主要因がどれであるかによって、不純物除去の手法が異なってくる。そこで、グラフェン上面、下面の影響を分離する手法を開発した。高ドープ Si/SiO₂ 基板(バックゲートとして使用)上にある多層グラフェンに対して、非接触トップゲート(図 37)を形成し、電気伝導度のトップゲート/バックゲート電圧依存性を測定した。トップゲート/バックゲート側の一定厚さ部分の電気伝導度が一定であるという簡単なモデル(図 38)を使って上面/下面移動度(μ_t, μ_b)を評価したところ、厚膜では常に $\mu_b/\mu_t=0.3$ 程度であった。本来、SiO₂ の誘電率が真空の値よりも大きいので μ_b のほうが大きくなるはずであることを考慮すると、グラフェンの移動度を向上させるためには、high-k を持つゲート

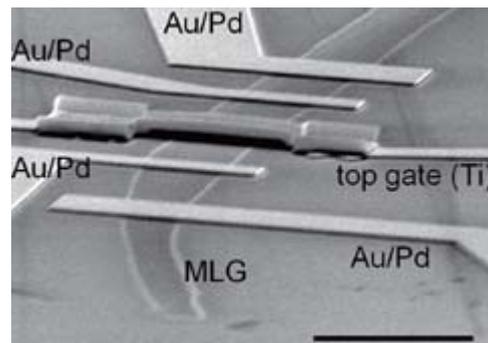


図 37：非接触トップゲート構造を持つ多層グラフェン試料。バーは 5 ミクロン。

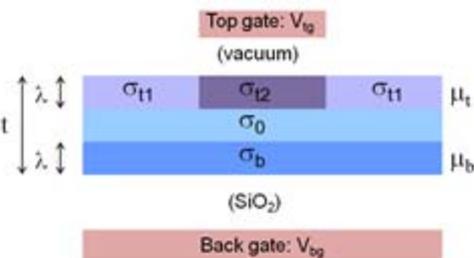


図 38：多層グラフェンの電気伝導度分布のモデル。

絶縁膜を用いるよりも、荷電不純物の少ないゲート絶縁膜を用いるほうが効果的であることをこの結果は示している。

さらに、移動度を向上させるのに効果的であるとされている電流アニールについて検討した。基板を取り除いた架橋グラフェンでは、 $1 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$ 程度の高電流を印加することで移動度が 10 倍程度向上するが、Si/SiO₂ 基板上的グラフェンに対しては、その効果は限定的であることが知られている。しかしその原因はわかっていなかった。我々は多層グラフェンを用いて、電流アニールの影響を電気伝導、AFM 観察を用いて調べた。多層グラフェンでは、電気伝導の温度依存性から残留キャリア密度を導出できるので、アニール効果の検証に適している。測定の結果、同様のアニールを行ったにもかかわらず、アニールによって移動度が増加し最小キャリア密度が減少する場合と、全く逆の効果があらわれる場合の 2 種のケースが観測された。前者と後者は、投入電力 $0.06 \text{ W}/\square \text{ m}^2$ が境界になっていた。また前者では、アニール後のグラフェン表面の凹凸は 1 nm 以下であったが、後者では、グラフェンの一部に高さ数 nm の付着物が観測された。さらに、単一の試料で、アニール電流を増加させながら表面を観察したところ、電流が大きくなるとグラフェン表面に付着物が堆積していく様子が観測された。これらのことから、温度上昇による付着物の移動堆積が移動度劣化の原因であると推察される。すなわち、低電力長時間の電流アニールが移動度の向上には効果的である。

本研究開始当初には、試料作製プロセスを最適化するために、金属材料とのコンタクトを改善するためのアルゴンイオンシャワーや、グラフェン成型時の酸素プラズマエッチングがグラフェン特性に与える影響を検討した。アルゴンイオンシャワー後には、伝導にアンダーソン弱局在を示す抵抗の対数増大や負の磁気抵抗が観測されたことから、アルゴンシャワー時には、(グラフェンの伝導測定部分はレジストマスクで保護されているにもかかわらず)グラフェンが損傷を受けていることが分かった。また、酸素プラズマエッチングでは、単一グラフェンに対して、アルミマスクとレジストマスクの両方を用いてエッチングを行い、伝導特性を比較したが、低温測定においても有意な差は見られなかった。

4. 3. 3 バンドギャップ生成

グラフェンは本来金属伝導を示すので、トランジスタに利用するためにはバンドギャップを誘起する必要がある。グラフェンのバンドギャップ生成には、①グラフェンの細線(ナリボン)化、②2層グラフェンへの垂直電界印加、の 2 つの方法が知られている。①についてはこれまで多くの実験がなされてきており、細線にすると移動度が大幅に減少すること、ポテンシャル乱れを反映したクーロンブロックの伝導特性があらわれることが分かっている。これは、グラフェンの電子状態がエッジの原子配列に敏感であることに起因し、バンドギャップをコントロールするためには、原子配列の制御など技術的な課題が多い。②については、赤外分光法などの光学的方法によって、ゲート電界制御が可能なバンドギャップの存在が示唆されてい

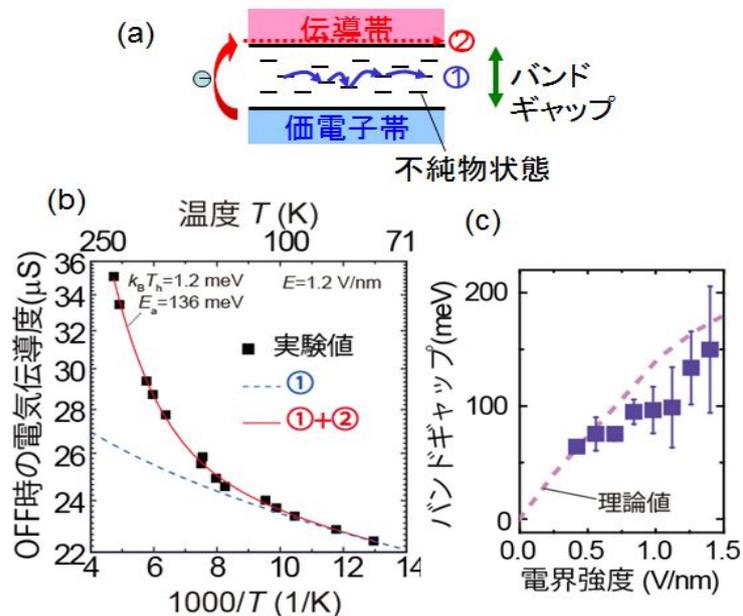


図 39. (a) バンドギャップが開いたグラフェンにおける電気伝導のモデル。メカニズム①:バンドギャップ内の不純物由来の電子順位を介した伝導。伝導性は弱い、小さなエネルギーでも伝導電子が励起するので、低温においても電気伝導がおこる。メカニズム②:価電子帯から伝導体に励起された電子による伝導。伝導性は高いが、大きな励起エネルギーが必要のため、低温では抑制される。(b)OFF 抵抗の温度依存性と、左図のモデルに基づいた解析。トランジスタ OFF 時の素子の電気伝導度の温度変化。点線は、左図のメカニズム①による低温部分のフィッティング。実線はメカニズム①と②の共存を仮定し、全温度域に対してフィッティングした結果。この温度変化は片方のメカニズムだけでは説明できない。(c) 解析によって求めたバンドギャップの電界強度依存性と、その理論計算の結果。電気伝導度の温度依存性へのフィッティングによって抽出したバンドギャップ。理論計算(破線)は良く一致する。

るが、肝心の伝導測定では、バリアブルレンジホッピングの報告があるのみであり、バンドギャップの存在は確認されていない状況であった。

我々は、アルミニウムを直接グラフェン上に蒸着することによって高効率のトップゲートを形成することができるを見出し、これを用いて、2層グラフェンに垂直に高電界を印加することに成功した。垂直電界印加時の電気伝導特性の温度依存性を詳細に検討した結果、伝導は、熱活性化伝導と2次元バリアブルレンジホッピング伝導の和でうまく説明できることが明らかになった(図 39)。前者からバンドギャップの値を見積もったところ、そのゲート電界依存性は、第一原理計算によって得られた理想的グラフェンの値と一致した(図 39)。また、高移動度試料ほどバリアブルレンジホッピング伝導の寄与が小さくなることもわかった。このことから、現実の2層グラフェンでは、バンドギャップは形成されているものの、ポテンシャル乱れによる電流の漏れが起こっていることが示された。すなわち、質の良いバンドギャップを形成するためには、移動度を向上せさせる必要があることを明らかにした。

4. 3. 4 歪みによる伝導制御

2009年から2010年にかけて、グラフェンにおける歪み効果の理論研究が相次いで発表された。単層グラフェンでは、キャリアのディラックフェルミオンの性質によって、格子に非一様な歪みがあるとゲージ場が生じ、実効的に磁場が印加されたのと同じ効果があらわれる。これは擬似磁場として知られ、CVD 成長したグラフェン上にできたナノスケールの泡構造で、300T の擬似磁場に相当するランダウ準位が観測されている。理論では、歪みの形状・大きさを制御することによって、バンドギャップや1次元細線の形成、電子の閉じこめが可能であることが示され、新しいタイプのグラフェンエレクトロニクスが提唱されているが、現実には、グラフェンの歪みを制御する方法がなかった。

我々は、グラフェンと基板の間に制御性良くレジストの柱構造を形成する方法を開発し、これを使ってグラフェンに歪みを導入することに成功した。柱のサイズや位置を調整することで、歪みの大きさや位置を制御できる。柱構造の作製精度は電子ビーム描画装置の精度に依存し、10 ナノメートル程度まで微細化が可能である。歪みの導入は、ラマン分光や独自の方法を用いた SEM 観察を用いて確認しており、最大歪みは 20% に達する(図 40)。さらに、グラフェンに局所的に1次元歪みを導入することによって、グラフェンの電気伝導度が減少することを見出した。ゲート電圧依存においてギャップ形成を示唆するデータも得ている(図 41)。

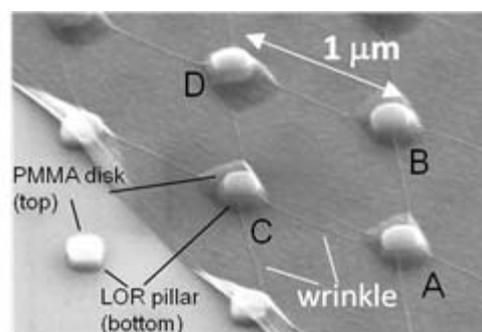


図 40：グラフェンへの歪みの導入。三角格子状に配置したレジスト柱構造の上にグラフェンを載せている。

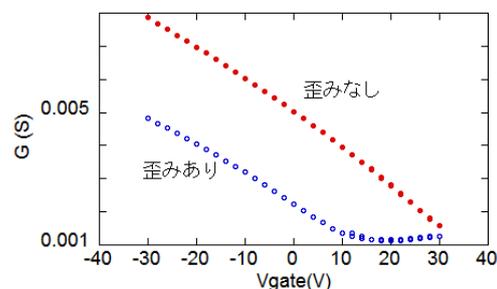


図 41：歪みのあるグラフェンと歪みの無いグラフェンのコンダクタンスの比較。両試料は同一グラフェン上に作製している。歪みによって、バンドギャップ的な電気伝導度の減少がみられる。

4. 3. 5 グラフェンの様々な基礎伝導特性の解明

① 多層グラフェンの層間電界遮蔽長の決定

グラフェンはその単原子膜厚という極端な薄さのためにキャリア輸送に基板凹凸や不純物の影響が大きく現れ、材料が本来持つ高性能が発現しにくい。一方、膜厚を厚くしすぎると電界効果が遮蔽されるためにデバイス制御がしにくくなるので、膜厚の最適化が必要となる。我々は、独自の方法によって、高効率のトップゲート電圧印加を実現し、伝導の膜厚、ゲート電圧依存性から、層間方向の電界遮蔽長が 1.2 nm であることを実験的にはじめて明らかにした。

② グラフェンナリボンの形成

微細加工法と自然形成法の両方の方法によってグラファイトリボンを形成することに成功し、リボンでは膜の凹凸に起因した単一電子帯電効果によって伝導のゲート制御が可能であることを初めて示した。

① 単層グラフェンの超伝導近接効果

単層グラフェンではディラックフェルミオンの特性を反映して、特殊な超伝導近接効果が起こると理論で予測されている。ただしこの現象の観測にはバリスティック伝導が必要条件となる。これを観測すべく実験を行った。基板上に電子ビームリソグラフィーで形成した超伝導接合(長さ 220nm)では、超伝導電流は流れたものの、その温度依存は拡散伝導の理論と良く合うことが分かった。これは典型的な平均自由行程が 100 nm 程度であることに矛盾しない。バリスティック伝導を実現すべく、i)極めて短い接合(接合長 50 nm)、ii)超伝導架橋接合の作製方法を独自に開発した。i)では、バリスティック伝導の理論と合う超伝導電流が観測されたものの、ゲート変調が見られなかった。これは、超伝導電極の接続によりフェルミレベルのピンギングが起こっているためであると推察される。すなわち、電極を接続したグラフェンでは一般的にディラック点に到達することは不可能であることが示唆される。また、ii)では、電流アニールによって接合抵抗を十分に低くしたにもかかわらず、超伝導電流が観測されなかった。歪みによる電子の散乱等の原因が考えられる。これらの現象はグラフェントランジスタでも起こっていると推察される。

④ 多層グラフェンの超伝導近接効果

多層グラフェンの超伝導接合において、ゲート電圧印加下で超伝導電流が特殊な温度依存性を示すことを見出した。この現象は、温度低下とともに、キャリア密度の大きいグラフェン層から漸次超伝導電流を流す、というモデルで説明できる。ただし、各層は、拡散伝導的な超伝導電流を流すことを仮定する必要がある。このことから、多層グラフェンにおいては、ゲート電界が到達する範囲では、バリスティック伝導が実現していないことが結論できる。

⑤ グラフェンのスピン伝導

グラフェンではスピン軌道相互作用が小さいので、スピン緩和が起こりにくいはずであるが、これまでの実験で得られているスピン緩和長は、理論予測の数10分の1である。我々は、新しいスピン緩和長評価方法を考案して理論値に近い数値を導出することに成功した。また、従来のスピン緩和長評価方法では、強磁性体電極の影響でスピン緩和長を短く見積もっている可能性があることを指摘した。

(2)研究成果の今後期待される効果

- ・本研究で明らかとなったグラフェンの伝導特性の向上手法を活用することで、グラフェンの電子デバイス応用が促進されることが期待される。
- ・特に、グラフェンの歪み効果は、デバイス応用への期待が大きい。従来のバンドギャップ形成法では、ナリボンのエッジ構造の乱れにより移動度が低下したり、ディラックフェルミオン特有のクライントネル現象のために、静電ポテンシャルによる電子閉じ込めができないなど、欠点が多い。これに対し、歪みよる細線形成では、歪みの空間変化のスケールが格子間隔よりも十分に大きいので、電子を緩やかな閉じこめポテンシャルで閉じこめることが可能となり、漏れ電流を低減できる。一枚のグラフェンに歪みを導入するだけで回路を構成できる「歪みエレクトロニクス」の実現に展開できる可能性がある。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 0件、国際(欧文)誌 117件)
(H18 3件)

1. Current transport in short channel top-contact pentacene field-effect transistors investigated with the selective molecular doping technique,

- F.Fujimori, K.Shigeto, T.Hamano, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Applied Physics Letters 90 (19) 193507/1-3 (2007).
2. Electron transport in thin graphite films: effect of microfabrication processes,
T.Moriki, T.Sato, A.Kanda, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Physica E: Low-Dimensional systems and Nanostructures 40 (2) 241-244 (2007).
3. Ambipolar Light-Emitting Transistors of Tetracene Single-Crystal,
T. Takahashi, T. Takenobu, J. Takeya, Y. Iwasa,
Advanced Functional Materials 17, (10), 1623-1628 (2007).

(H19 20 件)

1. In-crystal and surface charge transport of electric-field-induced carriers in organic single-crystal semiconductors,
J. Takeya, J. Kato, K. Hara, M. Yamagishi, R. Hirahara, K. Yamada, Y. Nakazawa, S. Ikehata, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, T. Takenobu, Y. Iwasa
Physica Review Letters 98 (19) 196804 (2007).
2. Defect-free two-dimensional-photonic crystal structures on a nonlinear optical polymer patterned by nanoimprint lithography,
M. Okinaka, S. Inoue, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi,
Journal of Vacuum Science and Technology B 25, (3), 899-901 (2007).
3. Electric double layer transistor of organic semiconductor crystals in a four-probe configuration,
H. Shimotani, H. Asanuma, Y. Iwasa
Japanese Journal of Applied Physics 46 (6A) 3613-3617 (2007).
4. Suppression of current hysteresis in carbon nanotube thin film transistors,
K. Tsukagoshi, M. Sekiguchi, Y. Aoyagi, T. Kanbara, T. Takenobu, Y. Iwasa,
Japanese Journal of Applied Physics 46 (23) L571-L573 (2007).
5. Ambipolar Field-Effect Transistor of High Photoluminescent Material Tetraphenylpyrene (TPPy) Single Crystal
S. Z. Bisri, T. Takahashi, T. Takenobu, M. Yahiro, C. Adachi, Y. Iwasa
Japanese Journal of Applied Physics 46 (20-24) L596-L598 (2007).
6. Frequency response analysis of pentacene thin-film transistors with low impedance contact by interface molecular doping,
T. Miyadera, T. Minari, K. Tsukagoshi, H. Ito, Y. Aoyagi
Applied Physics Letters 91 (1) 013512/1-3 (2007).
7. Charge injection process in organic field-effect transistors,
T. Minari, T. Miyadera, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi,
Applied Physics Letters 91 (5) 053508/1-3 (2007).
8. Scaling effect on the operation stability of short-channel organic single-crystal transistors,
T. Minari, T. Miyadera, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, T. Hamano, R. Yasuda, K. Nomoto, T. Nemoto, S. Isoda,
Applied Physics Letters 91 (6) 063506/1-3 (2007).
9. Suppression of short channel effect in organic thin film transistors,
K. Tsukagoshi, F. Fujimori, Takeo Minari, T. Miyadera, T. Hamano, Y. Aoyagi,
Applied Physics Letters, 91 (10) 113508/1-3 (2007).
10. Molecular-packing-enhanced charge transport in organic field-effect transistors based on semiconducting porphyrin crystals,
T. Minari, M. Seto, T. Nemoto, S. Isoda, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi,
Applied Physics Letters, 91 (12) 123501/1-3 (2007).
11. Contact-metal dependent current injection in pentacene thin film transistors,
S.-D. Wang, T. Minari, T. Miyadera, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi
Applied Physics Letters, 91 (20) 203508/1-3 (2007).
12. One-dimensional bromo-bridged Ni-III complexes [Ni(S,S-bn)(2)Br]Br-2 (S,S-bn=2S,3S-diaminobutane): Synthesis, physical properties, and electrostatic carrier doping,
S. Takaishi, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, H. Tanaka, S.I. Kuroda, A. Goto, T. Shimizu, T. Takenobu, Y. Iwasa,
Chemistry-A European journal 14 (2) 472-477 (2008).
13. Bias stress instability in pentacene thin film transistors: contact resistance change and channel threshold voltage shift

- S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi
Applied Physics Letters, 92 (6) 063305/1-3 (2008).
14. High Current Density in Light-Emitting Transistors of Organic Single Crystals
T. Takenobu, S. Z. Bisri, T. Takahashi, M. Yahiro, C. Adachi, Y. Iwasa
Physica Review Letters 100 (6) 066601 (2008).
 15. Coulomb blockade oscillations in patterned ultra-thin graphite films
S.Odaka, H.Miyazaki, T.Moriki, T.Sato, A.Kanda, K.Tsukagoshi, Y.Ootuka, Y.Aoyagi
Japanese Journal of Applied Physics 47 (1) 697-699 (2008).
 16. Coulomb blockade oscillations in narrow corrugated graphite ribbons,
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, S.Odaka, Y.Aoyagi, T.Moriki, T.Sato, A.Kanda, Y.Ootuka,
Applied Physics Express 1 (2) 024001/1-3 (2008)
 17. Direct measurement of inter-layer screening length to electric field in thin graphite film
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, S.Odaka, Y.Aoyagi, T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, A.Kanda, Y.Ootuka,
Applied Physics Express, 1 (3)034007/1-3 (2008)
 18. Mobility and Dynamics of Charge Carrier in Rubrene Single Crystal Studied by Flash-Photolysis Microwave Conductivity and Optical Spectroscopy
A. Saeki, S. Seki, T. Takenobu, Y. Iwasa, S. Tagawa,
Advanced Materials 20, (5), 920-923, (March 2008)
 19. Gate-controlled superconducting proximity effect in ultrathin graphite films
T.Sato, T.Moriki, S.Tanaka, A.Kanda, H. Miyazaki, S.Odaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Physica E –Low dimensional systems & Nanostructures 40, 1495-1497 (2008).
 20. A different type of reentrant behavior in superconductor/thin graphite film/
superconductor Josephson junctions,
T.Sato, A.Kanda, T.Moriki, H.Goto, S.Tanaka, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Physica C 468, 797-800 (2008).

(H20 21 件)

1. Effects of gate dielectrics and metal electrodes on air-stable n-channel perylene tetracarboxylic dianhydride single-crystal field-effect transistors
K. Yamada, J. Takeya, T. Takenobu, Y. Iwasa
Applied Physics Letters, 92 (25) 253311/1-3 (2008).
2. Effect of postannealing on the performance of pentacene single-crystal ambipolar transistors
T. Takenobu, K. Watanabe, Y. Yomogida, H. Shimotani, Y. Iwasa
Applied Physics Letters, 93 (7) 073301/1-3 (2008).
3. Ambipolar Tetraphenylpyrene (TPPy) Single-Crystal Field-Effect Transistor with Symmetric and Asymmetric Electrodes
S. Z. Bisri, T. Takahashi, T. Takenobu, M. Yahiro, C. Adachi, Y. Iwasa
Frontiers in Materials Research (editors: Y. Fujikawa, K. Nakajima, T. Sakurai).
Springer Series "Advances in Materials Research". Springer (2008).
4. Fabrication of ambipolar light-emitting transistor using high-photoluminescent organic single crystal
S. Z. Bisri, T. Takenobu, Y. Yomogida, T. Yamao, M. Yahiro, S. Hotta, C. Adachi, Y. Iwasa
Proc. SPIE 6999, 69990Z (2008).
6. Bias stress instability in pentacene thin film transistors: contact resistance change and channel threshold voltage shift
S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi
Applied Physics Letters, 92 (6) 063305/1-3 (2008).
7. Observation of gate-controlled superconducting proximity effect in microfabricated thin graphite films
T.Sato, A.Kanda, S.Tanaka, H.Goto, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Journal of Physics 109, 012031/1-4 (2008).
8. Selective organization of solution-processed organic field-effect transistors
T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, Y.Aoyagi, M.Seto, T.Nemoto, S.Isoda, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters, 92 (17) 173301/1-3 (2008).

9. Gate control of spin transport in multilayer graphene,
H.Goto, A.Kanda, T.Sato, S.Tanaka, Y.Ootuka, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Applied Physics Letters, 92 (21)212110/1-3 (2008).
10. Charge trapping induced current instability in pentacene thin film transistors: Trapping barrier and effect of surface treatment,
T.Miyadera, S.D.Wang, T.Minari, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Applied Physics Letters, 93 (3) 033304/1-3 (2008).
11. Correlation between charge trap sites and device parameters in pentacene thin film transistors,
S.D.Wang, T.Miyadera, T.Minari, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters, 93(4) 043311/1-3 (2008).
12. Dynamic bias stress current instability caused by charge trapping and detrapping in pentacene thin film transistors,
T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters, 93 (21) 213302/1-3 (2008)
13. Gate-controlled superconducting proximity effect in ultrathin graphite films
T.Sato, T.Moriki, S.Tanaka, A.Kanda, H.Miyazaki, S.Odaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi
Physica E 40,1495-1497 (2008).
14. Superconducting proximity effect through graphene and graphite films
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
Journal of Physics Conference Series, 109, 012014 (2008).
15. Contact resistance instability in pentacene thin film transistors induced by ambient gases
S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters, 94 (8) 083309/1-3 (2009).
16. Surface selective deposition of molecular semiconductors for solution-based integration of organic field-effect transistors,
T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters, 94 (9) 093307/1-3 (2009).
17. Ambipolar, single-component, metal-organic thin-film transistors with high and balanced hole and electron mobilities,
S.-I.Noro, T.Takenobu, Y.Iwasa, H.-C.Chang, S.Kitagawa, T.Akutagawa, T.Nakamura,
Advanced Materials 20 (18) 3399 (SEP 17 2008)
18. Blue-light-emitting ambipolar field-effect transistors using an organic single crystal of 1,4-Bis(4-methylstyryl)benzene,
H. Nakanotani, R. Kabe, M. Yahiro, T. Takenobu, Y. Iwasa, C. Adachi,
Applied Physics Express 1 (9) 091801 (SEP 2008)
19. One-dimensional bromo-bridged Ni-III complexes [Ni(S,S-bn)(2)Br]Br·2 (S,S-bn=2S, 3S-diaminobutane): Synthesis, physical properties, and electrostatic carrier doping,
S.Takaishi, M.Yamashita, H.Matsuzaki, H.Okamoto, H.Tanaka, S.-I.Kuroda, A.Goto, T.Shimizu, T.Takenobu, Y.Iwasa,
Chemistry-A European journal 14 (2) 472-477 (2008)
20. High Mobility and Luminescent-Efficiency in Organic Single-Crystal Light-Emitting Transistors,
S. Z. Bisri, T. Takenobu, Y. Yomogida, H. Shimotani, T. Yamao, S. Hotta and Y. Iwasa,
Advanced Functional Materials 19 (11) 1728-1735 (2009).
21. Organic single-crystal Schottky gate transistors,
T. Kaji, T. Takenobu, A. F. Morpurgo, Y. Iwasa,
Advanced Materials 21 (36) 3689-3693 (2009).

(H21 16 件)

1. Improvement of subthreshold current transport by contact interface modification in organic field-effect transistors
M.Kano, T.Minari, K.Tsukagoshi
Applied Physics Letters, 94 (14) 143304/1-3 (2009).
2. Performance enhancement of thin-film transistors by using high-purity semiconducting single-wall carbon nanotubes,
S.Fujii, T. Tanaka, Y.Miyata, H.Suga, Y.Naitoh, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, H.Kataura,

- Applied Physics Express, 2 (7) 071601/1-3 (2009).
3. Thin-film transistors fabricated from semiconductor-enriched single-wall carbon nanotubes,
S.Fujii, T.Tanaka, Y.Miyata, H.Suga, Y.Naitoh, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, H.Kataura,
Physica Status Solidi (B) 246 (11) 2849-2852 (2009).
 4. Pulsed Bias Stress in Pentacene Thin Film Transistors and Effect of Contact,
T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,
Japanese Journal of Applied Physics, 49(1) 01AM03/1-3 (2010).
 5. Resistance modulation of graphite/graphene film controlled by gate electric field
H.Miyazaki, S.Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Semiconductor Science and Technology 25 (3) 034008/1-8 (2010).
 6. Intrinsic Magnetoresistance of Single-Walled Carbon Nanotubes Probed by a Nanocontact Method
Y. Oshima, T. Takenobu, K. Yanagi, Y. Miyata, H. Kataura, K. Hata, Y. Iwasa, H. Nojiri
Physical Review Letters 104 (1) 016803 (2010).
 7. Anisotropic transport in epitaxial graphene on SiC substrate with periodic nanofacets
S.Odaka, H.Miyazaki, S.-L Li, A.Kanda, K.Morita, S.Tanaka, Y.Miyata, H.Kataura, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Applied Physics Letters 96 (6) 062111/1-3 (2010).
 8. All-solution-processed selective assembly of flexible organic field-effect transistor arrays,
M.Kano, T.Minari, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Express 3 (5) 051601/1-3 (2010).
 9. Transition Voltage Method for Estimating Contact Resistance in Organic Thin Film Transistors,
S.-D.Wang, Y.Yan, K.Tsukagoshi,
IEEE Electron Device Letters 31 (5) 509-511 (2010).
 10. Inverse spin valve effect in multilayer graphene device
H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda,
Journal of Physics Conference Series:232, 012002/1-5 (2010).
 11. Fabrication of ultrashort graphene Josephson junctions,
H. Tomori, A. Kanda, H. Goto, S. Takana, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi
Physica C: Superconductivity and Applications 470 (20) 1492-1495 (2010).
 12. Dependence of proximity-induced supercurrent on junction length in multilayer-graphene Josephson junctions
A. Kanda, T. Sato, H. Goto, H. Tomori, S. Takana, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi,
Physica C: Superconductivity and its Applications 470 (20) 1477-1480 (2010).
 13. Evaluation of organic semiconductor material with ultralow accelerating voltage SEM image,
K.Tsukagoshi, M.Nakagawa,
Hitachi E.M.News 3 (5) 26-32 (2009).
 14. Gate-voltage modulation of conductance in bilayer graphene,
H.Miyazaki, A.Kanda, K.Tsukagoshi
Proceedings of Atomic Level Characterization (ALC'09), 10P36 (2009).
 15. Characterization of Graphene by Scanning Electron Microscopy,
H.Hiura, H.Miyazaki, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Proceedings of Atomic Level Characterization (ALC'09), 10P36 (2009).
 16. Gate-voltage modulation in graphene,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.-L.Li, A.Kumatani, H.Hiura, A.Kanda,
Proceedings of "India-Japan conference on Graphene", World Scientific, (2010).

(H22 22 件)

1. Direct evaluation of low-field mobility and access resistance in pentacene field-effect transistors,
Y.Xu, T.Minari, K.Tsukagoshi, J.A.Chroboczek, G.Ghibaudo,
Journal of Applied Physics 107 (11) 114507/1-7 (2010).
2. Low operating bias and matched input-output characteristics in graphene inverters
S.-L.Li, H.Miyazaki, A.Kumatani, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Nano Letters 10 (7) 2357-2362 (2010).
3. Extraction of low-frequency noise in contact resistance of organic field-effect

- transistors,
Y.Xu, T.Minari, K.Tsukagoshi, R.Gwoziecki, R.Coppard, F.Balestra, J.A.Chroboczek, G.Ghibaud,
Applied Physics Letters 97 (3) 033503/1-3 (2010).
4. Understanding contact behavior in organic thin film transistors,
Sui-Dong Wang, Yan Yan, Kazuhito Tsukagoshi,
Applied Physics Letters 97 (6) 063307/1-3 (2010).
 5. Determination of the Number of Graphene Layers: Discrete Distribution of the Secondary Electron Intensity Stemming from Individual Graphene Layers
H.Hiura, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Applied Physics Express 3 (9) 095101/1-3 (2010).
 6. Influence of Electrode Size on Resistance Switching Effect in Nanogap Junctions,
H.Suga, M.Horikawa, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, T.Shimizu, Y.Naitoh
Applied Physics Letters 97 (7) 093118/1-3 (2010).
 7. Influence of disorder on conductance in bilayer graphene under perpendicular electric field,
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, A.Kanda, M.Otani, and S.Okada
Nano Letters 10 (10) 3888-3892 (2010).
 8. Theoretical study of superconducting proximity effect in single and multi-layered graphene
M.Hayashi, H.Yoshioka, A.Kanda
Physica C, S 846-847 (2010).
 9. Effect of current annealing on electronic properties of multilayer graphene
S Tanaka, H Goto, H Tomori, Y Ootuka, K Tsukagoshi, A Kanda
Journal of Physics, Conference Series, 232, 012015 (2010).
 10. Electron transport in rubrene single-crystal transistors,
S. Z. Bisri, T. Takenobu, T. Takahashi, Y. Iwasa
Applied Physics Letters 96 (18) 183304/1-3 (2010).
 11. Transport mechanism in metallic and semiconducting single-walled carbon nanotube networks,
K.Yanagi, H.Udoguchi, S.Sagitani, Y.Oshima, T.Takenobu, H.Kataura, T.Ishida, K.Matsuda, Y.Maniwa,
ACS Nano 4 (7) 4027-4032 (2010).
 15. High current densities in a highly photoluminescent organic single-crystal light-emitting transistor,
K.Sawabe, T.Takenobu, S. Z. Bisri, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa
Applied Physics Letters 97 (4) 043307/1-3 (2010).
 16. Tunable carbon nanotube thin-film transistors produced exclusively via inkjet printing,
H. Okimoto, T. Takenobu, K. Yanagi, Y. Miyata, H. Shimotani, H. Kataura, Y. Iwasa
Advanced Materials 22 (36) 3981-3986 (2010).
 17. Ultrasensitive detection of DNA molecules with high On/Off single-walled carbon nanotube network,
D. Fu, H. Okimoto, C. W. Lee, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Kataura, L.-J. Li
Advanced Materials 22 (43) 4867-4871 (2010).
 18. Green light emission from the edges of organic single-crystal transistors,
Y.Yomogida, T.Takenobu, H.Shimotani, K.Sawabe, S.Z.Bisri, T.Yamao, S.Hotta, Y.Iwasa
Applied Physics Letters 97 (17) 173301/1-3 (2010).
 19. Microscopic mechanisms behind the high mobility in rubrene single-crystal transistors as revealed by field-induced electron spin resonance,
K. Marumoto, N. Arai, H. Goto, M. Kijima, K. Murakami, Y. Tominari, J. Takeya, Y. Shimoi, H. Tanaka, S. Kuroda, T. Kaji, T. Nishikawa, T. Takenobu, Y. Iwasa
Physical Review B 83 075302 (2011).
 20. Organic Single Crystals Directly Grown on Polymer Dielectric via Solution Process and Field Effect Transistors with Band-like Transport,
C.Liu, T.Minari, X.Lu, A.Kumatani, K.Tsukagoshi, K.Takimiya,
Advanced Materias 23 (4) 523-526 (2011).
 21. Enhanced Logic Performance with Semiconducting Bilayer Graphene Channels,
S.-L.Li, H.Miyazaki, H.Hiura, C.Liu, K.Tsukagoshi,
ACS nano 5 (1) 500-506 (2011).

22. Control of device parameters by active layer thickness in organic field-effect transistors

M.Kano, T.Minari, K.Tsukagoshi, H.Maeda,
Applied Physics Letters 98 (7) 073307/1-3 (2011)

(H23 35 件)

1. Enhanced Logic Performance with Semiconducting Bilayer Graphene Channels,
S.-L.Li, H.Miyazaki, H.Hiura, C.Liu, K.Tsukagoshi,
ACS nano 5 (1) 500-506 (2011).
2. Origin of low-frequency noise in pentacene field-effect transistors
Y.Xu, T.Minari, K.Tsukagoshi, J.Chroboczek, F.Balestra, G.Ghibaudo
Solid-State Electronics, doi:10.1016/j.sse.2011.01.002 (2011).
3. Unipolar resistive switching in high-resistivity Pr_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ junctions
S.-L. Li, J. Li, Y. Zhang, D.N. Zheng and K. Tsukagoshi
Applied Physics A: Materials Science and Processing, 103 (1) 21-26 (2011).
4. Complementary-like Semiconducting Graphene Logic Gates Controlled by Electrostatic Doping,
S.-L.Li, H.Miyazaki, M.V.Lee, C.Liu, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Small 7 (11) 1552-1556 (2011).
5. Effect of air exposure on frequency response characteristics in pentacene-based organic devices,
X. Lu, T.Minari, A.Kumatani, C.Liu, and K.Tsukagoshi,
Applied Physics Letters 98 (24) 243301/1-3 (2011).
6. p-i-n Homojunction in Organic Light-Emitting Transistors,
S. Z. Bisri, T. Takenobu, K. Sawabe, S. Tsuda, Y. Yomogida, S. Hotta, C. Adachi, Y. Iwasa,
Advanced Materias, 23 2753-2758 (2011).
7. Selective molecular assembly for bottom-up fabrication of organic thin-film transistors,
T.Minari, M.Kano, K.Tsukagoshi,
Chapter9 in "Self-organized organic semiconductors: From Materials to Device Applications".
Editted by Prof.Li Quan, John Wiley & Sons, Inc., 2010.
8. Graphene and its Fascinating Attributes
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.-L.Li, A. Kumatani, H. Hiura, A.Kanda,
Chapter 11 in "Gate-Voltage Modulation in Graphene " Edited by C.N.R.Rao,
World Scientific Publisher (2011).
9. Patterning solution-processed organic single crystal transistors with high device performance
Y.Li, C.Liu, A.Kumatani, P.Darmawan, T.Minari, K.Tsukagoshi
AIP advances 1 (2) 022149/1-7 (2011).
10. Modeling of static electrical properties in organic field-effect transistors
Y.Xu, T.Minari, K.Tsukagoshi, R.Gwoziecki, R.Coppard, M.Benwadih, J.A.Chroboczek,
F.Balestra, G.Ghibaudo,
Journal of Applied Physics 110 (1) 014510/1-12 (2011).
11. Bottom Contact Pentacene Thin Film Transistors on Silicon Nitride
J.Stott, A.Kumatani, T.Minari, K.Tsukagoshi, S.Heutz, G.Aeppli, A.Nathan,
IEEE Electron Device Letters 32 (9) 1305-1307 (2011).
12. Introducing Nonuniform Strain to Graphene Using Dielectric Nanopillars
H. Tomori, A. Kanda, H. Goto, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, S. Moriyama, E. Watanabe,
D. Tsuya
Applied Physics Express 4, 075102/1-3 (2011).
13. Electrochromic Carbon Electrodes: Controllable Visible Color Changes in Metallic Single-Wall Carbon Nanotubes
K. Yanagi, R. Moriya, Y. Yomogida, T. Takenobu, Y. Naitoh, T. Ishida, H. Kataura, K. Matsuda, Y. Maniwa
Advanced Materias 23, 2811-2814 (2011).
14. Thermally and Environmentally Stable Carrier Doping Using a Solution Method in Carbon Nanotube Films
Y. Sasaki, H. Okimoto, K. Yoshida, Y. Ono, Y. Iwasa, T.Takenobu
Applied Physics Express 4, 085102/1-3 (2011).

15. Power transfer-length method for full biasing contact resistance evaluation of organic field-effect transistors
Y.Xu, T.Minari, K.Tsukagoshi, R.Gwoziecki, R.Coppard, F.Balestra, G.Ghibaudo,
Organic Electronics 12 (12) 2019-2024 (2011).
16. Carrier mobility in organic field-effect transistors
Y.Xu, M.Benwadih, R.Gwoziecki, R.Coppard, T.Minari, C.Liu, K.Tsukagoshi,
J.A.Chroboczek, F.Balestra, G.Ghibaudo
Journal of Applied Physics 110 (10) 104513/1-9 (2011).
17. Controllable Gallium Melt-Assisted Interfacial Graphene Growth on SiC
M.V.Lee, H.Hiura, A.Tyurnina, K.Tsukagoshi,
Diamond and Related Materials in press (2011).
18. Observation of tunneling current in semiconducting graphene p-n junctions
H.Miyazaki, S.-L.Li, H.Hiura, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
Journal of Physical Society of Japan 81 (1) 014708/1-7 (2012).
19. Large plate-like organic crystals from direct spin-coating for solution-processed field-effect transistor arrays with high uniformity
Y.Li, C.Liu, A.Kumatani, P.Darmawan, T.Minari, K.Tsukagoshi,
Organic Electronics 13 (2) 364-272 (2012).
20. Charge trapping at organic/self-assembly-molecule interfaces studied by electrical switching behavior in crosspoint structure
Y.Li, C.Liu, L.Pan, L.Pu, K.Tsukagoshi, Y.Shi,
Journal of Physics D: Applied Physics 45 (2) 025304/1/5 (2012).
21. Controlled Self-Assembly of Organic Semiconductors for Solution-Based Fabrication of Organic Field-Effect Transistors
T.Minari, C.Liu, M.Kano, K.Tsukagoshi
Advance Materials 24 (2) 299-306 (2012).
22. Reduction of charge injection barrier by 1-nm contact oxide interlayer in organic field effect transistors
P.Darmawan, T.Minari, A.Kumatani, Y.Li, C.Liu, K.Tsukagoshi
Applied Physics Letters 100 (1) 013303 /1-3 (2012).
23. Role for Atomic Terraces and Steps of Epitaxial Graphene in Electron Transport Properties,
H.Kuramochi, S.Odaka, K.Morita, S.Tanaka, H.Miyazaki, M.V.Lee, H.Hiura, K.Tsukagoshi,
AIP advances 2 (1) 012115/1-10 (2012).
24. Solution-processed organic crystals for field-effect transistor arrays with smooth semiconductor/dielectric interface on paper substrates
Y.Li, C.Liu, Y. Xu, T. Minari, P. Darmawan, K.Tsukagoshi
Organic Electronics 13 (5) 815-819 (2012).
25. Highly enhanced charge injection in thienoacene-based organic field-effect transistors with chemically doped contact,
T.Minari, P.Darmawan, C.Liu, Y.Li, Y.Xu, K.Tsukagoshi
Applied Physics Letters in press (2012).
26. Extraction of the contact resistance from the saturation region of rubrene single-crystal transistors
M. Imakawa, K. Sawabe, Y. Yomogida, Y. Iwasa, T. Takenobu
Applied Physics Letters, 99, 233301 (2011)
27. Inkjet printing of single-walled carbon nanotube thin-film transistors patterned by surface modification
Y. Nobusa, Y. Yomogida, S. Matsuzaki, K. Yahagi, H. Kataura, T. Takenobu
Applied Physics Letters, 99, 183106 (2011)
28. Enhancement of luminescence intensity in TMPY/perylene co-single crystals
J. Li, S. Takaishi, N. Fujinuma, K. Endo, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, K. Sawabe, T. Takenobu, Y. Iwasa
Journal of Materials Chemistry, 21, 17662 (2011).
29. Inkjet Printing of Carbon Nanotube Complementary Inverters
S. Matsuzaki, Y. Nobusa, K. Yanagi, H. Kataura, T. Takenobu
Applied Physics Express, 4, 105101 (2011).
30. Electron Spin Resonance Study of Interface Trap States and Charge Carrier Concentration in Rubrene Single-Crystal Field-Effect Transistors
M. Tsuji, N. Arai, K. Marumoto, J. Takeya, Y. Shimoi, H. Tanaka, S. Kuroda, T.

- Takenobu, Y. Iwasa
Applied Physics Express, 4, 085702 (2011).
31. Electrical investigation of the interface band structure in rubrene single-crystal/nickel junction
Y. Kitamura, E. Shikoh, S. Z. Bisri, T. Takenobu and M. Shiraishi
Applied Physics Letters, 99, 043505, 2011
32. Electrical transport properties in a single-walled carbon nanotube network
K. Snoussi, A. Vakhshouri, H. Okimoto, T. Takenobu, Y. Iwasa, S. Maruyama, K. Hashimoto, Y. Hirayama
physica status solidi (c) 9, 183 (2012).
33. Fine Patterning of Inkjet-Printed Single-Walled Carbon-Nanotube Thin-Film Transistors
Y. Nobusa, Y. Takagi, S. Gocho, S. Matsuzaki, K. Yanagi, T. Takenobu
Japanese Journal of Applied Physics in press (2012).
34. Continuous electron doping to single-walled carbon nanotube films using inkjet technique
S. Matsuzaki, Y. Nobusa, R. Shimizu, K. Yanagi, H. Kataura, T. Takenobu
Japanese Journal of Applied Physics in press (2012).
35. Maximizing Field-Effect Mobility and Solid-State Luminescence in Organic Semiconductors
A. Dadvand, A. G. Moiseev, K. Sawabe, W.-H. Sun, B. Djukic, I. Chung, T. Takenobu, F. Rosei, D. F. Perepichka
Angew. Chem. Int. Ed. in press (2012).

(2) その他の著作物(総説、書籍など) 36 件

(H18 1件)

1. トップコンタクト短チャネル有機薄膜トランジスタ
塚越一仁, 藤森文浩, 重藤訓志, 濱野哲子, 三成剛生, 宮寺哲彦, 青柳克信,
電子情報通信学会技術研究報告 OME2006-112、23-27 (2006).

(H19 2件)

1. トップコンタクト短チャネル有機薄膜トランジスタ
塚越一仁,
有機トランジスタ, シーエムシー出版, 106-127 (2008).
2. グラファイト超薄膜の超伝導近接効果
神田晶申, 塚越一仁
表面科学, 第 29 巻, 第 5 号, 315-320 (2008).

(H20 5件)

1. 有機トランジスタ
岩佐義宏, 竹延大志
応用物理 第 77 巻 第 4 号, 432-437 (2008)
2. 発光トランジスタ
竹延大志
『有機トランジスタ材料の評価と応用 II』 森健彦, 長谷川達生 監修
株式会社シーエムシー出版, 199-210 (2008)
3. ナノチューブ電極を用いたナノギャップ有機トランジスタ
塚越一仁
Journal of the Vacuum Society of Japan (真空)、Vol.51, No.7, 423-427 (2008).
4. グラフェンをめぐる展開
神田晶申
パリティ 2009 年 1 月号(第 24 巻第 1 号)、pp. 33-36
5. グラフェン
神田晶申
電気通信学会「知識ベース」、2009 年印刷中

(H21 10件)

1. 表面選択塗布法による選択的有機結晶成長とデバイス応用
三成剛生, 塚越一仁,

- 日本結晶成長学会誌 35 (4) 33-39 (2009).
2. 有機トランジスタの基礎と発光デバイス
竹延大志、岩佐義宏
クリーンテクノロジー(日本工業出版) 19 (8) 4-7 (2009).
 3. 簡単なグラフェンの作り方
日浦英文、宮崎久生、神田晶申、塚越一仁、
応用物理学会 薄膜・表面物理分科会 News Letter No. 136、19-24 (2009).
 4. 神田晶申、後藤秀徳、塚越一仁
劈開法で得た単層・多層グラフェンの電子・スピン・クーパー対伝導
応用物理学会応用電子物性分科会誌 15 (3) 114-119 (2009).
 5. 有機トランジスタにおけるデバイス・材料物理
竹延大志、岩佐義宏
Journal of the Vacuum Society of Japan (真空) 53 (1) 2-7 (2010).
 6. 有機 TFT
竹延大志、岩佐義宏
オプトニュース 3 (5) (2009).
 7. 三成剛生、熊谷明哉、塚越一仁
有機／金属電荷移動現象とデバイス応用
有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌 21 (1) 21-26 (2010)
 8. 竹延大志、岩佐義宏
有機デバイスの半導体物理と界面機能
固体物理 45 (3) 133 (2010)
 9. グラフェンの超伝導近接効果
神田晶申
『グラフェンの機能と応用展望』(斉木幸一朗、徳本洋志監修)シーエムシー出版 (2009).
 10. グラフェンの製作、膜の評価、観察
宮崎久生、日浦英文、塚越一仁
『グラフェンの機能と応用展望』(斉木幸一朗、徳本洋志監修)シーエムシー出版 (2009).

(H22 6 件)

1. グラフェン素子の作り方とゲート電界による伝導変調 (小特集「グラフェンの視点から見た炭素材料」)
塚越一仁、宮崎久生
炭素 243 号 (6) 110-115 (2010).
2. 2層グラフェン電気伝導の強電界効果,
塚越一仁、宮崎久生、神田晶申
固体物理 45 (11) 93-102 (2010).
3. 新たな世界を作り出した物質"グラフェン" - 流れを引き寄せた洞察力 -
塚越一仁、若林克法
岩波「科学」 81 (1) 23-26 (2011).
4. 2010 年のノーベル物理学賞
神田晶申
パリティ 第 25 巻第 12 号(2010 年 12 月)、30 - 31.
5. グラフェン物理の展開
神田晶申
パリティ 第 26 巻第 1 号(2011 年 1 月)、24-26.
6. 有機半導体デバイス -基礎から最先端材料・デバイスまで-
竹延大志
有機単結晶発光トランジスタ 監修 日本学術振興会情報科学用有機材料第 142 委員会 C 部会 (2010).

(H23 12 件)

1. 溶液から高移動度有機結晶トランジスタ
塚越一仁、劉川、三成剛生
OPTRONIS 特集"次世代ディスプレイを実現するフレキシブル有機エレクトロニクス" 353 (5) 83-87 (2011).
2. ナノカーボンの応用と実用化 -フラーレン、ナノチューブ、グラフェンを中心に-
担当 第 4 章 3 節 電子デバイス "SiC 上グラフェンでの電界効果素子の試作と評価"
塚越一仁、宮崎久生、小高隼介
監修 篠原久典、シーエムシー出版 2011 年 7 月 (ISBN: 978-4-7813-0361-1).

3. カーボンナノチューブ・グラフェンハンドブック
塚越一仁, 宮崎久生, 日浦英文, 黎 松林
12 章 グラフェンと薄層(薄膜)グラファイト、12-1 節 作製方法, 「剥離グラフェンの作り方と判定方法」 監修 飯島澄男、遠藤守信、コロナ社, 2011 年 8 月予定。
4. カーボンナノチューブ・グラフェンハンドブック
神田晶申
12 章 グラフェンと薄層(薄膜)グラファイト、12-2 節 グラフェンの物理, 「電子輸送(FET,移動度)」 監修 飯島澄男、遠藤守信、コロナ社, 2011 年 8 月予定。
5. 炭素学
担当 応用編 13-6-5 「磁気特性」
神田晶申、塚越一仁
編集 田中一義、東原秀和、篠原久典、化学同人 2011 年 10 月 15 日出版 (ISBN-13: 978-4759814118)。
6. "Self-organized organic semiconductors: From Materials to Device Applications".
担当 Chapter 9 "Selective molecular assembly for bottom-up fabrication of organic thin-film transistors"
Takeo Minari, Masataka Kano, and Kazuhito Tsukagoshi,
Edited by Prof. Li Quan, John Wiley & Sons, Inc., 2011 (ISBN 978-0-470-55973-4).
7. Graphene and its Fascinating Attributes
担当 Chapter 11 " Gate-Voltage Modulation in Graphene "
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.-L.Li, A. Kumatani, H. Hiura, A.Kanda,
Edited by S.T.Pati, T.Enoki, C.N.R.Rao, World Scientific Publishing Company, 2011 (ISBN 978-981-4329-35-4).
8. フレキシブルエレクトロニクスデバイスの開発最前線
竹延大志
第 5 章 第 1 節 高性能カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの作製, 株式会社NTS, 2011 年 7 月.
9. 溶液から自己二層分離法で造る結晶有機トランジスタ
塚越一仁、李昀、劉川、三成剛生
監修 竹谷純一、シーエムシー出版 2012 年 3 月 予定
10. グラフェンが拓く材料の新領域 一物性・作製から実用化まで—
担当 “次世代集積回路のためのグラフェン半導体特性”
塚越一仁、宮崎久生、黎 松林、
(株)エヌ・ティー・エス 発行予定 平成 24 年 4 月末予定
11. 第 49 回応用物理学会スクールテキスト「グラフェンの基礎から応用まで」
担当 グラフェンの磁性とスピントロニクス応用
神田晶申
応用物理学会(ISBN978-4-86348-199-2) 2011 年 8 月 30 日
12. Physics and Chemistry of Graphene: Nanographene to Graphene
担当 Chapter 3 Experimental approaches to graphene electron transport for device applications (87pages)
A. Kanda
Edited by T. Enoki, Pan Stanford Publishing, in press.

(3)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 91 件、国際会議 91 件)
(H18 国際 7 件, 国内 9 件)
1. Submicron Channel TOP-Contact Pentacene Transistor
K.Tsukagoshi, F.Fujimori, K.Shigeto, T.Hamano, T.Minari, T.Miyadera, and Y.Aoyagi,
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
2. Ambipolar Carrier Injection, Accumulation and Light-Emitting in Organic Single-Crystal Transistors
T. Takenobu, T. Takahashi, Y. Matsuoka, K. Watanabe and Y. Iwasa
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.

3. Nano-scale fabrications and contact interface modifications for nano-material transports
K. Tsukagoshi,
Japan-Germany Joint Workshop 2006, Nano-Electronics
Tokyo, Japan, Oct30-Nov1, 2006
4. Materials and Device Physics in Organic Field Effect Transistors
Yoshihiro Iwasa,
The 7th international Conference on Nano-Molecular Electronics
Kobe, Japan, December 13-15, 2006.
5. Recent progress in organic single crystal transistors
Yoshihiro Iwasa,
UK-Japan workshop on Advanced Materials
Tokyo, Japan, February 27-28, 2007.
6. Ambipolar Carrier Transport and Light Emission in Organic Single-Crystal Transistors
Taishi Takenobu, Tetsuo Takahashi, Jun Takeya, Yoshihiro Iwasa,
4th Japan-France Symposium on Molecular Materials: Electronics, Photonics and Spintronics
Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, 8th-10th March, 2007
7. Gate control of conduction of thin graphite film ,
K. Tsukagoshi,
2008 the International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials (IWEPNM)
Kirchberg, Tirol, Austria, March 10-17, 2007
8. 有機トランジスタにおけるデバイス・材料物理
岩佐義宏
学術創成研究「有機デバイス関連界面の解明と制御」2006 公開シンポジウム
名古屋, 2006 年 10 月 5-6 日
9. 有機トランジスタの基礎物理
岩佐義宏
応用物理学会 有機分子バイオエレクトロニクス分科会
東京, 2006 年 11 月 21-22 日
10. 有機半導体デバイス・材料物理の基礎
岩佐義宏
「局所電子構造の理解に基づく物質科学の新展開」シンポジウム
和光市, 2006 年 11 月 28-29 日
11. トップコンタクト短チャネル有機薄膜トランジスタ
塚越一仁, 藤森文浩, 重藤訓志, 濱野哲子, 三成剛生, 宮寺哲彦, 青柳克信
電子情報通信学会, 有機エレクトロニクス(OME)研究会,
東京, 2006 年 12 月 18 日
12. 有機トランジスタの電極と特性
塚越一仁
電子情報技術産業協会(JEITA), 電子デバイス・材料委員会, 有機エレクトロニクス技術専門委員会
御茶ノ水, 東京, 2006 年 12 月 22 日
13. ナノ加工とナノ物質伝導
塚越一仁
高分子学会 高分子エレクトロニクス研究会, 06・2 高分子エレクトロニクス研究会「分子素子研究の新展開」
上智大学, 2007 年 1 月 23 日
14. 有機トランジスタの端子と制御
塚越一仁
学術創成ワークショップ「有機・無機ヘテロ界面 -新奇構造と物性-」
東京大学, 平成19年3月6日.
15. 有機・無機界面制御と新しいデバイス
竹延大志
分子研研究会「無機-有機複合体のナノ構造制御による機能・物性発現」
分子科学研究所, 2007 年 3 月 14-15 日
16. 有機トランジスタにおける界面制御と単分子膜)
岩佐義宏
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, 2007 年 3 月 27-30 日

(H19 国際 10 件, 国内 12 件)

1. Charge Transport at Organic/Organic and Organic/Inorganic Heterointerfaces in FET structures,
Y. Iwasa,
3rd Annual Organic Microelectronics Workshop
Seattle, USA, 8th – 11th July 2007.
2. Gating control of conduction of thin graphite film,
K. Tsukagoshi, H. Miyazaki, S. Odaka, A. Kanda, T. Moriki, T. Sato, Y. Ootuka, Y. Aoyagi,
International Conference on carbon nanoscience and nanotechnology (NanoteC2007),
University of Sussex, Brighton, UK, 29th August - 1st September 2007.
3. Superconducting proximity effect in ultra-thin graphite films,
A. Kanda, T. Sato, S. Tanaka, Y. Ootuka, H. Miyazaki, S. Odaka, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi
Fifth International Conference on Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (VORTEX V)
Rhodes, Greece, September 8-14, 2007,
4. Ambipolar light-emitting transistors of organic single crystal
T. Takenobu, T. Takahashi, S.Z. Bisri, Y. Iwasa
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, Seoul, Korea, September 27-29, 2007.
5. Interface control for organic transistor
K. Tsukagoshi
17th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XVII) & 3rd IUPAC International Symposium on Novel materials and their Synthesis (NMS-III)
Shanghai, China, on October 18th-20th, 2007.
6. Mesoscopic superconductivity,
A. Kanda
2nd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists
Nasu, Japan, Nov. 26-27, 2007.
7. Contact-correlated Current Injection and Operation Instability in pentacene thin film transistors - Au Contact vs Cu Contact,
K. Tsukagoshi,
Alpine Workshop on Organic FET,
Braunwald, Switzerland, Dec. 15-18, 2007
8. Physics of Organic Field Effect Transistors
Y. Iwasa,
2nd Asian Physics Symposium
Bandung Institute of Technology, Indonesia, Dec. 29-30, 2007
9. Gate control of conduction of thin graphite film ,
K. Tsukagoshi,
2008 the International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials (IWEPM)
Kirchberg, Tirol, Austria, March 10 to March 17, 2007
10. Gate-controlled superconducting proximity effect in thin graphite films
A. Kanda
Miniworkshop on Mesoscopic Physics 2008,
National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, Jan. 10-11, 2008
11. 有機物のデバイス物理
岩佐義宏
物理学の最前線、
東北大学、2007年6月1日
12. 界面制御と新しい有機トランジスタ
竹延大志
東北大学金属材料研究所研究会『有機トランジスタの学理と応用』、
東北大学金属材料研究所、2007年6月28日～30日
13. 有機トランジスタにおける半導体物理
岩佐義宏
有機エレクトロニクス材料研究会 2007 ワークショップ『有機トランジスタ』、

熱海、2007年7月5日～7日

14. 電極からの電流注入の解析
塚越一仁
2007年秋季、第68回応用物理学学会学術講演会、シンポジウム「有機デバイスの評価と有機FETデバイスの新展開(応用編)」、
北海道工業大学、2007年9月4-8日。
15. 有機トランジスタにおける電極からチャンネルへの電流注入プロセス
塚越一仁
日本物理学会第62回年次大会、シンポジウム「進化する有機トランジスタ」、
北海道大学、2007年9月12-24日
16. 超薄膜グラファイトの伝導とゲート電圧効果
神田晶申
日本物理学会第62回年次大会シンポジウム「グラファイトからグラフェンへ」
北海道大学、2007年9月23日
17. 有機・無機界面制御と新しい有機トランジスタ
竹延大志
日本物理学会第62回年次大会、シンポジウム「進化する有機トランジスタ」、
北海道大学、2007年9月12-24日
18. 有機トランジスタの基礎物理とその発展
岩佐義宏
第15回大阪電通大エレクトロニクス基礎研究所公開シンポジウム、
大阪電通大、2007年12月7日
19. グラフェンおよびグラファイト超薄膜の電気伝導: 実験的見地から
神田晶申
日本学術振興会未踏・ナノデバイステクノロジー第151委員会第83回研究会、
逗子、2008年2月1-2日
20. グラフェンおよびグラファイト超薄膜の電気伝導
神田晶申
仙台プラズマフォーラム、東北大学、2008年2月21-22日
21. 界面制御と新しい有機単結晶トランジスタ
竹延大志
分子研ナノフォーラム「有機半導体の基礎科学とデバイス応用に関する研究会」、
分子研、2008年3月13-14日
22. 薄膜グラファイトの伝導とゲート効果
塚越一仁
2008年春季 第55回応用物理学関係連合講演会、
日本大学、2008年3月27-30日

(H20 国際 20件, 国内 33件)

1. Organic Transistor Evolves- Electric Field Induced Superconductivity –
Y. Iwasa
Global COE International Symposium on Perspectives in Inorganic-Organic Hybrid
Materials
Sendai, August 1, 2008
2. Self-organization of OTFT channel for printing device
K. Tsukagoshi
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Sendai, Japan, Aug.19-23, 2008.
3. Bright Light Emission from Ambipolar Single-Crystal Transistors
T. Takenobu
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces,
Iwanuma, Miyagi, August 19 to August 23, 2008
4. Electric Double layer Transistor
Y. Iwasa
XV International Workshop on Oxide Electronics (WOE15)
Estes Park, CO, USA September 14-17, 2008.
5. Direct self-assembly of organic semiconductors for the thin-film transistors
K. Tsukagoshi, T. Minari, M. Kano
SID-UK Organic Electronics UK 2008,
Imperial College London, UK, Sep.16-17, 2008.
6. Graphene conduction control by gate voltage,

- K.Tsukagoshi,
International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) Emerging Research
Device workshops,
Tsukuba, Japan, September 22, 2008.
7. Carbon-based nano-material transport for future electronics
K.Tsukagoshi
UK-Japan Frontiers of Science Symposium (UK-Japan FoS)
Tokyo, Japan, Oct.3-6, 2008.
 8. Light Emitting Transistors with Organic Single Crystals
Y. Iwasa
18th Iketani Conference, International Conference on Control of Super-Hierarchical
Structures and Innovative Functions of Next-Generation Conjugates Polymers,
Awaji, October 23, 2008
 9. Electron transport in single and multilayer graphene
A. Kanda
21st International Microprocess and Nanotechnology Conference (MNC2008)
Fukuoka, Oct. 27-30, 2008.
 10. Proximity-induced superconductivity in graphene
A. Kanda
The 3rd International Autumn Seminars on Nanoscience and Engineering for Young
Scientists
Tokyo, Nov. 24-30, 2008
 11. Gating control of graphene conduction
Kazuhito Tsukagoshi, Hisao Miyazaki, Akinobu Kanda,
13th Advanced Heterostructures and Nanostructures Workshop (AHNW)- Workshop
on Innovative Nanoscale Devices and Systems -,
Hawaii, USA, Dec. 7-12, 2008
 12. Light emitting transistors with organic single crystals
Y. Iwasa
International symposium on molecular conductors
Institute for Molecular Science, Okazaki, July 24 2008
 13. Selective organization of solution-processed OTFTs
K.Tsukagoshi,
Workshop on Electrical and Electronic Properties in Crystalline Thin Films of Small
Molecules,
Chiba University, chiba, Japan, Dec. 19-19, 2009.
 14. Optoelectronic Properties of Organic Single-Crystal Ambipolar Light Emitting
Transistor,
S. Z. Bisri,
IMR Workshop on Organic Light Emitting Devices,
Sendai, Jan.23-24, 2009.
 15. Materials Physics in Organic Field Effect Transistor,
Y. Iwasa,
Core-to-Core Winter School on Organic Crystal,
Nagoya University, Jan. 26-29, 2009.
 16. Gate induced band gap for graphene device ,
K.Tsukagoshi,
Okazaki Conference 2009
From Aromatic Molecules to Graphene: Chemistry, Physics and Device Applications
Okazaki, Japan, Feb.21-23, 2009.
 17. Spin and Cooper-pair transport in multilayer graphene,
A. Kanda,
Okazaki Conference 2009
From Aromatic Molecules to Graphene: Chemistry, Physics and Device Applications
Okazaki, Japan, Feb.21-23, 2009.
 18. Materials Science under ultra-high electric field at solid-liquid interfaces.
Y. Iwasa
2009 WPI-AIMR Annual Workshop,
Miyagi Zao Royal Hotel, Japan, Mar. 1-6, 2009.
 19. Gating control of graphene conduction,
K.Tsukagoshi,

AIST-RIKEN Joint workshop on “Emergent Phenomena of Correlated Materials”
Nago, Okinawa, Japan, March 3-7, 2009.

20. Light Emitting Transistors of Organic Single Crystals
Y. Iwasa,
American Physical Society 2009 March Meeting,
Pittsburgh, PA, USA, Mar. 16-20, 2009.
21. 超伝導－グラフェン－超伝導接合の実験的研究
神田晶申
超伝導・グラフェン・強磁性等接合系に関する研究会
湯の越の宿(秋田)、2008年4月16日、17日
22. 有機・無機界面制御と単結晶発光トランジスタの実現
竹延 大志
情報科学用有機材料第142委員会「有機光エレクトロニクス部会 第25回研究会」,
東京理科大学 森戸記念館, 2008年4月25日
23. 進化する有機トランジスタ
岩佐 義宏
東北大学金属材料研究所講演会,
東北大学金属材料研究所, 2008年5月14日
24. 有機単結晶発光トランジスタ
竹延 大志
第1回 高機能有機分子デバイス研究会,
愛知県産業貿易館, 2008年6月13日
25. 有機単結晶発光トランジスタ
竹延 大志
第1回 高機能有機分子デバイス研究会,
愛知県産業貿易館, 2008年6月13日
26. 多層グラフェンにおける超伝導近接効果
神田晶申
研究会「不均一超伝導超流動状態と量子物理」
京都大学基礎物理学研究所, 2008年7月31日～8月2日
27. Conduction control of graphene by gate-electric field,
塚越一仁, 宮崎久生, 小高隼介, 佐藤崇, 田中翔, 後藤秀徳, 神田晶申, 大塚洋一, 青柳克信,
第35回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム,
東京工業大学大岡山キャンパス, 2008年8月27-29日.
28. 有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタ
竹延 大志
2008年秋季 第69回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008年9月2-5日
29. 塗布有機トランジスタの自己形成技術と基礎物性 (シンポジウム)
三成剛生, 加納正隆, 塚越一仁,
2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会,
中部大学, 愛知県, 2008年9月2-5日.
30. 進化する有機トランジスタ
岩佐 義宏
高分子討論会,
大阪市立大学, 2008年9月24日
31. 進化する有機トランジスタ
岩佐義宏
第57回高分子討論会
大阪市立大、大阪府大阪市、2008年9月24日
32. 有機半導体デバイスの化学と物理
岩佐義宏
第2回分子科学討論会 2008 福岡
福岡国際会議場、福岡県福岡市、2008年9月26日
33. 有機半導体デバイスの化学と物理
岩佐義宏
東大新領域物質系専攻特別セミナー「新物質界面のデバイス機能の現状と展望」
東京大学 2008年9月27日
34. グラフェン伝導のゲートコントロール
塚越一仁
電子情報技術産業協会(JEITA)ナノエレクトロニクス技術分科会、

- 東京、2008年10月7日.
35. グラフェン/超薄膜グラファイトの伝導とゲート制御
塚越一仁
第49回真空に関する連合講演会、
松江、2008年10月28-31日
36. グラフェン伝導のゲートコントロール
塚越一仁
新世代研究所 ATI 第3回合同研究会 (ナノ炭素+ナノ磁性合同研究会)、
長野、2008年10月31日.
37. 有機FETの基礎と新機能
岩佐義宏
第23回高分子エレクトロニクス研究会講座【ナノ構造と高分子エレクトロニクス】
上智大学、東京、2008年11月6日)
38. 有機単結晶発光トランジスタ
竹延 大志
平成20年度 G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」
大阪大学主催 讃岐五色台(香川県坂出市)、2008年11月13-15日
39. 有機 FET 概念の発展
岩佐義宏
平成 20 年度日本化学会東北支部宮城地区講演会
東北大学青葉記念館、仙台、2008年11月14日
40. 劈開法で得た単層・多層グラフェンの電気伝導特性
神田晶申
(財)新機能素子研究開発協会新技術探索会議分科会、東京、2008年12月
41. 電気 2 重層トランジスタと電界誘起超伝導
岩佐義宏
故関一彦先生追悼シンポジウム「有機エレクトロニクス関連薄膜・界面の電子構造と電子過程」
名古屋大学、2008年12月18-19日
42. 電界誘起超伝導
岩佐義宏
第1回界面科学研究会ー表面・界面制御による新物質相の探索ー
岡山大学 2008年12月19-20日
43. 電気化学と物性物理の接点ー電界誘起超伝導ー
岩佐義宏
JAIST セミナー、
北陸先端科学技術大学院大学 2008年12月22日
電気化学的界面の電子機能開拓
44. グラフェンのスピンデバイス
神田晶申
日本学術振興会第167委員会82回講演会、京都、2009年1月
45. 劈開法で得たグラフェンの電気伝導
神田晶申
「第1回 炭素系ナノ構造に関する基礎研究」研究会、福岡、2009年1月
46. 有機トランジスタの基礎と発光デバイスへの展開
岩佐義宏
JST-SORST シンポジウム「フレキシブルデバイス/マテリアルの未来像」東京、2009年2月13日
47. 有機 FET におけるデバイス・材料物理
岩佐義宏
日本真空協会「有機半導体素子における界面制御」機械振興会館、2009年2月24日
48. グラフェンの伝導機構
神田晶申
科学技術未来戦略ワークショップ「次世代を拓くナノエレクトロニクス」、東京、2009年3月9日
49. 有機単結晶発光トランジスタ
竹延大志
第2回名古屋大学グローバルCOEプログラム「分子性機能物質科学の国際教育研究拠点形成」、
名古屋大学、2009年3月12日
50. 薄膜グラファイトの伝導とゲート効果
塚越一仁
2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会、
日本大学理工学部船橋キャンパス、2008年3月27-30日

51. 強電界におけるグラフェンのバンドギャップ
塚越一仁、
日本物理学会第 64 回年次大会、立教大学、2009 年 3 月 28 日
52. 電気 2 重層トランジスタと電界誘起超伝導
岩佐義宏、
日本物理学会第 64 回年次大会、立教大学、2009 年 3 月 28 日
53. 有機 TFT の物性物理学へのインパクト
岩佐義宏、
応用物理学会 2009 年度春季大会、筑波大学、2009 年 3 月 30 日

(H21 国際 20 件, 国内 19 件)

1. Selective molecular assembly for organic field-effect transistors,
K.Tsukagoshi, T. Minari, M. Kano,
First International Conference on Nanostructured Materials and Nanocomposites (ICNM 2009),
Kottayam, Kerala, India, Apr. 6-8, 2009.
2. Ambipolar light-emitting transistors of organic single crystals
T. Takenobu
The Annual Spring Meeting of Korea Institute of Chemical Engineering,
Kimdaejung Convention Center, Gwangju, Korea, Apr. 24, 2009.
3. Gate induced band gap for graphene device,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, A.Kanda,
9th Biennial Workshop in Russia, Fullerenes and Atomic Clusters (IWFAC2009)
St Petersburg, Russia, Jul. 6 - 10, 2009.
4. Surface selective deposition of molecular semiconductors for solution-based integration of organic field-effect transistor,
K.Tsukagoshi, T.Minari, M.Kano
International Symposium on Chiral Compounds and Special Polymers (CCSP),
Harbin, China, Jul. 17-19, 2009.
5. Electric field modulation of bilayer graphene,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, A.Kanda,
Graphene Tokyo 2009
Tokyo, Jul. 25-26, 2009.
6. Band gap modulation in bilayer graphene,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, A.Kanda,
The physics and new phenomena of pi-electronic interfaces
Kashiwa, University of Tokyo, Aug. 10-12, 2009.
7. Interface control and light emission,
T. Takenobu
The physics and new phenomena of pi-electronic interfaces,
Kashiwa, University of Tokyo, Aug. 10-12, 2009.
8. Self-selective organization for solution-processed OTFTs,
K.Tsukagoshi, T.Minari, M.Kano
KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE),
Jeju, Korea, Aug. 23-26, 2009.
9. Contact resistance and selective organization single crystal organic thin-film transistors,
K.Tsukagoshi,
London Centre for Nanotechnology, Invited lecture,
University College London, Sep.07, 2009.
10. Band-gap modulation in bilayer graphene,
K.Tsukagoshi,
Imperial college Invited lecture,
Department of Materials, Imperial College, Sep. 08, 2009.
11. Band-gap modulation in gated bilayer graphene,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, A.Kanda,
Trends In Nanotechnology 2009 (TNT2009),
Barcelona, Spain, Sep. 07-11, 2009.
12. Surface-selective deposition for organic transistor,
K.Tsukagoshi, T.Minari,

- 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2009),
Sendai, Japan, Oct. 7-9, 2009.
13. Self-selective deposition of solution-processed OTFTs on prepatterned surface using self-assembling molecules,
K.Tsukagoshi, T.Minari,
5th IUPAC International Symposium on Novel materials and their Synthesis (NMS-V) & 19th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XIX) & 3rd Symposium on Power Sources for Energy Storage and their Key Materials (PS-III: International)
Shanghai, China, Oct. 18-22, 2009.
14. Surface-selective deposition for organic transistor,
K.Tsukagoshi, T.Minari,
2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2009),
Sendai, Japan, Oct. 7-9, 2009.
15. Spin and Cooper-pair transport in single and multi-layer graphene
A. Kanda
The 4th International Workshop on Sustainable Materials Science,
Hiroshima, Japan, Nov. 13-14, 2009.
16. Graohene conduction controlled by gate-voltage (Invited),
K.Tsukagoshi,
India-Japan Conference on “Graphene” (日印セミナー),
Bangarol, India, Nov.17-19, 2009.
17. Gating control of conduction in graphene,
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.Li, A.Kanda,
International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials (IWEPNM),
Kirchberg,
Austria, March 06-13, 2010.
18. Gate modulation of spin transport in multilayer graphene
A. Kanda
International IMR Workshop on Group IV Spintronics
Tohoku Univ. Oct. 5-6, 2009.
19. Electron Transport in Multilayer Graphene
Akinobu Kanda
The 4th International Symposium on Atomic Technology (ISAT-4)
Maiko, Nov. 18-19, 2009.
20. Superconducting proximity effect in graphene
A. Kanda
Graphene Workshop 2009,
Universiteit Antwerpen, Campus Groenenborger, Nov. 24, 2009.
- 21.有機単結晶トランジスタ
竹延大志、
電子情報通信学会 電子デバイス研究会、
東北大学電気通信研究所、2009年4月23日。
- 22.有機トランジスタの極性と界面制御
竹延大志、
第4回有機デバイス院生研究会、
大阪大学豊中キャンパス待兼山会館、2009年6月24日。
23. ナノカーボン材料への電子・スピン注入と量子伝導
神田晶申
次世代スーパーコンピュータプロジェクトナノ分野グランドチャレンジ研究開発、ナノ統合拠点物性科学WG連続研究会「ナノ構造体の電気伝導」
秋葉原コンベンションホール、2009年6月30日
24. 劈開法で得た単層・多層グラフェンの電子・スピン・クーパー対伝導
神田晶申、後藤秀徳、塚越一仁
応用物理学会応用電子物性分科会研究例会「グラフェンの形成・基礎物性とデバイス展開」
機械振興会館(東京)、2009年7月17日
25. グラフェン電気伝導のゲート電圧制御
塚越一仁、宮崎久生、神田晶申
炭素材料学会 スキルアップセミナー 「炭素系薄膜電極の新展開 ～グラフェン・導電性ダイヤモンド・電池～ カーボンイノベーションがここからはじまる」
日本化学会館、東京、2009年9月4日。

26. グラフェントランジスタの電界効果
 神田晶申、宮崎久生、塚越一仁、
 応用物理学会 2009 年度秋季講演会、
 富山大学、2009 年 9 月 8-11 日.
27. 有機単結晶発光トランジスタ
 竹延大志、
 第 59 回錯体化学討論会、
 長崎大学、2009 年 9 月 25 日.
28. 2 層グラフェンの電気伝導、
 塚越一仁、宮崎久生、S.Li, 神田晶申
 ディラック電子系の物性—グラフェンおよび関連物質の最近の研究
 物性研究所、2009 年 10 月 22~24 日.
29. 新しいトランジスタ ~flexibility and light-emission~
 竹延大志
 第 118 回 東北大学金属材料研究所講演会
 東北大学、2009 年 11 月 27 日
30. グラフェンにおける超伝導近接効果
 神田晶申
 第 2 回連携ミニ研究会(筑波大-KEK)「グラフェン・グラファイトとその周辺の物理」
 筑波大、2009 年 11 月 27 日
31. グラフェン電気伝導の電界変調
 塚越一仁
 東京工業大学 21 世紀 GCOE プログラム「ナノサイエンスを拓く量子物理学拠点」公開シンポジウム
 東工大蔵前会館、東京、2009 年 12 月 8-9 日.
32. 有機単結晶発光トランジスタ
 竹延大志
 印刷・情報記録・表示研究会および光反応・電子用材料研究会 合同研究会
 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所、2009 年 12 月 9 日
33. グラフェンにおけるクーパー対輸送のゲート電界効果
 神田晶申
 東京工業大学セミナー、東京工業大学本館、2009 年 12 月 22 日
34. 両極性伝導と発光トランジスタ
 竹延大志
 電子情報通信学会研究会
 機会振興会館、2010 年 1 月 12 日
35. SiC 上グラフェントランジスタの伝導異方性
 塚越一仁、小高隼介、宮崎久生、黎松林、森田康平、田中悟、
 第 2 回九大グラフェン研究会「エピタキシャルグラフェンの形成と物性」
 九州大学伊都キャンパス、2010 年 01 月 29 日.
36. 有機/金属電荷移動現象とデバイス応用
 三成剛生、熊谷明哉、塚越一仁
 M&BE 研究会「物理的な視点を利用した新しい成膜及び評価技術」
 東京工業大学、2010 年 2 月 2 日
37. 表面・界面制御による有機デバイスの作製と特性制御
 三成剛生、熊谷明哉、塚越一仁
 日本学術振興会情報科学用有機材料第 142 委員会 合同研究会
 東京理科大学、2010 年 2 月 3 日
38. グラフェンの基礎物性と応用の可能性
 神田晶申
 社団法人未踏科学技術協会第 6 回バイオナノテクフォーラムイブニングセミナー 21
 東京女子医科大学、2010 年 2 月 19 日
39. 有機単結晶を用いた両極性および発光トランジスタの実現
 竹延大志
 日本物理学会 若手奨励賞受賞講演
 岡山大学 島津キャンパス、2010 年 3 月 23 日

(H22 国際 17 件, 国内 11 件)

1. Novel Functionality in Light-Emitting Transistor

Taishi Takenobu

International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces

- (OFET2010)
 Les Diablerets, Switzerland, May 10, 2010.
2. Electric double layer transistor
 Yoshihiro Iwasa
 International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces (OFET2010)
 Les Diablerets, Switzerland, May 10, 2010.
 3. Bilayer graphene
 K.Tsukagoshi,
 The 6th International Nanotechnology Conference on Communications and Cooperation (INC6),
 Minatec, Grenoble, France, May 17-20, 2010.
 4. Electric Field Induced Superconductivity
 Yoshihiro Iwasa
 12th International Conference on Modern Materials and Technologies (CIMTEC 2010)
 Montecatini Terme, Italy, June 14, 2010.
 5. Band gap tuning in graphene device,
 Kazuhito Tsukagoshi,
 Japan-China Academic seminar,
 Akihabara, Tokyo, Japan, June 27, 2010.
 6. Electric Double Layer Transistor with Ionic Liquids
 Yoshihiro Iwasa
 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM 2010)
 Kyoto, Japan, July 8, 2010.
 7. Bright Light Emission from Ambipolar Single-Crystal Transistors
 Taishi Takenobu
 Japan-China Joint Symposium on Functional Supramolecular
 Changchun, China, July 25, 2010.
 8. Band gap tuning for graphene transistor,
 K.Tsukagoshi,
 Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related Materials,
 Singapore, August 1-6, 2010.
 9. Electric Field Induced Superconductivity with Electric Double Layer Transistors
 Yoshihiro Iwasa
 ICTP Workshop on Principles and Design of Strongly Correlated Electronic Systems
 Trieste Italy, August 6, 2010.
 10. Band-gap tunable operation of bilayer graphene device,
 K.Tsukagoshi
 The 1st China, Japan and Korea Joint Symposium
 Core-Riviera Hotel, Chonju, South Korea, November 7-11, 2010.
 11. Gate-induced band gap for graphene device,
 K.Tsukagoshi
 40th European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC 2010),
 Sevilla, Spain, September 13-17, 2010.
 12. Organic Single Crystals with Band-Like Transport in Field-Effect Transistors
 K.Tsukagoshi, C.Liu, T.Minari,
 The 17th International Display Workshops (IDW2010),
 Fukuoka, Japan, December 1-3, 2010.
 13. Band-gap tunable operation of bilayer graphene device
 Kazuhito Tsukagoshi
 The 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010)
 Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2010.
 14. Electric Double Layer Transistor (EDLT) and its Application to Nanocarbon Materials
 Yoshihiro Iwasa
 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2010)
 Honolulu, USA, December 19, 2010.
 15. Physics of Electrochemical Interfaces
 Yoshihiro Iwasa
 International School and Symposium on Multifunctional Molecule-based Materials

Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA, March 13-18, 2011.

16. Tuning Electronic Properties and Superconductivity at Electric Double Layer Interfaces

Yoshihiro Iwasa

National Museum of Emerging Science and Innovation

Tokyo, March 6-8, 2011.

17. Spin and Cooper-pair transport in graphene

A. Kanda

Workshop on Dirac Electron Systems 2011

Tsukuba, Jan. 19, 2011.

18. 有機単結晶を用いた両極性および発光トランジスタの実現

竹延大志

日本物理学会 第65回年次大会

岡山大学、岡山、平成 22 年 3 月 23 日

19. グラフェンナノデバイスのためのデイト電界変調

塚越一仁

2011 年春季第 58 回応用物理学会関係連合講演会, 神奈川工業大学、2011 年 3 月 24-27 日

20. グラフェンの基礎物性と応用の可能性

神田晶申

大阪大学産業技術研究所セミナー

大阪大学、2010 年 4 月 20 日

21. Band gap tuning in graphene device

塚越一仁

電子情報技術産業協会, 平成22年度第1回「ナノカーボンエレクトロニクス技術分科会」,

大手センタービル, 2010 年 06 月 08 日.

22. 有機単結晶発光トランジスタ

竹延大志

応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 研究会

東北大学、仙台、2010 年 6 月 19 日

23. 有機トランジスタの電流注入

塚越一仁

「つくばナノテク拠点産学独連携人材育成プログラム」第1回シンポジウム

筑波大学、2010 年 8 月 5-7 日.

24. 両極性単結晶トランジスタを用いた有機レーザー素子への挑戦

竹延大志

3 大学連携研究支援費採択プロジェクト 研究会

京都工芸繊維大学、京都、2010 年 9 月 28 日

25. 実際の有機トランジスタにおける金属電極/有機界面を介した電流注入

塚越一仁

2010 年度高分子学会有機 EL 講習会「主題:有機 TFT と有機 EL の現状」

発明会館、東京、2010 年 10 月 15 日

26. 有機トランジスタの電流注入

塚越一仁

新学術領域研究「配位プログラミング」A03 班・班会議

NIMS 千現、つくば、2010 年 11 月 5 日

27. 有機デバイスを用いた界面物性研究

竹延大志

有機固体若手の会 冬の学校

長野県諏訪市、2010 年 12 月 11 日

28. 電気2重層トランジスタ:物理と化学と工学の接点

岩佐義宏

第4回東北大学 G-COE 研究会「金属錯体の固体物性科学最前線・錯体化学と固体物性物理と生物物性の連携新領域創成をめざして」

東北大学、2010 年 12 月 3-4 日

(H23 国際 19 件, 国内 15 件、)

1. Field Effect Superconductivity

Yoshihiro Iwasa

100th Anniversary of Superconductivity: Hot Topics and Future Directions, Leiden, the Netherlands, April 4-8, 2011.

2. Inducing superconductivity by electric doubly layer transistor

- Yoshihiro Iwasa
Gordon Research Conference -Superconductivity-, Waterville Valley, NH, USA, June 6-9, 2011.
3. Printable and Flexible Carbon-Nanotube Film Transistors
Taishi Takenobu
AWAD 2011
Daejeon, Korea, June 29- July 1, 2011.
 4. Carbon-Nanotube Printed Electronics
Taishi Takenobu
AM-FPD11
Kyoto, July 11- 13, 2011.
 5. Light Emitting Transistor with Organic Single Crystals
Yoshihiro Iwasa
ICMAT2011, International Conference on Materials for Advanced Technologies, Singapore, June 26- July 1, 2011.
 6. Field Effect Control of Interface Quantum Phases
Yoshihiro Iwasa
15th International Symposium on the Physics of Semiconductors and Applications, ISPSA-XV, Jeju, Korea, July 5-8, 2011.
 7. Electric Field Control of Interface Quantum Phases
Yoshihiro Iwasa
7th International Conference on Stripes and High Tc Superconductivity 2011 – STRIPES 11, QUANTUM PHENOMENA IN COMPLEX MATTER, Rome, Italy, July 10-16, 2011.
 8. Electric Filed Induced Interface Superconductivity
Yoshihiro Iwasa
26th International Conference on Low Temperature Physics (LT26), Beijin, August 10-17, 2011.
 9. Band-gap engineering by electric field in bilayer graphene
K.Tsukagoshi
22nd European Conference on Diamond, Diamond Like Materials, Carbon Nanotubes and Nitrides
Garmisch Partenkirchen, Germany, September 4-8, 2011.
 10. Gate-tunable transport in graphene
K.Tsukagoshi
SSDM2011 Short Course "Fundamental and applications of carbon nanotube and graphene"
Nagoya, September 27, 2011.
 11. Organic Single Crystals with Band-Like Transport in Field-Effect Transistors
K.Tsukagoshi, C.Liu, T.Minari,
IUPAC 7th International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-VII) & 21st International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XXI),
Fudan, China, December 16-21, 2011.
 12. Gatte-modulation of electric conduction for graphene device
K.Tsukagoshi,
Carbon-Based Nano-Materials and Devices
Suzhou, China, October 17-22, 2011.
 13. Solution-Processable Organic Single Crystals for High performance Field-Effect Transistors
Kazuhito Tsukagoshi, Chuan Liu, Takeo Minari, Yun Li, Akichika Kumatani
The 11th International Meeting on Information Display (IMID 2011)
KINTEX, Seoul, Korea, October 11-15, 2011.
 14. Gatte-modulation of electric conduction for graphene device
K.Tsukagoshi,
Carbon-Based Nano-Materials and Devices
Suzhou, China, October 17-22, 2011.
 15. Complementary-like Graphene Logic Gates
S.-L.Li, H.Miyazaki, K. Tsukagoshi
2011 A3 Symposium of Emerging Materials
Urumqi, XinJiang, China, October, 13-15, 2011

16. Materials Science at Ultrahigh Electric Field
Yoshihiro Iwasa
Nagoya University Global COE-RCMS International Symposium, Nagoya, Japan,
November 29-30, 2011.
17. Organic Single-Crystal Light-Emitting Transistors toward Organic Laser Devices
Taishi Takenobu,
FOURTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ATOMICALLY CONTROLLED
FABRICATION TECHNOLOGY, Osaka Univ., November 2, 2011.
18. Solution-processed self-organized organic single crystal transistors
K.Tsukagoshi, C.Liu, T.Minari, Y.Li, A.Kumatani, M.Kano
9th International Conference on NanoScience and NanoTechnology (ICNST2011)
Sunchon, Korea, November 10-11, 2011.
19. Inkjet printing of carbon nanotube thin-film transistors
Taishi Takenobu,
8th International Thin-Film Transistor Conference, Lisbon, Portugal, January 30-31,
2012.
20. カーボンナノチューブを用いたプリントドエレクトロニクス
竹延 大志
平成23年度 第1回カーボンナノ材料研究会、関西大学、2011年6月24日
21. カーボンナノチューブを用いた printed electronics
竹延 大志
ヘテロウエハ接合による3D集積化研究会、東京大学、2011年7月22日
22. 有機発光トランジスタとレーザー素子作製の試み
竹延 大志
高分子同友会、東京、2011年7月25日
23. パイ電子材料トランジスタの新展開
竹延 大志
固体材料における電界効果の物理と応用の進展 -第2回若手ミニワークショップ-、仙台、2011
年7月29日
24. グラフェンナノデバイスのための電界変調
塚越一仁、宮崎久生、黎 松林、神田晶申
2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会、山形大学、2011年8月29日-9月2日
25. グラフェンの磁性とスピントロニクス応用
神田晶申
第49回応用物理学会スクール「グラフェンの基礎から応用まで」、山形大学、2011年8月30
日
26. グラフェンにおけるジョセフソン電流
神田晶申
日本物理学会 2011年秋季大会シンポジウム「多彩な表面系における電子輸送現象」、富山大
学、2011年9月22日
27. 構造制御された発光トランジスタ
竹延大志、
情報科学用有機材料第142委員会「有機光エレクトロニクス部会 第46回研究会」東京理科大
学 森戸記念館、2011年9月27日。
28. カーボンナノチューブトランジスタの新展開
竹延大志、
応用物理学会 応用電子物性分科会主催 応用電子物性分科会研究例会 首都大学東京 サ
テライトキャンパス、2011年11月9日。
29. カーボン材料を用いたトランジスタ
竹延大志、
電子情報技術部会 次世代エレクトロニクス分科会 新化学技術推進協会、2011年11月11日。
30. カーボンナノチューブを印刷する
竹延大志、
M&BE 第2回 市民講座 大阪市立科学館、2011年11月26日。
31. グラフェンの電気伝導の実験とデバイス応用の可能性
神田晶申
2011年度数学・物理学・情報科学の研究交流シンポジウム」、奈良女子大学、2011年12月3
日。
32. トランジスタの新潮流
竹延大志、
ASTEC2012 第7回 表面技術会議 東京ビッグサイト、2012年2月15日。
33. インクジェット法を用いたナノチューブエレクトロニクス
竹延大志、
JOEMアカデミー2011 第7回 新宿NSビル、2012年2月23日。

34. 自己形成による溶液からの有機結晶成長とトランジスタ応用

塚越一仁、劉川、李昀、熊谷明哉、三成剛生、
日本化学会春季年会 ATP“超分子素子の開発へ向けた挑戦” 慶應大学、2012年3月27日。

② 口頭発表 (国内会議 141 件、国際会議 82 件)

(H18 国際 7 件 国内 11 件)

1. F.Fujimori, K.Tsukagoshi, K.Shigeto, T.Hamano, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, Submicron Channel Top-Contact Pentacene Transistor The 2006 Asian Conference on Nanoscience and Nanotechnology (AsiaNANO2006), Busan, Korea, November 1-4, 2006.
2. F.Fujimori, K.Tsukagoshi, K.Shigeto, T.Hamano, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, Top-contact pentacene transistor with submicron channel 2006 Materials Research Society Fall meeting (MRS2006 FallMeeting), Boston, MA, USA, November 27-December 1, 2006.
3. T.Miyadera, Y.Kanamori., S.Ikeda, K.Saiki, T.Minari., K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi, Complex impedance and temperature dependences of pentacene field effect transistors 2006 Materials Research Society Fall meeting (MRS2006 FallMeeting), Boston, MA, USA, November 27-December 1, 2006.
4. H.Miyazaki, S.Odaka, T.Moriki, T.Sato, A.Kanda, K.Tsukagoshi, Y.Ootuka, Y.Aoyagi Gate-voltage Dependence of Shortchannel Atomically Thin Graphite FET, The 2nd Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (IEEE-NEMS) Bangkok, Thailand, January 16-19, 2007.
5. T.Miyadera, T.Minari, Y.Kanamori, H.Ito, K.Tsukagoshi, S.Ikeda, K.Saiki, Y.Aoyagi, Dynamic Characteristics of Pentacene Thin Film Transistors, Fourth international conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE4) Hongo, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, March 14-16, 2007.
6. T.Minari, K.Tsukagoshi, T.Miyadera, H.Ito, Y.Aoyagi Viewing density of states of the contact in organic thin-film transistors American Physics Society, March Meeting, (APS march meeting 2007) Denver, Colorado, USA, March 5-9, 2007
7. T.Minari, K.Tsukagoshi, T.Hamano, T.Miyadera, Y.Aoyagi, NanoTech Insight, Luxor, Egypt, March 10-17, 2007.
8. 森木拓也, 佐藤崇, 神田晶申, 宮崎久生, 小高隼介, 大塚洋一, 青柳克信, 塚越一仁, グラファイト超薄膜における近接効果による超伝導電流の観測 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
9. 佐藤崇, 森木拓也, 神田晶申, 宮崎久生, 小高隼介, 大塚洋一, 青柳克信, 塚越一仁, グラファイト超薄膜の微細加工と電気伝導 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
10. 宮崎久生, 小高隼介, 森木拓也, 佐藤崇, 神田晶申, 塚越一仁, 大塚洋一, 青柳克信, グラファイト超薄膜-金属接合の電気伝導特性 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
11. 宮寺哲彦, 三成剛生, 伊藤裕美, 金森由男, 池田進, 齊木幸一朗, 塚越一仁, 青柳克信, ペンタセン薄膜トランジスタの過渡応答の起源とバイアスストレス 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
12. Satria Zulkarnaen Bisri, 高橋哲生, 竹延大志, 岩佐義宏, 有機単結晶トランジスタへの電子注入 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
13. 竹延大志, 渡辺一尋, A.Morpurgo, 岩佐義宏, 有機単結晶 MESFET 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-21日
14. 山岸正和, 平原律雄, 富成征弘, 西川尚男, 川瀬健夫, 竹谷純一, 中澤康浩, 岩佐義宏 アクセプター分子薄膜/ルブレ単結晶電界効果トランジスタのホール効果 日本物理学会 2007年春季大会, 鹿児島大学、2007年3月18-12日
15. 宮寺哲彦, 三成剛生, 塚越一仁, 伊藤裕美, 青柳克信, 周波数応答解析によるペンタセン薄膜トランジスタ電流注入機構の定量評価 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 相模原キャンパス、2007年3月27-30日。

16. 三成剛生, 宮寺哲彦, 濱野哲子, 塚越一仁, 安田亮一, 野本和正, 青柳克信
ルブレ単結晶 FET の短チャンネル化とバイアスストレス効果
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、2007年3月27-30日。
17. 藤森文浩, 塚越一仁, 重藤訓志, 三成剛志, 宮寺哲彦, 濱野哲子, 青柳克信,
短チャンネル有機 TFT の動作機構解明と制御
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、2007年3月27-30日。
18. 高橋哲生, 竹延大志, 木下昇平, 八尋正幸, 安達千波矢, 岩佐義宏,
両極性テトラセン単結晶トランジスタの発光特性
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、2007年3月27-30日。

(H19 国際 21 件, 国内 22 件)

1. Light Emission from Ambipolar Transistors of Tetracene Single Crystals
T. Takenobu, T. Takahashi, Y. Matsuoka, K. Watanabe, J. Takeya, Y. Iwasa,
2007 MRS Spring Meeting,
Moscone West, San Francisco, California, USA, April 9 – 13 2007
2. Superconducting proximity effect in thin graphite films
A.Kanda, T.Moriki, T.Sato, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
The Sixth international Conference on Low Dimensional Structures and Devices
(LDS2007),
The Archipelago of San Andrés, COLOMBIA, April 15-20, 2007
3. Single electron device formation in thin graphite films,
S.Odaka, K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, A.Kanda, T. Moriki, T.Sato, Y.Ootuka, and Y.
Aoyagi,
The Sixth international Conference on Low Dimensional Structures and Devices
(LDS2007),
The Archipelago of San Andrés, COLOMBIA, April 15-20, 2007
4. 100-nm-channel organic single-crystal transistors
T.Minari, T.Miyadera, T.Hamano, K.Tsukagoshi, Y. Aoyagi,
ChinaNANO 2007,
Beijing, China, June 4-6, 2007.
5. Porphyrin single-crystal field-effect transistors
M. Seto, T. Nemoto, S. Isoda, T. Minari, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi,
ChinaNANO 2007,
Beijing, China, June 4-6, 2007.
6. Coulomb blockade oscillations in patterned ultra-thin graphite films
S. Odaka, H. Miyazaki, T. Moriki, T. Sato, A. Kanda, K. Tsukagoshi, Y. Ootuka, Y.
Aoyagi
2007 International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and
Related Nanotechnologies (EM-NANO 2007),
Nagano, Japan, June 19-22, 2007.
7. Ambipolar light-emitting transistors of tetracene single-crystals
T. Takenobu, T. Takahashi, Y. Iwasa
International Conference on Organic Electronics,
The Conference Center High Tech Campus, Eindhoven, The Netherlands, June 4 – 7,
2007,
8. Suppression of short-channel effect in top-contact pentacene thin film transistor
K.Tsukagoshi, F. Fujimori, T. Minari, T.Miyadera, T.Hamano, Y. Aoyagi,
49th Electronic Materials Conference (EMC 2007)
The University of Notre Dame, Indiana, USA, June 20-22, 2007.
9. Frequency Response and Transient Phenomena of Pentacene Thin Film Transistors
T.Miyadera, T.Minari, Y.Kanamori, H. Ito, K.Tsukagoshi, S.Ikeda, K.Saiki, Y.Aoyagi
49th Electronic Materials Conference (EMC 2007)
The University of Notre Dame, Indiana, USA, June 20-22, 2007.
10. Efficient charge injection of top contact pentacene thin film transistors analyzed by
means of frequency response
T.Miyadera, T.Minari, H.Ito, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi
3rd Annual Organic Microelectronics Workshop
Seattle, Washington, USA, July 8-11, 2007.
11. Frequency response analysis of pentacene thin film transistors,
T. Miyadera, K.Tsukagoshi, T.Minari, H.Ito, Y.Aoyagi,

- 17th International Vacuum Congress (IVC-17), 13th International Conference on Surface Science (ICSS-13), International Conference on Nanoscience and Technology (ICN+T2007) (IVC-17/ICSS-13 and ICN+T2007)
Stockholm, Sweden, July 2–6, 2007.
12. Suppression of short-channel effect in pentacene thin film transistors, K.Tsukagoshi, F.Fujimori, T.Minari, T.Miyadera, T.Hamano, Y.Aoyagi, Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007), Korea University, Seoul, Korea, September 27-29, 2007.
13. Meyer-Neldel rule in charge injection of organic field-effect transistors, T.Minari, K.Tsukagoshi, T.Miyadera, H.Ito, Y.Aoyagi, The 212th Electrochemical Society meeting (212th ECS Meeting), Washington, DC, October 7-12, 2007
14. Quantitative Analysis on Frequency Response of Pentacene Thin Film Transistors T.Miyadera, T.Minari, H.Ito, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi, The 34th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS 2007), Kyoto University, Kyoto, Japan. October 15-18, 2007.
15. Ambipolar Light-Emitting Transistors of organic Single-Crystals T.Takenobu, T.Takahashi, S.Z.Bisri, Y.Iwasa, The 34th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS 2007), Kyoto University, Kyoto, Japan. October 15-18, 2007.
16. Frequency Response Analysis of Pentacene Thin Film Transistors and the Effect of Contact, T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi, H.Ito, Y.Aoyagi, 2007 Materials Research Society Fall meeting (MRS2007 FallMeeting), Boston, MA, USA, November 26 - 30, 2007.
17. Current injection in top contact pentacene thin film transistors with Cu electrodes, S.D.Wang, K.Tsukagoshi, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, 2007 Materials Research Society Fall meeting (MRS2007 FallMeeting), Boston, MA, USA, November 26 - 30, 2007.
18. Superconducting proximity effect in thin graphite films, A.Kanda, T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.Odaka, Y.Aoyagi, 2008 APS March Meeting, New Orleans, Louisiana, March 10–14, 2008.
19. Superconducting Proximity Effect in Graphite Films M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda 2008 APS March Meeting, New Orleans, Louisiana, March 10–14, 2008.
20. Contact-correlated bias stress instability in pentacene thin film transistors K.Tsukagoshi, S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, Y.Aoyagi, 2008 APS March Meeting, New Orleans, Louisiana, March 10–14, 2008.
21. Direct measurement of electric-field-screening length in thin graphite film, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, S.Odaka, Y.AOYAGI, T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, A.Kanda, Y.Ootuka, 2008 APS March Meeting, New Orleans, Louisiana, March 10–14, 2008.
22. 極低加速電圧 BSE 像を用いた有機複合材料観察の試み, 竹内秀一、宮木充史、澤島哲哉、青木康子、宮寺哲彦、三成剛生、塚越一仁、電子顕微鏡学会第 63 回学術講演会、朱鷺メッセ、新潟、2007 年 5 月 20-22 日。
23. Current Injection Analysis in Pentacene Thin Film Transistors with Copper Electrodes 王穂東, 三成剛生, 宮寺哲彦, 塚越一仁, 青柳克信 2007 年秋季、第 68 回応用物理学学会学術講演会、北海道工業大学、2007 年 9 月 4–8 日。
24. 複素インピーダンス解析によるペンタセン TFT 電流注入機構の解明 宮寺哲彦, 三成剛生, 塚越一仁, 伊藤裕美, 青柳克信, 2007 年秋季、第 68 回応用物理学学会学術講演会、北海道工業大学、2007 年 9 月 4–8 日。
25. グラファイト超薄膜 FET における Al 電極による高効率ゲート

- 宮崎久生, 小高隼介, 佐藤崇, 後藤秀徳, 神田晶申, 塚越一仁, 大塚洋一, 青柳克信,
2007年秋季、第68回応用物理学学会学術講演会、
北海道工業大学、2007年9月4-8日。
26. グラファイト超薄膜-強磁性体接合の電気伝導特性
後藤秀徳, 田中翔, 佐藤崇, 神田晶申, 大塚洋一, 宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁,
青柳克信,
日本物理学会第62回年次大会、
北海道大学、2007年9月12-24日
27. グラファイト超薄膜における超伝導近接効果
佐藤崇, 田中翔, 後藤秀徳, 神田晶申, 大塚洋一, 宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁,
青柳克信,
日本物理学会第62回年次大会、
北海道大学、2007年9月12-24日
28. グラファイト超薄膜の電気伝導におけるAlトップゲートによる電界効果
宮崎久生, 小高隼介, 佐藤崇, 神田晶申, 塚越一仁, 大塚洋一, 青柳克信,
日本物理学会第62回年次大会、北
北海道大学、2007年9月12-24日
29. ルブレン単結晶MESFETの伝導特性
嘉治寿彦, 竹延大志, 渡辺一尋, A. Morpurgo, 岩佐義宏,
日本物理学会第62回年次大会、
北海道大学、2007年9月12-24日
30. High Current Density in Organic Single-Crystal Light-Emitting Transistor
S. Z. Bisri, T. Takahashi, Y. Yomogida, T. Takenobu, Y. Iwasa,
日本物理学会第62回年次大会、
北海道大学、2007年9月12-24日
31. グラファイト超薄膜における超伝導近接効果 II
神田晶申, 佐藤崇, 田中翔, 後藤秀徳, 大塚洋一, 宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁, 青柳克信,
日本物理学会第63回年次大会、
近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
32. グラファイト超薄膜-強磁性体接合の電気伝導特性 II
後藤秀徳, 田中翔, 佐藤崇, 神田晶申, 大塚洋一, 宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁,
青柳克信,
日本物理学会第63回年次大会、
近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
33. SAMsによる有機TFTの界面修飾と両極性トランジスタ(II)
西川尚男, 岩佐義宏, 竹延大志,
日本物理学会第63回年次大会、
近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
34. MES-MOS複合型有機単結晶トランジスタ
嘉治寿彦, 竹延大志, A. Morpurgo, 岩佐義宏,
日本物理学会第63回年次大会、
近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
35. ルブレン単結晶トランジスタの電子スピン共鳴
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 竹延大志,
岩佐義宏,
日本物理学会第63回年次大会、
近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
36. Bright Edge Emission from Ambipolar Light Emitting Transistor of BP3T Single Crystal
Satria Zulkarnaen Bisri, Taishi Takenobu, Yohei Yomogida, Shu Hotta, Yoshihiro Iwasa,
日本物理学会第63回年次大会、近畿大学本部キャンパス、2008年3月22-26日
37. グラファイト超薄膜における電場による絶縁体転移
宮崎久生, 小高隼介, 佐藤崇, 田中翔, 後藤秀徳, 神田晶申, 塚越一仁, 大塚洋一, 青柳克信,
2008年春季 第55回応用物理学関係連合講演会、
日本大学理工学部船橋キャンパス、2008年3月27-30日
38. 溶液から自己形成する有機トランジスタ
三成剛生, 加納正隆, 宮寺哲彦, 王徳東, 青柳克信, 塚越一仁,
2008年春季 第55回応用物理学関係連合講演会、
日本大学理工学部船橋キャンパス、2008年3月27-30日
39. ペンタセン薄膜トランジスタのパルス応答とトラップの評価

宮寺哲彦, 三成剛生, 王穂東, 青柳克信, 塚越一仁,
2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会,
日本大学理工学部船橋キャンパス, 2008年3月27~30日

40. Bias stress instability in pentacene thin film transistors: contact resistance change and channel threshold voltage shift

王穂東, 三成剛生, 宮寺哲彦, 青柳克信, 塚越一仁,
2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会,
日本大学理工学部船橋キャンパス, 2008年3月27~30日

41. ルブレ単結晶 FET の ESR による評価

丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 竹延大志,
岩佐義,

2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会,
日本大学理工学部船橋キャンパス, 2008年3月27~30日

42. 高発光効率を有する有機材料を用いた両極性単結晶トランジスタ

蓬田陽平, 竹延大志, Satria Bisri, 安達千波矢, 堀田 収, 岩佐義宏,
2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会,
日本大学理工学部船橋キャンパス, 2008年3月27~30日

43. 有機単結晶を用いた高性能両極性発光トランジスタ

Satria Bisri, 竹延大志, 蓬田陽平, 堀田 収, 岩佐義宏,
2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会,
日本大学理工学部船橋キャンパス, 2008年3月27~30日

(H20 国際 10 件, 国内 18 件)

1. Ambipolar Light Emitting Transistor based on High Photoluminescent Organic Single Crystal,

S.Z.Bisri, T.Takenobu, Y.Yomogida, S.Hotta, Y.Iwasa

SPIE Europe Photonics Europe 2008

Palais de la Musique et des Congrès,

Strasbourg, France, April 9, 2008.

2. Ambipolar light-emitting transistors based on high photoluminescent organic single crystal,

T. Takenobu, S. Z. Bisri, Y. Yomogida, T. Yamao, S. Hotta, and Y. Iwasa

SPIE Optics+Photonics

San Diego Convention Center, San Diego, California, USA, August 10, 2008.

3. Thickness-dependent resistance change of dual-gated thin graphite films

H.Miyazaki, S.Odaka, S.Tanaka, H.Goto, K.Tsukagoshi, A.Kanda, Y.Ootuka, Y. Aoyagi,

2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008)

Tsukuba, Japan, Sep.23-26, 2008.

4. Contact-correlated Bias Stress Instability in Pentacene Thin Film Transistors

S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi,

2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008)

Tsukuba, Japan, Sep.23-26, 2008.

5. Pulse-response and stability of pentacene thin film transistors

T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,

2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008)

Tsukuba, Japan, Sep.23-26, 2008.

6. Self-Organized Organic Field-Effect Transistors on a Flexible Plastic Substrate

T.Minari, M.Kano, T.Miyadera., S.D.Wang, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi,

2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008)

Tsukuba, Japan, Sep.23-26, 2008.

7. Solution-processable selective organization of organic thin-film transistors,

T. Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, K.Tsukagoshi

214th meeting of the electrochemical society (ECS),

Honolulu, Hawaii, Oct.12-17, 2008.

8. Coherent spin conduction in multilayer graphene

H.Goto, A.Kanda, T.Sato, S.Tanaka, Y.Ootuka, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,

Y.Aoyagi

2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2008)

Tsukuba, Japan, Sep. 23-26, 2008

9. Subthreshold characteristics depending on contact interface in organic field-effect transistors,

- M.Kano, T.Minari, K.Tsukagoshi,
5th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5),
Miyazaki, Japan, March 15-18, 2009.
10. Proximity induced supercurrent in multilayer graphene
A. Kanda, H. Goto, S. Tanaka, Y. Nagai, Y. Ootuka, S. Odaka, H. Miyazaki, K. Tsukagoshi,
2009 APS March Meeting,
Pittsburg, (USA), March 16, 2009.
11. ルブレ単結晶 FET の ESR による界面分子配向評価
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 嘉治寿彦,
西川尚男, 竹延大志, 岩佐義宏
2008 年秋季 第 69 回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008 年 9 月 2 - 5 日
12. 有機トランジスタのショットキー電極による変調
嘉治寿彦, 竹延大志, 岩佐義宏
2008 年秋季 第 69 回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008 年 9 月 2 - 5 日
13. 有機単結晶を用いた緑色発光両極性トランジスタ
蓬田陽平, 竹延大志, サトリア ズルカルナエン ビスリ, 八尋正幸, 安達千波矢, 山尾健史,
堀田収, 岩佐義宏
2008 年秋季 第 69 回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008 年 9 月 2 - 5 日
14. Blue Light Emission from Ambipolar Light-Emitting Transistor using
Tetraphenylpyrene Single Crystals
S.Z.Bisri, 津田諭, 蓬田陽平, 竹延大志, 八尋正幸, 安達千波矢, 岩佐義宏
2008 年秋季 第 69 回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008 年 9 月 2 - 5 日
15. 単結晶ルブレ単結晶中の電荷キャリアダイナミクス
佐伯昭紀, 関 修平, 竹延大志, 岩佐義宏, 田川精一
2008 年秋季 第 69 回 応用物理学会学術講演会,
中部大学, 2008 年 9 月 2 - 5 日
16. 有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタ
蓬田陽平, 竹延大志, S. Z. Bisri, 山雄健史, 堀田収, 八尋正幸, 安達千波矢, 岩佐義宏
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学, 2008 年 9 月 20 - 23 日
17. Unique Optoelectronic Properties of Organic Single-Crystal Ambipolar Light
Emitting Transistors
S.Z.Bisri, Taishi S.Tsuda, T.Yamao, S.Hotta, C.Adachi, Y.Iwasa
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学, 2008 年 9 月 20 - 23 日
18. ペンタセン両極性トランジスタにおけるアニール効果
竹延大志, 嘉治寿彦, 渡邊一尋, 岩佐義宏
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学, 2008 年 9 月 20 - 23 日
19. ルブレ単結晶トランジスタの電子スピン共鳴による界面分子配向観測
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 西川尚男,
竹延大志, 岩佐義宏
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学, 2008 年 9 月 20 - 23 日
20. 有機単結晶発光トランジスタ
竹延大志, ビスリ サトリア, 蓬田陽平, 山雄健史, 堀田収, 八尋正幸, 安達千波矢, 岩佐義宏
高分子討論会,
大阪市立大学, 2008 年 9 月 24 日
21. 数層グラフェンの強電場下における電気伝導
宮崎久生, 小高隼介, 田中翔, 後藤秀徳, 神田晶申, 塚越一仁, E, 大塚洋一,
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20-23 日
22. 多層グラフェンにおける電気伝導の層数効果
田中翔, 後藤秀徳, 長井超星, 神田晶申, 大塚洋一, 宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁,
青柳克信,
日本物理学会 2008 年秋季大会,

- 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月20-23日
23. グラフェンにおける超伝導近接効果の理論
林正彦, 神田晶申, 吉岡英生
日本物理学会 2008 年秋季大会,
岩手大学上田キャンパス, 2008年9月20-23日
24. フッ素系絶縁膜を用いた両極性単結晶トランジスタ
蓬田陽平, 竹延大志, S. Z. Bisri, 山尾健史, 堀田収, 八尋正幸, 安達千波矢, 岩佐義宏,
日本物理学会第 64 回年次大会,
立教大学, 2009年3月
25. ルブレ単結晶トランジスタの電子スピン共鳴における界面修飾効果
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 嘉治寿彦,
西川尚男, 竹延大志, 岩佐義宏,
日本物理学会第 64 回年次大会,
立教大学, 2009年3月
26. ペンタセンの MIS-FET デバイスにおける電場誘起キャリアの ESR 観測
金子和晃, 渡辺峻一郎, 田中久暁, 伊東裕, 丸本一弘, 黒田新一, 竹延大志, 岩佐義宏,
日本物理学会第 64 回年次大会,
立教大学, 2009年3月
27. 有機単結晶トランジスタにおける電子注入障壁および輸送特性
津田諭, 竹延大志, S.Z.Bisri, 蓬田陽平, 久保園芳博, 瀧宮和男, 堀田収, 安達千波矢,
岩佐義宏,
応用物理学会 2009 年度春季大会,
筑波大学, 2009年3月
28. ルブレ単結晶 FET の ESR における界面修飾効果
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 富成征弘, 竹谷純一, 田中久暁, 黒田新一, 嘉治寿彦,
西川尚男, 竹延大志, 岩佐義宏,
応用物理学会 2009 年度春季大会,
筑波大学, 2009年3月

(H21 国際 7 件, 国内 20 件)

1. Electric field modulation of graphene channel,
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
International conference on materials for advanced technologies (ICMAT2009),
Singapore, Singapore, Jun. 28- July 3, 2009.
2. Superconducting proximity effect in single and multilayer graphene
A. Kanda, H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN)
Kaanapali (USA), Dec. 3, 2009.
3. Gate modulation of spin transport in multilayer graphene
A. Kanda, H. Goto, S. Tanaka, H. Tomori, Y Ootuka, K. Tsukagoshi
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN)
Kaanapali (USA), Dec. 3, 2009.
4. Tunable band gap in Graphene
K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, Songlin Li,
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
5. Temperature dependence of conductance in bilayer graphene with electric-field-induced band gap
H.Miyazaki, S.Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
American Physical Society March meeting 2010,
Portland, OR, USA, March 15-19, 2010.
6. Superconducting Proximity Effect in Monolayer and Bilayer Graphene: Critical Current and Pair Amplitude
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
2010 APS March Meeting,
Portland, U.S.A., Mar. 17, 2010, P22.00011
7. Temperature dependence of proximity-induced supercurrent in single and multi-layer graphene
A. Kanda, H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka

2010 APS March Meeting,

Portland, U.S.A., Mar. 17, 2010, Q22.00013

8. 電場誘起のバンドギャップを持つ2層グラフェンにおける抵抗の温度依存性
宮崎久生, 小高隼介, 塚越一仁, 神田晶申, 青柳克信
応用物理学会 2009 年度秋季講演会、
富山大学、2009 年 9 月 8-11 日.
9. On The Electron Transport in Rubrene Single Crystal Field-Effect Transistors
Satria Zulkarnaen Bisri, Taishi Takenobu, Yoshihiro Iwasa
応用物理学会 2009 年度秋季講演会、
富山大学、2009 年 9 月 8-11 日.
10. グラフェンにおける電気伝導の層数効果 II
田中翔, 後藤秀徳, 友利ひかり, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
11. バリステックグラフェン接合の作製と電気伝導測定
友利ひかり, 後藤秀徳, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
12. 電場下における多層グラフェンの特異な近接効果誘起超伝導転移
神田晶申, 林正彦, 吉岡英生, 後藤秀徳, 友利ひかり, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
13. 単層グラフェンの超伝導近接効果
後藤秀徳, 友利ひかり, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
14. 2 層グラフェンにおける超伝導近接効果
林正彦, 神田晶申, 吉岡英生
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
15. Ambient Induced Electron Traps in Organic Single Crystal Transistors
S. Z. Bisri, T. Takenobu, Y. Yomogida, S. Tsuda, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa
日本物理学会 2009 年秋季大会、
熊本大学、2009 年 9 月 25-28 日
16. 自己組織化単分子膜のパターン化によるカーボンナノチューブの位置選択的吸着と薄膜トランジスタへの応用
藤井俊治郎, 田中丈士, 三成剛生, 塚越一仁, 片浦弘道
第 38 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、
名城大学、2010 年 03 月 02-04 日
17. 自己組織化単分子膜のパターン化によるカーボンナノチューブの位置選択的吸着と薄膜トランジスタへの応用
藤井俊治郎, 田中丈士, 三成剛生, 塚越一仁, 片浦弘道、
2010 年春季 第 57 回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010 年 03 月 17-20 日.
18. 有機トランジスタにおける有機半導体/金属界面の電荷注入機構
熊谷明哉, 三成剛生, 塚越一仁、
2010 年春季 第 57 回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010 年 03 月 17-20 日.
19. Graphene inverters with low operating bias and matched input-output: Towards engineering
黎松林, 宮崎久生, 小高隼介, 儀明東, 日浦英文, 神田晶申, 塚越一仁、
2010 年春季 第 57 回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010 年 03 月 17-20 日.
20. グラフェン多層膜の高電界下における電気伝導
後藤秀徳, 田中翔, 友利ひかり, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会 2010 年年次大会、
岡山大学、2010 年 3 月 20-23 日
21. 数層グラフェンにおける超伝導近接効果
神田晶申, 後藤秀徳, 友利ひかり, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 林正彦, 吉岡英生
日本物理学会 2010 年年次大会、
岡山大学、2010 年 3 月 20-23 日

22. 両極性単結晶発光トランジスタにおける高電流密度の実現
澤部宏輔, S. Z. Bisri, 竹延大志, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏
2010年春季 第57回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010年03月17-20日。
23. 両極性単結晶発光トランジスタにおける発光の先鋭化
S. Z. Bisri, 竹延大志, 澤部宏輔, 奥田裕樹, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏
2010年春季 第57回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010年03月17-20日。
24. SAM 界面処理された高移動度ルブレ単結晶 FET の ESR による評価
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 木島正志, 村上浩一, 富成征弘, 竹谷純一, 下位幸弘,
田中久暁, 黒田新一, 嘉治寿彦, 西川尚男, 竹延大志, 岩佐義宏
2010年春季 第57回 応用物理関係連合季講演会、
東海大学、2010年03月17-20日。
25. Novel Structural Modifications for High Performance Light-Emitting Transistors
and Its Spectrally Narrowed Emission
Satria Z. Bisri, K. Sawabe, T. Takenobu, Y. Okuda, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa
日本物理学会 第65回年次大会、
岡山大学、2010年03月20-24日。
26. 高移動度ルブレ単結晶トランジスタの半導体界面状態の電子スピン共鳴観測
丸本一弘, 新井徳道, 後藤博正, 木島正志, 村上浩一, 富成征弘, 竹谷純一, 下位幸弘,
田中久暁, 黒田新一, 嘉治寿彦, 西川尚男, 竹延大志, 岩佐義宏
日本物理学会 第65回年次大会、
岡山大学、2010年03月20-24日。
27. ペンタセン FET デバイスにおける電場誘起 ESR 信号の温度依存性
黒田新一, 金子和晃, 渡辺峻一郎, 田中久暁, 伊東裕, 丸本一弘, 竹延大志, 岩佐義宏
日本物理学会 第65回年次大会、
岡山大学、2010年03月20-24日。

(H22 国際 17 件, 国内 22 件)

1. Band gap tuning in graphene device,
K.Tsukagoshi
NIMS-NUS/IMRE joint workshop,
National University of Singapore, Singapore, April 19-20, 2010.
2. Current injection barrier formed at interface between metal and organic semiconductor,
K. Tsukagoshi,
International symposium on organic transistor and functional interfaces (OFET2010),
Eurotel Victoria, Les Diablerets, Switzerland, May 06-10, 2010.
3. Charge injection at interface between metal and organic semiconductor in OFETs,
A.Kumatani, T.Minari, and K.Tsukagoshi,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
4. Interface control and light emission in organic light emitting transistors,
T. Takenobu, S. Z. Bisri, Y. Yomogida, S. Tsuda, K. Sawabe, C. Adachi, S. Hotta, Y. Iwasa,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
5. Solution Processed 1-Dimensional Single Crystal Organic Field-effect Transistors,
C.Liu, T.Minari, A.Kumatani, K.Tsukagoshi,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
6. All-solution-processed selective assembly of flexible organic field-effect transistor arrays,
Masataka Kano, Takeo Minari, Kazuhito Tsukagoshi,
SPIE, Optics+Photonics, The premier optical sciences and technology meeting,
San Diego, California, USA, August 1-5, 2010.
7. High-performance organic single crystal transistor fabricated by solution process,

- K.Tsukagoshi, C.Liu, T.Minari,
SID Organic Electronics UK 2010,
Imperial College London, London, UK, September 20-21, 2010.
8. Solution Processable Organic Single Crystals with Band-Like Transport in Field-Effect Transistors,
C.Liu, T.Minari, A.Kumatani, K.Tsukagoshi,
5th international meeting on molecular electronics (ElecMol10),
Grenoble, France, December 6-10 (2010).
 9. New functions in field effect transistors of organic and inorganic semiconductors
Yoshihiro Iwasa
MaNEP Winter School 2011
Saas Fee, Switzerland, January 9-14, 2011.
 10. Ballistic Graphene Josephson Junctions
H.Tomori, H.Goto, Y.Toyota, S.Tanaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, M.Hayashi,
H.Yoshioka, A.Kanda
Frontiers in Nanoscale Science and Technology (FNST2011)
Wako (Saitama), Jan. 5-6, 2011.
 11. Spin transport in suspended graphene
H. Goto, H. Tomori, Y. Toyota, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
Frontiers in Nanoscale Science and Technology (FNST2011)
Wako (Saitama), Jan. 5-6, 2011.
 12. Transport properties of multilayer graphene with a contactless suspended top gate
Y. Nukui, H. Goto, H. Tomori, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)
Tsukuba, March 9-10, 2011
 13. Fabrication of ballistic graphene Josephson junctions and its transport measurement
H.Tomori, H.Goto, Y.Toyota, S.Tanaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, M.Hayashi,
H.Yoshioka, A.Kanda
The 3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)
Tsukuba, March 9-10, 2011
 14. Current-driven spectral narrowing in organic-crystal directional coupler
S. Z. Bisri, K. Sawabe, T. Takenobu, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa
Sixth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics,
Sendai, Japan, March 16-18, 2011.
 15. Bilayer graphene p-i-n tunnel junction controlled by modulated top gate,
H.Miyazaki, Songlin Li, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
American Physical Society March meeting 2011,
Dallas, Texas, USA, March 21-25, 2011.
 16. Complementary-like semiconducting graphene logic inverters
Songlin Li, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi
American Physical Society March meeting 2011,
Dallas, Texas, USA, March 21-25, 2011.
 17. Ambipolar Electric Double Layer Transistors Using Organic Single Crystals
Y. Yomogida, T. Takenobu, D. Wen, H. Shimotani, S. Ono, Y. Iwasa
American Physical Society March meeting 2011,
Dallas, Texas, USA, March 21-25, 2011.
 18. バリステック伝導を目指したグラフェン接合の作製と電気伝導特性
友利ひかり, 神田晶申, 後藤秀徳, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 林正彦, 吉岡英生
「グラフェンと超伝導体のナノ構造に関する研究会」
秋田大学、2010年8月11日
 19. 単層・多層グラフェンの超伝導近接効果
神田晶申, 後藤秀徳, 友利ひかり, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 林正彦, 吉岡英生
「グラフェンと超伝導体のナノ構造に関する研究会」
秋田大学、2010年8月11日
 20. イオンゲルを用いた有機単結晶トランジスタ
蓬田陽平、竹延大志、ディーウエン、下谷秀和、岩佐義宏,
2010年秋季 第71回 応用物理学会学術講演会,長崎大学,2010年9月14-17日.
 21. ルブレイン単結晶 FET 界面の電荷トラップ状態の ESR による評価

- 辻大毅、丸本一弘、新井徳道、竹谷純一、下位幸弘、黒田新一、竹延大志、岩佐義宏、
2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会、長崎大学、2010年9月14-17日。
22. 両極性発光を利用した新しいトランジスタ特性解析
澤部宏輔、竹延大志、蓬田陽平、Satria Bisri、岩佐義宏、
2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会、長崎大学、2010年9月14-17日。
23. 連結厚さ変調ゲートによる2層グラフェンpn接合
宮崎久生、黎松林、日浦英文、塚越一仁、神田晶申、
2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会、長崎大学、2010年9月14-17日。
24. バリステック伝導を目指したグラフェン接合の作製と電界効果
友利ひかり、後藤秀徳、田中翔、大塚洋一、塚越一仁、神田晶申、
日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大学、2010年9月23-26日
25. 空間変調トップゲートによる2層グラフェンp-i-nトンネル接合
宮崎久生、S.-L.Li、神田晶申、塚越一仁
ナノカーボン物質の基礎と応用：現状と展望に関する若手研究会
筑波大、2010年12月27-28日
26. 電場誘起ESRによるルブレ単結晶トランジスタ界面のトラップ状態解析
丸本一弘、辻大毅、新井徳道、竹谷純一、下位幸弘、田中久暁、黒田新一、竹延大志、岩佐義宏、
日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大学、2010年9月23-26日
27. 両極性発光を用いたトランジスタ特性解析
澤部宏輔、竹延大志、蓬田陽平、Satria Bisri、岩佐義宏、
日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大学、2010年9月23-26日
28. ルブレ単結晶と強磁性金属Niとの界面におけるショットキー障壁の定量的評価
北村雄太、仕幸英治、Bisri Satria、竹延大志、新庄輝也、白石誠司、
第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工科大学、2011年3月24-27日
29. イオンゲルを用いた有機単結晶トランジスタの高性能化
ディー ウェン、蓬田陽平、澤部宏輔、下谷秀和、小野新平、岩佐義宏、竹延大志、
第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工科大学、2011年3月24-27日
30. カルシウムルブレ単結晶界面における接触抵抗評価
今川雅貴、澤部宏輔、サトリア ビスリ、蓬田陽平、岩佐義宏、竹延大志、
第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工科大学、2011年3月24-27日
31. イオンゲルを用いたルブレ単結晶電気二重層トランジスタの電子スピン共鳴
辻大毅、高橋優貴、丸本一弘、蓬田陽平、竹延大志、岩佐義宏、
第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工科大学、2011年3月24-27日
32. グラフェンナノデバイスのための電界変調
塚越一仁、宮崎久生、黎松林、神田晶申
2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工業大学、2011年3月24-27日
33. 2層グラフェンp-i-n接合におけるトンネル電流
宮崎久生、黎松林、日浦英文、塚越一仁、神田晶申
2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工業大学、2011年3月24-27日
34. 4H-Si(0001)上の微傾斜グラフェンの伝導異方性
倉持宏実、小高隼介、宮崎久生、森田康平、田中悟、日浦英文、塚越一仁
2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、神奈川工業大学、2011年3月24-27日
35. 有機単結晶を用いた電気二重層発光トランジスタ
蓬田陽平、竹延大志、Di Wen、小野新平、下谷秀和、岩佐義宏、
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学、2011年3月25-28日
36. 金属・半導体分離単層カーボンナノチューブ薄膜の電気二重層トランジスタ
下谷秀和、津田諭、袁洪寿、蓬田陽平、守屋理恵子、竹延大志、柳和宏、岩佐義宏、
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学、2011年3月25-28日
37. イオンゲルを用いたルブレ単結晶トランジスタの電子誘起ESR
丸本一弘、辻大毅、高橋優貴、蓬田陽平、竹延大志、岩佐義宏、
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学、2011年3月25-28日
38. Organic Light-Emitting Transistor with Embedded Optical Resonator
S. Z. Bisri, T. Takenobu, K. Sawabe, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa,
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学、2011年3月25-28日
39. 架橋グラフェンジョセフソン接合の作製と電界効果
友利ひかり、後藤秀徳、田中翔、豊田行紀、大塚洋一、塚越一仁、神田晶申、林正彦、吉岡英生
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学、2011年3月25-28日

(H23 国際 20 件, 国内 28 件)

1. Introducing strain in graphene
A. Kanda, H. Tomori, H. Goto, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, and H. Yoshioka
Graphene Week 2011, Obergurgl (Austria), Apr. 24 – 29, 2011.
2. Characterization of Graphene Formed on SiC by Liquid Phase Epitaxy
M.V.Lee, H.Hiura, A.Tyurnina, and K.Tsukagoshi,
International conference on new diamond and nano carbons 2011 (NDNC2011),
Shimane, Japan, May 16-20 2011.
3. Geometric effect for electron transport in epitaxial graphene on 4H-SiC(0001).
H.Kuramochi, S.Odaka, K.Morita, S.Tanaka, H.Miyazaki, H.Hiura, and
K.Tsukagoshi,
International conference on new diamond and nano carbons 2011 (NDNC2011),
Shimane, Japan, May 16-20 2011.
4. Current Injection Controlled by Ultrathin Oxide at Contact Interface in Organic Thin
Film Transistor,
P.Darmawan, A.Kumatani, T.Minari, Y.Li, C.Liu, K.Tsukagoshi,
International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011)
Suntec, Singapore, June 26-July 1, 2011.
5. Fabricating Organic Single Crystals FETs on Polymer Dielectrics by Room
Temperature Solvent Vapor Annealing,
C.Liu, T.Minari, A.Kumatani, Y.Li, K.Takimiya, K.Tsukagoshi,
International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011)
Suntec, Singapore, June 26-July 1, 2011.
6. Patterning solution-processed organic single crystal transistors with high device
performance
Y.Li, C.Liu, A.Kumatani, P.Darmawan, T.Minari, K.Tsukagoshi,
KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics
Gyeongju, Korea, September 15-18, 2011.
7. All-solution-processed assembly of organic field-effect transistor arrays
T.Minari, M.Kano, M.Kanehara, K.Tsukagoshi,
The 37th leading conference in Europe for Micro- and Nano Engineering (MNE2011),
Berlin, Germany, September 19 - 23, 2011.
8. Electric field induced p-n tunnel junction in bilayer graphene,
H.Miyazaki, M.Lee, S.-L.Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi
The 37th leading conference in Europe for Micro- and Nano Engineering (MNE2011),
Berlin, Germany, September 19 - 23, 2011.
9. Electron tunneling in bilayer graphene p-n junction controlled by gate electric field
H.Miyazaki, M.V.Lee, S.-L.Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
SSDM2011 Short Course "Fundamental and applications of carbon nanotube and
graphene"
Nagoya, September 28-30, 2011.
10. Gating Operation of Transport Current in Graphene Nanoribbon Fabricated by
Helium Ion Microscope
S.Nakaharai, T.Iijima, S.Ogawa, H.Miyazaki, S.-L.Li, K.Tsukagoshi, S.Sato,
N.Yokoyama,
SSDM2011 Short Course "Fundamental and applications of carbon nanotube and
graphene"
Nagoya, September 28-30, 2011.
11. Introducing Nonuniform Strain to Graphene: Toward Strain Engineering
H.Tomori, H.Goto, Y.Nukui, Y.Toyota, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, S.Moriyama,
E.Watanabe, D.Tsuya, A.Kanda
SSDM2011 Short Course "Fundamental and applications of carbon nanotube and
graphene"
Nagoya, September 28-30, 2011.
12. Mobility Difference in Top and Bottom Surfaces of Multilayer Graphene Placed on
Silicon Dioxide
Y. Nukui, H. Tomori, H. Goto, Y.i Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, and A. Kanda
2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011),
Nagoya, Sep. 29, 2011.
13. Single-welled Carbon Nanotube Transistors using Ion-gel

- Y. Yomogida, T. Takenobu, D. Wen, H. Shimotani, K. Yanagi and Y. Iwasa
24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, ANA Hotel Kyoto,
October 24-27, 2011.
14. A solution-based method for self-organized organic single crystal arrays with controlled crystal orientation,
A.Kumatani, T.Minari, C.Liu, Y.Li, P.Darmawan, K.Takimiya, K.Tsukagoshi,,
Material research society 2011 Fall meeting (MRS 2011),
Boston, MA, November 28- December 2, 2011.
 15. A solution-based method for self-organized organic single crystal arrays with controlled crystal orientation,
A.Kumatani, T.Minari, C.Liu, Y.Li, P.Darmawan, K.Takimiya, K.Tsukagoshi,,
Material research society 2011 Fall meeting (MRS 2011),
Boston, MA, November 28- December 2, 2011.
 16. Inducing Nonuniform Strain in Graphene Using Dielectric Nanopillars: Toward Strain Engineering
H.Tomori, H.Goto, Y.Nukui, Y.Toyota, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, S.Moriyama,
E.Watanabe, D.Tsuya, A.Kanda,
Material research society 2011 Fall meeting (MRS 2011),
Boston, MA, November 28- December 2, 2011.
 17. Introducing designed local strain to graphene using dielectric nanostructures: sample fabrication, characterization and transport measurement
H. Tomori, Y. Nukui, Y.Toyota, H. Karube, S. Nihei, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi and H. Yoshioka, A. Kanda,
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN 2011), Kaanapali (USA), Dec. 4-9, 2011.
 18. Introducing designed local strain to graphene using dielectric nanostructures: sample fabrication, characterization and transport measurement
H. Tomori, Y. Nukui, Y.Toyota, H. Karube, S. Nihei, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi and H. Yoshioka, A. Kanda,
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN 2011), Kaanapali (USA), Dec. 4-9, 2011.
 19. Electron transport measurement of graphene under one-dimensional local strain
A. Kanda, H. Tomori, Y. Nukui, Y. Toyota, H. Karube, S. Nihei, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka,
American Physical Society March Meeting 2012, Boston, Feb. 27 – Mar. 2, 2012.
 20. Introducing designed local strain to graphene using dielectric nanostructures
H. Tomori, A. Kanda, Y. Nukui, Y. Toyota, H. Karube, S. Nihei, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka,
American Physical Society March Meeting 2012, Boston, Feb. 27 – Mar. 2, 2012.
 21. SiO₂ 上に置かれた多層グラフェンの上面移動度と下面移動度の評価
貫井洋佑, 後藤秀徳, 友利ひかり, 豊田行紀, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
2011 年秋季第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日
 22. バンドギャップ形成を目指したグラフェンへの非一様歪みの導入方法の開発
友利ひかり, 後藤秀徳, 豊田行紀, 大塚洋一, 塚越一仁, 森山悟士, 渡辺英一郎, 津谷大樹, 神田晶申
2011 年秋季第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日
 23. 非磁性/強磁性接合におけるスピン流誘起強磁性共鳴の検出
近藤浩太, 柳原英人, 喜多英治, 介川裕章, 塚越一仁, 三谷 誠司, 葛西 伸哉
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
 24. ヘリウムイオン顕微鏡により作製したグラフェンナノリボンにおける電流のオン・オフ特性
中松周, 飯島智彦, 小川真一, 宮崎久生, 黎松林, 塚越一仁, 佐藤信太郎, 横山直樹
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
 25. グラフェン伝導特性の走査 4 探針原子間力顕微鏡による計測
久保理, 倉持宏実, 樋口誠司, 森田康平, 田中悟, 塚越一仁, 青野正和, 中山知信,
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
 26. 単結晶ナノ電極の作製と評価
菅洋志, 角谷透, 古田成生, 植木竜一, 宮澤陽介, 西嶋拓哉, 藤田淳一, 塚越一仁, 清水哲夫, 内藤泰久
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
 27. 非接触トッゲートを用いた多層グラフェンの上面/下面移動度の評価
貫井洋佑, 後藤秀徳, 友利ひかり, 豊田行紀, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
 28. 非一様歪みのあるグラフェンの形成と電気伝導測定
友利ひかり, 後藤秀徳, 豊田行紀, 大塚洋一, 塚越一仁, 森山悟士, 渡辺英一郎, 津谷大樹, 神

- 田晶申
日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
29. 共振器構造を有した単結晶発光トランジスタ
Bisri Satria, 竹延大志, 澤部宏輔, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
30. イオンゲルを用いた発光トランジスタ
蓬田陽平, 竹延大志, 下谷秀和, 小野新平, 岩佐義広
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
31. イオンゲルを用いた高分子薄膜トランジスタの電場誘起 ESR
丸本一弘, 辻大毅, 高橋優貴, 蓬田陽平, 竹延大志, 岩佐義宏
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
32. 有機電界効果トランジスタの動作状態における電場誘起キャリアの ESR 観測
平手将隆, 渡辺峻一郎, 田中久暁, 伊東裕, 黒田新一, 丸本一弘, 竹延大志, 岩佐義宏
2011 年秋季物理学会, 富山大学, 2011 年 9 月 21-24 日.
33. 共振器構造を有した単結晶発光トランジスタ
竹延大志, Satria Z. Bisri, 澤部宏輔, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏
第 60 回高分子討論会, 岡山大学, 2011 年 9 月 28 日-30 日.
34. グラフェンの超伝導近接効果
神田晶申, 友利ひかり, 後藤秀徳, 豊田行紀, 貫井洋佑, 大塚洋一, 塚越一仁, 林正彦, 吉岡英生
研究会「グラフェン・ナノ構造の物理」, 秋田大学, 2011 年 11 月 12 日
35. グラフェンの歪み効果
友利ひかり, 神田晶申, 後藤秀徳, 豊田行紀, 貫井洋佑, 大塚洋一, 塚越一仁, 林正彦, 吉岡英生
研究会「グラフェン・ナノ構造の物理」, 秋田大学, 2011 年 11 月 12 日
36. グラフェン接合系におけるゲート電界効果
神田晶申, 友利ひかり, 仁平慎太郎, 軽部大雅, 貫井洋佑, 豊田行紀, 大塚洋一「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第 2 回領域研究会, 岡山大学, 2011 年 12 月 17 日～19 日
37. 有機トランジスタ電極界面への化学ドーブによるコンタクト抵抗最小化
三成剛生, Peter Darmawan, 塚越一仁,
第 59 回応用物理学関連連合講演会, 早稲田大学, 2012 年 3 月 15 日-18 日.
38. 有機トランジスタへのコンタクト形成
三成剛生, Peter Darmawan, 塚越一仁
第 59 回応用物理学関連連合講演会, 早稲田大学, 2012 年 3 月 15 日-18 日.
39. 両極性有機単結晶トランジスタの高効率化
今川雅貴, 澤部宏輔, 丸山健一, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏, 竹延大志,
第 59 回応用物理学関連連合講演会, 早稲田大学, 2012 年 3 月 15 日-18 日.
40. イオンゲルを用いた高性能半導体 SWCNT トランジスタ
蓬田陽平, 竹延大志, 柳和宏, 岩佐義広
第 59 回応用物理学関連連合講演会, 早稲田大学, 2012 年 3 月 15 日-18 日.
41. 発光トランジスタにおけるキャリア閉じ込め構造の導入
牛腸翔太, 丸山健一, 高木勇樹, 澤部宏輔, 今川雅貴, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏, 竹延大志,
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
42. 回折格子構造を持つ有機単結晶発光トランジスタ
丸山健一, 澤部宏輔, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏, 竹延大志
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
43. イオンゲルを用いた電気二重層トランジスタのインピーダンス解析
蓬田陽平, 竹延大志, 蒲江, 下谷秀和, 岩佐義宏,
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
44. インクジェット法によって作製した半導体ナノチューブトランジスタのキャリア伝導機構
松崎怜樹, 蓬田陽平, 柳和宏, 片浦弘道, 岩佐義宏, 竹延大志
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
45. イオンゲルを用いた高性能カーボンナノチューブ厚膜トランジスタ
野房勇希, 蓬田陽平, 柳和弘, 岩佐義宏, 片浦弘道, 竹延大志
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
46. イオンゲルを用いた単結晶両極性電気二重層トランジスタ
蒲江, 蓬田陽平, 下谷秀和, 山雄健史, 堀田収, 岩佐義宏, 竹延大志
日本物理学会 第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
47. 非接触トップゲートを用いた多層グラフェンの上面/下面移動度の評価 II
貫井洋佑, 後藤秀徳, 友利ひかり, 豊田行紀, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日～27 日
48. 局所歪みのあるグラフェンの電気伝導測定
友利ひかり, 後藤秀徳, 豊田行紀, 貫井洋佑, 軽部大雅, 仁平慎太郎, 大塚洋一, 塚越一仁,

林正彦、吉岡英生、神田晶申
日本物理学会第 67 回年次大会、関西学院大学、2012 年 3 月 24 日～27 日

- ③ ポスター発表 (国内会議 101 件、国際会議 33 件)
(H18 国際 12 件, 国内 6 件)
1. Long-term Stability in the Operation of Single-crystal Rubrene Transistor,
T.Minari, K.Tsukagoshi, T.Hamano, T.Miyadera, and Y.Aoyagi
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
 2. Dynamic Transport Properties of Organic Thin Film Transistors
T.Miyadera, T.Minari, K.Tsukagoshi, and Y.Aoyagi
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
 3. Ambipolar Light-Emitting Transistors Based on Organic Single Crystals,
T. Takahashi, T. Takenobu, J. Takeya, and Y. Iwasa
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
 4. Carrier Injection of Single-Crystal Organic Field-Effect Transistors with the Different
Device Configurations,
Y. Matsuoka, K. Watanabe, T. Takenobu, Y. Iwasa,
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
 5. Transport Properties of Organic Single Crystal Field-Effect Transistor: Dependence
on Gate Dielectric and Annealing Effects,
K. Watanabe, T. Takenobu, Y. Iwasa,
KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor
Sendai, Japan, October 20-21, 2006.
 6. Organic single-crystal transistors with submicron-length channel
T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, T.Hamano, Y.Aoyagi
The International Symposium "Trends in Nanoscience 2007"
Kloster Irsee, Germany, February 24-28, 2007.
 7. Pentacene nanotransistor with carbon nanotube electrodes
K.Tsukagoshi, I.Yagi, Y.Aoyagi
The International Symposium "Trends in Nanoscience 2007"
Kloster Irsee, Germany, February 24-28, 2007.
 8. Proximity induced superconductivity in thin graphite films
A.Kanda, T.Moriki, T.Sato, H.Miyazaki, S.Odaka, Y.Ootuka, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi,
The International Symposium "Trends in Nanoscience 2007"
Kloster Irsee, Germany, February 24-28, 2007.
 9. Charge Carriers Injections on Tetrphenylpyrene (TPPy) Single Crystal for Organic
Light Emitting Field Effect Transistor,
S. Z. Bisri, T. Takahashi, T. Takenobu, M. Yahiro, C. Adachi, Y. Iwasa
IMR (Institute for Materials Research) Workshop on Advanced Materials
Sendai, Japan, March 1st, 2007.
 10. Organic Single Crystal Transistors,
T.Takenobu, T.Takahashi, J.Takeya, Y. Iwasa,
IMR (Institute for Materials Research) Workshop on Advanced Materials
Sendai, Japan, March 1st, 2007.
 11. Charge Carriers Injections on Tetrphenylpyrene (TPPy) Single Crystal for Organic
Light Emitting Field Effect Transistor,
S. Z. Bisri, T. Takahashi, T. Takenobu, M. Yahiro, C. Adachi, Y. Iwasa
2nd France-Japan Advanced School on Chemistry and Physics of Molecular Materials
Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, March 5-7, 2007.
 12. Electron transport in ultra-thin graphite films,
T. Sato, T. Moriki, A. Kanda, Y. Ootuka, H. Miyazaki, S. Odaka, K. Tsukagoshi, Y.
Aoyagi,
First International Symposium on Atomic Technology (ISAT-2007),
Tsukuba, March 16-17, 2007.
 - 13.有機 FET キャリア注入機構の解明
三成剛生, 宮寺哲彦, 塚越一仁, 伊藤裕美, 青柳克信,

- 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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。
14. グラファイト超薄膜における超伝導近接効果とそのゲート制御
神田晶申, 森木拓也, 佐藤崇, 宮崎久生, 小高隼介, 大塚洋一, 青柳克信, 塚越一仁,
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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。
15. 微細加工によるグラファイト超薄膜素子作製
小高隼介, 宮崎久生, 森木拓也, 佐藤崇, 神田晶申, 塚越一仁, 大塚洋一, 青柳克信,
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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。
16. 有機単結晶 MESFET
竹延大志, Alberto Morpurgo, 岩佐義宏,
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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。
17. BaTiO₃ エピタキシャル成長薄膜を high-k 絶縁膜として用いたルブレ単結晶有機 FET
谷垣勝己, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 川山巖, 斗内政吉
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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。
18. ペンタセン電界効果トランジスター中のゲート誘起キャリアの電子スピン共鳴
丸本一弘, 黒田新一, 竹延大志, 岩佐義宏
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 相模原キャンパス、2007 年 3 月 27-30 日。

(H19 国際 16 件, 国内 0 件)

1. Ambipolar Light-Emitting Transistors of Organic Single-Crystal
T. Takenobu, T. Takahashi, S. Z. Bisri, Y. Iwasa,
2007 CERC International Symposium,
Akihabara Convention Hall, Tokyo, Japan, May 22-25, 2007.
2. Electric potential corrugation in transport of ultra-thin graphite film
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, S.Odaka, T.Moriki, T.Sato, A. Kanda, Y.Ootuka, Y.Aoyagi,
International Conference on Electronic Properties of Two-dimensional Systems and
Modulated Semiconductor Structures (EP2DS17 + 13MSS),
Genova Magazzini del Cotone, July 15-20 2007.
3. Gate modulation of superconducting proximity effect in ultra-thin graphite films,
A. Kanda, T. Sato, T. Moriki, H. Miyazaki, S. Odaka, K. Tsukagoshi Y. Ootuka, Y.
Aoyagi,
International Conference on Electronic Properties of Two-dimensional Systems and
Modulated Semiconductor Structures (EP2DS17 + 13MSS),
Genova Magazzini del Cotone, July 15-20 2007.
4. Ambipolar Light-Emitting Transistors of organic Single-Crystals,
T. Takenobu, T. Takahashi, S. Z. Bisri and Y. Iwasa,
International Conference on Optical, Optoelectronic and Photonic Materials and
Applications (ICOOPMA 2007),
Queen Mary, University of London, London, UK, July 30 – August 3, 2007.
5. Charge injection process in organic field-effect transistors,
T. Minari, K. Tsukagoshi, T. Miyadera, H. Ito, Y. Aoyagi,
European Conference on Molecular Electronics 2007,
Metz, France, September 5-8, 2007
6. Inherent charge transport in organic single-crystal transistors,
T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, M.Seto, T.Nemoto, S.Isoda, Y.Aoyagi,
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, seoul, Korea, September 27-29, 2007.
7. Fermi level tuning at contact for improving current injection in organic thin film
transistors,
S.D.Wang, T.Minari, T.Miyadera, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, seoul, Korea, September 27-29, 2007.
8. Direct growth of crystalline organic thin films for field effect transistors,
T.Kiyomura, T.Minari, K.Tsukagoshi, S.Isoda, Y.Aoyagi,
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, seoul, Korea, September 27-29, 2007.

9. Molecular-packing-enhanced charge transport in porphyrine single-crystal transistors,
M.Seto, T.Minari, T.Nemoto, K.Tsukagoshi, S.Isoda, Y.Aoyagi,
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, Seoul, Korea, September 27-29, 2007.
10. Nano-wire fabrication and Coulomb blockade oscillations in thin graphite film,
S.Odaka, H.Miyazaki, T.Moriki, T.Sato, A.Kanda, K.Tsukagoshi, Y.Ootuka, Y.Aoyagi,
Korea-Japan Joint Forum 2007 (KJF2007),
Korea University, Seoul, Korea, September 27-29, 2007.
11. Superconducting proximity effect in superthin graphite films
T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, A.Kanda, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K.Tsukagoshi,
Y.Aoyagi,
International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology
Waikoloa, Hawaii, USA, December 2-7, 2007.
12. Superconducting proximity effect through graphene and graphite films
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology
Waikoloa, Hawaii, USA, December 2-7, 2007.
13. Coulomb blockade oscillations in ultrathin graphite film with corrugation
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, S.Odaka, T.Sato, S.Tanaka, K.Goto, A.Kanda, Y.Ootuka, Y.
Aoyagi
International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology
Waikoloa, Hawaii, USA, December 2-7, 2007.
14. Gate-controlled superconducting proximity effect in thin graphite films
A.Kanda, T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, H.Miyazaki, S.Odaka,
Y.Aoyagi
Frontiers in Nanoscience and Nanotechnology Workshop
Basel, Switzerland, January 6-8, 2008
15. Ambipolar Light Emitting Transistor of Highly Photoluminescent Organic Single
Crystal
Satria Zulkarnaen Bisri, Taishi Takenobu, Yohei Yomogida, Shu Hotta and Yoshi Iwasa
2008 MRS Spring Meeting
Moscone West and San Francisco Marriott, SF, USA, March 27, 2008.
16. Schottky-diodes and MES-FETs Using Organic Single Crystals
Toshihiko Kaji, Taishi Takenobu, Kazuhiro Watanabe, Alberto Morpurgo and Yoshihiro
Iwasa
2008 MRS Spring Meeting
Moscone West and San Francisco Marriott, SF, USA, March 27, 2008.

(H20 国際 20 件, 国内 0 件)

1. Electric-field-screening length in thin graphite,
H.Miyazaki, S.Odaka, T.Sato, S.Tanaka, H.Goto, K.Tsukagoshi, A.Kanda, Y.Ootuka,
Y.Aoyagi,
4th International Nanotechnology Conference on Communication and
Cooperation(INC4),
Hitotsubashi memorial hall, Tokyo, April 14-17, 2008.
2. Correlation between Charge Trap Sites and Device Parameters in Pentacene Thin
Film Transistors,
S. D. Wang, T.Miyadera, T.Minari, Y.Aoyagi, K.Tsukagoshi,
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Sendai, Japan, Aug.19-23, 2008.
3. Frequency Response and Effect of Contact Interface in Pentacene Thin Film
Transistors,
T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Sendai, Japan, Aug.19-23, 2008.
4. Molecular assembly of organic semiconductors controlled by functionalized surfaces,
T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wng, K.Tsukagoshi,
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Sendai, Japan, Aug.19-23, 2008.
5. Direct self-assembly of organic semiconductors for the thin-film transistors

- T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, K.Tsukagosh,
34th International Conference on Micro and Nano Engineering 2008,
Athenes, Greece, Sep.15-18, 2008.
6. Molecular assembly of organic semiconductors controlled by functionalized surfaces
T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, Y.Aoyagi , K.Tsukagoshi,
Material Research Society (MRS) 2008 Fall Meeting
Boston, USA, Dec.1-5, 2008.
 7. Spin and charge transport in multilayer graphene
H.Goto, A.Kanda, T.Sato, S.Tanaka, Y.Ootuka, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Y.Aoyagi
25th International Conference on Low Temperature Physics
Amsterdam (Netherlands), Aug. 6-13, 2008
 8. Experimental study of Cooper-pair transport in multilayer graphene
A.Kanda, H.Goto, S.Tanaka, T.Sato, Y.Ootuka, H.Miyazaki, S.Odaka, K. sukagoshi,
Y.Aoyagi
25th International Conference on Low Temperature Physics
Amsterdam (Netherlands), Aug. 6-13, 2008
 9. Theory of superconducting proximity effect in graphene films
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
25th International Conference on Low Temperature Physics
Amsterdam (Netherlands), Aug. 6-13, 2008
 10. Long spin coherence length in multilayer graphene
H.Goto, A Kanda, S.Tanaka, Y.Nagai, Y.Ootuka, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Y.Aoyagi
ICTP Conference Graphene Week 2008
Trieste (Italy), Aug. 25-29, 2008
 11. Unconventional temperature dependence of proximity-induced supercurrent in
multilayer graphene
A.Kanda, H.Goto, S.Tanaka, Y.Nagai, Y.Ootuka, S.Odaka, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Y.Aoyagi
ICTP Conference Graphene Week 2008
Trieste (Italy), Aug. 25-29, 2008
 12. Ambipolar Field-Effect Transistor of High Photoluminescent Material, AC5 and
TPPy Single Crystal
Yohei Yomogida, Satria Z. Bisri, Taishi Takenobu, Chihaya Adachi, Shu Hotta,
Yoshihiro Iwasa
SPIE Europe Photonics Europe 2008
Palais de la Musique et des Congrès, Strasbourg, France, April 9, 2008.
 13. Ambipolar light-emitting transistors of organic single crystals
Taishi Takenobu, Tetsuo Takahashi, Satria Z. Bisri, Yoshihiro Iwasa
SPIE Europe Photonics Europe 200
Palais de la Musique et des Congrès, Strasbourg, France, April 9, 2008.
 14. Self-Waveguided Edge Emission and Electrically-Driven Spectral Evolution from
Organic Single Crystal Transistors
S.Z.Bisri, T.Takenobu, Y.Yomogida, T. Yamao, S.Hotta, Y.Iwasa
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Miyagi, Japan, Aug.19-23, 2008.
 15. Organic single-crystal Schottky gate transistors
Toshihiko Kaji, Taishi Takenobu, Alberto F. Morpurgo, and Yoshihiro Iwasa
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Miyagi, Japan, Aug.19-23, 2008.
 16. Ambipolar Light-Emitting Transistors based on Highly Photoluminescent Organic
Single Crystals
Y.Yomogida, T.Takenobu, S.Z.Bisri, H.Nakanotani, M.Yahiro, C.Adachi, T.Yamao,
S.Hotta, Y.Iwasa
International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces
Montana Resort Iwanuma, Miyagi, Japan, Aug.19-23, 2008.
 17. Dynamic Bias Stress for the Analysis of Charge Trapping and Detrapping in
Pentacene Thin Film Transistors,
T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,
20th Korea-Japan Joint Forum (KJF2008),

Chitose, Japan, Oct.23-25, 2008.

18. Electric-field-screening Length in Thin Graphite,
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, A.Kanda, S.Odaka, S.Tanaka, H.Goto, Y.Ootuka,
20th Korea-Japan Joint Forum (KJF2008),
Chitose, Japan, Oct.23-25, 2008.
19. Dynamic bias stress instability of pentacene thin film transistors,
T.Miyadera, T.Minari, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,
5th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5),
Miyazaki, Japan, March 15-18, 2009.
20. Epitaxial graphene transistor on SiC substrate,
S.Odaka, H.Miyazaki, A.Kanda, K.Morita, S.Tanaka, Y.Miyata, H.Kataura,
K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
5th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5),
Miyazaki, Japan, March 15-18, 2009.

(H21 国際 28 件, 国内 5 件)

1. Solution-based direct fabrication of organic field-effect transistors by surface selective deposition,
T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, and K.Tsukagoshi,
International conference on materials for advanced technologies (ICMAT2009),
Singapore, Jun. 28- Jul. 3, 2009.
2. Superconducting proximity effect through single-layer and multilayer graphene films
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
The 18th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-18)
Kobe International Conference Center (Kobe), July 20, 2009.
3. Anomalous temperature dependence of critical supercurrent in multilayer graphene coupled to superconductors
A. Kanda, H. Goto, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, H. Yoshioka, M. Hayashi
The 18th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-18)
Kobe International Conference Center (Kobe), July 20, 2009.
4. Tunable semiconducting state in bilayer graphene
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
The 18th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-18),
Kobe, Japan, July 19-24, 2009.
5. Proximity-induced supercurrent in single-layer graphene
H.Goto, H.Tomori, S.Tanaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
Graphene Tokyo 2009
Tokyo, Jul. 25-26, 2009.
6. Effect of current annealing on electronic properties of multilayer graphene
S.Tanaka, H.Goto, H.Tomori, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, A.Kanda,
Graphene Tokyo 2009
Tokyo, Jul. 25-26, 2009.
7. Superconducting transition of multilayer graphene coupled to superconductors,
A.Kanda, H.Goto, H.Tomori, S.Tanaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, H.Yoshioka,
M.Hayashi,
Graphene Tokyo 2009
Tokyo, Jul. 25-26, 2009.
8. Observation of superconducting proximity effect in single and multi-layer graphene
A. Kanda, H. Goto, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka
9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity
Tokyo, Sep. 7-12, 2009.
9. Electric field modulation of bilayer graphene channel,
H.Miyazaki, K.Tsukagoshi, A.Kanda
The 4th international symposium on atomic technologies (ISAT-4),
Kobe, Japan, November 18-19, 2009.
10. Controlled charge trapping barrier at metal-semiconductor interface in organic thin film transistors,
A.Kumatani, T.Minari, K.Tsukagoshi,

- Material Research Society (MRS) 2009 Fall Meeting,
Boston, USA, Nov.30-Dec.4, 2009.
11. Electric transport in epitaxial graphene on vicinal SiC substrate with periodic atomic-scale facets,
S.Odaka, H.Miyazaki, A.Kanda, K.Morita, S.Tanaka, Y.Miyata, H.Kataura, K.Tsukagoshi, Y.Aoyagi,
Material Research Society (MRS) 2009 Fall Meeting,
Boston, USA, Nov.30-Dec.4, 2009.
 12. Gate-voltage modulation of conductance in bilayer graphene,
H.Miyazaki, A.Kanda, K.Tsukagoshi
Atomic Level Characterization (ALC'09),
Maui, Hawaii, USA, Dec.6–11, 2009.
 13. Characterization of Graphene by Scanning Electron Microscopy,
H.Hiura, H.Miyazaki, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Atomic Level Characterization (ALC'09),
Maui, Hawaii, USA, Dec.6–11, 2009.
 14. Fabrication of ballistic graphene Josephson junctions
H. Tomori, H. Goto, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
22nd International Symposium on Superconductivity (ISS2009)
Tsukuba, Nov. 2-4, 2009
 15. Unconventional proximity-induced superconducting transition in multilayer graphene
A. Kanda, H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, H. Yoshioka, M. Hayashi
22nd International Symposium on Superconductivity (ISS2009)
Tsukuba, Nov. 2-4, 2009
 16. Effect of current annealing on electronic properties of multilayer graphene,
S. Tanaka, H. Goto, H. Tomori, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 4th International Symposium on Atomic Technology (ISAT-4)
Maiko, Nov. 18-19, 2009
 17. Gate modulation of spin transport in multilayer graphene,
H. Goto, S. Tanaka, H. Tomori, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 4th International Symposium on Atomic Technology (ISAT-4)
Maiko, Nov. 18-19, 2009
 18. Fabrication of a ballistic graphene junction,
H. Tomori, H. Goto, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 4th international symposium on atomic technologies (ISAT-4),
Kobe, Japan, November 18-19, 2009.
 19. Theoretical study of superconducting proximity effect in monolayer and bilayer graphene
M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN)
Kaanapali (USA), Dec. 2, 2009.
 20. Self-Organized Phase Separation Organic Field-Effect Transistors
C.Liu, M.Minari, A.Kumatani, Xu.Lu, K.Tsukagoshi,
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
 24. Controlled charge injection barrier at the metal/organic semiconductor interface in organic field effects transistors with double-layered electrode
A.Kumatani, T.Minari, K.Tsukagoshi,
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
 25. Low operating bias and enhanced voltage gain in graphene inverters with high capacitive-efficiency top gate,
S.Li, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
 26. Frequency response characteristics of flat-band voltage in metal-insulator-semiconductor structures based on pentacene films,
Xu.Lu, T.Minari, A.Kumatani, and K.Tsukagoshi
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,

- Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
27. Graphene p-n junction controlled by dielectric gate coupling
H.Miyazaki, Songlin Li, H.Hiura, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
 28. Characterization of Graphene on Insulator by Scanning Electron Microscope,
H.Hiura, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi
The materials Nanoarchitectonics (MANA) international symposium 2010,
Tsukuba, Japan, March 3-5, 2010.
 29. パリステイックグラフェン接合の作製と電気伝導測定
友利ひかり, 後藤秀徳, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
東京大学物性研究所短期研究会”ディラック電子系の物性—グラフェンおよび関連物質の最近の研究”
東京大学物性研究所、2009年10月22-24日
 30. グラフェン多層膜におけるスピン伝導の電界制御
後藤秀徳, 友利ひかり, 田中翔, 大塚洋一, 塚越一仁, 神田晶申
東京大学物性研究所短期研究会”ディラック電子系の物性—グラフェンおよび関連物質の最近の研究”
東京大学物性研究所、2009年10月22-24日
 31. Tunable voltage gain in dual-gate bilayer graphene inverter
Songlin Li, 宮崎久生, 神田晶申, 塚越一仁
東京大学物性研究所短期研究会”ディラック電子系の物性—グラフェンおよび関連物質の最近の研究”
東京大学物性研究所、2009年10月22-24日
 32. 2層グラフェンにおける電気伝導の電界制御とデバイス応用
宮崎久生, Songlin Li, 神田晶申, 塚越一仁
東京大学物性研究所短期研究会”ディラック電子系の物性—グラフェンおよび関連物質の最近の研究”
東京大学物性研究所、2009年10月22-24日
 33. CVD graphite films of nanometer thickness,
A.V.Tyurnina, H.Hiura, A.N.Obraztsov, K.Tsukagoshi,
第19回日本MRS学術シンポジウム,
横浜市開港記念会館, 神奈川、2009年12月7-9日.

(H22 国際 20 件, 国内 6 件)

1. Ambipolar light-emitting transistors utilizing organic single crystal for realizing electrically-driven amplified spontaneous emission,
S. Z. Bisri, T. Takenobu, K. Sawabe, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa,
International symposium on organic transistor and functional interfaces (OFET2010),
Eurotel Victoria, Les Diablerets, Switzerland, May 06-10, 2010.
2. Low operating bias and enhanced voltage gain in graphene inverters with high capacitive-efficiency top gate,
S.-L. Li, H.Miyazaki, H.Hiura, A.Kanda, K.Tsukagoshi,
Graphene Week 2010,
Maryland University, Maryland, USA, April 19-23, 2010.
3. Anisotropic transport in graphene grown on SiC
H.Miyazaki, S.Odaka, M.-D.Yi, S.-L.Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi, K.Morita, S.Tanaka,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
4. Novel structure and functionality of organic single crystal transistor
Y. Yomogida, T. Takenobu, S. Z. Bisri, C. Adachi, Y. Iwasa,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
5. The observation of current-induced spectral narrowing in organic light-emitting transistors
S. Z. Bisri, K. Sawabe, T. Takenobu, T. Yamao, S. Hotta, Y. Iwasa,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.

6. Effect of Current Annealing on Transport Properties of Graphene
S. Tanaka, H. Goto, H. Tomori, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 37th International Symposium on compound Semiconductors
Takamatsu, May 31 – Jun. 4, 2010.
7. Gate modulation of Spin Transport in Multilayer Graphene
H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
The 37th International Symposium on compound Semiconductors
Takamatsu, May 31 – Jun. 4, 2010.
8. Capacitance-Voltage Frequency Dispersions in Pentacene-based Organic Devices,
X.B.Lu, T.Minari, A.Kumatani, K.Tsukagoshi,
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010
(ICSM2010).
Kyoto, Japan, July 4-9, 2010.
9. Comparative Characterization of Mechanically Exfoliated Graphene and h-BN
Graphene on Insulator,
H.Hiura, T.Taniguchi, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related
Materials,
Singapore, August 1-6, 2010.
10. Complementary-like graphene logic inverters
Song-Lin Li, H.Miyazaki, K.Tsukagoshi,
Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related
Materials,
Singapore, August 1-6, 2010.
11. Anisotropic transport in graphene grown on vicinal SiC substrate
H.Miyazaki, S.Odaka, S.-L. Li, A.Kanda, K.Tsukagoshi, K.Morita, S.Tanaka
Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related
Materials,
Singapore, August 1-6, 2010.
12. Gate Modulation of Superconducting Proximity Effect in Single and Multi-Layer
Graphene,
A. Kanda, H.Goto, H.Tomori, S.Tanaka, Y.Ootuka, K.Tsukagoshi, M.Hayashi,
H.Yoshioka,
Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related
Materials,
Singapore, August 1-6, 2010.
13. Fabrication and Transport Properties of Ultrashort Graphene Josephson Junctions
H.Tomori, H.Goto, S.Tanaka, Y.Ootuka, A.Kanda, K.Tsukagoshi
Engineering Conferences International: Recent Advances in Graphene and Related
Materials,
Singapore, August 1-6, 2010.
14. Superconducting proximity effect in single and multilayer graphene
A. Kanda, H. Goto, H. Tomori, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, H. Yoshioka, M.
Hayashi
Superconductivity and Magnetism: Hybrid proximity nanostructures and intrinsic
phenomena (SM-2010)
Paestum (Italy), Sep. 5-11, 2010.
15. Thin film transistor from CVD graphene,
A.V. Tyurnina, A.N. Obratsov, H. Hiura, K. Tsukagoshi,
2nd Russian-Japanese Young Scientists Conference on Nanomaterials and
Nanotechnology,
Tokyo, Japan, September 21-22, 2010.
16. Fabrication and transport properties of ultrashort graphene Josephson junctions
H. Tomori, H. Goto, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
23rd International Symposium on Superconductivity (ISS2010)
Tsukuba, Nov. 1-3, 2010.
17. Ballistic Graphene Josephson Junctions
H. Tomori, H. Goto, Y. Toyota, S. Tanaka, Y.
Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
Frontiers in Nanoscale Science and Technology (FNST2011)
Wako (Saitama), Jan. 5-6, 2011.
18. Spin transport in suspended graphene

H. Goto, H. Tomori, Y. Toyota, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
Frontiers in Nanoscale Science and Technology (FNST2011)
Wako (Saitama), Jan. 5-6, 2011.

19. Y. Nukui, H. Goto, H. Tomori, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, A. Kanda
Transport properties of multilayer graphene with a contactless suspended top gate
The 3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)
Tsukuba, March 9-10, 2011
20. Fabrication of ballistic graphene Josephson junctions and its transport measurement
H. Tomori, H. Goto, Y. Toyota, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka, A. Kanda
The 3rd International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2011)
Tsukuba, March 9-10, 2011
21. シリコン基板上に置かれたグラフェンの光学顕微鏡による識別
豊田行紀、後藤秀徳、田中翔、大塚洋一、神田晶申
第5回三大学連携学生研究会「アトミック/ポリスケールテクノロジー連携研究会」
東京理科大学長万部キャンパス、2010年8月26-28日
22. Characterization of Single- and Few-Layer Hexagonal-Boron Nitride Prepared by Mechanical Exfoliation,
H. Hiura, T. Taniguchi, K. Watanabe, H. Miyazaki, K. Tsukagoshi,
第39回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学, 2010年09月05-07日
23. Solution Processable Organic Single Crystals with Band-Like Transport in Field-Effect Transistors,
劉川, 三成剛生, 熊谷明哉, 塚越一仁,
2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010年9月14-17日.
24. 機械的剥離法で作成した六方晶系窒化ボロン薄膜の評価
日浦英文, 谷口尚, 渡邊賢司, 宮崎久生, 塚越一仁,
第24回ダイヤモンドシンポジウム, 東京工業大学大岡山, 2010年11月17-19日
25. High-Performance Graphene Logic Inverters
S.-L. Li, H. Miyazaki, A. Kanda, K. Tsukagoshi,
ナノカーボン物質の基礎と応用: 現状と展望に関する若手研究会
筑波大, 2010年12月27-28日
26. Toward graphene SFS Josephson junctions
神田晶申
「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第1回領域研究会
京都大学, 2010年12月18-20日

(H23 国内 5件、国際 16件)

1. Ballistic graphene Josephson junctions
H. Tomori, H. Goto, Y. Toyota, S. Tanaka, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka, and A. Kanda
Graphene Week 2011, Obergurgl (Austria), Apr. 24 – 29, 2011.
2. Formation of Graphene on Insulator by Liquid Metal Flux Method
H. Hiura, M. V. Lee, A. V. Tyurnina, and K. Tsukagoshi,
International conference on new diamond and nano carbons 2011 (NDNC2011),
Shimane, Japan, May 16-20 2011.
3. Analysis of Low Frequency Noise in Organic Field Effect Transistors Combining Static and Noise Data
Y. Xu, T. Minari, K. Tsukagoshi, R. Gwoziecki, R. Coppard, F. Balestra, J. A. Chroboczek, and G. Ghibaudo,
21st International Conference on Noise and Fluctuations (ICNF 2011)
Tronto, Canada, June 12-16, 2011.
4. Fabrication and transport measurement of ballistic graphene Josephson junctions
H. Tomori, A. Kanda, H. Goto, Y. Toyota, Y. Nukui, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M. Hayashi, H. Yoshioka
The 19th international conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS19), Tallahassee (USA), July 25-29, 2011.
5. Fabrication of graphene devices with designed strain
H. Tomori, A. Kanda, H. Goto, Y. Toyota, Y. Nukui, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M.

- Hayashi, H. Yoshioka
The 19th international conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS19), Tallahassee (USA), July 25-29, 2011.
6. Orientation-Controlled Organic Single Crystal Arrays by Self-Organization
A.Kumatani, T.Minari, C.Liu, Y.Li, P.Darmawan, K.Tsukagoshi,
KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics
Gyeongju, Korea, September 15-18, 2011.
 7. Fabrication and transport measurement of ballistic graphene Josephson junctions
H. Tomori, A. Kanda, H. Goto, Y. Nukui, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, M.
Hayashi and H. Yoshioka
Recent Progress in Graphene Research (RPGR2011), Suwon (Korea), Oct. 3-6, 2011.
 8. Introducing designed nonuniform strain to graphene using dielectric nanopillars:
sample fabrication, characterization and transport measurement
H. Tomori, A. Kanda, Y. Nukui, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, S. Moriyama, E.
Watanabe, D. Tsuya, M. Hayashi and H. Yoshioka
Recent Progress in Graphene Research (RPGR2011), Suwon (Korea), Oct. 3-6, 2011.
 9. Evaluation of Mobilities at the Top and Bottom Surfaces of Multilayer Graphene
Placed on a SiO₂ Substrate
Y. Nukui, H. Tomori, H. Goto, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, and A. Kanda
International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics (QNN2011),
Tokyo, Oct. 3-4, 2011.
 10. Inkjet Printing of CNT-TFTs patterned by Surface Modification
Y. Nobusa, S. Matsuzaki, Y. Yomogida, K. Yanagi, H. Kataura and T. Takenobu
24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, ANA Hotel Kyoto,
October 24-27, 2011.
 11. Carbon Nanotube Inverter using Inkjet Method
S. Matsuzaki, Y. Nobusa, K. Yanagi, H. Kataura and T. Takenobu
24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, ANA Hotel Kyoto,
October 24-27, 2011.
 12. Observability of relativistic Josephson effects in graphene,
A. Kanda, H. Tomori, H. Goto, Y. Nukui, Y. Toyota, S. Nihei, H. Karube, Y. Ootuka, K.
Tsukagoshi, M. Hayashi and H. Yoshioka,
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN
2011), Kaanapali (USA), Dec. 4-9, 2011.
 13. Mobilities at the Top and Bottom Surfaces of Multilayer Graphene Placed on a SiO₂
Substrate
Y. Nukui, H. Tomori, H. Karube, S. Nihei, Y. Toyota, Y. Ootuka, K. Tsukagoshi, and A.
Kanda,
International Symposium on Advanced Nanostructures and Nano-Devices (ISANN
2011), Kaanapali (USA), Dec. 4-9, 2011.
 14. Direct Formation of Organic Semiconducting Single Crystals by Solvent Vapor
Annealing on Polymer Base Film,
C.Liu, T. Minari, Y.Li, M. V. Lee, K. Takimiya, K. Tsukagoshi
International Symposium on Electronic/Optic Functional Molecules (ISEOFM2012),
Shanghai, China, March 11-13, 2012.
 15. Reduction of charge injection barrier by 1-nm contact oxide interlayer in organic
field effect transistors,
P. Darmawan, T. Minari, A. Kumatani, Y. Li, C. Liu, K. Tsukagoshi,
International Symposium on Electronic/Optic Functional Molecules (ISEOFM2012),
Shanghai, China, March 11-13, 2012.
 16. Patterned Plate-like Organic Crystals from Direct Spin-coating for Field-effect
Transistor Arrays,
Y. Li, C. Liu, Y. Xu, P. Darmawan, T. Minari, K. Tsukagoshi,
International Symposium on Electronic/Optic Functional Molecules (ISEOFM2012),
Shanghai, China, March 11-13, 2012.
 17. イオンゲルを用いた発光トランジスタへの大電流注入
蓬田陽平, 竹延大志, 下谷秀和, 小野新平, 岩佐義宏
2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011年8月29日-9月2日
 18. 共振器構造を有する単結晶発光トランジスタ
Satria Bisri1, 竹延大志, 澤部宏輔, 山雄健史, 堀田 収, 岩佐義宏
2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011年8月29日-9月2日
 19. 両極性発光トランジスタにおける電流狭窄
澤部宏輔, 竹延大志, 今川雅貴, 中野匡規, 山雄健史, 堀田 収, 岩佐義宏
2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011年8月29日-9月2日
 20. 有機トランジスタの飽和領域における接触抵抗評価

今川雅貴, 澤部宏輔, 竹延大志

2011 年秋季第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日

21. グラフェンへの局所歪みの導入と電気伝導測定: グラフェンのバンドギャップエンジニアリングを目指して
友利 ひかり, 後藤 秀徳, 豊田 行紀, 大塚 洋一, 神田 晶申, 塚越 一仁, 森山 悟士, 渡辺 英一郎, 津谷 大樹
飯綱・サイエンスサマー道場, 長野県飯綱高原「ホテルアルカディア」, 2011年8月17日～19日

(4)知財出願

①国内出願 (11 件)

1. 有機単結晶 MESFET 及びその製造方法
出願番号 : 特願 2007-62823 出願日 : 2007 年 03 月 13 日
出願人 : 東北大学 金属材料研究所
発明者 : 竹延大志, 岩佐義宏
2. 電子素子および電子素子の製造方法
出願番号: 特願 2007-265556 出願日: 2007 年 10 月 11 日
公開番号: 特開 2009-111377 公開日:2009 年 05 月 21 日
出願人: 独立行政法人理化学研究所
発明者: 宮崎久生, 塚越一仁, 小高隼介, 青柳克信
3. 有機トランジスタの製造方法および有機トランジスタ
出願番号 : 特願 2008-050715 出願日 : 2008 年 02 月 29 日
公開番号 : 特開 2009-212127 公開日:2009 年 09 月 17 日
出願人 : 独立行政法人理化学研究所, 大日本印刷株式会社
発明者 : 三成剛生, 加納正隆, 塚越一仁
4. グラフェン又は超薄膜グラファイトの厚さ検出方法および厚さ検出システム
出願番号 : 特願 2008-208965 出願日 : 2008 年 8 月 14 日
出願人 : 独立行政法人産業技術総合研究所
発明者 : 宮崎久生, 塚越一仁
5. グラフェン又は超薄膜グラファイトの厚さ検出方法および厚さ検出システム
出願番号 : 特願 2008-208965 出願日 : 2008 年 8 月 14 日
出願人 : 独立行政法人産業技術総合研究所
発明者 : 宮崎久生, 塚越一仁
6. 有機半導体デバイスのコンタクト作製方法及び有機半導体デバイスのコンタクト構造
出願番号 : 特願 2009-268309 出願日 : 2009 年 11 月 26 日
出願人 : NIMS
発明者 : 三成剛生, 熊谷明哉, 塚越一仁
7. 有機半導体デバイスのコンタクト構造, 有機半導体デバイス及びその作製方法
出願番号 : 特願 2010-034179 出願日 : 2010 年 2 月 19 日
出願人 : NIMS
発明者 : 三成剛生, 熊谷明哉, 塚越一仁
- 8 次元薄膜原子構造の層数決定方法および 2 次元薄膜原子構造の層数決定装置
出願番号 : 特願 2010-1445314 出願日 : 2010 年 6 月 25 日
出願人 : NEC, NIMS
発明者 : 日浦英文, 塚越一仁, 宮崎久生
9. 有機半導体薄膜形成方法
出願番号 : 特願 2010-148435 出願日 : 2010 年 6 月 30 日
出願人 : NIMS
発明者 : 劉川, 三成剛生, 塚越一仁
10. 有機半導体薄膜形成方法, 半導体素子及び有機電界効果トランジスタ
出願番号 : 特願 2011-141945 出願日 : 2011 年 06 月 27 日
出願人 : NIMS
発明者 : 劉川, 三成剛生, 塚越一仁
11. 有機半導体単結晶形成方法及び有機半導体デバイス
出願番号 : 特願 2011-197147 出願日 : 2011 年 09 月 09 日
出願人 : NIMS
発明者 : 熊谷明哉, 劉川, リユン, 三成剛生, 塚越一仁

②海外出願 (3 件)

1. Method of manufacturing organic transistor and organic transistor,
出願番号: US20090393416 出願日: 2009 年 02 月 26 日

公開番号: US2009256144 (A1) 公開日: 2009-10-15

優先権主張番号: JP20080050715 20080229

出願人: RIKEN, DNP

発明者: Takeo Minari, Masataka Kano, Kazuhito Tsukagoshi,

2, 有機半導体デバイスのコンタクト構造の作製方法及び有機半導体デバイスのコンタクト構造

出願番号: PCT/JP2010/71096 出願日: 2010-118-26

公開番号 公開日

優先権主張番号:

出願人: NIMS

発明者: Takeo Minari, Akichika Kumatani, Kazuhito Tsukagoshi

3 次元薄膜原子構造の層数決定方法および2次元薄膜原子構造の層数決定装置 (PCT)

発明者氏名: 塚越一仁/宮崎久生//日浦英文

特許出願日: 2010年6月25日

国内出願番号: 特願 2010-145314

外国整理番号: 10-W-63F

③その他の知的財産権

特記事項なし

(5)受賞・報道等

①受賞

(H18 3件)

1. 丸文学術賞 (財団法人丸文研究交流財団 平成18年受賞)

ナノスケール制御による次世代エレクトロニクス開発と有機エレクトロニクスへの応用展開

塚越一仁

2007年3月5日.

2. 矢崎科学技術振興記念財団 矢崎学術賞(功績賞)

有機 FET デバイスによる強相関エレクトロニクスの基礎研究

岩佐義宏、2007年3月8日

3. 文部科学大臣若手科学者賞

ナノカーボンエレクトロニクス創成と展開の研究

塚越一仁

2007年4月17日.

(H19 0件)

(H20 4件)

1. 第7回船井情報科学奨励賞『カーボンナノチューブおよび有機材料を用いたフレキシブルエレクトロニクスの研究』

竹延大志

2008年4月19日 船井情報科学振興財団

2. 2008年春季 第55回応用物理学会講演奨励賞

三成剛生、加納正隆、宮寺哲彦、王穂東、青柳克信、塚越一仁

「溶液から自己形成する有機トランジスタ」

3. 34th International Conference on Micro and Nano Engineering 2008, (34th International Conference on Micro and Nano Engineering 2008, Athenes, Sep.18, 2008.).

T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, S.D.Wang, K.Tsukagoshi,

Direct self-assembly of organic semiconductors for the thin-film transistors

MNE Best Poster Award,

4. 4th International Meeting on Molecular Electronics Poster Award

T.Minari, M.Kano, T.Miyadera, K.Tsukagoshi

“Selective molecular assembly for solution-based fabrication of organic field-effect transistors”

Grenoble, France, Dec.8-12, 2008

(H21 0件)

(H22 6件)

1. 第4回(2010年) 日本物理学会若手奨励賞 領域7

有機単結晶を用いた両極性および発光トランジスタの実現

竹延 大志

2010年3月23日, 授賞式: 岡山大学.

2. インテリジェント・コスモス賞

カーボンナノチューブおよび有機材料を用いたフレキシブルエレクトロニクスの研究
竹延 大志

2010年5月17日, 授賞式: ホテルメトロポリタン仙台.

3. 第58回 電気科学技術奨励賞

金属/有機半導体界面の電流注入解明に基づく高性能有機トランジスタの開発
塚越一仁

2010年11月24日, 授賞式: 学士会館.

4. 2011年春季 第58回応用物理学会講演奨励賞

連結厚さ変調ゲートによる2層グラフェンpn接合
宮崎久生, 黎松林, 日浦英文, 塚越一仁, 神田晶申

5. ISIMS-2011 Best Poster Award

Fabrication of ballistic graphene Josephson junctions and its transport measurement

Hikari Tomori

March 10, 2011

6. 筑波大学大学院数理工学物質科学研究科研究科長賞(優秀論文賞)

友利ひかり

2011年3月25日

(H23 0件)

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 先端研究「離陸間近 フレキシブルディスプレイ」

2006年6月20日(火) 日経産業新聞 朝刊 10面 「巻物状テレビに 壁一面おおう大画面化も」

2. グラフェン論理回

2010年6月24日(火) 日刊工業新聞 朝刊 18面 「グラフェン使うIC 基本要素の動作検証」

2010年6月24日(火) 日経産業新聞 朝刊 12面 「グラフェンで論理回路 調微細加工に応用へ」

2010年6月24日(火) 化学工業日報 朝刊 5面 「グラフェンで電子回路試作 電圧ゲイン150倍」

3. バンドギャップ特性解明 グラフェン電子素子の開発に道

2010年9月14日(火) 日刊工業新聞 朝刊 27面

4. 炭素シート「グラフェン」応用研究、日本でも加速

2010年10月11日(月) 日本経済新聞朝刊 「バンドギャップ特性解明 電子素子の開発に道」

5. 溶液を垂らして蒸気に曝すだけで世界最高移動度有機結晶トランジスタを作製

2010年11月30日(火) 日刊工業新聞朝刊 「有機トランジスタ 高性能低コストで」

2010年11月30日(火) 安全安心産業NEWS (WEBオンラインニュース)「溶液から高移動度有機トランジスタ」

2010年12月01日(水) 日経産業新聞朝刊 32面 「溶液から有機トランジスタ 最高の速度性能実現」

2010年12月17日(金) 科学新聞 4面 「溶液から有機結晶トランジスタ」

6. 有機材料、相次ぎ実用化へ

2011年1月24日(月) 日本経済新聞 朝刊 11面

日経エレクトロニクス グラフェン特集(2010年12月)にて、研究紹介。

7. LSIの素子 印刷で作製

2011年10月10日 13面 日本経済新聞朝刊

8. カーボンナノチューブ 電気3倍流れやすく

2011年10月4日 9面 日経産業新聞

③その他

キャリアパス: アカデミック系ポジションを獲得したポストドク研究員(H23年度中予定を含む)=8人
(三成、宮寺、王、陸、熊谷、嘉治、後藤、李响)

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- AIST 横山ファーストプロジェクトに対して、グラフェン素子作製に関する研究協力中。さらに、

委託研究にて、材料特性の成膜法に依存した特性の評価法の開発を推進中。

- ・ 科研費基盤 A に採択され、現在実施中 課題名「電界誘起バンドギャップによるグラフェン原子薄膜高速トランジスタ」(H21～24)
- ・ 「ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成領域」の筑波大寺西グループの学生を受入れ、有機トランジスタ作製技術と評価法を教与し、研究協力。
- ・ 「ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成領域」の AIST 片浦グループの研究者に対して、表面改変溶液素子作製法の技術と評価法を供与し、研究協力。
- ・ JSPS 短期研究者受入制度にて、University of college London の学生インターンを受入れ、有機トランジスタ作製技術と評価法を供与し、共同研究を推進中。
- ・ Southernmpton 大学 Mizuta グループ研究者を受入れ、グラフェン素子作製法を供与。

②社会還元的な展開活動

- ・ 本研究成果を元に、JST 研究開発戦略センター主催「分子技術」にて、現状分析と未来発展の可能性の議論に協力。
- ・ 財団法人 化学技術戦略推進機構主催の次世代化学材料開発に関する委員会に招聘され、技術分析と評価に協力。
- ・ 経済産業省技術戦略マップ 2010 年改訂に関して、現状の分析と未来展開を分析を行い、資料提供。
- ・ 本研究成果をインターネット(URL: http://www.nims.go.jp/pi-ele_g/) で公開し、一般に情報提供している。

§ 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2007 年 2 月 14 日	第 20 回(独)理化学研究所と産業界の交流会	理化学研究所	約 250 人	ナノデバイスの作製に関して微細加工技術の紹介を行った。
2007 年 4 月 21 日	理化学研究所一般公開	理化学研究所	約 6500 人	ナノスケール物質と特性に関して、一般の方へ紹介。
・2008 年 2 月 13 日	理研と産業界との交流会	理化学研究所	約 250 人	電子素子を低温パターンニングにて効率よく一括で作製する技術に関して紹介した。
・2009 年 2 月 18-20 日	nanotech2009 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(富士通サイト)	東京ビックサイト	100 人	ナノカーボンエレクトロニクス(フラーレン、ナノチューブ、グラフェンによるナノエレクトロニクス) に関する研究紹介を行った。
2009 年 2 月 18-20 日	国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(JST サイト)	東京ビックサイト	200 人	有機フレキシブル電子デバイスの自己形成法について説明。(界面制御による自己形成によって有機トランジスタを作り出す)
2010 年 2 月 17-19 日	nanotech2010 国際ナノテクノロジー総合展・技	東京ビックサイト	約 46000 人	独自開発の有機トランジスタの自己組織化による形成法

	術会議			と形成した素子の特性に関して紹介した。
2011年10月26日	第11回NIMSフォーラム	東京国際フォーラム	約800人	グラフェン原子膜電子素子に関して先端研究を紹介。
2011年2月16-18日	nanotech2011 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	東京ビックサイト	約46000人	有機トランジスタ研究の最先端開発状況に関して紹介した。
2011年2月15-17日	nanotech2012 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	東京ビックサイト	約50000人	塗布法にて結晶チャンネルを有する有機トランジスタを高効率で作製し、高い特性を得るための独自技術研究に関して紹介した。

§7 結び

・本研究では「金電極に換わる電極材の追求」ならびに「特性向上を実現する塗布プロセス」が主な成果であるが、これらは学術的未解課題の探求だけが目的ではなく、出発点として有機トランジスタを開発しているメーカーとの議論に端を発し、開発リクエストを踏まえて設定したテーマであった。有機トランジスタを有効に使うアプリケーションは、大きなサイズの表示素子のためのバックプレーンであり、サイズの大きなバックプレーンの製造には大量の貴金属が必要となり、製造コストならびに貴金属材料の供給問題などを考えると、避けなければならない。今回の電流注入特性の解析に基づいて見出された“空気に暴露された銅電極での高特性”は、有機トランジスタを用いたアプリケーションの実現に製造コストと貴金属使用抑制の両面において、大きな提案となる。実際に、銅電極であれば、メッキ法にて容易に形成出来る。また、純粋な銅ではなく、空気暴露によって表面に酸化膜が出来ることでトランジスタ特性が向上することは、酸素接触にて特性変化の懸念があった有機トランジスタの製造法に対して、プロセスの管理マージンを広げる事になり、デバイスの低コスト化に繋がる。本研究は、これら3つのメリットを、電流注入の詳細研究から電極界面に関して、提示することが出来た。

・トラップ制御の追求から、界面トラップフリーの結晶トランジスタを溶液法で作製する方法を開発した。本方法は、インクジェット法を含む従来の印刷法の“低スループット”の問題を解決する方法であり、UV照射装置だけあれば、基板上に有機結晶列を作り上げる事が出来る。本研究での進展によって、“塗布トランジスタ～低移動度”および“有機結晶列を基板上に直接形成することは困難”という従来概念を払拭することが出来た。これらにて得られた結果は、複数のメーカーから技術提供の依頼があり、既に技術移転した。現在、メーカーにて、プロセス適応性を中心として検討して頂いている。

・本研究成果に関して、国内国外から計182回の招待講演の機会を頂いた。これは該当分野でのテーマ設定の的確さと、開発方向の独自性や開発点の高さを評価頂いていた事を示していると確信している。

・応用物理に主眼を置いた研究を進め96報(査読中10報を除く)の論文を発表した。Nature/Scienceの報告は無かったが、関連専門誌 Applied Physics Letters(28報)/Applied Physics Express(8報)を中心として発表を行い、有機トランジスタのデバイス物性の分野を牽引した。

・本研究プロジェクト推進に関連して得られた技術は、技術移転を希望するグループに対して提供している(2011年7月までの実績:大学(3グループ)・研究機関(2機関)・メーカー(6社))。これによって研究が更に拡がり、次の展開としての様々なリクエストを頂くことができ、新たな研究を広げていく予定である。

・本研究はポスドク研究員が重要な役割を成した。未解現象の解明とプロセス技術確立を目指し、モデル構築と実験確認を繰り返すすめた。本研究に拘わった多数の研究員が、次々にアカデミックポジションの獲得に成功した(プロジェクト終了時までの予定:8人)。転出後も、共同研究や議

論を続けている。

・研究推進中に、塚越グループは理研から産総研、さらに NIMS へ移転した。また、岩佐グループは東北大学から東京大学/早稲田大学へと展開した。これらの移転に際しては、装置移転の最中に論文や特許作成となるように綿密に計画し準備を行い、研究推進の時間損失を最小化した。異なる機関への移行によって、議論できる研究環境が拡がり、様々なアイデアを頂く機会が増え、結果としてポジティブな進展となった。

・2011年3月11日の大震災にて、筑波地区も多大なダメージを被った。多数の装置が壊れ、外国人研究員は国外待機し、研究空白となった。しかし、その後の集中的な研究復興と、研究空白を取り戻そうとの強い意識によって、むしろ研究が加速している。待避中においてもメールにて議論を続け、データ解析や論文執筆を促したことなどが有効であったと思われる。さらに、研究出来なかった期間を取り戻そうとの意識掲揚が研究集中を高めている。