

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「プロセスインテグレーションによる  
機能発現ナノシステムの創製」  
研究課題「大面積ナノシステムのインタフェース応用」

## 研究終了報告書

研究期間 平成21年11月～平成24年3月

研究代表者: 染谷隆夫  
(東京大学大学院工学系研究科  
電気系工学専攻、教授)

## §1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

本研究では、自己組織化ナノ材料の持つ高性能、高機能性を独自のナノ印刷プロセスを通して、メートル寸法の大面积に展開し、次世代ヒューマンマシンインタフェースとしての期待が高まっている大面积ナノシステムの基盤技術を構築することを目的とする。

本研究の技術課題は、人間の内面に迫るセンシング技術の実現に必要な革新的な新機能の創出、また、大面积化や高精細化に伴い、素子の速度や消費電力を現在より桁違いに向上させるための技術革新である。本研究では、優れた電氣的・機械的機能を有する自己組織化ナノ材料をプラスチックフィルム上に高度に制御し、ナノ印刷プロセスにより大面积展開した後も機能を保持することで、この技術課題を克服し、高性能かつ新機能を有する究極の大面积ナノシステムを実現することに成功した。

機能分子のみで見られてきた「ナノ機能」をどうやって大面积電子デバイスへ機能を保ちながら応用展開するか。筆者は、人工表皮の研究を進める中で、印刷と自己組織化を組み合わせることによって、大面积システムにアプローチできるという着想を得た。すなわち、分子性ナノ材料の自己組織化によってナノ寸法からマイクロン寸法(印刷の解像度)まで橋渡し、その先は印刷でメートル寸法へと展開する新コンセプトである。実際に、カーボンナノチューブゲルの自己組織化を利用して伝導性ネットワークを形成し、世界初となる伸縮自在な大面积集積回路を実現するなど、このアイデアの有用性を実証しつつある。

こうした経緯を元に、大面积ナノシステムのインタフェース応用を目指し、ナノ材料からシステム技術という広範なエレクトロニクス技術を統合した新しいデバイス研究開発を進めた。初年度(平成21年度)より、以下に示す三つの要素技術に関する研究に取り組み、ナノシステムの礎を築いてきた。

### 自己組織化ナノ機能

自己組織化単分子膜を用いた低電圧駆動有機トランジスタおよび機械的特性と電氣的特性を兼ね備えた有機トランジスタ集積回路の作製に成功し、ウルトラフレキシブルエレクトロニクスという新しい概念を構築した。より具体的には基盤技術となる自己組織化膜の形成プロセスの開拓を行ってきた。自己組織化膜を形成する前処理プロセスとして酸素プラズマを用いるが、このプラズマ条件が自己組織化膜の均一性、絶縁性に大きな影響を与えることが先行研究より分かっていた。初年度に、高真空プラズマ装置を導入することで、真空度、プラズマパワー、ガス流量をパラメータとして、有機半導体、絶縁体に及ぼす影響を詳細に調べ、有機トランジスタの高性能化への道筋をつけた。H22年度は、ナノレベルの構造体を高精度に評価する技術を確立してきた。上記、プロセスの最適化および構造評価技術を基盤として作製したトランジスタが移動度  $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、オン/オフ比  $10^6$  を示し、2Vで駆動する優れた有機トランジスタを実現することができた。更に、これを用いた低電圧駆動できる高性能有機 SRAM を実現できた。自己組織化現象を利用することで高い電氣的特性と高い機械的特性を同時に実現。特に、基板のプラスチックフィルムに前駆体を利用し平坦化を計ることで、曲率半径が  $0.1\text{-}0.3\text{mm}$  と極めて曲げに強い有機 CMOS 集積回路を実現し、まったく新しいエレクトロニクスの姿を示した。一連の成果は、材料分野で世

界的に権威のある Nature Materials 誌の Article および表紙に取り上げられ話題を呼んだ。

## ナノ印刷プロセス

初年度に、アトリットルインクジェットを用いて有機半導体上に数ミクロンの微細電極を形成して、電流-電圧特性を詳細に調べた。これにより、自己組織化単分子膜を透過してくるトンネル電流を評価し、メモリ性能との相関を明らかにすることができた。特に、インクの選定に重点を置き取り組むことで、インク吐出電圧を精度よく制御することができ、有機半導体上に 1-2 ミクロンの電極を安定して描画できる基盤技術を整えることができた。平成 22 年度は、アトリットルインクジェット技術を用いてトランジスタを用いた基本集積回路である発振機(リングオシレータ)を作製したところ、40Vの駆動電圧に対して 2.26kHz と非常に速い周波数応答を持つトランジスタ回路を実現した。更にゲート絶縁膜に自己組織化単分子膜を用いることで、2Vまでの低電圧化を実現し、低電圧駆動としては世界最高速の 43kHz を実現し有機トランジスタ回路の新しい応用を示すことができた。本年度は、このアトリットルインクジェットを用いて電極の更なる微細化を行い、インク吐出量や電圧を制御することで、有機・金属界面の特性の改善を行ってきた。さらに、大面積デバイスの作製が可能ナノ印刷を導入し、高導電率、高伸縮率といった特殊な機能を有するナノ材料のパターニングおよびインクプロセス条件を最適化し、大面積デバイスへの礎を築いた。

## 大面積ナノシステムの試作と実証実験

自己組織化ナノ材料を用いた有機トランジスタの有用性を実証する目的として、具体的な機能を有する大面積ナノシステムを試作し、動作実証を行った。この研究期間中に、点字ディスプレイ、ディスプレイ用途の特性バラツキ補償回路、印刷機で自由にカスタマイズできる論理システム、足ふみ発電型エネルギーハーベストシステムを実現してきた。

特筆すべきは、フローティングゲート付き有機トランジスタ (FG-OTFT) を駆動回路に用いた AMOLED ピクセル回路について提案し、その動作を初めて実証した点である。有機材料は分子構造などの自由度から外因的な影響を受けやすく結果的に電気的特性において大きなばらつきが見られており、有機エレクトロニクスの実用化において大きな障害となってきた。本研究プロジェクトでは、この有機材料に特有でかつ本質的な課題である特性バラツキについて、電気的なフィードバックにて FG-OTFT の VTH を調整し、有機トランジスタのばらつきと OLED の発光効率の低下を補正する方策を世界で初めて提案し、有用性を実証した。毎フレーム VTH を電圧プログラミング又は電流プログラミングする必要がある方式とは異なり、調整された FG-OTFT の VTH は数十時間の保持が可能で、そのリテンション時間以内であれば更なる VTH 調整は不要である。従来手法より以下の利点を有する 1) 毎フレームの VTH 補正削減で低消費電力、2) トランジスタばらつきと OLED の発光効率低下を補正可能、3) 少ない部品点数(トランジスタ 3 個、キャパシタ 1 個)で構成され、開口部(ピクセル当たりの画素面積)を高率化。本研究では、厚さ 13  $\mu\text{m}$  のプラスチックフィルム上に AMOLED ピクセル回路を形成し、有機トランジスタの駆動電流ばらつきと OLED の発光効率の低下を補正するために、フローティングゲート付き有機トランジスタを用いた回路の動作を初めて実証した。FG-OTFT を用いたピクセル回路の写真を示す。FG-OTFT に高電圧パルスを印加してしきい値(VTH)をプログラミングすることにより、空間的ばらつきを 14% から 5% 以下に低減できた。リフレッシュレート 120Hz の XGA ディスプレイにおいて、既存の電圧プログラミング方式と比較し消費電力を 85% 削減しうることを示した。

エネルギーハーベスティングは、環境エネルギーを電気エネルギーに変換してワイヤレスセンサノード

や携帯機器に電力供給することを可能にする。フレキシブルな太陽電池やピエゾ圧電フィルムと制御回路を用いことで、フレキシブルな大面積エレクトロニクスへの給電を目指す。その実現の第一歩として、ピエゾ圧電素子と2V有機トランジスタ回路を用いた靴底内蔵型万歩計を提案した。

## (2) 顕著な成果

1. Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takao Someya, “Flexible organic transistors and circuits with extreme bending stability”, *Nature Materials* 9, 1015-1022 (2010), doi: 10.1038/nmat2896.

概要：自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いることで、10 ミクロン薄膜プラスチックフィルム上に機械的特性と電気的特性に優れた有機トランジスタおよび集積回路の作製に成功した。曲率半径 50 ミクロンまで折り曲げても高い移動度  $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$  を維持することを確認した。

2. Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Yu Kato, Kazunori Kuribara, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, and Takao Someya, “Low-voltage organic transistor with subfemtoliter inkjet source-drain contacts”, *MRS Communications*, Vol.1 pp.3-6, June 2011(2011).

概要：サブフェムトリッターインクジェット装置を用いた微細なソース・ドレイン電極を有する有機トランジスタの特性評価について報告した。作製した集積回路は相互インダクタンス  $0.76\text{ S/m}$  に成功し、焼結処理が  $90^\circ\text{C}$  まで低温で可能なので、有機半導体へダメージがないことが確かめられた。

3. (ORAL) Tsung-Ching Huang, Koichi Ishida, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, “A Floating-Gate-OTFT-driven AM-OLED Pixel Circuit for Variation and Degradation Compensation in Large-Size Flexible Displays”, *The Society of Information Display (SID)*, Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California USA, May 15, 2011.

概要：大面積フレキシブルディスプレイ向けフローティングゲート構造をもつ有機トランジスタを駆動回路に用いた有機 LED ピクセル回路のばらつき補正回路。リフレッシュレート 120Hz の XGA デ스플레이において、既存の電圧プログラミング方式と比較し消費電力を 85%削減しうることを示した。

## § 2. 研究構想

### (1) 当初の研究構想

本研究では、分子本来が持つ優れた電氣的・機械的性能を活用して、人と等身大の大面積ユーザインタフェース（入出力デバイス。以下、単にインタフェース）を実現することを目的としている。この目的を達成するため、まず、分子の自己組織化と印刷プロセスの制御性を究極まで高めることによって、ナノ機能をメートル寸法の大面積システムに応用する新手法——ナノ印刷——を確立する。このナノ印刷を駆使して、プラスチックやゴムのシート上に多様なナノ機能を集積化した大面積ナノシステムを実現する。モノの表面をこのシートで包み込んで電子化することによって、環境に溶け込み人間を支援するインタフェースとしての有用性を実証する。

さらに、CREST「ナノシステム創製」の他のチームと連携し、他チームが取り組むナノ機能——例えば、エネルギーやバイオ関係の新ナノ機能——を大面積システムに応用する（H20年度に採択された複数の研究代表者がこの計画に同意している）。大面積ナノシステムを出口として、研究領域のチーム相互のシナジー効果を上げ、単独チームでは実現し得ない多様かつ高性能なナノ機能を大面積ナノシステムに集積化し、次世代のインタフェースの応用範囲を拡大する。

本研究では、材料・物性、デバイス、回路設計をバックグラウンドとした研究者で構成される垂直統合型の研究チームを編成し、大きく三つに分類した課題を中心に研究を遂行し、大面積ナノシステムの有用性を実証した。

**《課題1》自己組織化ナノ機能——SAMの制御性と機能性を極限まで高め、メートル寸法の大面積システムに活用できるナノ機能の開拓と高性能有機デバイスの創出**

#### **【生体模倣——自己組織化は生体に学ぶ】**

生体が高度な配向性を巧みに利用しているように、分子がきれいに配向すれば小さな外的要因で大きな動きが出せるはずである。生体における能動的な動きは、分子と分子が協同して制御している。このダイナミックな協同性を人工物のシステムで実現するには、四半世紀の経を要するであろう。そこへの足掛かりとして、本研究では、プログラムされた有機トランジスタ集積回路によって、局所的かつダイナミックにこの自己組織化膜の動きを制御し、従来とは比較にならない超高効率かつ超高出力の自己組織化アクチュエータを実現する。

**【自己組織化ヘテロ構造】** 分子の持つ回転運動、優れた光学特性など多様な機能をSAMに誘導して、新しい動作原理のデバイスを実現する。例えば、分子の配向角度を電界で制御できるSAMをゲート絶縁膜に応用してみる。すると、SAMを介したトンネル電流をダイナミックに制御できるので、画期的にリーク電流を低減した超低消費電力のトランジスタが実現できる（図1）。次に、このSAMを二段に重ねて、自己組織化ヘテロ構造とも呼ぶべき多層構造を作製する。この構造（図1右図）で、ホットエレクトロンではなく分子運動によってフローティングゲートの蓄積電荷を制御し、超低消費電力の分子性フラッシュメモリを実現する。同様に、光や磁界応答性をSAMに導入し、大面積システムへ応用可能な新ナノ機能を実現する。

**《課題2》ナノ印刷と有機デバイスの高性能化——新ナノ機能をメートル寸法の大面積システムに応用するための印刷プロセス技術（ナノ印刷）の開発**

#### **【自己組織性インク】**

ナノ機能が自己組織的に発現するインク（自己組織性ナノインク）を作ることができれば、ナノ機能を印刷でメートル寸法まで応用することができる。本提案では、このように自己組織化と印刷を融合し、ナノ機能を大面積システムに応用するための印刷プロセス技術——ナノ印刷——を実現する。この目的を達成するため、ナノネットワーク型とナノカプセル型の2種類のインクを中心に取り組む。

#### **【ナノ印刷による界面制御】**

サブミクロン解像度の印刷機が市販されたが、印刷デバイスは順調に開発が進まないのはなぜか。現状の印刷は、電子機能性インクの「造形」ができるようになった段階に過ぎず、実は印刷で「機能」を発現するのは未だに容易ではないのだ。さらに、デバイス性能はバルク特性よりも界面現象に支配されるため、印刷での制御はさらに困難である。では、どうすれば印刷で界面を自在に制御できるのか。ブレークスルーをもたらすのは、印刷の高解像度化ではなく、乾燥プロセスの制御性の向上であると筆者は考える。本研究では、光・熱・マイクロ波照射や表面改質によって局所的に乾燥を制御し、自己組織性インクの凝縮・結晶化を自由に操る。このような究極の乾燥技術を駆使して、自己組織化界面を制御して、新しいナノ機能デバイスを実現する。

### 《課題3》大面積ナノシステムの創製——大面積ナノシステムの試作と実証実験

#### 【大面積ナノシステムの試作】

課題1と課題2の技術を結集し、大面積ナノシステムを試作する。特に、分子の持つ機械特性、電気特性、光学特性を融合した新ナノ機能を、シート型マシン、伸縮性集積回路、大面積メタマテリアルシートに応用する。

シート型マシンの例として、自己組織化アクチュエータと有機トランジスタを集積化することによって、従来は不可能であった紙と同じ反射率でカラーを表示できる電子ペーパーを目標とした。(右図1参照)。

#### 【次世代インタフェース】

モノの表面をこのシートで包み込んで電子化することによって、環境に溶け込み人間を支援するインタフェースとしての有用性を実証する。この際、CREST「ナノシステム創製」の他チームと連携し、他チームが実現するナノ機能——例えば、エネルギーやバイオ関係の新ナノ機能——を大面積ナノシステムに応用する。これらの研究を通して、研究領域全体としてのシナジー効果を上げると同時に、ナノ印刷と大面積ナノシステムの有用性を実証することを最終目標とした。

#### (2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

ディスプレイや太陽電池など、フレキシブルなエレクトロニクスが商品化に向けて精力的に研究開発されている。デバイスの限界折り曲げ半径が小さいと、繰り返しの折り曲げにも強くなり、耐久性は飛躍的に増す。さらに、ハンカチのように折りたたみ可能なディスプレイが登場するなど、さまざまな用途に応用できるであろう。

また、近年、世界的な少子高齢化社会を向かえ、医療、ヘルスケアなどを支えるライフサイエンスへの期待が高まっている。柔らかい集積回路は、生体との整合性が良いため、皮膚の上から生体情報を取り出すウェアラブルエレクトロニクスへの応用や、体の中に埋め込みより直接的に生体情報を取り出すインプラントブルエレクトロニクスへの応用も可能になるであろう。このようなライフデバイス応用には、柔らかさに加えて、大面積で、かつ電気的特性にも優れている必要がある。本研究成果は、このような社会環境においても極めて重要な基幹技術であると考えられる。

大きな計画変更はないが、上記の社会的ニーズに応え得る、ウルトラフレキシブルという新概念を打ち出した。

#### シート型マシン (カラー電子ペーパー)



#### 大面積メタマテリアルシート

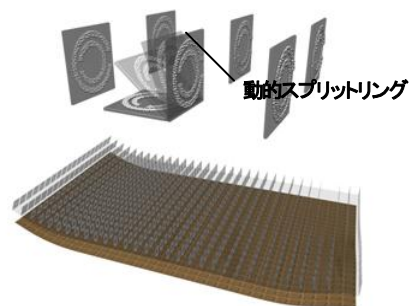


図1 新ナノ機能を応用して実現されるシート型の  
大面積システム。シート型マシンの例として、  
紙と同じ反射率でカラーを表示できる電子  
ペーパー(上図)を示した。大面積メタマテ  
リアルシート(下図)では、負の屈折率分布をダイ  
ナミックに制御して、大面積テラヘルツ・光  
学素子を実現する。

### §3 研究実施体制

#### (1) 本郷グループ

##### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
染谷 隆夫	東京大学工学系研究科	教授	H21.11～H24.3
関谷 毅	同上	准教授	H21.11～H24.3
野口 儀晃	同上		H21.11～H22.3
福田 憲二郎	同上		H21.11～H23.3
横田 知之	同上	D2	H21.11～H24.3
内山 直哉	同上		H21.11～H22.3
中川 隆	同上		H21.11～H23.3
栗原 一徳	同上	M2	H21.11～H24.3
平田 郁恵	同上	M2	H22.4～H24.3
加藤 裕	同上	M2	H22.4～H24.3
小田 正明	同上	研究支援(謝金扱い)	H22.4～H24.3
徳原 健富	同上	M1	H23.6～H24.3
松岡 一代	同上	技術補佐員	H22.4～H24.3
田代 陽子	同上	技術補佐員	H22.10～H24.3
Yiyang Zhao	同上	特任研究員	H22.9～H24.3

##### ② 研究項目

- ・大面積デバイス技術の開発
- ・大面積ナノシステムの製造

#### (2) 駒場グループ

##### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
桜井 貴康	東京大学生産技術研究所	教授	H21.11～H24.3
高宮 真	同上	准教授	H21.11～H24.3
石田 光一	同上	助教	H21.11～H24.3
増永 直樹	同上		H21.11～H22.3
高橋 亮	同上	D1	H21.11～H24.3
Jim Huang	同上	特任研究員	H21.11～H24.3
添野 あづみ	同上	技術補佐員	H21.11～H24.3
本田 健太郎	同上	M2	H22.4～H24.3

##### ② 研究項目

- ・大面積集積回路設計、システム構築

## § 4 研究実施内容及び成果

### 4.1 「染谷隆夫」グループ(東京大学工学系研究科、教授)(研究代表者)のみで実施した研究

研究項目:大面積デバイス技術の開発

#### (1)研究実施内容及び成果

本郷グループでは研究項目別に以下の3課題に取り組んできた。

##### <研究項目1>

最適化された自己組織化ナノ構造の成膜プロセスを用いて、低電圧駆動高性能有機トランジスタ、機械的特性と電気的特性を兼ね備えた有機トランジスタ集積回路の作製技術の確立と評価手法の構築を行った。精緻に配向された自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いることで、曲率半径50ミクロンまで折り曲げても電気的特性を維持できる有機トランジスタおよび集積回路の作製に成功した。

##### <研究項目2>

世界最小液滴を吐出可能なアトリットルインクジェットを用いることで有機デバイスのナノ印刷を実施し、トランジスタのソース・ドレイン電極の微細化を行う。微小液滴印刷によりインクに含まれる有機溶剤の影響を最小限にすることで、有機トランジスタで世界最高のトランスコンダクタンスを実現した。伸縮性導体に関しては、金属ナノワイヤーと相溶するゴム、イオン液体の選定を行い、導電率100S/cmを実現した。さらに印刷のみならず、蒸着法により数ミクロンレベルの微細電極を作製し、有機デバイスの究極的な電気性能を引き出すことに成功した。具体的には、移動度の低いN型有機半導体を用いることなく、移動度の高いP型有機半導体のみで高ゲインのインバータ回路(擬CMOS)回路を世界に先駆けて実現した。これにより、2V駆動可能な有機トランジスタとして世界最高の応答周波数43kHzを実現した。

##### <研究項目3>

上記に示す自己組織化ナノ材料、プロセス、回路を統合し、大面積ナノシステムの創製を行った。

それぞれにおける成果を下記の通り示す。

##### <研究項目1>:

#### 自己組織化ナノ材料を用いた有機デバイスの作製とウルトラフレキシブル集積回路への応用

自己組織化ナノ機能の研究項目については、自己組織化単分子膜を用いた低電圧駆動有機トランジスタおよび有機メモリの作製技術の確立と素子構造の最適化を行ってきた。特に、自己組織化膜を形成する前処理プロセスとして酸素プラズマを用いるが、このプラズマ条件が自己組織化膜の均一性、絶縁性に大きな影響を与えることが先行研究より分かっていた。H21年度に、高真空プラズマ装置を導入することで、真空度、プラズマパワー、ガス流量をパラメータとして、有機半導体、絶縁体に及ぼす影響を詳細に調べ、有機トランジスタの高性能化への道筋をつけた。H22年度は、ナノレベルの構造体を高精度に評価する技術を確立してきた。上記、プロセスの最適化および構造評価技術を基盤として作製したトランジスタが移動度 $1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、オン/オフ比 $10^6$ を示し、2Vで駆動する優れた有機トランジスタを実現することができた(図1-1)。薄いプラスチック膜上に2~3nm厚の有機ナノ材



料を精緻に製膜することに世界で初めて実現した (図 1-2)。更に、これを用いた低電圧駆動できる高性能有機 SRAM を実現できた。電気的特性のみならず、機械的特性においてもブレイクスルーを達成した。特に、基板のプラスチックフィルムに前駆体を利用し平坦化を計ることで、曲率半径が 0.1-0.3mm と極めて曲げに強い有機 CMOS 集積回路を実現し、まったく新しいエレクトロニクスの姿を示した (図 1-3、1-4)。一連の成果は、材料分野で世界的に権威のある Nature Materials 誌の Article および表紙に取り上げられ話題を呼んだ。H23 年度は、最適化された自己組織化ナノ構造の成膜プロセスを用いて、低電圧駆動高性能有機トランジスタ、有機メモリの作製技術の確立と評価手法の構築を行った。



図 1-1: 機械的特性と電気的特性を兼ね備えた有機トランジスタ集積回路。

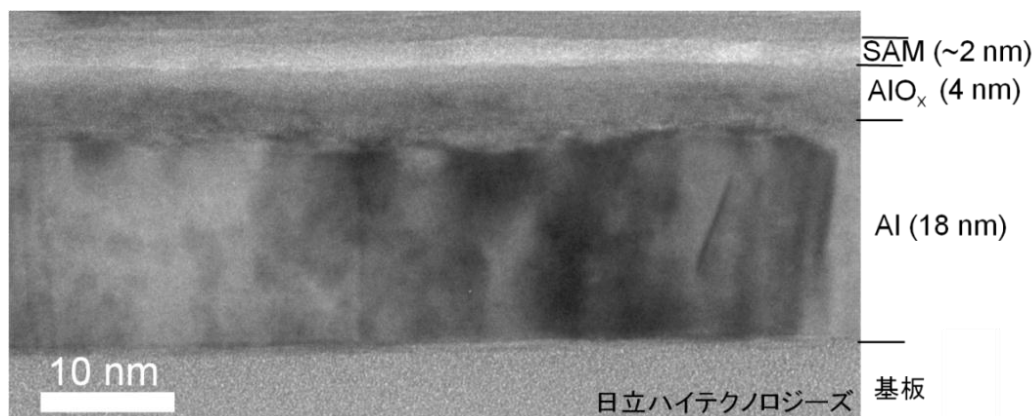


図 1-2: 作製した有機トランジスタの断面 TEM 写真。

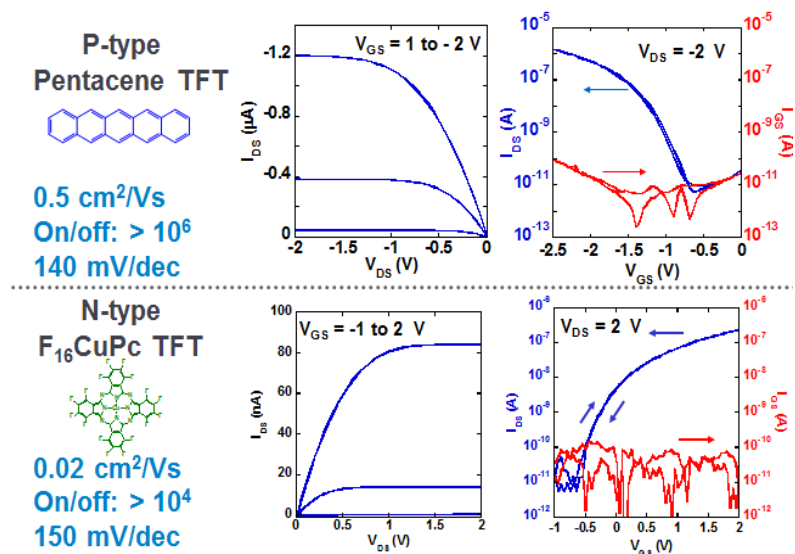


図1-3: ウルトラフレキシブル有機トランジスタの電気的特性。

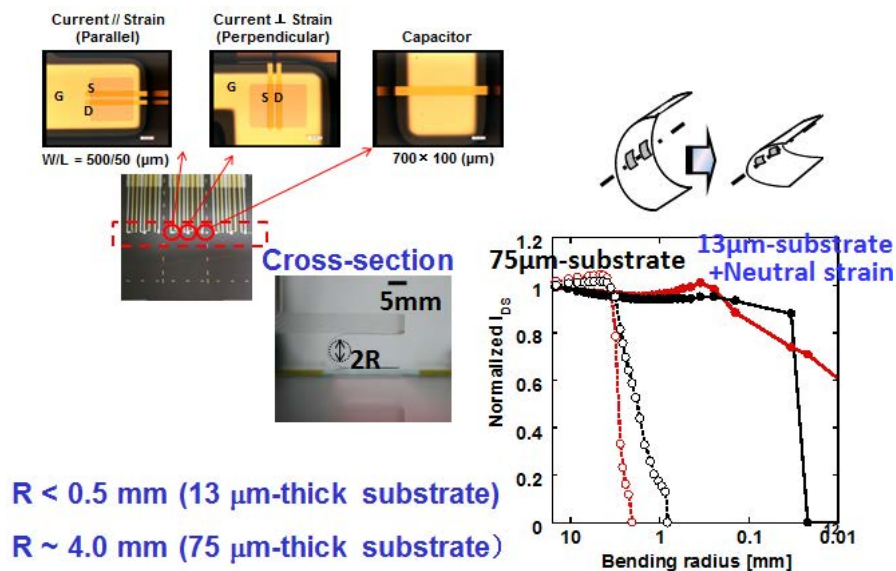


図1-4: ウルトラフレキシブル有機トランジスタの折り曲げ特性。  
曲率半径50ミクロンまで折り曲げても特性の変化が見られなかった。

## 〈研究項目2〉: ナノ印刷と有機トランジスタの微細化・高性能化に関する研究

初年度に、アトリットルインクジェットを用いて有機半導体上に数ミクロンの微細電極を形成して、電流-電圧特性を詳細に調べた。これにより、自己組織化単分子膜を透過してくるトンネル電流を評価し、メモリ性能との相関を明らかにすることができた。特に、インクの選定に重点を置き取り組むことで、インク吐出電圧を精度よく制御することができ、有機半導体上に1-2ミクロンの電極を安定して描画できる基盤技術を整えることができた。H22年度は、アトリットルインクジェット技術を用いてトランジスタを用いた基本集積回路である発振機（リングオシレータ）を作製したところ、40Vの駆動電圧に対して2.26kHzと非常に速い周波数応答を持つトランジスタ回路を実現した。更にゲート

絶縁膜に自己組織化単分子膜を用いることで、2V までの低電圧化を実現し、低電圧駆動としては世界最高速の 43kHz を実現し有機トランジスタ回路の新しい応用を示すことができた。H23 年度は、このアトリットルインクジェットを用いて電極の更なる微細化を行い、インク吐出量や電圧を制御することで、有機・金属界面の特性の改善を行ってきた。さらに、大面積デバイスの作製が可能なスクリーン印刷を導入し、高導電率、高伸縮率といった特殊な機能を有するナノ材料のパターニングおよびインクプロセス条件を最適化し、大面積デバイスへの礎を築いた。当初の数値目標を3年目で実現することが出来た。

## 研究の詳細と成果

### 1. アトリットルインクジェットを用いた有機トランジスタの微細化と高性能化の実証

サブフェムトリッターインクジェット装置を用いて有機トランジスタのソース・ドレイン電極の微細化を行った。世界最小液滴により有機半導体上に直接電極を印刷することで、有機半導体へのダメージを最小限に保つことが出来る。また、従来のインクジェット装置では、液滴の大きさが1 pL 程度と大きかったために、基板の上に液滴が着弾する際には、数十  $\mu\text{m}$  まで広がってしまった。一方で、サブフェムトリッターインクジェット装置は1 fL 以下の微細液滴を吐出することが出来、基板に着弾する際でも、1~2  $\mu\text{m}$  と非常に微細なドットを描くことが可能である (図 2-1)。そのため、本研究で作製した有機トランジスタは、最小のもので線幅が2  $\mu\text{m}$ 、チャンネル長が3  $\mu\text{m}$  と非常に微細でかつ、高い移動度を保った状態で実現できた(図 2-2)。このトランジスタを独自に開発した導電率計測装置で測定した結果、有機トランジスタとして世界最高のトランスコンダクタンス 760  $\mu\text{S}/\text{mm}$  を実現した (図 2-3)。

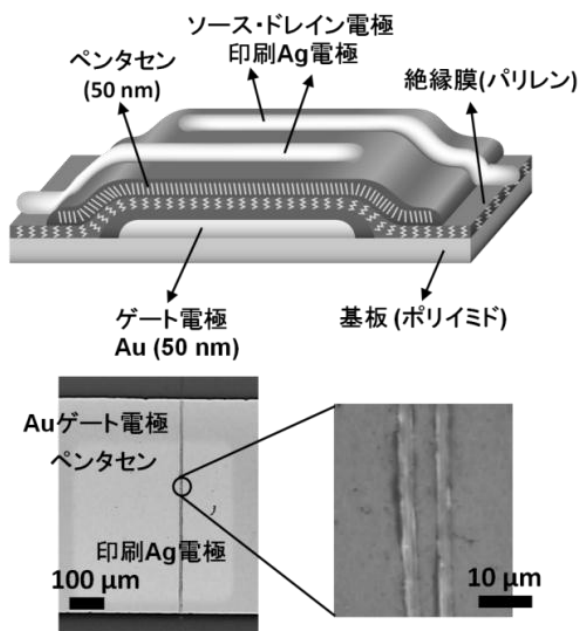


図 2-1: (上図) 有機トランジスタの構造模式図 (下図) 有機トランジスタの顕微鏡写真

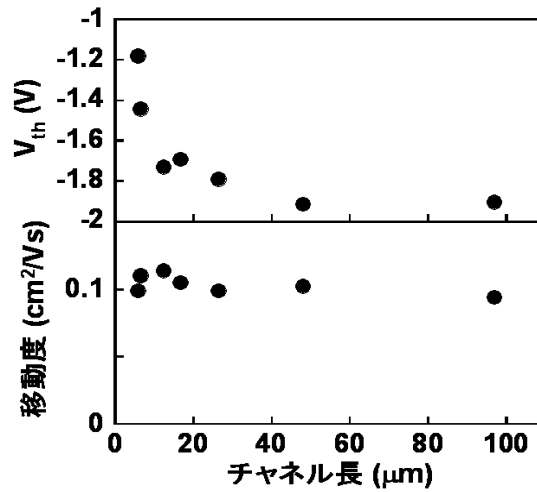


図 2-2: トランジスタの電気特性のチャンネル長依存性

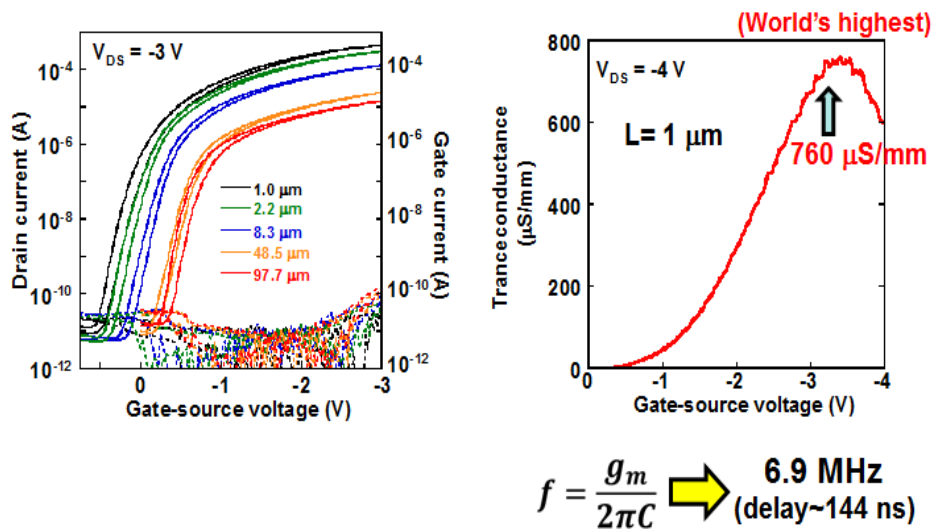


図 2-3: トランジスタの電気特性のチャンネル長依存性とトランスコンダクタンス

## 2. 低電圧駆動有機 TFT を用いた擬 CMOS 回路

SAM 絶縁膜を用いて、実際に低電圧駆動回路を作製し、SAM 絶縁膜を用いた有機トランジスタの応用可能性を検証した。新しい回路構成である擬 CMOS 回路を用いたインバータ、リングオシレータ増幅回路を作製し、それぞれの特性評価を行った。

### 擬 CMOS 回路の特徴と構造

有機 TFT の抱える問題点として、P 型半導体材料と比較した際に大気安定性・移動度双方に優れた N 型半導体材料の作製が困難である、という点が挙げられる。シリコン系無機半導体において回路構成として最も一般的に用いられているのは P 型 N 型の双方を同時に用いた CMOS 回路である(図 3-1)。しかし上記の N 型有機半導体が抱える問題から、既存の CMOS 回路技術を有機エレクトロニクス分野に直

接応することは、速度応答性の問題を考慮すると適切ではない。しかしながらP型有機半導体のみを用いるPMOS回路は、消費電力の観点、小さなゲインに起因する小さな静的雑音余韻(Static Noise Margin: SNM)の問題が存在する。これは有機半導体のみならず、酸化半導体や、カーボンナノチューブを用いた半導体分野など他のTFTにおいても共通の課題である。例えば酸化物トランジスタの場合、N型半導体材料に関してはZnOやInGaZnOなど、移動度 $10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超えるものが報告されているが[Nature 432, 488-492 (2004).]、P型に関してはほとんど報告例が存在しない。

本研究では、カリフォルニア大学サンタバーバラとの共同研究で、1種類のトランジスタだけで構成可能な擬CMOS回路により有機インバータを実現した。擬CMOS回路は以下の4つの特徴を有している。1) 単一の閾値を持つTFTのみで構成可能である。2) 作製プロセスにおけるデバイスのばらつきや、作製後における特性劣化を補うための同調性を内蔵している。3) エンハンスメント型、デプレッション型どちらのTFTに対しても応用可能である。擬CMOSインバータは用いる半導体材料のP/Nによって構造が異なり、P型、N型それぞれに2種類の回路構造がある。図3-1bおよびcにP型擬CMOS回路の回路図を示した。トランジスタの特性によりデプレッション型(図3-1b)またはエンハンスメント型(図3-1c)に分類される。通常のCMOS回路と異なり、擬CMOSインバータ回路の電源電圧には電源電圧( $V_{DD}$ )と変調用電圧( $V_{SS}$ )の二種類がある。 $V_{SS}$ を変化させることでインバータの特性を変調可能であることが、擬CMOS回路の特徴のひとつとなっている。4つあるトランジスタのW/L比の設定が特性を得るうえでは非常に重要となる。デプレッション型擬CMOSインバータのW/L比は、 $M_1$ を1としたときにその他の $M_2 : M_{1P} : M_{1N}$ それぞれが3ないし4となるように設定されている。

本研究において、 $\text{AlO}_x$ /SAMハイブリッド絶縁膜を用いることで、2V駆動する擬CMOS回路を作製し、低電圧駆動による高ゲイン、高速動作回路の作製を目標として実験を行った。SAMとしてC14-SAMおよびC18-SAMの両絶縁膜による特性の比較を行った後、半導体材料としてDNTTを用い、チャンネル長の小さいデバイスを作製し、動作高速化を目指した。基板としてはシリコンを用い、 $\text{AlO}_x$ 作製の際のアッシング条件は300 W、30 minとした。このため、作製されたTFT単体はほぼデプレッション型を示している。

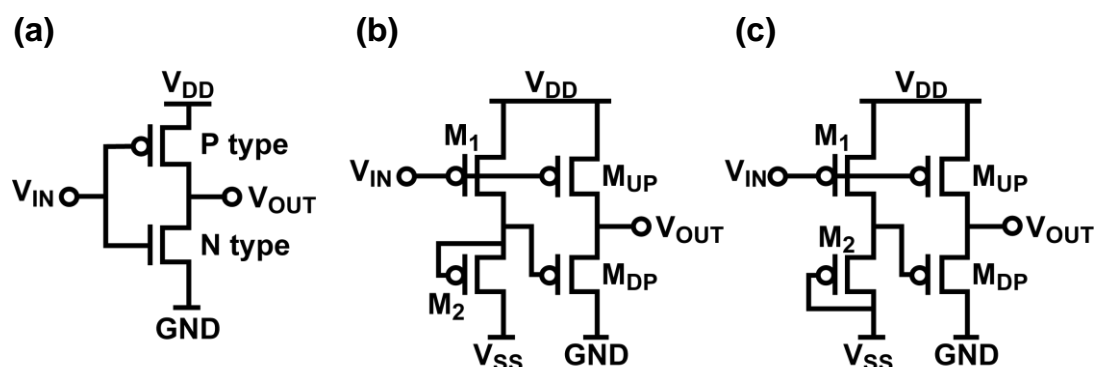


図3-1: CMOSインバータとPseudo-CMOSインバータの回路図。

(a) CMOSインバータ、(b)P型・デプレッション型擬CMOSインバータ、(c)P型・エンハンスメント型擬CMOSインバータ。

### DNTT、C14-SAMを用いた $L = 20\ \mu\text{m}$ インバータ回路

擬CMOSインバータの改善を目指して、半導体層にDNTTを用い、 $L = 20\ \mu\text{m}$ のデザインルールで作製されたマスクを用いて擬CMOSインバータ回路を作製した。基板にはシリコンとガラス板を用い、そ

それぞれの基板上に作製された擬CMOSインバータ回路を測定した。シリコン基板上に作製された擬CMOSインバータ特性の結果を図に示す。 $V_{DD}$ を2.5 Vから0.5 Vまで変化させ、それぞれの $V_{DD}$ において、 $V_{SS} = -V_{DD}$ を印加し、それぞれの出力特性を観測した。図aは入力電圧を0 Vから2 Vまで掃印させたときの出力特性、図bは入力電圧を2 Vから0 Vまで掃印させたときの出力特性を示している。 $V_{DD} = 2$  Vおよび2.5 Vの条件においてインバータのゲインは400程度を示した。また、最低駆動電圧は0.5 Vであり、その時のゲインは39であった。2 V駆動におけるインバータのゲイン400という値は、CMOS回路を用いた有機トランジスタの過去の報告例よりも高い値である[Nature, 445, 745-748 (2007).]。インバータにはヒステリシスが観測されたが、これはNドープされたシリコン/シリコン酸化膜の基板を用いていることによる寄生容量が原因であると考えられる。

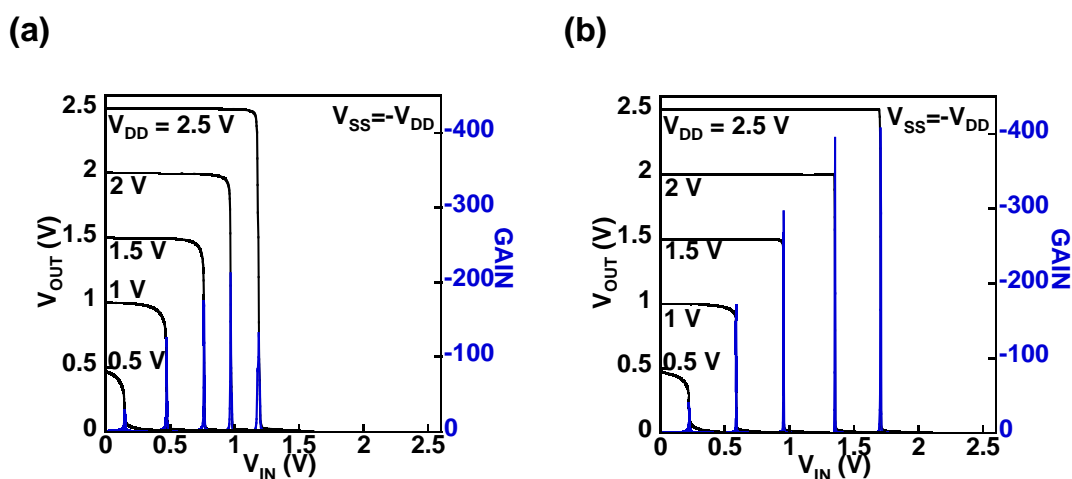


図3-2: シリコン基板上DNITを用いたPseudo CMOSのインバータ特性( $L = 20 \mu\text{m}$ )。  
 $V_{SS} = V_{DD}$ の条件で電圧を印加している。(a)行きのインバータ特性、(b)帰りのインバータ特性。

### 擬CMOS リングオシレータ

上記結果より、SAM絶縁膜を用いた有機TFTによって、低電圧駆動擬CMOS回路が動作し、良好な特性を示すことがわかった。インバータのゲインはP型のみデバイスとしては非常に高い値を示している。そこで、次にインバータを奇数個連結させたリングオシレータを作製し、擬CMOS回路の周波数応答特性の測定を行った。周波数応答は以下の式で与えられる。

$$f \approx \frac{\mu}{2\pi L(W_L + L)}(V - V_{TH}) \quad (\text{式1})$$

$W_L$ : ソース・ドレイン電極幅。

(式1)式から分かるように、チャンネル長の2乗にほぼ反比例して周波数特性は増大する。また、移動度に比例して周波数特性は増大する。またソース・ドレイン電極幅を小さくすることにより周波数特性が向上する。以上のことから、ソース・ドレイン電極の微細化・短チャンネル化が周波数特性向上には非常に重要であることがわかる。チャンネル長の微細化にはリソグラフィによる手法や、アトリッターインクジェット装置を用いる手法が挙げられるが、今回はメタルマスクを用いた微細電極を蒸着によって作製し、トップコンタクト型トランジスタを作製した。

通常メタルマスクは20  $\mu\text{m}$ 程度が限界であり、それ以下の微細なラインを作製すると機械的強度



の劣化と、マスク作製の際に用いたレジストの残渣除去ができないという問題点が存在する。本研究において、アッシング装置を用いることで10 μmルールで作製されたマスクのレジスト残渣除去に成功した。300 W、60 min、5 sccm の条件でメタルマスクをアッシングし、その後アセトン中にマスクを浸漬させ、5 min 超音波洗浄することによって、レジスト残渣を完全に除去することに成功した。これにより、チャンネル長・電極幅が10 μm以下の微細なソース・ドレイン電極を持つ擬CMOS リングオシレータ回路の作製が可能となった。

低電圧駆動擬CMOS リングオシレータの作製には、アッシング条件300 W、30 minを用い、C14-SAMを用いた。高移動度を得ることを目的とし、半導体層にはDNTTを使用した。ソース・ドレイン電極として金50 nmを上記のメタルマスクを使用して成膜した。作製した擬CMOS リングオシレータの全体写真及びトランジスタ単体の拡大写真を図に示す。作製したリングオシレータの段数は5段、実測したLは7 μmであった。M<sub>1</sub>のW = 3000 μm、それ以外のW = 9000 μmである。

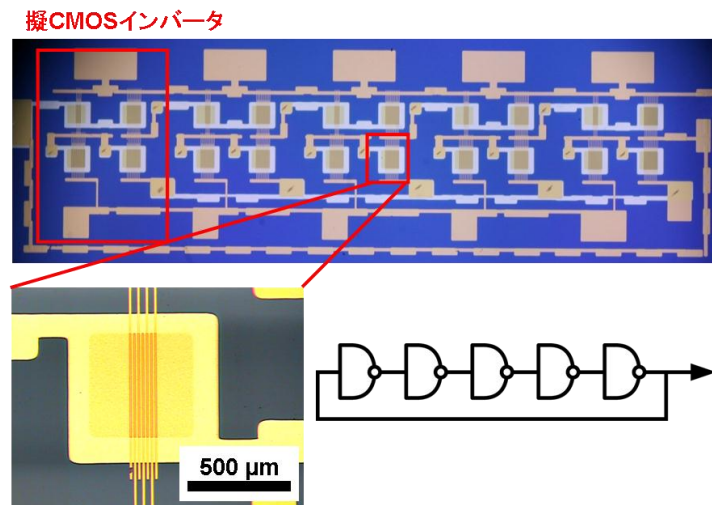


図3-3: 5段擬CMOS リングオシレータ写真。

このインバータを5つ連結させた5段リングオシレータの発振特性を図3-4に示す。V<sub>DD</sub> = 2 V、V<sub>SS</sub> = 0 Vの電圧を印加した際の発振波形が図3-4aである。この条件での発振周波数は4.27 kHzであった。1段あたりのシグナルディレイτは、

$$\tau = \frac{1}{2nf} \quad (\text{式2})$$

で示される。このリングオシレータのV<sub>DD</sub> = 2 V、V<sub>SS</sub> = 0 Vにおける1段あたりのシグナルディレイは23.0 μsと見積もられた。その他の電圧条件でも同様に発振周波数を測定し、シグナルディレイをV<sub>DD</sub>に対してプロットした(図3-4b)。V<sub>SS</sub> = 0 Vにおいて、発振特性を示した最低のV<sub>DD</sub>は1.75 Vであった。V<sub>SS</sub> = -1 Vの条件では、V<sub>DD</sub> = 1.25 Vまで発振特性を示した。また、同じグラフ上にL = 20 μmの3段擬CMOS リングオシレータの結果も示している。L = 20 μmの擬CMOS リングオシレータの1段あたりシグナルディレイはV<sub>DD</sub> = 2 Vで200 μsであったのに対し、L = 7 μmのリングオシレータではV<sub>DD</sub> = 2 Vで23 μsまで低減された。

本研究で得られた擬CMOS リングオシレータのシグナルディレイを過去の有機トランジスタを用いたリングオシレータの研究結果と比較する(図3-5)。今回作製された擬CMOS リングオシレータは最低駆動電圧1.25 Vという、世界で最も小さな駆動電圧を実現しながら、世界最高速度を達成していることが図によって示されている。

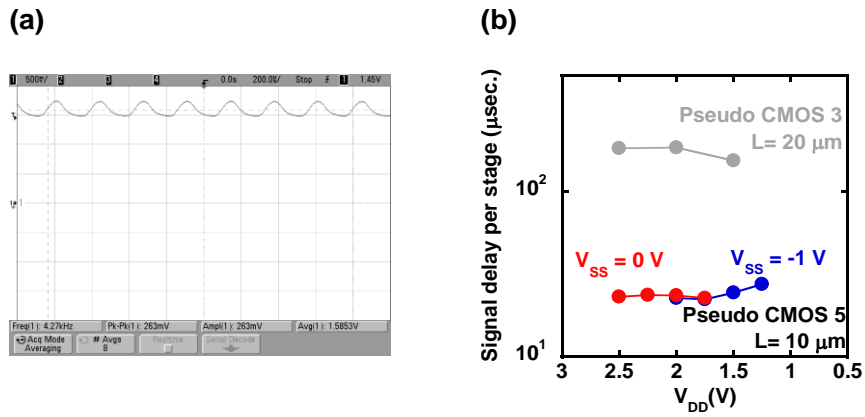


図3-4: Pseudo CMOS5 段リングオシレータの発振特性。

(a)  $V_{DD} = 2.0 \text{ V}$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$  の時の生データ、(b) 1 段あたりシグナルディレイ。横軸を  $V_{DD}$  でプロット。

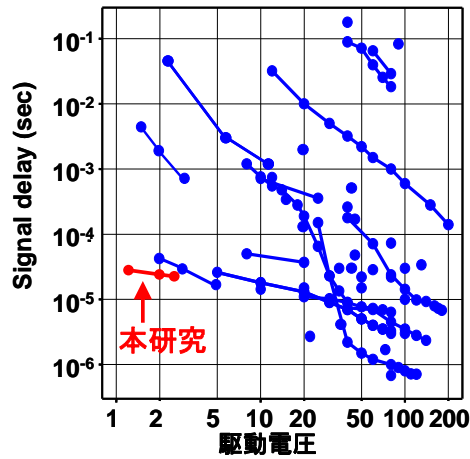


図3-5: 本研究で得られた擬 CMOS リングオシレータのシグナルディレイの、他研究との比較。横軸に駆動電圧、縦軸にシグナルディレイをとり、過去の有機トランジスタを用いたリングオシレータ回路の結果を青いドット及びひ線で、本研究の結果を赤のドットで示した。



### <研究項目 3> : 大面積ナノシステムの創製

最適化された自己組織化ナノプロセスを用いた有機トランジスタ集積回路の有用性を実証するためにフレキシブル大面積インターフェースの作製に取り組み、低電圧駆動可能なフレキシブル点字ディスプレイ、フレキシブルディスプレイ向け有機 LED ピクセル回路のばらつき補正回路、印刷によりカスタマイズ可能な論理回路紙、フレキシブルエネルギーハーベストシステムの作製を行った。

#### 4 V 駆動フレキシブル点字ディスプレイ

SAM 絶縁膜および DNNT を用いた有機トランジスタの応用研究として、4 V 駆動点字ディスプレイの試作を行い、その特性の評価を行った (図 4-1)。

本研究における点字ディスプレイは大電流制御 TFT と 2 V 駆動有機スタティックランダムアクセスメモリ (Static Random Access Memory: SRAM)、および CNT アクチュエータの 3 つの素子を集積化することで作製した。それぞれの素子における目標となる値は、

1. 制御 TFT: 駆動電圧 5 V 以下、電流値: 1 mA 以上、オンオフ比:  $10^4$  以上
2. SRAM: 駆動電圧 5 V 以下、書き込み速度 40 ms 以下
3. CNT アクチュエータ: 駆動電圧 5 V 以下、素子サイズ: 1 mm×4 mm、変位 300  $\mu\text{m}$  以上と設定した。

CNT アクチュエータの駆動には制御 TFT の電流値 1 mA 以上が必要となる。アクチュエータの変位は単体で 300  $\mu\text{m}$  という値を既に達成されているが、TFT との集積化を行った際に点字の上下認識に必要とされる 300  $\mu\text{m}$  を達成することが目標となる。有機 SRAM の先行研究において 40 V 駆動で書き込み速度 40 ms を達成している。本研究においては駆動電圧・書き込み速度の双方を低減させることを目的とした。

点字ディスプレイマトリクス of 1 点に当たる部分の回路図を図 4-2 に示す。回路の動作原理はまず各セル毎に SRAM に情報を書き込み、その情報を基に制御 TFT を ON または OFF にする。制御 TFT がオンになったセルは大電流がアクチュエータに流れ、アクチュエータが屈曲する、という構成である。

有機トランジスタの絶縁膜には、最も移動度の大きいトランジスタを作製できる C14-SAM を使用し、半導体材料には大気安定、高移動度実現可能という理由から DNNT を用いた。作製手法は上記で述べたものと同じである。

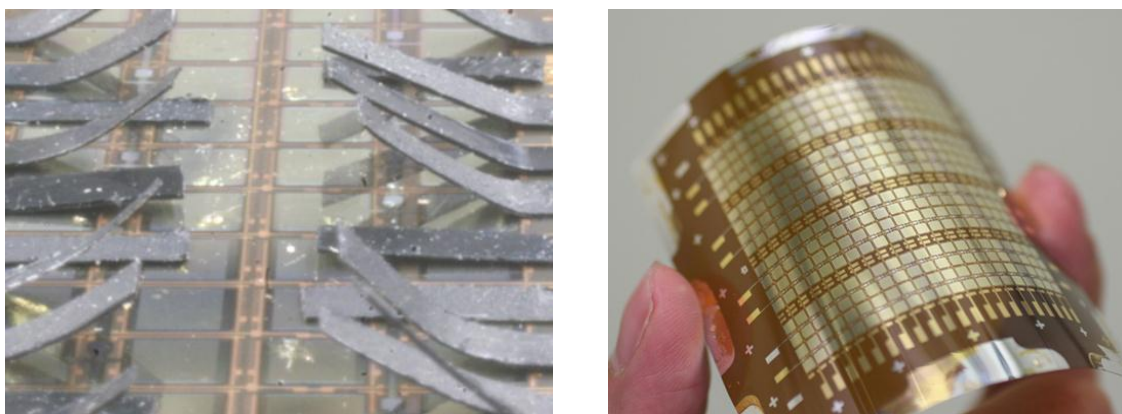


図 4-1: 作製した点字ディスプレイのイメージ写真(a)とマトリクスの写真(b)。

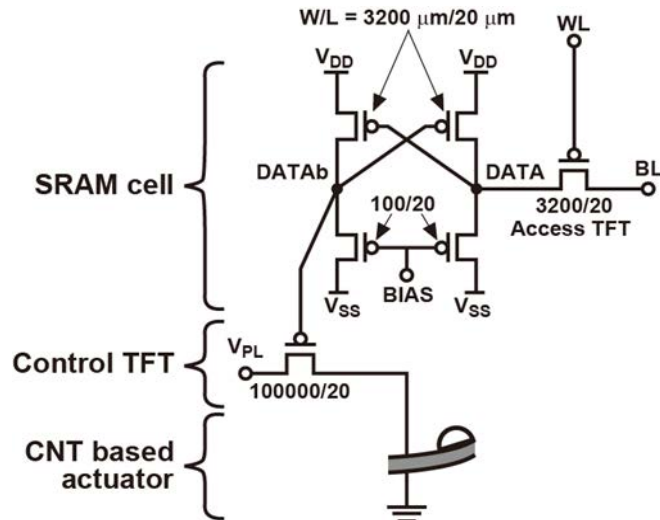


図 4-2: 点字ディスプレイの回路図。

駆動用 SRAM、大電流制御 TFT、カーボンナノチューブアクチュエータで構成される。

### 【本研究の波及効果】

本研究の最大の特徴は、「ボトムアップ方式のナノテクノロジーの出口は大面積システムである」という筆者自身の思想に貫かれ、材料からシステムまで幅広い分野の研究がシナジー効果を生み出していることにある。本研究に誘発されて、ナノ機能はシリコンが苦手としていた大面積システムに出口を見出し、大きな波及効果を及ぼすことになろう。そうになると、トップダウン方式におけるフォトリソグラフィのように、ボトムアップ方式で誰もが利用できるプロセス技術が必ず必要になる。この要請に応えるため、本研究では、ものづくりとしての完成度を飛躍的に高めた印刷プロセス技術——ナノ印刷——を実現し、新しい潮流となる科学技術の流れをより拡大・加速する。ナノ印刷によるものづくりは、材料やエネルギー消費に無駄がないため次世代の持続可能社会に整合する製造技術である。

4. 2 「染谷隆夫」グループと回路設計を担当した「桜井 貴康」グループ(東京大学生産技術研究所、教授)の緊密な連携により以下に示す大面積インターフェースの実証実験に成功した。

研究項目:大面積集積回路設計、作製と実証実験

#### (1)研究実施内容及び成果

自己組織化ナノ構造を用いた新型デバイスを大面積ナノシステムに応用するための回路設計スキームを確立することを目的とし研究開発を行ってきた。特に、駒場グループでは、有機トランジスタ集積回路の設計、本郷グループでは有機回路とシリコン LSI 回路の集積化、大面積ナノシステムを制御するための周辺回路の設計・作製を行ってきた。

「《研究項目 3》大面積ナノシステムの試作と実証実験」における大面積センサシートのアプリケーションの提案と実証に向けた要素技術の開発を行ってきた。有機エレクトロニクスの実用性を実証するためのアプリケーションとして、インクジェット印刷配線を用いたユーザ・カスタマイズブル・ロジック・ペーパー、靴の中敷き(インソール)の形状をした体重測定シートが考えられる。体重測定シートではフィルム状に、圧力センサと有機トランジスタ回路がアレー状に集積されており、歩行中の体重を例えば 1 分毎に常時モニタ

できる。本郷グループのデバイス技術と駒場グループの回路設計技術を突き合わせ、体重測定シートの実現可能性の検討を行った。なお、大面積センサシートへのアプリケーションとしては、必ずしも体重測定シートに限定せず、上位概念としては生体情報の大面積センサシートをターゲットとする。詳細は下記の通りである。

## 2V 有機 CMOS 回路とインクジェット印刷配線を用いたユーザ・カスタマイザブル・ロジック・ペーパー (UCLP)

家庭用インクジェットプリンタを用いて自分の好きな集積回路を作る。最近のプリンタブル・エレクトロニクス技術の発展により、その実現可能性が見えてきている。有機トランジスタ回路によって、曲げられるスマートディスプレイや電力伝送シート、ロボット用電子人工皮膚などの大面積エレクトロニクスが実現可能となる。有機トランジスタ回路によるシステムの集積度が高まるにつれ、開発時のプロトタイピングはより重要なものとなる。一方、シリコン集積回路においては、ナノスケールのデバイスを高集積化し、ギガヘルツオーダの動作周波数を実現しているが、その素子の大きさや動作速度は初学者が直感的に理解することが難しいものとなっている。このような背景から、我々はセンサアレイなどの大面積エレクトロニクスのプロトタイピングや工学教育に適したデバイスとしてユーザ・カスタマイザブル・ロジック・ペーパー (User Customizable Logic Paper、以下 UCLP と記す) を提案した。UCLP は 2V 有機 CMOS を用いた Sea-of Transmission-Gates (SOTG) と呼ぶ新たな論理セルアレイと、家庭用インクジェットプリンタを使用した印刷配線技術とで構成される。UCLP は 2V 有機 CMOS を用いた Sea-of Transmission-Gates (SOTG) と呼ぶ新たな論理セルアレイと、家庭用インクジェットプリンタを使用した印刷配線技術とで構成され、ユーザの手による有機 CMOS 集積回路のカスタマイズを可能にすることを目的としたデバイスである。本研究では、この UCLP の実現可能性について原理検証を行った。

図 5-1 は提案する UCLP のプロトタイプイメージである。UCLP は、ビアをアレイ状に形成した配線用の紙と有機 CMOS トランジスタによる SOTG を形成したポリイミドフィルムとを重ね合わせた構造をもつ。UCLP の全ての構成要素を印刷技術により一度に実現することは高温のプロセスを必要とするなどの理由から困難である。そこで、提案する構造のように有機トランジスタによる論理セルアレイを予め用意しておき、それを印刷配線によって相互接続することにより回路のカスタマイズを実現する。これまでも印刷による配線技術はいくつか提案されているが、130~150℃の高温処理や、有機溶剤による洗浄などの工程が必要であり、有機トランジスタの信頼性に悪影響を与える可能性がある。我々が最近開発した導電性銀ナノ粒子インクは、紙にコートした導電性発現剤を含む印刷専用基材と反応し、常温で導電性を有するパターンを形成可能である。これによって有機半導体に悪影響を与えずにデバイスの相互接続をとることができる。

図 5-2 は UCLP の相互接続配線を市販のインクジェットプリンタを用いて形成する印刷プロセスの写真である。市販プリンタを使うこととシート抵抗を考慮し、配線幅と間隔はそれぞれ 200  $\mu\text{m}$  とした。銀配線の厚みは 1  $\mu\text{m}$  (標準)、シート抵抗は 0.2  $\Omega/\square$  (標準) である。ビア径は直径 200  $\mu\text{m}$  で、その抵抗は 2.7  $\Omega/\text{ビア}$  である。

図 5-3 は工学教育目的を意図した UCLP を用いた実験回路のイメージ (形状サンプルモデル) である。このような目に見える規模の集積回路を設計、印刷配線し、目に見える動作速度で動作させる実験は、初学者が集積回路の動作を直感的に理解するのに大変役立つものと考えられる。UCLP の断面構造を図 5-4 に示す。有機 CMOS による SOTG と相互配線用の紙が積層されている。この紙の上に相互接続配線をインクジェットプリンタにより印刷する。2V 有機 CMOS トランジスタはポリイミドフィルム上に形成される。有機半導体材料は nMOS が  $\text{F}_{16}\text{CuPc}$ 、pMOS がペンタセンである。

シリコン CMOS 回路によるセミカスタム IC ではゲートアレイや FPGA が広く用いられている。ゲートアレイは通常 4 個の MOS トランジスタで 1 セルが構成され、トランジスタの使

用効率が非常に高い代わりに多くの配線が必要である。一方の FPGA は論理セル間の配線は少ないものの、各セルブロックの回路規模が数百トランジスタと大きく、素子の使用効率はゲートアレイよりも劣る。有機 CMOS 回路のデザインルールはシリコン CMOS ほど微細ではないため、前述の従来アーキテクチャでは、それぞれの短所（セル間配線数、素子使用効率）がより大きな問題となる。そこで有機 CMOS に適したカスタマイズ可能な集積回路デバイスとして SOTG を提案した。試作した SOTG デバイス（8×8 セル）の全体写真と単体セルの詳細を図 5-5 に示す。単体セルサイズは 6mm 角、全体サイズは 73mm 角である。また、デバイスの最小線幅および間隔は  $20\mu\text{m}$  である。SOTG の機能確認を目的として、図 5-6(a) に示す回路構成にて、2 入力マルチプレクサの動作評価を行った。200mHz の方形波をセレクト端子 S に入力し、入力端子 A には 800mHz の方形波、もう一方の入力端子 B は VSS へと接続した。測定した波形を図 5-6(b) に示す。セレクト信号が L の時に A 入力、H のときに B 入力が出力されている。SOTG の論理セルに用いているトランSMissionゲートが H、L 何れの論理レベルも良好に伝達出来ていることが実測により確認した。

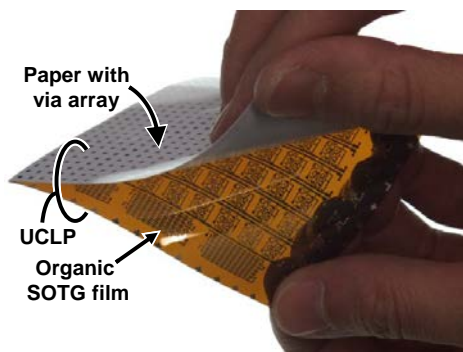


図 5-1. Photograph of User Customizable Logic Paper.

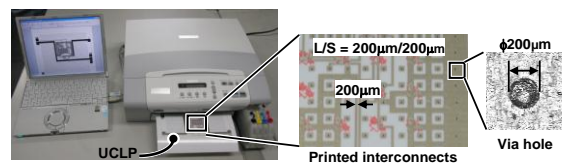


図 5-2. Printing interconnects on UCLP.

図 5-3. Example of application of UCLP for educational purposes.

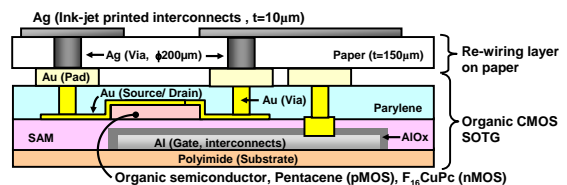


図 5-4. Device structure of UCLP and schematic of

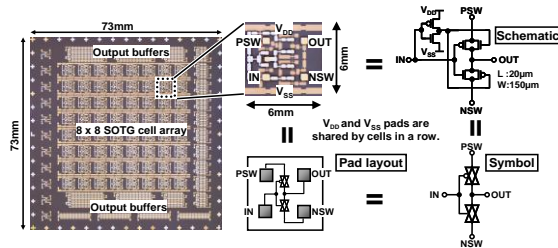


図 5-5. Photograph and details of 8x8 SOTG cell array.

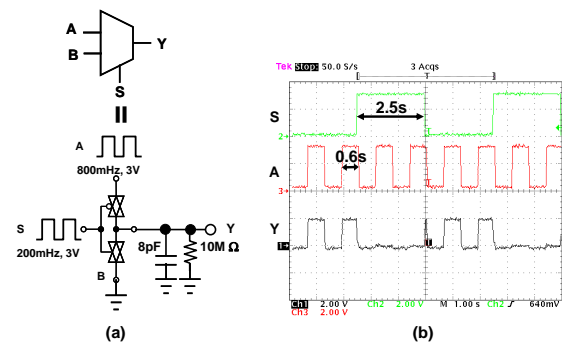


図 5-6. Measurement waveform of SOTG-based 2-input multiplexer. (a) Measurement circuit. (b) Measured waveforms.

## 20V 有機 CMOS デジタル回路、フローティングゲートによるばらつき補正技術を用いた 20V 有機 CMOS アナログ回路および 100V 有機 PMOS 整流器を集積したシステムオンフィルム (SoF) による 100V 交流電力計

次世代の電力網であるスマートグリッドの実現に向けて、個別の電力量を計測するスマートメータは必要不可欠な技術である。電力網のエネルギーのロスを経済的に抑制するためには、例えば電源コンセントや電池毎にその消費電力を監視する、細粒度の電源モニタシステムの導入が望まれる。そのためにはおびただしい数の、低コストの電力計が求められる。しかしながら、既存の電力計は、全ての電源コンセントに設置するにはコストおよびサイズの両面から十分とは言い難い。一方で、自由に曲げられるフィルム状に印刷形成可能な有機半導体は、低コストでコンパクトな電力計実現に向けて高いポテンシャルを秘めている。本研究では、システムオンフィルム (System-on-a-Film 以下 SoF と記す) と呼ぶ新たなコンセプトを用いた 100V 交流電力計の実現可能性を実証した。

図 6-1 は提案する 100V 交流電力計を実装した SoF のプロトタイプ写真である。(1) 20V 有機 CMOS オペアンプを交流電流検出回路に用いたアナログ回路、(2) 測定電流を積算する 20V 有機 CMOS 分周器、(3) 交流 100V から直流 20V を取り出す 100V 有機 PMOS 整流器、(4) 測定結果を表示する有機 LED (OLED) を用いた表示器、(5) 電源コンセントとプラグの間に挟んで使用する電極といった構成部品の全てが、 $200 \times 200 \text{mm}^2$  の折り曲げ可能なフィルム上に集積されている。そしてこのシートを縦横それぞれ 3 等分に折りたたんでいくことで、交流電力計として使用する時には  $70 \times 70 \text{mm}^2$  まで小型化できる。

図 6-2 は提案する 100V 交流電力計の全体ブロック構成である。この交流電力計では、100V 50Hz の交流負荷電流 ( $i_L$ ) をセンス抵抗 ( $R$ ) で電圧 ( $v$ ) に変換し、それを有機オペアンプにて増幅、さらに検波して  $V_{SENSE}$  を得る。その  $V_{SENSE}$  と三角波 ( $V_{TRI}$ ) を比較して、その出力を 10 ビットカウンタのイネーブル信号としている。即ち交流負荷電流がある基準値を超えたとき 10 ビットカウンタにて計数される。その 10 ビットカウンタの上位 5 ビットが OLED を用いた表示器に接続され、積算結果を表示する。この OLED 表示器により当該コンセントに接続された個々の機器が使用している電力量が可視化される。このシステムを駆動するクロックは 50Hz 電源より生成され、最長で 43 分間の電力積算結果が得られるが、カウンタのビット数を増やすことでより長い期間の積算が可能となる。即ち、50Hz の交流電源より半波整流器でクロックを生成し、10 ビットの周波数分周器により、三角波生成用の 0.05Hz クロック (Q9) と 10 ビットカウンタ駆動用の 0.4Hz クロック (Q6) を得る。そしてこの電力計が使用する 20V 直流電源は 100V 交流電源より全波整流回路により供給される。有機トランジスタを用いてアナログ回路設計を行う際には、非常に大きなプロセスばらつきをどのように補償するかが課題である。比較器や差動増幅回路の入力トランジスタ対のオフセット電圧は補正がなされないままでは電流検出抵抗 ( $R$ ) で検出される電圧よりも遙かに大きくばらつくものである。したがって、入力トランジスタ対のオフセット電圧はそれ以下に補償されなければならない。そこで我々は、フローティングゲート (FG) PMOS を差動入力トランジスタ対のオフセット電圧補正に応用することにした。図 6-3 に FG を具備した有機トランジスタの断面構造を示す。サブストレートはポリイミド、ゲート材料はアルミニウム、ゲート絶縁膜はパリレン、半導体材料は PMOS が DNTT、NMOS が NTCDI である。ここで、FG は PMOS のみに適用される。電圧 -60V、100ms 幅のパルスがゲート端子に印加することによって、ソース/ドレイン端子側からホールがフローティングゲートに注入される。これにより PMOS トランジスタのしきい値電圧  $V_{TH}$  を引き上げ、プロセスばらつきを補正することが出来る。この方式の利点は、1) 電圧固定の単一電圧源 (本研究では -60V) のみでばらつき補正が出来る、2) 印加するパルスの時間 (本研究では 100ms) と回数により補正量が制御出来る、3) 一旦補正を掛けたら、その後は回路動作時においても補正用の直流電源は不要といったことが挙げられる。

図 6-4 に入力差動対に FG 付きの PMOS (M1, M2) を使用し、ばらつき補正用の 5 つの入出



カパッドを具備した提案するオペアンプを示す。図 6-5 にばらつき補正の実測結果を示す。図 6-5 は  $V_{INP} = V_{INN} = 15V$  としたときのオペアンプの増幅度の補正時間依存性をプロットしたものである。補正前の増幅度は 2.7 倍であったが、補正電圧パルス 2 回目 (=200ms) で極大値 4.9 倍まで増加した。FG をもつ PMOS に対して電圧パルスを印加することで  $V_{TH}$  のばらつき補正をし、オペアンプにおいては増幅度など特性の最適化が可能であることが示された。

図 6-6 に本電力計に用いた有機半導体回路の代表的な構成部品のチップ写真を示す。本電力計は 609 のトランジスタを用い、電極部を除く面積は、フィルムを広げた状態で、 $200 \times 200mm^2$ 、折りたたんだ使用時の状態で  $70 \times 70mm^2$  である。

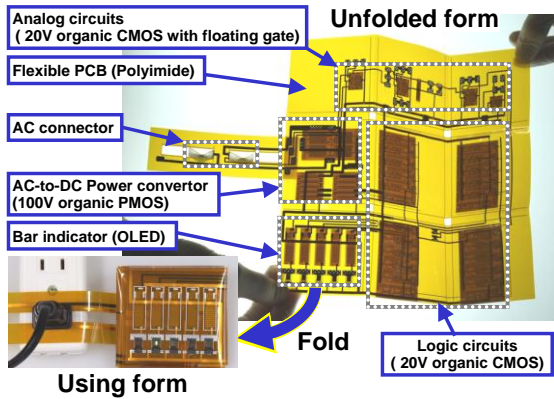


図 6-1 Prototype of 100-V AC power meter on a folded film.

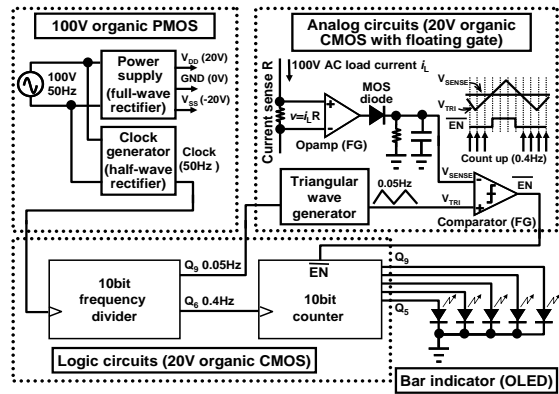


図 6-2 System block diagram of the AC power meter.

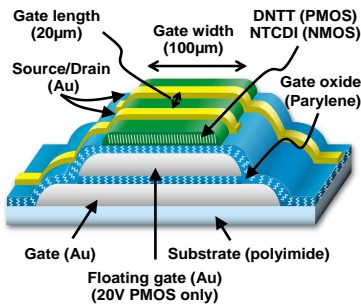


図 6-3 Cross section of 20V organic CMOS transistor with floating gate.

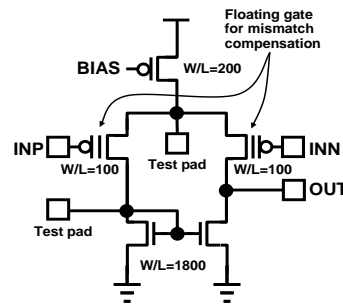


図 6-4 Schematic of 20V organic CMOS opamp with floating gate for process variation compensation.

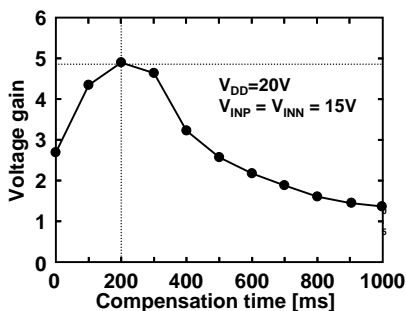


図 6-5 Measured compensation time dependency of voltage gain.

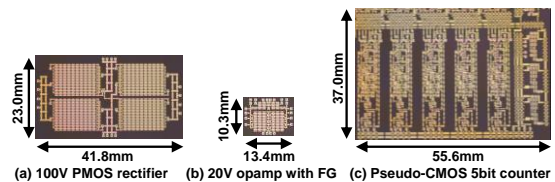


図 6-6 Photographs of organic circuits.

## 大面積フレキシブルディスプレイ向けフローティングゲート構造をもつ有機トランジスタを駆動回路に用いた有機 LED ピクセル回路のばらつき補正回路

AMOLED (Active Matrices Organic Light Emitting Diode) はその画質の良さと視野角の広さから、一方有機トランジスタは可撓性と印刷技術を用いた低コストから、大型フレキシブルディスプレイのピクセル駆動回路への応用が期待されている。しかしながら、実際に大面積のフレキシブルフィルム上に、印刷技術を用いて多数の有機トランジスタを均質に形成するのは非常に困難であった。

本研究では、フローティングゲート付き有機トランジスタ (FG-OTFT) を駆動回路に用いた AMOLED ピクセル回路について提案し、その動作を初めて実証した(図 7-1, 7-2)。電気的なフィードバックにて FG-OTFT の  $V_{TH}$  を調整し、有機トランジスタのばらつきと OLED の発光効率の低下を補正する。毎フレーム  $V_{TH}$  を電圧プログラミング又は電流プログラミングする必要がある方式とは異なり、調整された FG-OTFT の  $V_{TH}$  は数十時間の保持が可能で、そのリテンション時間以内であれば更なる  $V_{TH}$  調整は不要である。従来手法より以下の利点を有する 1) 毎フレームの  $V_{TH}$  補正削減で低消費電力、2) トランジスタばらつきと OLED の発光効率低下を補正可能、3) 少ない部品点数 (トランジスタ 3 個、キャパシタ 1 個) で構成され、開口部 (ピクセル当たりの画素面積) を高率化。

本研究では、厚さ  $13\mu\text{m}$  のプラスチックフィルム上に AMOLED ピクセル回路を形成し、有機トランジスタの駆動電流ばらつきと OLED の発光効率の低下を補正するために、フローティングゲート付き有機トランジスタを用いた回路の動作を初めて実証した。FG-OTFT を用いたピクセル回路の写真を示す。FG-OTFT に高電圧パルスを加えてしきい値 ( $V_{TH}$ ) をプログラミングすることにより、空間的ばらつきを 14% から 5% 以下に低減できた。リフレッシュレート 120Hz の XGA ディスプレイにおいて、既存の電圧プログラミング方式と比較し消費電力を 85% 削減しうることを示した。

## ピエゾ圧電素子と 2V 有機トランジスタ回路を用いた靴底内蔵型万歩計

エネルギーハーベスティングは、環境エネルギーを電気エネルギーに変換してワイヤレスセンサノードや携帯機器に電力供給することを可能にする。フレキシブルな太陽電池やピエゾ圧電フィルムと制御回路を用いことで、フレキシブルな大面積エレクトロニクスへの給電を目指す。その実現の第一歩として、ピエゾ圧電素子と 2V 有機トランジスタ回路を用いた靴底内蔵型万歩計を提案した (図 8-1, 8-2)。

最も大きな課題は、有機 PMOS トランジスタのみで構成された回路の低電源電圧における安定化であった。微弱なエネルギーハーベスタ素子の出力電力を、NMOS の移動度より一桁程度高い PMOS トランジスタのみで構成される有機トランジスタ回路を用い、ノイズマージンの改善を行った。チャージポンプ式の負電圧生成回路を用いて Pseudo-CMOS インバータを負電圧でバイアスしている。使用する 2V PMOS トランジスタはゲート酸化膜に self-aligned monolayer (SAM) 技術を用い、半導体材料には DNTT を用いた。

図 8-1 に作製した靴底内蔵型万歩計の写真を示す (総トランジスタ数 462 個、サイズ  $22 \times 7\text{cm}^2$ )。靴底型シート上に、ピエゾ圧電素子として 21 本のロール状の polyvinylidene difluoride (PVDF) フィルムが並べられ、足踏みによってロールの形状が変形することで電圧パルスを生じる。これを有機トランジスタで構成した全波整流回路で整流して万歩計回路の電源として用いる。また、この電圧パルス数を有機回路によってカウントすることで歩数を測ることができる。図 8-2 はブロックダイアグラムである。PMOS トランジスタによる全波整流回路はハーベスタ出力を整流し、約 2V の直流電圧を各回路ブロックに供給する。パルスシェーピング回路はハーベスタ出力をシュミットトリガインバータで整形して矩形波に近づけた上で、負電圧生成回路と 14 ビットステップカウンタに供給する。負電圧生成回路ではチャージポンプ回路によって約 2V の  $V_{DD}$  から約 -2V の  $V_{SS}$  を生成して、カウンタ回路の Pseudo-CMOS インバータをバイアスする。

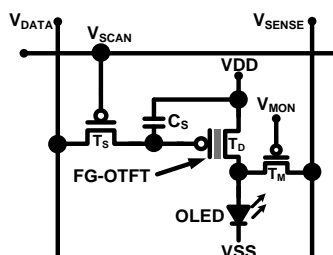


Figure 7-1: Proposed AMOLED 3T-1C pixel-circuit.

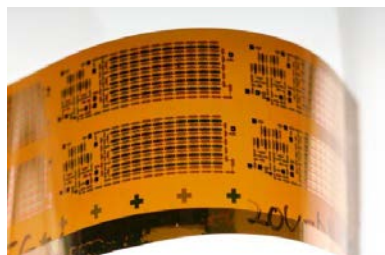


Figure 7-2: Photo of the FG-OTFT-driven AMOLED pixels. The pixel size is 20.8 mm x 6.6 mm and substrate thickness is 13  $\mu$ m.

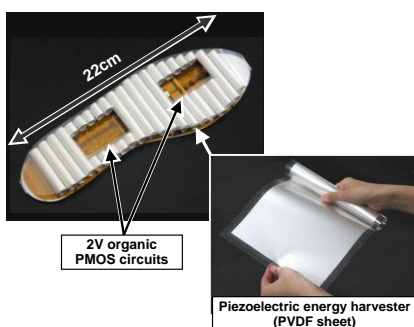


Figure 8-1: Prototype of the organic insole pedometer with piezoelectric energy harvester and 2V digital and analog circuits.

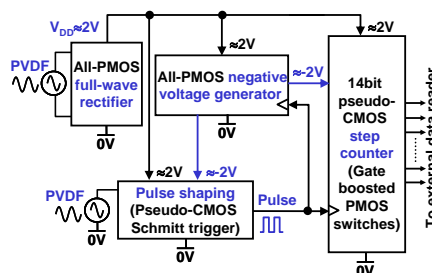


Figure 8-2: System block diagram of the organic insole pedometer.

(2)研究成果の今後期待される展開

【大面積ナノシステムの展望】

近い将来、オフィスやホームなど居住空間からコンピュータの箱は消えてなくなり、そこにはユーザーインターフェースだけが残ると考えられている。ユーザーインターフェースは、環境に溶け込み、そしてヒトの内面（感性）にまで迫ってくる。このようなアンビエントエレクトロニクスを実現する次世代インターフェースこそが、大面積ナノシステムそのものであると筆者は考えている。この大面積ナノシステムの応用分野は、安心・安全、環境・エネルギー、医療・健康など多岐に渡り、エレクトロニクス、自動車、ハウジング、ヘルスケア産業などへ大きな波及効果が期待される。なお、本提案は、シリコンを否定するものではない。シリコンと分子性ナノ材料を融合することによって、次世代インターフェース実現し、エレクトロニクスに不連続な変革をもたらすことを目指している。



## § 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 26 件)

1. T. Sekitani and T. Someya, “Stretchable, Large-area Organic Electronics”, *Advanced Materials*, Published Online: Mar 12 2010 4:14AM DOI: 10.1002/adma.200904054.
2. Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectric”, *APPLIED PHYSICS LETTERS*, 96, 053302 (2010)
3. K. Ishida, N. Masunaga, Z. Zhou, T. Yasufuku, T. Sekitani, U. Zschieschang, H. Klauk, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai, “Stretchable EMI Measurement Sheet With 8 X 8 Coil Array, 2 V Organic CMOS Decoder, and 0.18 um Silicon CMOS LSIs for Electric and Magnetic Field Detection,” *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol.45, No.1, pp.249-259, Jan. 2010. (10.1109/JSSC.2009.2034446)
4. Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takao Someya, “Flexible organic transistors and circuits with extreme bending stability”, *Nature Materials* 9, 1015-1022 (2010), doi: 10.1038/nmat2896.
5. Tsung-Ching Huang, Kenjiro Fukuda, Chun-Ming Lo, Yung-Hui Yeh, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Kwang-Ting Cheng, “Pseudo-CMOS: A Design Style for Low-Cost and Robust Flexible Electronics”, *IEEE Transactions on Electron Devices*, (2010). (DOI: 10.1109/TED.2010.2088127)
6. K. Ishida, N. Masunaga, R. Takahashi, T. Sekitani, S. Shino, U. Zschieschang, H. Klauk, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai, “User Customizable Logic Paper (UCLP) with Sea-of Transmission-Gates (SOTG) of 2-V Organic CMOS and Ink-Jet Printed Interconnects,” *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol.46, No.1, pp. 285 - 292, Jan. 2011. (DOI: 10.1109/JSSC.2010.2074330)
7. Koichiro Zaitzu, Sunghoon Lee, Kiyoshiro Ishibe, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, “A field-induced high-dielectric phase in ferroelectric copolymer”, *Journal of Applied Physics* Vol. 107, 114506 (2010). (DOI: 10.1063/1.3429079)
8. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Stretchable, Large-area Organic Electronics”, *Advanced Materials*, Vol. 22, pp. 2228-2246 (2010). (DOI: 10.1002/adma.200904054)
9. Yusaku Kato, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Tomoyuki Yokota, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Large-area, flexible, ultrasonic imaging system with an organic-transistor active matrix”, *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 57, pp. 995-1002 (2010). (DOI: 10.1109/TED.2010.2044278)
10. Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectrics”, *Applied Physics Letters*, Vol. 96, 053302 (2010). (DOI: 10.1063/1.3299017)
11. Ute Zschieschang, Frederik Ante, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takamiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Klaus Kern, Hagen Klauk, “Flexible Low Voltage Organic Transistors and Circuits Based on a High Mobility Organic Semiconductor with Good Air Stability”, *Advanced Materials*, Vol. 22, no. 9, pp. 982-985 (2010). (DOI: 10.1002/adma.200902740)
12. K. Ishida, N. Masunaga, Z. Zhou, T. Yasufuku, T. Sekitani, U. Zschieschang, H.

- Klauck, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai, "A Stretchable EMI Measurement Sheet with 8×8 Coil Array, 2V Organic CMOS Decoder, and 0.18μm Silicon CMOS LSIs for Electric and Magnetic Field Detection", IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol. 45, pp. 249 – 259 (2010). (DOI:[10.1109/ISSCC.2009.4977513](https://doi.org/10.1109/ISSCC.2009.4977513) )
13. Lechang Liu, Makoto Takamiya, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Shintaro Nakano, Koichiro Zaitzu, Tadahiro Kururoda, Takao Someya, Takayasu Sakurai, "A 107-pJ/bit, 100-kb/s, 0.18-μm Capacitive-Coupling Transceiver With Data Edge Signaling and DC Power-Free Pulse Detector for Printable Communication Sheet", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol, 56, pp. 2511-2518 (2010). (DOI: [10.1109/TCSI.2009.2015596](https://doi.org/10.1109/TCSI.2009.2015596))
  14. Koichi Ishida, Tsung-Ching Huang, Kentaro Honda, Tsuyoshi Sekitani, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Makoto Takamiya, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, "A 100-V AC Energy Meter Integrating 20-V Organic CMOS Digital and Analog Circuits With a Floating Gate for Process Variation Compensation and a 100-V Organic pMOS Rectifier", Journal of Solid-State Circuits, Vol.47, No.1, pp. 301-309, Jan. 2012. (DOI: [10.1109/JSSC.2011.2170634](https://doi.org/10.1109/JSSC.2011.2170634)).
  15. F. Ante, D. Kälblein, T. Zaki, U. Zschieschang, K. Takimiya, M. Ikeda, T. Sekitani, T. Someya, J. N. Burghartz, K. Kern, H. Klauk, "Contact Resistance and Megahertz Operation of Aggressively Scaled Organic Transistors", Small, vol. 8, no. 1, pp. 73-79, January (2012).
  16. Ikue Hirata, Ute Zschieschang, Frederik Ante, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, HirokazuKuwabara, Hagen Klauk, Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Spatial control of the threshold voltage of low-voltage organic transistors by microcontact printing of alkyl- and fluoroalkyl-phosphonic acids", MRS Communications, Vol. 1, pp.33-36, August 2011 (2011).
  17. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Human-friendly organic integrated circuits", Material Today, Vol. 14, pp398-407, September 2011 (2011).
  18. U. Zschieschang, F. Ante, D. Kälblein, T. Yamamoto, K. Takimiya, H. Kuwabara, M. Ikeda, T. Sekitani, T. Someya, J. Blochwitz-Nimoth, H. Klauk, "Dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene (DNTT) thin-film transistors with improved performance and stability", Organic Electronics Vol. 12, no. 8, pp. 1370-1375, June 2011 (2011).
  19. Kenjiro Fukuda, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Takushi Sugino, Kinji Asaka, Masaaki Ikeda, HirokazuKuwabara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, Takao Someya, "A 4 V operation, flexible Braille display using organic transistors, carbon nanotube actuators, and organic SRAM", Advanced Functional Materials, Vol. 21, pp. 4019-4027, sep. 2011 (2011).
  20. Kenjiro Fukuda, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tsung-Ching Huang, Takayasu Sakurai, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Masaaki Ikeda, HirokazuKuwabara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Kwang-Ting Cheng, and Takao Someya, "Organic Pseudo-CMOS Circuits for Low Voltage, Large Gain, High-Speed Operation", IEEE Electron Device Letters, Vol. 32, pp. 1448-1450, aug. 2011 (2011).
  21. Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Yu Kato, Kazunori Kuribara, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, HirokazuKuwabara, Masaaki Ikeda, and Takao Someya, "Low-voltage organic transistor with subfemtoliter inkjet source-drain contacts", MRS Communications, Vol.1 pp.3-6, June 2011(2011).  
(サブフェムトリッターインクジェット装置を用いた微細なソース・ドレイン電極を有する有機トランジスタの特性評価について報告した。作製した集積回路は相互インダクタンス 0.76 S/m に

成功し、焼結処理が 90 ° C まで低温で可能なので、有機半導体へダメージがないことが確かめられた。) )

22. Wen Liu, Jun J. Liou, Kazunori Kuribara, Kenjiro Fukuda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, and Zhixin Wang, “Study of organic thin-film transistors under electrostatic discharge stresses”, IEEE Electron Device Letters, Vol. 32, No.7, pp. 967–969, July 2011 (2011).
23. Tomoyuki Yokota, Takashi Nakagawa, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Kenjiro Fukuda, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Ken Takeuchi, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Control of threshold voltage in low-voltage organic complementary inverter circuits with floating gate structure”, Applied Physics Letters, Vol. 98, 193302, May 2011, (2011).
24. Frederik Ante, Daniel Kalblein, Ute Zschieschang, Tobias W. Canzler, Ansgar Werner, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, and Hagen Klauk, “Contact doping and ultrathin gate dielectrics for nanoscale organic thin-film transistors”, Small Vol. 7, pp1186–1191, May 2011 (2011).
25. Yi Li, Qi Liu, XiZhang Wang, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya and Zheng Hu, “Pentacene thin film transistor with low threshold voltage and high mobility by inserting a thin metal phthalocyanines interlayer”, SCIENCE CHINA Technological Sciences, Volume 53 / 2010 – Volume 55 / 2012, December 29, 2011, (DOI) 10.1007/s11431-011-4693-5
26. UteZschieschang, MyeongJinKang, KazuoTakimiya, TsuyoshiSekitani, TakaoSomeya, TobiasW.Canzler, AnsgarWerner, JanBlochwitz-NimothdandHagenKlauka, “Flexiblelow-voltageorganicthin-filtransistorsandcircuitsbasedonC10-DNTT”, JournalofMaterialsChemistry, J.Mater.Chem., 2012, 22, 4273, DOI:10.1039/c1jm14917b, 14th, November2011

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 染谷隆夫、関谷毅“分子性ナノ機能と有機トランジスタ”、日本化学会、「化学と工業」誌 特集記事、2010年2月号。
2. 関谷毅、横田知之、中川隆、栗原一徳、福田憲二郎、染谷隆夫“自己組織化単分子膜を用いた有機エレクトロニクス”、応用物理学会有機・バイオエレクトロニクス分科会誌「Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE)誌」Vol. 21, pp. 9–14 (2010)。
3. 関谷毅、佐野康、染谷隆夫、「エレクトロニクス高品質スクリーン印刷技術 2010」 “有機トランジスタ” (シーエムシー出版)、2010年6月出版
4. 関谷毅、染谷隆夫 “アンビエントディスプレイと伸縮性有機トランジスタ集積回路” 『映像情報メディア学会誌』2010年10月号「アンビエントディスプレイの最前線」小特集 (第1章)
5. 関谷毅、福田憲二郎、染谷隆夫、「アクチュエーター」 “シート型点字ディスプレイ” (シーエムシー出版)、2010年12月出版
6. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Picoliter and subfemtoliter inkjet technologies for organic transistors”, Book chapter of “Organic Electronics II. More Materials and Applications”, Edited by Hagen Klauk, to be published in 2010.
7. Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, “Emerging Applications and Future Prospects of Printed Transistors and Memories”, Printing Science and Technology (日本印刷学会誌), Vol. 48, pp.41–43 (2011.)
8. 関谷毅、染谷隆夫、“アンビエント・エレクトロニクス”、応用物理学会誌 「フレキシブルエレクトロニクス」総合報告記事, 2011年6月号。
9. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Stretchable and conformable organic

electronic systems”, Topics: Materials for Stretchable Electronics, MRS Bulletin, to be published at March 2012

10. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Organic electronics”, Book chapter of “Flexible electronics”, Edited by Ali Javey, to be published in 2011.
11. 関谷毅、染谷隆夫、“伸縮自在な有機エレクトロニクス”、ゴム学会誌 総説 平成 24 年 3 月
12. 関谷毅、染谷隆夫、“大面積エレクトロニクス”、高分子、高分子学会、2012 年 3 月号

### (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 20 件、国際会議 43 件)

1. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Printable Organic Transistor Integrated Circuits for Large-Area Sensors and Actuators”, Japan-Finland joint workshop, Functional Materials, Printed Functionality, organized by JST, Kyoto University, March 10-11, 2010.
2. 関谷毅、染谷隆夫、“伸縮性エレクトロニクスのディスプレイと大面積センサへの応用”、シンポジウム:印刷エレクトロニクスの現状と展望、応用物理学会、東海大学、2010 年 3 月 17 日.
3. 関谷毅、染谷隆夫、“自己組織化単分子膜を用いた有機エレクトロニクス”、物理的な視点を利用した新しい成膜及び評価技術、応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス研究会、東京工業大学、2010 年 3 月 2 日.
4. Takao Someya, Yasushi Takamatsu, and Tsuyoshi Sekitani, “Electronic transport properties of pentacene thin films and transistor channels”, 5B.1, The 6th International Thin-Film Transistor Conference, Egret Himeji, Hyogo, Japan, January 28-29, 2010.
5. Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Printable Organic Transistor Integrated Circuits for Large-Area Sensors and Actuators”, The 16th International Display Workshops (IDW), World convention center summit, Phenix Seagaia Resort, Miyazaki, Japan, Dec. 9-11, 2009.
6. Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Kenji Hata, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, “Carbon-nanotube-based Elastic Conductors for Stretchable Electronics and Displays”, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium K: Nanotube and Related Nanostructures, Boston, MA, November 30-December 4, 2009.
7. (招待講演) 関谷毅 “有機メモリを用いたフレキシブルエレクトロニクスのインテリジェント化”、応用物理学会シリコンテクノロジー分科会シリコンナノテクノロジー研究会、早稲田大学、2010 年 12 月 20 日
8. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“大面積有機エレクトロニクスの印刷プロセス・基礎物性と応用”、高分子学会「2010 年度有機 EL 講習会：有機電子デバイスの基礎から応用まで」 発明会館、2010 年 10 月 15 日.
9. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“有機半導体・フレキシブルエレクトロニクス”、第 3 回フレキシブルディスプレイシンポジウム「フレキシブルディスプレイのインパクト～情報化社会のキーデバイス～」幕張メッセ 国際会議場、2010 年 10 月 9 日.
10. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“有機トランジスタの印刷技術と大面積センサーへの応用”、日本画像学会 年次大会 (第 105 回)、デジタルファブリケーションセッション品川区民ホール(きゅりあん)、2010 年 6 月 10 日. Imaging Conference JAPAN 2010, The 105th Annual Conference of the Imaging Society of Japan, Shinagawa General Citizen Hall “Curian”, Tokyo, Japan, June 9 - 11, 2010, (講演予定)
11. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“伸縮性エレクトロニクスのディスプレイと大面積センサへの応用”、シンポジウム:印刷エレクトロニクスの現状と展望、応用物理学会、東海大学、2010 年 3 月 17 日.
12. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“自己組織化単分子膜を用いた有機エレクトロニクス”、

- 物理的な視点を利用した新しい成膜及び評価技術、応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス研究会、東京工業大学、2010年3月2日。
13. (基調講演) 染谷隆夫, 関谷毅 “フレキシブル大面積インターフェース”, インタラクション 2010, 2010年3月1日(月), 2日(火), 学術総合センター, 一橋記念講堂, 東京.
  14. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Not yet decided”, the Society for Information Display (SID), Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California USA, May 15, 2010.
  15. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Not yet decided”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium XX, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U. S. A, Apr. 25-29, 2011.
  16. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “High definition screen printing of organic transistor active matrices for large-area electronic”, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29-December 3, 2010.
  17. (INVITED) M. Takamiya, K. Ishida, T. Sekitani, U. Zschieschang, H. Klauk, T. Someya, and T. Sakurai, “Large Area Electronics with Organic Transistors and Novel Interconnects: EMI Measurement Sheet with Stretchable Interconnects and User Customizable Logic Paper (UCLP) with Ink-Jet Printed Interconnects,” International Display Workshop (IDW), Fukuoka, Japan, pp. 1577-1580, Dec. 2010.
  18. (INVITED) Makoto Takamiya, Koichi Ishida, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, “Design of Large Area Electronics with Organic Transistors”, The International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD), DoubleTree Hotel, San Jose, CA, November 7-11, 2010.
  19. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Foldable, Ultraflexible, and Stretchable Organic Transistor Integrated Circuits”, 218<sup>th</sup> The Electrochemical Society meeting, Riviera Hotel, Las Vegas, NV, October 10-15, 2010.
  20. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Stretchable Large-Area Electronics using Organic Transistor Integrated Circuits”, The 10th International Conference on Solid-State and Integrated Circuits Technology (ICSICT 2010), Shanghai, China, Nov. 1-4, 2010.
  21. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “A large-area printed organic transistor active matrix for skin-like interfaces”, Session “Active-Matrix Devices” IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010, KINTEX, Seoul, Korea, Oct. 10-15, 2010.
  22. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Ultraflexible CMOS circuits and displays”, Session “Flexible Displays / Electronic Paper”, IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010, KINTEX, Seoul, Korea, Oct. 10-15, 2010.
  23. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Large-area Stretchable Organic Transistor Integrated Circuits for Sensor applications II”, SPIE meeting, San Diego August 2010.
  24. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, “Foldable and stretchable electronics using organic transistors”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto International Conference Center, Japan, 4th-9th, July 2010.
  25. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, “A stretchable organic transistor integrated circuits and displays using elastic conductors”, Th 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2010), Toyama International Conference Center, Toyama,

- Japan, June 22-25, 2010.
26. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Organic CMOS for flexible electronics", 2010 CMOS Emerging Technologies Workshop, Hilton Resort and Spa, Whistler, BC, Canada, May 19-21, 2010.
  27. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, "Stretchable displays and electronics", The 7th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication, "ODF'10, Yokohama," Pacifico Yokohama Conference Center, Japan, April 19-21, 2010.
  28. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, "A stretchable organic transistor integrated circuit using elastic conductors", International Meeting on the Chemistry of Nanotubes and Graphene, Arcachon, France, April 11-15th, 2010.
  29. (INVITED) Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, "Foldable and Stretchable Organic Transistor Integrated Circuits", Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium JJ, "JJ: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics", JJ8.1, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
  30. (INVITED) Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Siegfried Bauer, Ken Takeuchi, Makoto Takamiya, and Takayasu Sakurai, "Flexible Organic Floating Gate Transistors for Non-volatile Memory", Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, "II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics", II7.7, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
  31. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Printable Organic Transistor Integrated Circuits for Large-Area Sensors and Actuators", Japan-Finland joint workshop, Functional Materials, Printed Functionality, organized by JST, Kyoto University, March 10-11, 2010.
  32. (INVITED) Takao Someya, Yasushi Takamatsu, and Tsuyoshi Sekitani, "Electronic transport properties of pentacene thin films and transistor channels", 5B.1, The 6<sup>th</sup> International Thin-Film Transistor Conference, Egret Himeji, Hyogo, Japan, January 28-29, 2010.
  33. (招待講演) 関谷毅、“有機エレクトロニクス”、日本化学会、第 92 春季年会(2012)、特別企画講演:41-分子集合を利用した「柔らかい」電子デバイス、慶応義塾大学、2012 年 3 月 25 日 13:35-14:00
  34. (招待講演) 関谷毅、“有機電子材料を用いたアンビエントエレクトロニクスの進捗と展望”、日本学術振興会 半導体界面制御技術第 154 委員会第79回研究会、キャンパス・イノベーションセンター(CIC)東京、2011 年 11 月 16 日
  35. (招待講演) 関谷毅、“大面積有機光デバイス”、高分子学会 第6回超分子研究会講座「超分子材料による次世代エレクトロニクスデバイス(3)ー表示素子・有機光デバイスの最先端技術ー」、上智大学、2011 年 10 月 28 日
  36. (招待講演) 関谷毅、“有機半導体による超低消費電力回路研究の動向”、電子情報通信学会 シンポジウム VLSI-MEMS 融合で拓くグリーンテクノロジー、北海道大学、2012 年 9 月 15 日
  37. (招待講演) 関谷毅、“顔料物性研究会 研究報告、学士会館(神保町)301会議室、平成 23 年 9 月 6(火) 14 時 00 分~17 時 00 分
  38. (招待講演) 関谷毅、“最先端ディスプレイ開発に関する報告”Society of Information Display (SID) 国内報告会、機械振興会館 地下2階日時:7 月 14 日(木)
  39. (招待講演) 関谷毅、“最先端ディスプレイ開発に関する報告”Society of Information Display (SID) 国内報告会、中之島センター講義室 3 7 月 20 日(水)
  40. (招待講演) 関谷毅、“デジタルファブ리케이션と大面積エレクトロニクス”日本画像学会技術講習会、デジタルファブ리케이션、学術総合センター、東京都千代田区、2011 年 7 月 8 日

41. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“高精細印刷技術を用いたフレキシブルエレクトロニクス”電子材料委員会主催、第75回半導体集積回路技術シンポジウム、早稲田大学西早稲田キャンパス、2011年7月8日
42. (招待講演) 関谷毅、染谷隆夫、“アンビエントエレクトロニクス” SEMI Forum Japan(SFJ) 2011、グランキューブ大阪(大阪国際会議場)、2011年5月31日
43. (招待講演) 関谷毅、“フレキシブル・プリンテッドエレクトロニクス”電子セラミック・プロセス研究会第131回研究会、横浜市技能文化会館(関内)、2011年4月9日
44. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, “Ambient Electronics Using Organic Integrated Circuits”, 13th Printed Wiring Boards Expo, Session: Front-line Technology of Further Developing Printed Electronics, Tokyo Big Sight, Tokyo, Japan, Jan. 19 (2012).
45. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Large-area, ultraflexible organic integrated circuits for bio/medical sensor applications”, E-MRS 2012 Spring Meeting, Congress Center – Strasbourg, France, May 14-18, 2012
46. (INVITED) Tsung-Ching Huang, Koichi Ishida, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, “A Floating-Gate OTFT-Driven AMOLED Pixel Circuit for Variation and Degradation Compensation in Large-Sized Flexible Displays”, The 18th International Display Workshops (IDW), Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, Dec. 7-9, 2011.
47. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Ultraflexible organic integrated circuits for bio/medical sensors”, Session: Flexible Displays (FLX), The 18th International Display Workshops (IDW), Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, Dec. 7-9, 2011.
48. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “A Large-Area, Flexible Active Matrix Display Circuit Using High-Definition Screen Printing”, Session: OLED Displays and Related Technologies (OLED), The 18th International Display Workshops (IDW), Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, Dec. 7-9, 2011.
49. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “High-definition, High-speed Printing for Large-area, Organic Integrated Circuits”, Material Research Society (MRS) Fall meeting, Symposium T: large-area processing and patterning for active optical and electronic devices II, Hynes Convention Center, Boston, MA, November 28 – December 2, 2011.
50. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, “Ultraflexible, heat-resistant, large-area organic transistor integrated circuits for sensors and medical applications”, Material Research Society (MRS) Fall meeting, Symposium R: Compliant electronics and phononics, Hynes Convention Center, Boston, MA, November 28 – December 2, 2011.
51. (INVITED) Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, and Hagen Klauk “Subfemtoliter Inkjets and Organic Transistor Integrated Circuits for Low Voltage, Large Gain, High-Speed Operation”, Material Research Society (MRS) Fall meeting, Symposium U: Charge Generation/Transport in Organic Semiconductor Materials, Hynes Convention Center, Boston, MA, November 28 – December 2, 2011.
52. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Stretchable and Foldable and Organic Integrated Circuits for Robotics and Medical Sensor Applications”, 24th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS24) Nara, Japan, August 21-26, 2011
53. (INVITED) Wen Liu, Juin J. Liou, Kazunori Kuribara, Kenjiro Fukuda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Study of Organic Thin-Film Transistors under Electrostatic Discharge Stresses”, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT) 2011., Suntec, Singapore, June 26th to July 1st, 2011.
54. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, “Ultraflexible CMOS for ambient electronics”, SPIE meeting, San Diego August 2011.
55. (KEYNOTE ADDRESS) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, “Ultraflexible and Stretchable

- Organic Transistor Active Matrix for Displays and Sensors”, The Eighteenth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AMFPD2011), Ryukoku University Avanti Kyoto Hall, Kyoto, Japan, July 11-13, 2011
56. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Not yet decided”, the Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR) 2011., Jeju International Convention Center, Jeju, South Korea, June 27th to July 1st, 2011.
  57. (INVITED) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, “Foldable and Stretchable Organic Integrated Circuits for Robotics and Medical Sensor Applications”, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Suntec, Singapore, 26 June to 1 July, 2011.
  58. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Stretchable and foldable electronics”, 2011 CMOS Emerging Technologies Workshop, Hilton Resort and Spa, Whistler, BC, Canada, June 15-17, 2011.
  59. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Printed Organic Transistors for Ultraflexible and Stretchable Electronics”, Session: Printed Devices and Large Area Interconnect Technologies for New Electronics, 2011 Electronic Components and Technology Conference (ECTC), Lake Buena Vista, Florida USA, May31 -June 3, 2011.
  60. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Stretchable and foldable displays using organic transistors with high mechanical stability”, the Society for Information Display (SID), Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California USA, May 15, 2010.
  61. (INVITED) Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani “Stretchable and foldable integrated circuits”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium NN, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25-29, 2011.
  62. (INVITED) Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Organic Integrated Circuits using High-Definition Screen Printing”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium T, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25-29, 2011.
  63. (INVITED) Koichi. Ishida, Tsung-Ching Huang, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya Takao Someya, and Takayasu Sakurai, “Large-Area Flexible Electronics with Organic Transistors,” IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, Seoul, Korea, pp. 1-4, Aug. 2011.

②口頭発表 (国内会議 38 件、国際会議 32 件)

1. Tsuyoshi Sekitani, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, Kenji Hata, and Takao Someya, Stretchable, “Large-area Active Matrix Organic Light-emitting Diode Display Using Printable Elastic Conductors”, 11:15 AM D8.8, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium D: Organic Materials for Printable Thin-Film Electronic Devices, Boston, MA, November 30-December 4, 2009.
2. 野口儀晃, 横田知之, 関谷毅, 染谷隆夫, “インクジェット印刷による有機トランジスタ電極の微細化と高速動作”, 電子通信学会 有機エレクトロニクス研究会 (OME), 109, p13, 機械振興会館, 東京(2010), 2010-01
3. Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Optimization of lengths of alkyl chain for low-operating organic transistors using self-assembled monolayers as gate dielectric layers”, International Symposium on Quantum Nanophotonics and Nanoelectronics, The University of Tokyo, Tokyo, Japan (2009), 2009.11
4. Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Shinya Takatani, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Electrical and



- Mechanical Stabilities on 2V-Operational Flexible Organic Transistors with a Self-Assembled Monolayer”, Material Research Society Fall Meeting, C5.3, Hynes Convention Center | Sheraton Boston Hotel Boston, MA, USA (2009), 2009.12
5. Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Alkyl chain length dependence on organic transistors with self-assembled monolayers”, the 6th International Thin-film Transistor Conference, St8, Egret Himeji, Himeji, Hyogo, Japan (2010), 2010.01
  6. Tsuyoshi Sekitani, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, Kenji Hata, Takao Someya, “Stretchable organic transistor active matrix”, The 6th International Thin-Film Transistor Conference, Egret Himeji, Hyogo, Japan, January 28–29, 2010.
  7. 福田憲二郎, 栗原一徳, 横田知之, 高谷慎也, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, “自己組織化単分子絶縁膜を用いた低電圧駆動有機トランジスタの電氣的・機械的安定性”, 2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会, 18p-ZM-4, 東海大学, 神奈川 (2010), 2010.03
  8. 内山直哉, 関谷毅, 山本達也, 瀧宮和男, Zschieschang Ute, Klauk Hagen, 染谷隆夫, “自己組織化単分子絶縁膜上の DNTT トランジスタの温度特性と大気安定性”, 電子通信学会有機エレクトロニクス研究会 (OME) 機械振興会館, 東京, 信学技報 Vol. 109, No. 359, p27, 2010.01
  9. 横田知之, 関谷毅, 中川隆, 竹内健, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 高宮真, 桜井貴康, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を用いた有機不揮発性メモリトランジスタの作製”, 2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会, 18p-ZM-4, 東海大学, 神奈川 (2010), 2010.03
  10. 中川隆, 横田知之, 関谷毅, 竹内健, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を用いた有機不揮発性メモリの作製と閾値制御”, 電子情報通信学会. 有機エレクトロニクス研究会 (OME), #2, p7, 機会振興会館, 東京, 2010 年 1 月 12 日 (2010), 2010.01
  11. 中川隆, 横田知之, 関谷毅, 竹内健, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いた有機浮遊ゲート型メモリトランジスタの閾値制御”, 2010 年春季第 57 回応用物理学学会 (2010 春), 18p-ZM-3, 東海大, 2009 年 3 月 17 日 (2010), 2010.03
1. (口頭発表) 福田憲二郎, 栗原一徳, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 杉野卓司, 安積欣志, 池田征明, 桑原博一, 山本達也, 瀧宮和男, 福島孝典, 相田卓三, 染谷隆夫, “SAM 絶縁膜有機 TFT とカーボンナノチューブアクチュエータ集積化による 4V 駆動点字ディスプレイ”, 2010 年 第 71 回 応用物理学学会学術講演会, 長崎大学, 2010 年 9 月 14 日~17 日.
  2. (口頭発表) 栗原一徳, 内山直哉, 福田憲二郎, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を自己組織化単分子膜を用いた有機浮遊ゲートメモリトランジスタのゲート型有機浮遊ゲート型メモリトランジスタの絶縁膜構造とメモリ性能”, 2010 年 第 71 回 応用物理学学会学術講演会, 長崎大学, 2010 年 9 月 14 日~17 日.
  3. (口頭発表) 横田知之, 野口儀晃, 関谷毅, 加藤祐作, 染谷隆夫, “サブフェムトリッターインクジェットを用いた有機集積回路”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、電子ディスプレイ研究会、情報ディスプレイ研究会共同開催、機械振興会館地下 3 階 2 号室、東京、2010 年 7 月 12 日
  4. (口頭発表) 福田憲二郎, 栗原一徳, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を用いた低電圧駆動有機集積回路”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、電子ディスプレイ研究会、情報ディスプレイ研究会

- 共同開催、機械振興会館地下3階2号室、東京、2010年7月12日。
5. (口頭発表) 石田光一, 増永直樹, 高橋 亮, 関谷 毅, 志野成樹, ツィーシャングウテ, クラークハーゲン, 高宮 真, 染谷隆夫, 桜井貴康, “2V有機CMOS回路とインクジェット印刷配線を用いたユーザ・カスタマイザブル・ロジック・ペーパー”、情報センシング研究会 (ITE-IST)、常翔学園大阪センター、2010年7月22日(木)-7月23日(金)。
  6. (口頭発表) 染谷隆夫, “大面積フレキシブルエレクトロニクスの新展開”、東京大学グローバルCOE「セキュアライフ・エレクトロニクス」シンポジウム、東京大学本郷キャンパス 弥生講堂一条ホール、2010年11月16日。
  7. (ORAL) Hiroyuki Endoh, Fumiyuki Nihey, Hideaki Numata, Kazuki Ihara, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, “Print Fabrication and Characterization of CNT Transistors on Plastic Films.”, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29-December 3, 2010.
  8. (ORAL) Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takushi Sugino, Kinji Asaka, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, and Takao Someya, “4-V operational Braille display using low operational organic TFTs and carbon nanotube based actuator”, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29-December 3, 2010.
  9. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Kenjiro Fukuda, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, and Takao Someya, “Subfemtoliter inkjet for 3-V operation, high mobility organic transistors”, Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29-December 3, 2010.
  10. (ORAL) Ute Zschieschang, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Hagen Klauk, “Low-Voltage Organic Transistors with Improved Stability”, Session “Active-Matrix Devices” IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010, KINTEX, Seoul, Korea, Oct.10-15, 2010.
  11. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Koichi Ishida, Naoki Masunaga, Ryo Takahashi, Shigeki Shino, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Organic CMOS Logic Papers with In-Field User Customizability”, 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22-24, 2010.
  12. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Yoshiaki Noguchi, Yusaku Kato, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, “Organic transistors and circuits with parylene gate dielectric manufactured using subfemtoliter inkjet”, 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22-24, 2010.
  13. (ORAL) Kenjiro Fukuda, Naoya Uchiyama, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, and Takao Someya, “3 V-driven flexible organic transistors with mobility exceeding  $2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ”, 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22-24, 2010.
  14. (ORAL) Kazunori Kuribara, Takashi Nakagawa, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takao Someya, Tatsuya Yamamoto, and Kazuo Takimiya, “Oxygen Plasma Process of Self-assembled Monolayer Gate

- Dielectric for 2-V Operation High-mobility Organic TFT”, 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22-24, 2010.
15. (ORAL) Ute Zschieschang, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, and Hagen Klauk, “Flexible Low-voltage Organic Transistors and Circuits Based on an Air-stable, High-mobility Conjugated Semiconductor”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics”, II7.12, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
  16. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Koichi Ishida, Naoki Masunaga, Ryo Takahashi, Shigeki Shino, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Organic CMOS Logic Papers Customized using At-home Inkjet”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics”, II3.5, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
  17. (ORAL) K. Ishida, N. Masunaga, R. Takahashi, T. Sekitani, S. Shino, U. Zschieschang, H. Klauk, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai, “User Customizable Logic Paper (UCLP) with Organic Sea-of-Transmission-Gates (SOTG) Architecture and Ink-Jet Printed Interconnects,” IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), San Francisco, USA, pp. 138-139, Feb. 2010. (DOI: 10.1109/ISSCC.2010.5434015)
  18. (口頭発表) 福田憲二郎, 栗原一徳, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 杉野卓司, 安積欣志, 池田征明, 桑原博一, 山本達也, 瀧宮和男, 福島孝典, 相田卓三, 染谷隆夫, “SAM 絶縁膜有機 TFT とカーボンナノチューブアクチュエータ集積化による 4V 駆動点字ディスプレイ”, 2010 年 第 71 回 応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010 年 9 月 14 日~17 日.
  19. (口頭発表) 栗原一徳, 内山直哉, 福田憲二郎, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を自己組織化単分子膜を用いた有機浮遊ゲートメモリトランジスタのゲート型有機浮遊ゲート型メモリトランジスタの絶縁膜構造とメモリ性能”, 2010 年 第 71 回 応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010 年 9 月 14 日~17 日.
  20. (口頭発表) 横田知之, 野口儀晃, 関谷毅, 加藤祐作, 染谷隆夫, “サブフェムトリッターインクジェットを用いた有機集積回路”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、電子ディスプレイ研究会、情報ディスプレイ研究会共同開催、機械振興会館地下 3 階 2 号室、東京、2010 年 7 月 12 日
  21. (口頭発表) 福田憲二郎, 栗原一徳, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, “自己組織化単分子膜を用いた低電圧駆動有機集積回路”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、電子ディスプレイ研究会、情報ディスプレイ研究会共同開催、機械振興会館地下 3 階 2 号室、東京、2010 年 7 月 12 日.
  22. (口頭発表) 石田光一, 増永直樹, 高橋 亮, 関谷毅, 志野成樹, ツィーシャングウテ, クラークハーゲン, 高宮 真, 染谷隆夫, 桜井貴康, “2V 有機 CMOS 回路とインクジェット印刷配線を用いたユーザ・カスタマイザブル・ロジック・ペーパー”、情報センシング研究会 (ITE-IST)、常翔学園大阪センター、2010 年 7 月 22 日(木)-7 月 23 日(金).
  23. (口頭発表) 染谷隆夫, “大面積フレキシブルエレクトロニクスの新展開”、東京大学グローバル COE 「セキュアライフ・エレクトロニクス」シンポジウム、東京大学本郷キャンパス 弥生講堂一条ホール、2010 年 11 月 16 日.
  24. (ORAL) Hiroyuki Endoh, Fumiyuki Nihey, Hideaki Numata, Kazuki Ihara, Tsuyoshi

- Sekitani, Takao Someya, “Print Fabrication and Characterization of CNT Transistors on Plastic Films.” , Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29–December 3, 2010.
25. (ORAL) Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takushi Sugino, Kinji Asaka, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, and Takao Someya, “4-V operational Braille display using low operational organic TFTs and carbon nanotube based actuator” , Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29–December 3, 2010.
  26. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Kenjiro Fukuda, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, and Takao Someya, “Subfemtoliter inkjet for 3-V operation, high mobility organic transistors” , Material Research Society (MRS) Fall Meeting Symposium F: Low temperature thin film transistors, Boston, MA, November 29–December 3, 2010.
  27. (ORAL) Ute Zschieschang, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Hagen Klauk, “Low-Voltage Organic Transistors with Improved Stability” , Session “Active-Matrix Devices” IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010, KINTEX, Seoul, Korea, Oct.10–15, 2010.
  28. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Koichi Ishida, Naoki Masunaga, Ryo Takahashi, Shigeki Shino, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Organic CMOS Logic Papers with In-Field User Customizability” , 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22–24, 2010.
  29. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Yoshiaki Noguchi, Yusaku Kato, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, “Organic transistors and circuits with parylene gate dielectric manufactured using subfemtoliter inkjet” , 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22–24, 2010.
  30. (ORAL) Kenjiro Fukuda, Naoya Uchiyama, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, and Takao Someya, “3 V-driven flexible organic transistors with mobility exceeding 2 cm<sup>2</sup>/Vs” , 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22–24, 2010.
  31. (ORAL) Kazunori Kuribara, Takashi Nakagawa, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Takao Someya, Tatsuya Yamamoto, and Kazuo Takimiya, “Oxygen Plasma Process of Self-assembled Monolayer Gate Dielectric for 2-V Operation High-mobility Organic TFT” , 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2010) The University of Tokyo, Tokyo, Japan, September 22–24, 2010.
  32. (ORAL) Ute Zschieschang, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, and Hagen Klauk, “Flexible Low-voltage Organic Transistors and Circuits Based on an Air-stable, High-mobility Conjugated Semiconductor” , Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics” , II7.12, Moscone West Convention Center, San Francisco, U. S. A, Apr. 5–9, 2010.

33. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Koichi Ishida, Naoki Masunaga, Ryo Takahashi, Shigeki Shino, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, "Organic CMOS Logic Papers Customized using At-home Inkjet", Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, "II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics", II3.5, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
34. (ORAL) K. Ishida, N. Masunaga, R. Takahashi, T. Sekitani, S. Shino, U. Zschieschang, H. Klauk, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai, "User Customizable Logic Paper (UCLP) with Organic Sea-of-Transmission-Gates (SOTG) Architecture and Ink-Jet Printed Interconnects," IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), San Francisco, USA, pp. 138-139, Feb. 2010. (DOI: 10.1109/ISSCC.2010.5434015)
35. (口頭発表) 横田知之, 関谷毅, 中川隆, 野口儀晃, 竹内健, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, フローティングゲート構造を用いた低電圧駆動 CMOS インバータの閾値電圧制御, 2011 年秋季第 72 回応用物理学学術講演会, 2a-R-10, 山形大学, 山形, 2011 年 9 月 2 日(2011)
36. (口頭発表) 加藤裕, 関谷毅, 横田知之, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 染谷隆夫, 形状記憶フィルム基板上への 3V 駆動有機トランジスタの作製と回路応用, 2011 年秋季第 72 回応用物理学学術講演会, 31a-R-9, 山形大学, 山形, 2011 年 8 月 31 日(2011)
37. (口頭発表) 平田郁恵, Ute Zschieschang, Frederik Ante, 横田知之, 栗原一徳, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, Hagen Klauk, 関谷毅, 染谷隆夫, スタンプ法による低電圧駆動有機インバータのスイッチ電圧制御, 2011 秋季応用物理学学術講演会, August 2011
38. (口頭発表) 栗原一徳, He Wang, 内山直哉, 福田憲二郎, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Chernojaye, Daniel Fischer, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, Yueh-Lin Loo, 染谷隆夫, "高分子封止膜による有機トランジスタの耐熱性改善", 第 72 回応用物理学学術講演会, 12.9 有機トランジスタ:30a-R-10, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日~9 月 2 日.
39. (口頭発表) 加藤裕, 関谷毅, 横田知之, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 染谷隆夫, "形状記憶フィルム基板上への 3V 駆動有機トランジスタの作製と回路応用", 第 72 回応用物理学学術講演会, 12.9 有機トランジスタ: 31a-R-9, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日~9 月 2 日.
40. (口頭発表) 平田郁恵, Ute Zschieschang, Frederik Ante, 横田知之, 栗原一徳, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, Hagen Klauk, 関谷毅, 染谷隆夫, "スタンプ法による低電圧駆動有機インバータのスイッチ電圧制御", 第 72 回応用物理学学術講演会, 12.9 有機トランジスタ:31a-R-10, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日~9 月 2 日.
41. (口頭発表) 横田知之, 関谷毅, 中川隆, 野口儀晃, 福田憲二郎, 竹内健, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 染谷隆夫, "フローティングゲート構造を用いた低電圧駆動 CMOS インバータの閾値電圧制御", 第 72 回応用物理学学術講演会, 12.9 有機トランジスタ:2a-R-10, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日~9 月 2 日.
42. (口頭発表) 小橋泰之, 福田憲二郎, 横田知之, 栗原一徳, Tsung-ChingHuang, 池田征明, 桑原博一, 山本達也, 瀧宮和男, Kwang-Ting Cheng, 関谷毅, 染谷隆夫, "スクリーン印刷電極を用いた有機擬 CMOS インバータ回路", 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 12.9 有機トランジスタ, 神奈川工科大学, 2011 年 3 月 24~27 日.
43. (口頭発表) 福田憲二郎, Tsung-ChingHuang, 栗原一徳, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 池田征明, 桑原博一, 山本達也, 瀧宮和男, Kwang-Ting Cheng, 染谷隆夫, "2V・高速駆動有機擬 CMOS インバータ回路", 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 12.9 有機トランジスタ, 神奈川工科大学, 2011 年 3 月 24~27 日.
44. (口頭発表) 栗原一徳, 内山直哉, 福田憲二郎, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang,

- Hagen Klauk、山本達也、瀧宮和男、池田征明、桑原博一、染谷隆夫、“自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いた有機トランジスタにおける耐熱性能のアルキル鎖長依存性”、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、12.9 有機トランジスタ、神奈川工科大学、2011年3月24~27日。
45. (口頭発表) 加藤裕、横田知之、関谷毅、栗原一徳、Ute Zschieschang、Hagen Klauk、山本達也、瀧宮和男、池田征明、桑原博一、染谷隆夫、“サブフェムトリッターインクジェットを用いた有機トランジスタの電極焼成プロセス”、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、12.9 有機トランジスタ、神奈川工科大学、2011年3月24~27日。
  46. (口頭発表) 横田知之、野口儀晃、加藤裕、関谷毅、福田憲二郎、中川隆、栗原一徳、Ute Zschieschang、Hagen Klauk、山本達也、瀧宮和男、池田征明、桑原博一、染谷隆夫、“サブフェムトインクジェットを用いた低電圧駆動有機トランジスタと集積回路の作製”、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、12.9 有機トランジスタ、神奈川工科大学、2011年3月24~27日。
  47. (口頭発表) 徳原健富、福田憲二郎、横田知之、関谷毅、染谷隆夫、“多結晶半導体を用いた塗布型有機トランジスタの折り曲げ特性”、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、12.9 有機トランジスタ、神奈川工科大学、2011年3月24~27日。
  48. (口頭発表) 八井崇、栗原一徳、関谷毅、染谷隆夫、野村航、大津元一、“サファイヤ基板の大面積平坦加工”、2011年春季第58回応用物理学関係連合講演会、14.3 プロセス技術・界面制御、神奈川工科大学、2011年3月24~27日。
  49. 加藤裕、関谷毅、横田知之、栗原一徳、Ute Zschieschang、Hagen Klauk、山本達也、瀧宮和男、池田征明、桑原博一、染谷隆夫、“平滑化による形状記憶フィルム上への低電圧駆動有機トランジスタの作製”、2011年電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会(OME)、5、機械振興会館、東京、2011年12月21日(2011)。
  50. 石田光一、黄 琮靖、本田健太郎、関谷毅、中島宏佳、前田博己、高宮 真、染谷隆夫、桜井貴康、“有機CMOS回路を用いた100V AC積算電力計”、電子情報通信学会、信学技報、ICD2011-25, pp. 57-62, 広島、2011年7月22日(2011)
  51. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Takeyoshi Tokuhara, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tsung-Ching, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya “Sheet-type Organic Active Matrix Amplifier System using Vth-Tunable, Pseudo-CMOS Circuits with Floating-gate Structure”, 2011 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), Washington, DC, December 5 - 7, 2011.
  52. (ORAL) Yiyang Zhao, Martin Kaltenbrunner, Tsuyoshi Sekitani, Siegfried Bauer, and Takao Someya, “High performance top-contact organic thin-film-transistors using screen printed source and drain electrodes”, Material Research Society (MRS) Fall meeting, Symposium T: large-area processing and patterning for active optical and electronic devices II, Hynes Convention Center, Boston, MA, November 28 - December 2, 2011.
  53. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Tsung-Ching Huang, Koichi Ishida, Kazuo Takamiya, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Compliant, large-area organic active-matrix LED pixel circuits driven by organic floating-gate transistors”, Material Research Society (MRS) Fall meeting, Symposium R: Compliant electronics and photonics, Hynes Convention Center, Boston, MA, November 28 - December 2, 2011.
  54. (ORAL) Yiyang Zhao, Martin Kaltenbrunner, Tsuyoshi Sekitani, Siegfried Bauer, and Takao Someya, “High performance top-contact organic thin-film-transistors using screen printed source and drain electrodes”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry & Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28-30, 2011
  55. (ORAL) Takeyoshi Tokuhara, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, and Takao Someya, “Bending test of organic TFTs with a soluble polycrystalline semiconductor”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry &

- Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28–30, 2011
56. (ORAL) Yu Kato, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, and Takao Someya, “3V-Operation Organic Transistors on Shape-Memory Film with Polyimide Planarization Layer”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry & Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28–30, 2011
  57. (ORAL) Ikue Hirata, Ute Zschieschang, Frederik Ante, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, Hagen Klauk, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, “Spatial Control of the Threshold Voltage of Low-Voltage Organic Transistors by Microcontact Printing of Alkyl- and Fluoroalkyl-phosphonic Acids”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry & Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28–30, 2011
  58. (ORAL) Kazunori Kuribara, Takashi Nakagawa, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, and Takao Someya, “Oxygen Plasma Process of Self-assembled Monolayer Gate Dielectric for 2-V Operation High-mobility Organic TFT”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry & Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28–30, 2011
  59. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Takashi Nakagawa, Yoshiaki Noguchi, Ken Takeuchi, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Control of switching voltage of low operated organic complementary inverter using by floating gate structure”, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Aichi Industry & Labor Center (WINC AICHI), Nagoya, Japan, September 28–30, 2011
  60. (ORAL) Ute Zschieschang, Nis Hauke Hansen, Jens Pflaum, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Hagen Klauk, “High-Mobility Organic Thin-Film Transistors with Photolithographically Patterned Top Contacts”, Device Research Conference 2011, Univ. of California, Santa Barbara, 20–22 June 2011.
  61. (ORAL) Tsung-Ching Huang, Koichi Ishida, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, “A Floating-Gate-OTFT-driven AM-OLED Pixel Circuit for Variation and Degradation Compensation in Large-Size Flexible Displays”, The Society of Information Display (SID), Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California USA, May 15, 2011.
  62. (ORAL) Kazunori Kuribara, Takao Someya, “Organic Integrated Circuits using High-Definition Screen Printing”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium T, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25–29, 2011.
  63. (ORAL) Tomoyuki Yokota, Takao Someya, “Organic Integrated Circuits using High-Definition Screen Printing”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium T, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25–29, 2011.
  64. 横田知之, 加藤裕, 野口儀晃, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 関谷毅, 染谷隆夫, “サブフェムトリッターインクジェット装置を用いた微細電極の特性評価と低電圧駆動回路応用”, 2012 年春季第 59 回応用物理関係連合講演会, 17a-F9-8, 早稲田大学, 東京, March 2012
  65. 加藤裕, 横田知之, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 瀧宮和男, 関谷毅, 染谷隆夫, “シルクフィブロイン上への有機トランジスタの作製と集積回路応用”, 2012 年春季第 59 回応用物理関係連合講演会, 17p-F9-6, 早稲田大学, 東京, 2012 年 3 月 17 日 (2012)

66. 平田郁恵, Ute Zschieschang, Frederik Ante, 横田知之, 栗原一徳, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, Hagen Klauk, 関谷毅, 染谷隆夫, "スタンプ法による自己組織化単分子膜の観察と高解像度局所制御", 2012 年春季第 59 回応用物理関係連合講演会, 17p-F9-6, 早稲田大学, 東京, 2012 年 3 月 17 日 (2012)
67. 徳原健富、横田知之、中川隆、山本達也、瀧宮和男、池田征明、桑原博一、関谷毅、染谷隆夫, "共通フローティングゲートキャパシタを用いたフレキシブル有機トランジスタの閾値電圧制御", 2012 年春季第 59 回応用物理学学術講演会, 早稲田大学, 東京, 2012 年 3 月 17 日 (2012)
68. (ORAL) Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Takao Someya, "Simultaneous characterization of mechanical and electrical performances for ultraflexible and stretchable organic integrated circuits", IEEE 2012 The International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS), San Diego, CA, USA, March 19-22 (2012).
69. (ORAL) Koichi Ishida, Tsung-Ching Huang, Kentaro Honda, Yasuhiro Shinozuka, Hiroshi Fuketa, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Gregory Tortissier, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Hiroshi Toshiyoshi, Takao Someya, and Takayasu Sakurai. "Insole Pedometer with Piezoelectric Energy Harvester and 2-V Organic Digital and Analog Circuits", 2012 International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Session 18: INNOVATIVE CIRCUITS IN EMERGING TECHNOLOGIES, #18-1, San Francisco, CA, USA, Feb. 22 (2012).
70. (ORAL) Takeyoshi Tokuhara, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, and Takao Someya, "Characterization of Organic Transistors with a Self-Organizing Polycrystalline Semiconductor", 1st International Symposium on Self-Organizing Molecular Semiconductors, University of Tokyo, Tokyo, February 2012

③ポスター発表 (国内会議 3 件、国際会議 10 件)

1. Tomoyuki Yokota, Yusaku Kato, Yoshiaki Noguchi, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, "Organic transistors with parylene gate dielectric by subfemtoliter inkjet", International Symposium on Quantum Nanophotonics and Nanoelectronics (ISQNN), WeP-5, University of Tokyo, Japan, 2009, 2009.11
2. Yoshiaki Noguchi, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, and Takao Someya, "3-Stage Organic Complementary Ring Oscillators Using Inkjet Technologies with Subfemtoliter Accuracy "The 6th International Thin-Film Transistor Conference (ITC10), P40, Egret Himeji, Hyogo, Japan, JANUARY 28 (THU) - 29 (FRI), 2010.01
3. Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Takashi Nakagawa, Ken Takeuchi, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Makoto Takamiya, Takayasu. Sakurai, and Takao Someya, "Manufacturing Process of Organic Non-volatile Memory Transistors Using Self-Assembled Monolayer", 2010 The 6th International Thin-Film Transistor Conference (ITC10), P34, Egret Himeji, Hyogo, Japan, 2010, 2010.01
4. N. Uchiyama, T. Sekitani, T. Yamamoto, K. Takimiya, U. Zschieschang, H. Klauk and T. Someya, "3-V Operation of Organic Transistors with Mobility of  $1.8 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ", The 6th International Thin-Film Transistor Conference (ITC10), P35, Egret Himeji, Hyogo, Japan, 2010.01
5. Takashi Nakagawa, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ken Takeuchi, Ute Zschieschang\*, Hagen Klauk\* and Takao Someya, "Threshold-voltage control of organic nonvolatile memory transistors", 2010 International Thin Film Transistors Conference (ITC'10), 3.4, p33, Hyogo University, Tokyo, January 28-29 (2010), 2010.01
6. (ポスター発表) 横田知之, 野口儀晃, 関谷毅, 加藤祐作, 染谷隆夫, "サブフェムト



インクジェットによる有機トランジスタと集積回路の作製”，2010年 第71回 応用物理学会学術講演会，長崎大学，2010年9月14日-17日。

7. (ポスター発表) 栗原一徳, 内山直哉, 福田憲二郎, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 山本達也, 瀧宮和男, 池田征明, 桑原博一, 染谷隆夫, “ジナフト-[2,3-b:2,3-f]-チエノ-[3,2-b]-チオフェン (DNFT) を用いた有機トランジスタの耐熱性能”, 2010年 第71回 応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010年9月14日-17日.
8. (POSTER) Kenjiro Fukuda, Kazunori Kuribara, Tomoyuki Yokota, Takanori Hamamoto, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Structural optimization of self-assembled monolayers for organic transistors”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics”, II6.34, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
9. (POSTER) Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Takashi Nakagawa, Ken Takeuchi, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Self-assembled Hetero-structure for Organic Non-volatile Memory Transistors”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics”, II6.47, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
10. (POSTER) Kazunori Kuribara, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya, “Thermal stability of organic transistors with self-assembled monolayer dielectrics”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium II, “II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics”, II9.76, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 5-9, 2010.
11. (ポスター発表) 本田健太郎, 石田光一, 黄宗靖, 関谷毅, 高宮真, 染谷隆夫, 桜井貴康, “20V 有機 CMOS オペアンプにおけるフローティングゲートを利用したプロセスばらつき補正技術の提案と実証”, 2011年 電子情報通信学会 総合大会, 東京都市大学, 2011年3月14日~17日.
12. (POSTER) Kenjiro Fukuda, Takao Someya, “Organic Integrated Circuits using High-Definition Screen Printing”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium T, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25-29, 2011.
13. (POSTER) Tsuyoshi Sekitani, Koichi Ishida, Tsung-Ching Huang, Kentaro Honda, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya, “Power Meter System Integrating 100-V Organic PMOS Rectifier with 20-V Organic CMOS Digital and Analog Circuits”, Material Research Society (MRS) Spring Meeting, Symposium T, “Low-Temperature-Processed Thin-Film Transistors”, Moscone West Convention Center, San Francisco, U.S.A, Apr. 25-29, 2011.

#### (4)知財出願

- ① 国内出願 (0件)
- ② 海外出願 (0件)
- ③ その他の知的財産権 (なし)

#### (5)受賞・報道等

##### ①賞

1. 染谷隆夫, 日本 IBM 賞 (日本 IBM, 2009年11月28日)

2. 第13回エレクトロニクスソサエティ賞, 電子情報通信学会, 2010.9.15., 染谷隆夫 (東京大学工学系研究科電気工学専攻、教授)
3. 第9回ドコモ・モバイル・サイエンス賞, ドコモ, 2010.10.15, 染谷隆夫 (東京大学工学系研究科電気工学専攻、教授)
4. 第8回 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会奨励賞, 受賞テーマ: 機械的特性に優れた大面積有機エレクトロニクス, 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会, 2010.09, 関谷毅 (東京大学工学系研究科電気工学専攻、講師)
5. 第1回電子情報通信学会電子ディスプレイ先導研究開発賞, 受賞テーマ: >「自己組織化単分子膜を用いた低電圧駆動有機集積回路」, 電子情報通信学会電子ディスプレイ研究専門委員会 (EID), 2010.7.12., 福田憲二郎・栗原一徳・関谷毅・染谷隆夫 (東京大学)・Ute Zschieschang・Hagen Klauk (マックス・プランク研究所)
6. 2009 Paul Rappaport Award (2009年 IEEE Transactions on Electron Devices, (T-ED) におけるベストペーパーに選ばれた。), 受賞テーマ: Printed Nonvolatile Memory for a Sheet-Type Communication System, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.: IEEE, 2010, 関谷毅 (東京大学工学系研究科電気工学専攻、講師)
7. Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya, IEEE EDS Japan Chapter Student Award (IEDM), Dec. 2011, IEEE EDS Chapter
8. Yusaku Kato, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Yasutaka Sakurai, Takao Someya, 2010 IEEE Paul Rappaport Award, Dec. 2011, IEEE Paul Rappaport
9. 本田健太郎、石田光一、黄 琮靖、関谷 毅、中島宏佳、前田博巳、高宮 真、染谷隆夫、桜井貴康、IEEE SSCS Kansai Chapter Academic Research Award、2011年5月18日、IEEE SSCS Kansai Chapter

#### ②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 日本経済新聞, 2010年11月9日, 「ウルトラフレキシブルな有機トランジスタを開発」
2. 日本経済新聞 on Web, 2010年11月9日, 「ウルトラフレキシブルな有機トランジスタを開発」
3. 毎日新聞 on Web, 2010年11月9日, 「ウルトラフレキシブルな有機トランジスタを開発」
4. 日経エレクトロニクス on Web, 2010年11月9日, 「ウルトラフレキシブルな有機トランジスタを開発」

#### ③その他

1. 2010年 SSDM 記者会見にて「ご家庭用プリンターでカスタマイズできる有機 CMOS 論理回路“紙”」が紹介された

### 社会還元的な展開活動

印刷技術を用いた有機半導体デバイスの応用において、NatureやScienceでの採択に示される技術発展への貢献と、それらに関する受賞 (IEEE Paul Rappaport Award 2009、2010 など)、関連学会における組織委員や評価委員兼務 (MRS、エレクトロニクス実装学会など) など、技術開発から社会還元まで貢献している。

具体的には、MRSの委員であり、世界の材料開発の動向調査に深く関わっている。また、エレクトロニクス実装学会などの委員では、日本の得意分野を国際的に成長させるべく、国内でも活動している。

プリントエレクトロニクス技術の構築において、材料・設備・プロセスと広範囲にわたる技術の集約を目的とし、エレクトロニクスメーカー、印刷メーカー、装置メーカー、材料メーカーなどの業種横断的な企業が集い、産業技術総合研究所とともに当該技術開発を集中的に行う「次世代プリントエレクトロニクス技術研究組合」(JAPER)を立ち上げた。本技術の早期実用化を推進している。

## § 6 研究期間中の活動

### 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
2011年11月 10日(木) 13時~16時 30分(12時 30分開場)	公開研究会「プリントエレクトロニクスの将来展望」Future Prospects of Printed Electronics	東京大学本郷キャンパス 工学部 8号館83講義室	180	講演者： Karl Leo (Technische Universität Dresden, Germany) Kee-Hyun Shin (Konkuk University, Korea) Takao Someya (University of Tokyo, JAPER, Japan)

## §7 結び

CRESTによるサポートのお陰で、先駆的な研究に打ち込め、充実した成果を上げることができました。設備をはじめ、スタッフの充実を図ることができたことも、輝かしい成果を短期間に得られた一因です。日本のコア技術となる印刷技術に基づき、フレキシブルエレクトロニクス的发展を掲げ、今後の更なる発展への足がかりを作ることができたと確信しております。これらを鑑み、自己評価は5と考えております。

