

# PE レポート



No.5

2011 年 4 月

プリンテッド・エレクトロニクス研究会

<http://www.eco.sanken.osaka-u.ac.jp/pe/index.html>

掲載記事などの無断転載ならびに一般公開はご遠慮下さい。

## PE レポート No.5

## 目次

## 国際・国内イベントレポート

nano tech 2011 に参加して

坂元 創一 4

第 25 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会に参加して

徳野 剛大 14

## 論文紹介

16-24

紙面上に直接描画、フレキシブルな銀印刷配線の作製

Journal of Materials Chemistry (2011)

フッ素化ポリマーを用いた変換効率 7 % の太陽電池

Journal of the American Chemical Society(2011)

薄膜の熱処理で分子のアルキル基を切断してトランジスタ特性が向上

Journal of the American Chemical Society (2011)

常温で瞬間焼結、銀ナノ粒子薄膜の新製法

Journal of Materials Chemistry (2011)

高い出力密度とエネルギー密度を持った柔軟な擬似コンデンサ電極の作製

ACS Nano (2011)

CNT、グラフェン、金属ナノ構造を用いた次世代透明導電膜に関する総説

Advanced Materials (2011)

高導電性PEDOT:PSS電極を用いたITOフリー有機太陽電池

Advanced Functional Materials (2011)

塗布法で高性能の有機トランジスタ

Advanced Materials (2011)

様々な基板の状態によるインクドットの変化

Surface and Interface Analysis (2010)

低バンドキャップを有する多用途なポリマー

Advanced Materials(2011)

バイオポリマー基板上へ導電性ポリマー配線の作製

Journal of Materials Chemistry (2011)

導電性ポリマーを用いた高伸縮性のファイバー

Advanced Functional Materials (2011)

多結晶シリコンのプラスチック基板への転写により作製した高性能TFT

Semiconductor Science And Technology (2011)

銀ナノワイヤー透明導電膜を用いてフレキシブル有機EL素子を作製

Advanced Materials (2010)

基板上に受層を形成することで、室温でも焼結が可能

Nanotechnology (2010)

印刷可能な導電性複合材料

ACS Applied Materials & Interfaces (2010)

10nmサイズの銀ナノ粒子を用いた高導電性フィルムの作製

Applied Surface Science (2010)

PE ヘッドライン No.14-17 より

25-32

これまでにメール送信した PE ヘッドライン (No.14-17) を再掲しました。

## 国際・国内イベントレポート

## nano tech 2011 に参加して

東京ビックサイト 東4・5・6ホール 会議棟

2011年2月16-18日

大阪大学産業科学研究所 先端実装材料研究分野

坂元 創一

sakamoto@eco.sanken.osaka-u.ac.jp

2011年2月16日(水)～18日(金)にかけて東京のビックサイトにて「nano tech 2011」(主催:nano tech 実行委員会)と「Printable Electronics 2011」(主催:株式会社 加工技術研究会)が同時開催された。nano tech 2011 は、最先端のモノづくりに欠かすことのできない基盤技術「ナノテクノロジー」に関する世界最大の展示会であり、Printable Electronics 2011 は材料からプロセスそして測定・分析装置までプリンテッドエレクトロニクスに関する総合技術展である。両展示会は、アジア、欧州、米国まで世界各国からのパビリオン出展があった。展示会の規模は500社、800小間であった。3日間を通じての来場者は46502人であった(図1)

nano tech 2011 での注目は、グラフェン・カーボンナノチューブ溶液や透明導電膜、そしてナノ粒子の測定・分析装置といったプリンテッドエレクトロニクスにおいて基礎となる技術、製品であった。また、Printable Electronics 2011 での注目は、インクジェット装置、金属ナノ粒子の低温焼結方法であった。両展示会の中で、プリンテッドエレクトロニクスに必要不可欠であるナノ技術や製品、そしてプリンテッドエレクトロニクスに深い技術や製品について以下に紹介する。nanotech2011 の一部のスペースにプリンテッドエレクトロニクス 2011 ブースが設けられていた。そのブースに特別展示コーナー「未来のプリンタブルエレクトロニクス」が設けられていた(図2)。携帯型情報端末(フレキシブルディスプレイ)(図3)、非接触型充電プレート(図4)、充電式ショルダーバック(有機薄膜太陽電池)(図5)など、将来、プリンタブルエレクトロニクス技術を応用して作製した製品が展示されていた。



図1 nano tech 2011 の会場の様子



図2 特別展示コーナー

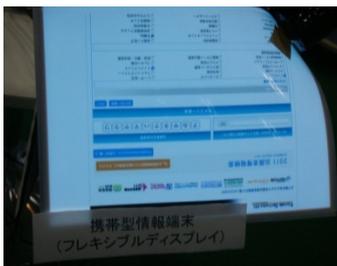


図3 携帯型情報端末



図4 非接触型充電プレート

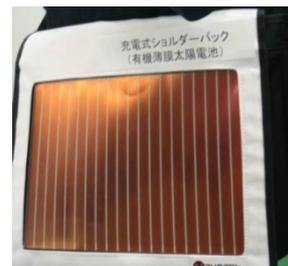


図5 充電式ショルダーバック

**新日鉄化学**

<http://www.nsgc.co.jp/>

<http://www.nsgc.co.jp/english/index.html>

新日鉄化学は、非常に狭い粒径分布を有するニッケルナノ粒子(100nm)、ニッケル銅ナノ粒子(20nm)「i-nanoS」を展示していた(図 6、7)。このニッケルナノ粒子は、均一・急速加熱が可能なマイクロ波照射という独自の技術を用いて作製しており、任意の粒径で合成することが可能である。そのため、積層セラミックコンデンサー用内部電極をはじめとする電極、触媒、磁性材料などの幅広い分野での応用可能である。外部からの加熱を行うと不均一核生成が生じ、粒径分布の広い金属ナノ粒子が生成されるが、マイクロ波による加熱は、分子を短時間で均一に内部から加熱できるため、同時核生成が生じ、粒径分布の狭い金属ナノ粒子が生成される。



図 6 ニッケルナノ粒子(100nm)



図 7 ニッケル銅ナノ粒子(100nm)

**QuantumSphere Inc. (アメリカ合衆国)**

<http://www.qsinano.com/>

QuantumSphere Inc. (QSI)は、パラジウムナノ粒子(図 8)と、それを用いた Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)用 Membrane Electrode Assembly (MEA)を展示していた(図 9)。DMFCとはモバイル電源として用いられるメタノール直接型燃料電池であり、MEAとはその燃料電池の心臓部でもある膜電極接合体である。

パラジウムナノ粒子は独自の Gas Phase Condensation (GPC 法)によって製造された金属ナノ粒子である。GPC 法は粒子サイズ、表面酸化層の厚みを自在にコントロールすることが可能である。QuantumSphere Inc. は、パラジウムの他に鉄、銀、銅、ニッケル、コバルト、マンガンなどの金属ナノ粒子も製造している。

DMFC用MEAは、従来の白金触媒の一部をGPC法によって製造されたパラジウムナノ粒子触媒に置き換えることにより、コスト削減と高出力を可能にした。これは粒子形状、純度などの物理特性に加え、表面積の増大によるものであり、最近の研究結果では  $100\text{mW}/\text{cm}^2$  の高出力を達成している。



図 8 パラジウムナノ粒子



図 9 Direct Methanol Fuel Cell 用 Membrane Electrode Assembly

## ハリマ化成

<http://www.harima.co.jp/>

ハリマ化成は、インクジェット印刷により試作した Single-inline package (SiP) (図 10) と回路を展示していた (図 11)。ハリマ化成は平均粒径 5nm の銀ナノ粒子を含有した銀ナノインクと絶縁性樹脂をインクジェット印刷し、Single-inline package (SiP) を作製した。さらに、金属ナノ粒子を用いたナノペーストをビットマップデータからオンデマンドでインクジェット印刷した、微細回路を作製した。今回の展示では、金ナノ粒子、銀ナノ粒子、銅ナノ粒子を用いたナノペーストを用いた。このインクジェット印刷を用いた金属ナノペーストの印刷技術は、プリント配線板やフレキシブル基板への応用が可能である。

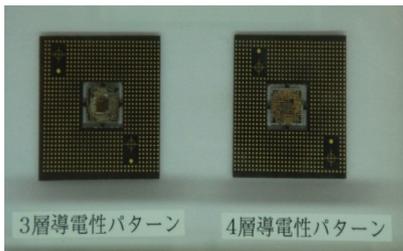


図 10 インクジェット印刷を用いて作製した SiP

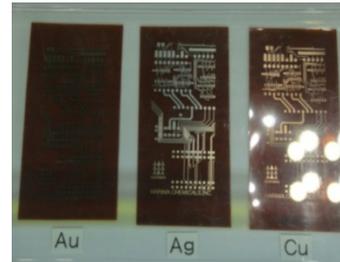


図 11 インクジェット印刷を用いて作製した回路

## 岡山大学異分野融合先端研究コア 金原研究室

[http://rcis.vbl.okayama-u.ac.jp/RCIS/index.php?option=com\\_content&view=article&id=130&Itemid=100](http://rcis.vbl.okayama-u.ac.jp/RCIS/index.php?option=com_content&view=article&id=130&Itemid=100)

金原研究室は、常温で印刷するだけで導通が得られる金属ナノインク溶液を発表した (図 12)。この金ナノ粒子インク溶液は、金ナノ粒子表面の分散剤自体が導電性を持っているため、常温で印刷・乾燥させると、7000S/m の導電性が得られる。溶液は非常に安定で、インクジェットなどのあらゆる印刷プロセスで印刷可能である。また、印刷によって作製した導電回路は、室温・大気下で 1 年以上放置していても、フレキシブル性・導電性は劣化しない。

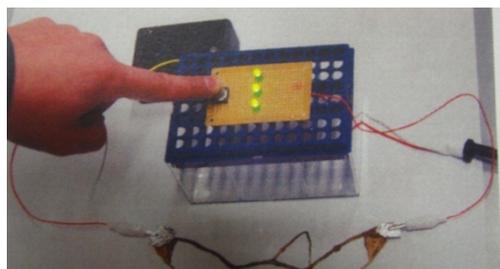


図 12 常温で印刷し、乾燥させて作製した導電回路

## バンドー化学

<http://www.bando.co.jp/>

<http://www.bando.co.jp/english-1/en-nt3.html>

バンドー化学は、低温焼結性金属インク・ペースト (図 13) と、パワーデバイス接合用フローメタルを展示していた (図 14)。低温焼結性金属インク・ペーストには水系、有機溶剤系、そして様々な金属ナノ粒子を用いたインク・ペーストが揃っており、用途・条件に合わせて選択が可能である。低温焼結性金属インク・ペーストの一部を紹介する。SW1000 (40wt%Ag、溶媒: 水、粒径: 20~40nm、焼結温度: 120°C、抵抗率: 8 $\mu\Omega$ cm)、GW1000 (40wt%Au、溶媒: 水、粒径: 5~10nm、焼結温度: 150°C、抵抗率: 10 $\mu\Omega$ cm)、SR4000 (40wt%Ag、溶媒: Alkane、粒径: 20~40nm、焼結温度: 80°C、抵抗率: 13 $\mu\Omega$ cm)、SR5000 (40wt%Ag、溶媒: Alkane、

粒径:30~40nm、焼結温度:150°C、抵抗率:5 $\mu\Omega$ cm)。その他にも Cu ナノ粒子を用いたインクも開発しており、CW1000(40wt%Cu、溶媒:水、粒径:40~70nm、焼結温度:300°C、抵抗率:12 $\mu\Omega$ cm)なども揃っている。パワーデバイス接合用フローメタルは、190°C、1hr 焼結を行うことで、優れた接合性と導電性(13 $\mu\Omega$ cm)を達成している。



図 13 様々な低温焼結性金属インク・ペーストシリーズ、



図 14 パワーデバイス接合用フローメタル

### Applied Nanotech (アメリカ合衆国)

<http://www.appliednanotech.net/>

Applied Nanotech は金属ナノインク、CNT、金属ナノ粒子といったナノ材料を開発しているアメリカの企業である。今回は PET、ポリイミドフィルム、紙などの基板に様々な金属ナノインクを印刷した回路図を展示していた(図 15~18)。太陽電池の配線の Ag ペーストの代替品として新たに開発した Al ナノ粒子を含有した Al ペーストを紹介していた。Al ペーストは従来の Ag ペーストと比較して低温焼結、高導電率を備えている(焼結温度:550°C~940°C、10m $\Omega$ /口以下)。また、スタンダードなスクリーン印刷装置に用いることも可能である。

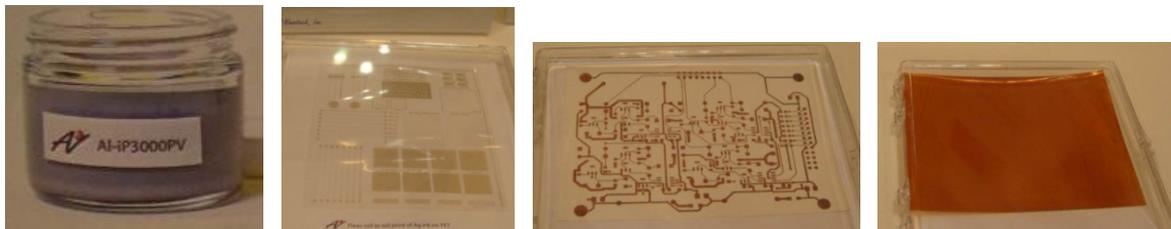


図 15 Al ペースト、図 16PET に銀インク、図 17 ポリイミドへ銅グリッド、図 18 紙へ銅インク

### 山形大学 理学部物質生命化学科 機能性錯体化学研究グループ

<http://www.kschem0.kj.yamagata-u.ac.jp/~kurihara/member.html>

山形大学、機能性錯体化学研究グループは、常温焼結が可能な銀ナノインクを開発し、その研究成果を発表した(図 19)。約 10nm の銀ナノ粒子を水、アミン系を含む数種類の分散剤と混合し、銀ナノインクを作製した。この銀ナノインクをディスペンサーなどで印刷し、室温で1時間ほど放置していると 10<sup>-5</sup> $\Omega$ cm のオーダーの導通が得られる。また、100°Cで焼結を行えば、10<sup>-6</sup> $\Omega$ cm のオーダーの導通が得られる。

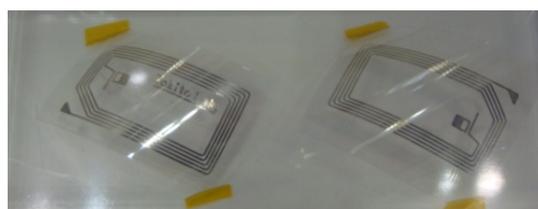


図 19 フィルム基板の上に印刷した銀ナノ粒子の配線パターン

**KH Chemicals (韓国)**

<http://www.khchem.com/>

KH Chemicals は、自社で量産している単層カーボンナノチューブ(SWCNT)「High Purity」、「Easy to Disperse」、「Water Solution」とそれらを PET に塗布して作製した透明導電フィルムを展示していた(図 20～22)。「High Purity」は、純度 80%以上、直径 1.0～1.3nm、長さ 5～50 ミクロンであり、「Easy to Disperse」は水への分散性を向上させた SWCNT であり、「Water Solution」は、「Easy to Disperse」を水に約 0.05%の濃度で分散させたものである。SWCNT「Water Solution」を用いて作製した透明導電フィルムは、透過率 85%、シート抵抗 500Ω/□以下を達成した。



図 20 Water Solution フィルム、図 21 Easy to Disperse フィルム、図 22 Easy to Disperse

**富士フィルム**

<http://fujifilm.jp/>

富士フィルムは ITO 代替を目指した直接パターニング可能な透明導電材料を展示していた(図 23)。この透明導電材料は、レジストを使用せずに露光や剥離できるため、既存の ITO 電極の形成時と比べてパターニングプロセス数が削減できる。タッチ・パネルや太陽電池、電子ペーパーなどの電極への応用を目指している。

開発品は、金属粒子と光反応性樹脂を配合した材料を、レジスト機能を備えた溶媒に分散しているため、フォト・マスクを用いて露光、剥離するだけで配線を形成できる。材料単体での特性はシート抵抗値が 50Ω/□の場合、光透過率が約 96%であり、ITO フィルムと比較して非常に優れた抵抗率と透明性を持つ。溶液タイプとフィルム・タイプの 2 種類を開発しており、溶液タイプを用いれば、立体的な対象物にも透明導電膜のパターニングも可能である。

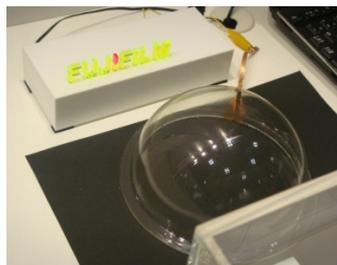


図 23 球状にパターニングされた透明導電膜

**GUNZE**

<http://www.gunze.co.jp/>

<http://www.gunze.co.jp/e/index.html>

GUNZE は Ag ワイヤを利用した透明導電フィルムを開発し、透明導電印刷フィルム「DPT フィルム」を展示していた(図 24、25)。

ゲンゼ独自のインク受容層をフィルム上に設けることで、配線幅 20 $\mu\text{m}$  のよりファインな印刷パターンが実現し、高透明かつ低抵抗な導電フィルムを作製することに成功した。表面抵抗値は、光透過率 78% の場合で 0.5 $\Omega/\square$ 、光透過率 88% の場合で 1.6 $\Omega/\square$  と従来の ITO フィルムと比較しても非常に低い抵抗率を備えている。

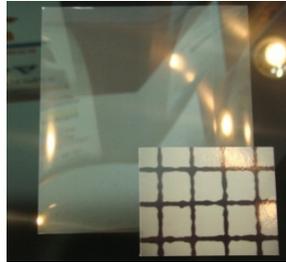


図 24 DPT フィルム、



図 25 受理層なしのフィルム

### 大阪大学 産業科学研究所 菅沼研究室

<http://www.eco.sanken.osaka-u.ac.jp/index.html>

大阪大学、産業科学研究所の菅沼研究室は、ITO の代替品を目指した銀ナノワイヤーを用いて作製した透明導電膜を展示した。(図 26、27)。銀ナノワイヤーをプラスチック基板に塗布し、高フレキシブル性、高透明性、高導電性を併せ持つ銀ナノワイヤー透明導電膜を加熱処理なしで作製した。用いた銀ナノワイヤーの平均直径は 70nm、長さは 8 $\mu\text{m}$  である。作製した透明導電膜をプレス機で 25MPa、5s 圧縮することで、10 $\Omega/\square$  以下、透過率約 80% の特性が得られた。

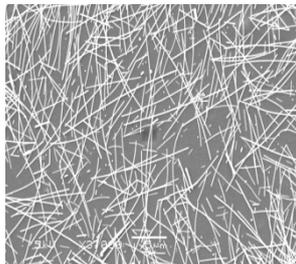


図 26 銀ナノワイヤー、



図 27 透明導電膜

### NIRECO

<http://www.nireco.jp/>

NIRECO は、絵柄検査と無地検査の融合による高度な検査を実現した高分解能パターン検査装置を展示していた。今回の展示会では RFID アンテナのインライン検査デモを実施していた(図 28、29)。

高分解能パターン検査装置は高分解能カメラ(8000 画素、16000 画素)を用い、RFID アンテナなど、微細なパターンで構成される印刷パターンの欠損や短絡、異物などをインラインで検査し、警報を出力する。8000 画素の高分解能カメラを搭載した検査装置の仕様は、最大幅 200mm、ライン速度 42m/min であり、16000 画素の高分解能カメラを搭載した検査装置の仕様は、最大幅 400mm、ライン速度 21m/min である。

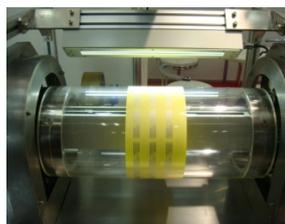


図 28 RFID アンテナの検査様子、



図 29 欠損を見つけた際の警報出力画面

**アフィット**

<http://www.afit.co.jp/>

アフィットは、シート描画向け、高精度インクジェット描画プリンター「KEGON-CS600X」を展示していた(図30～32)。高精度インクジェット描画プリンター「KEGON-CS600X」は、金属ナノインク描画、特殊インクなどを紙、プラスチック、布などの様々な基板に描画できる。また、UV インクにも対応しているため、UV ランプの搭載も可能である。標準モデルはA4サイズの稼働ステージで、オプションとしてヘッドインク吐出観察装置も組み込める。



図 30 KEGON-CS600X、

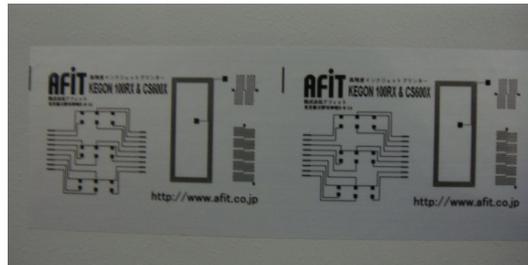


図 31 印刷した回路、



図 32 回路が巻き取れる様子

**三菱化学**

<http://www.m-kagaku.co.jp/>

[http://www.m-kagaku.co.jp/index\\_en.htm](http://www.m-kagaku.co.jp/index_en.htm)

三菱化学は、印刷可能な有機薄膜太陽電池を展示していた(図33)。有機太陽電池は軽量、薄膜、デザインの自由度に特徴がある。これらの特徴はBIPV(建材用太陽電池)のさらなる展開やハイブリットや電気自動車に搭載される太陽電池の応用拡大のキーとなる。三菱化学は、有機薄膜太陽電池でセル変換効率8.5%を達成したことをPV EXPO 2011で発表しており、現時点で世界最高値である。p型半導体とn型半導体の材料の改良ほか、反射防止膜などの光学設計を見直しにより変換効率を向上させた。今後は、2012年度末までに有機薄膜太陽電池モジュールの試験販売を開始し、2015年度以降に本格販売に移行する計画である。

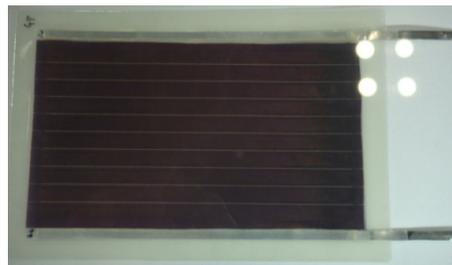


図 33 有機薄膜太陽電池

**三菱商事**

<http://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/index.html>

**TOKKI**

<http://www.tokki.co.jp/index.html>

**産業技術総合研究所**

[http://www.aist.go.jp/index\\_ja.html](http://www.aist.go.jp/index_ja.html)

三菱商事は、TOKKIと産業技術総合研究所と有機薄膜太陽電池を共同開発し、観葉植物型のデザインを採用した有機薄膜太陽電池の試作品を展示していた(図34～36)。

一枚の葉に約7.5cm<sup>2</sup>の太陽電池セルが8個直列に接続されており、合計約60cm<sup>2</sup>の大面积の太陽電池モジュールになっている。このモジュールを極薄膜の保護膜により封止し、劣化の原因となる水・酸素の侵入を防ぎ耐久性を向上させた。プラスチック基板、ナノメートルオーダーのフタロシアニン層とフラーレン層を積層した有機薄膜太陽電池、封止膜の採用によりフレキシブル・カラフル・軽量という画期的な太陽電池モジュールになった。

有機薄膜太陽電池は、軽くて柔らかいといった特徴のほか、鮮やかな色彩を持たせることができ、デザインが重視される用途、すなわち壁や窓向けの建材、衣料・生活用品、レジャー・アウトドア用品、玩具といった分野への応用を目指している。



図 34 フレキシブル太陽電池、図 35 観葉植物型太陽電池、図 36 観葉植物型太陽電池

### ニッポン高度紙工業

<http://www.kodoshi.co.jp/>

<http://www.kodoshi.co.jp/english/index.htm>

ニッポン高度紙工業は、ポリアミドイミド系樹脂 (PAI 樹脂) (図 37、38) と、その PAI 樹脂を用いて作製した Printed Electronics Device on Separator (PEDS) 上に銀ペーストをパターン印刷した試作品を展示していた (図 39)。

PEDS は、電解コンデンサのセパレータとして使われている特殊絶縁紙の両側に PAI 樹脂「SOXR」を各 5 $\mu$ m 塗布、高温乾燥した。PEDS は紙の地合い、柔らかさをほぼそのままに有している。LED 実装や無機 EL への応用を見込んでいる。

「SOXR」には、以下の4種類のラインナップがある。無色透明耐熱性樹脂を溶解した「SOXR-U」は、400nm で85%の透過率を示し、UV、可視光を透過する。多溶解性耐熱樹脂を溶解した「SOXR-M」は、低沸点溶剤にも可溶なため、200 $^{\circ}$ C未満の低温製造プロセスでも使用可能である。また、ほとんどの UV をカットするため、紫外線遮断用途として活用可能である。「SOXR-OB」は、ポリアミド系樹脂 (SOXR) を溶解したスタンダードタイプである。「SOXR-OC」は、SOXR-OB にフィラーを混ぜた黒色インクで低反射率を実現した。



図 37 可溶性ポリアミド、 図 38 可溶性ポリアミド、図 39 可溶性ポリアミドに印刷した銀配線

## ブリヂストン

<http://www.bridgestone.co.jp/index.html>

<http://www.bridgestone.com/index.html>

ブリヂストンは、フレキシブル電子ペーパー「AeroBee」を展示していた(図 40)。「AeroBee」は、粒子と液体の中間的特性を兼ね備えた電子粉流体を用いている。白黒の切り替えは、ピクセルごとに電荷を有した電子粉粒体が移動することで行われ、0.2msec の短時間で切り替え可能である。また、カラー画像は、RGB のカラーフィルターをモノクロ電子ペーパーに重ねることで表現している。



図 40 フレキシブル電子ペーパーAeroBee

## ニューメタルス エンド ケミカルス

<http://www.newmetals.co.jp/index.htm>

ニューメタルス エンド ケミカルスは、複数のグラフェンシートが積み重なったグラフェン・ナノプレートレットと、Density Gradient Ultra-centrifugation (DGU 法)を用いて選択的分離及び量産したナノグラフェン水溶液を展示していた(図 41)。

グラフェン・ナノプレートレットは XG Sciences 社で量産されており、厚さ6~8nm の複数のグラフェンが積み重なっている。グラフェンシートのサイズは5~50 $\mu$ m の範囲で選択可能である。オープンでフラットな形状なため、エッジ部に官能基を導入することで、表面に界面活性剤を施すことによって、マトリックスとの親和性を高めることが可能である。ナノグラフェン水溶液は、Nanointegris 社で量産されており、MONO は1, 2層から構成されており、QUATTRO は3, 4層以上で構成されている。スタンダード濃度は0.05mg/ml である。



図 41 グラフェン・ナノプレートレット、ナノグラフェン水溶液 (MONO)、ナノグラフェン水溶液 (QUATTRO)

## Fraunhofer

<http://www.fraunhofer.jp/jp/index.jsp>

Fraunhofer はナノテクノロジー、材料、エネルギーなど幅広い分野の研究を行なっているドイツに拠点を持つ研究機関であり、太陽電池の配線用ペースト(図 42、43)、印刷によって作製したリチウム高分子電池(図 44)、スクリーン印刷で作製した AlN セラミックス(図 45)など PE に関係する製品を数多く展示していた。



図 42 Side metallization、図 43 Back side metallization、図 44 Lithium polymer batteries、図 45 Screen-printed AlN ceramics

**大阪大学 産業科学研究所 菅沼研究室**

<http://www.eco.sanken.osaka-u.ac.jp/index.html>

**バイエルマテリアルサイエンス**

[http://www.bayermaterialscience.com/internet/global\\_portal\\_cms.nsf/id/home\\_en](http://www.bayermaterialscience.com/internet/global_portal_cms.nsf/id/home_en)

大阪大学、産業科学研究所の菅沼研究室は、バイエルマテリアルサイエンスとの共同研究を通じ、7倍伸ばしても電気を通す「世界一伸びる導電性材料」の開発に成功した（図 46）。ポリウレタンと銀フレークを混ぜ合わせた銀ペーストをウレタン基板の上に塗布し、70°C、3hr 乾燥させることで、7倍伸ばしても電気を通すことに成功した。将来、フレキシブルなディスプレイ・太陽電池、スマート衣服、人工皮膚などの次世代製品への応用を目指している。

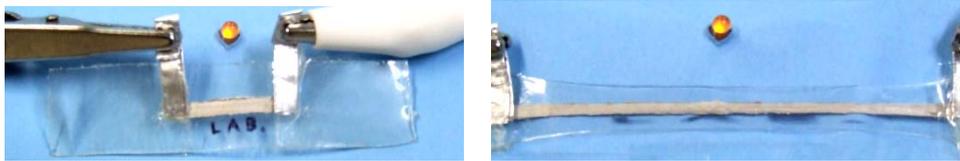


図 46 伸縮性導体(左:伸ばす前、右:伸ばした後)

## 国際・国内イベントレポート

## 第 25 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会に参加して

横浜国立大学

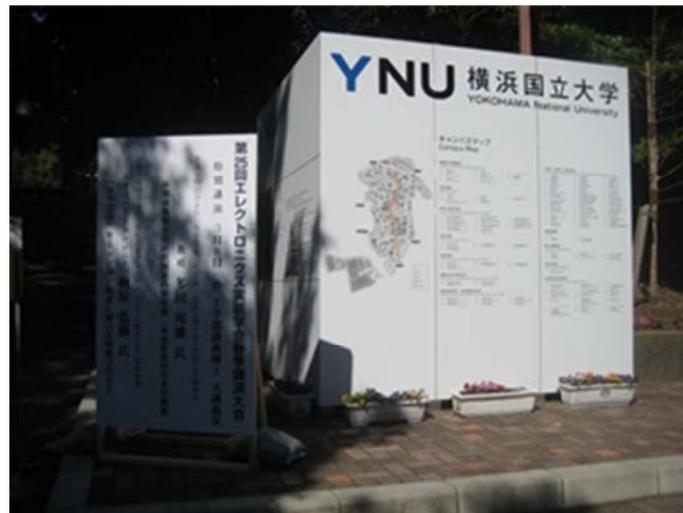
2011年3月8-10日

大阪大学産業科学研究所 先端実装材料研究分野

徳野 剛大

takehirio\_tokuno@eco.sanken.osaka-u.ac.jp

2011年3月8日-10日、横浜国立大学にて第25回エレクトロニクス実装学会春季講演大会が開催された。実装技術を中心としてはんだ材料、めっき技術、ナノテクノロジーなどの広範な分野について、大学や企業から口頭発表で181件、ポスター発表で18件が発表された。中でもプリントドエレクトロニクス技術がここ数年で注目を集めている。以下では、プリントドエレクトロニクス技術に関連する主だった講演を紹介する。



会場となった横浜国立大学

## 1. プリントドデバイスのための電極の仕事関数制御(吉田学、産総研)

産総研の吉田らは亜鉛-銅混合ペーストをスクリーン印刷し、加圧アニール処理を行って、仕事関数を制御した電極を作製した。ダイオードや太陽電池などのデバイスに整流性を与えるためには電極の仕事関数の制御が不可欠である。そこで、銅と亜鉛の混合比を調整し、3.8~5.0eVの仕事関数となる印刷電極を作製した。また、仕事関数を制御した亜鉛-銅電極の上にダイオードを印刷技術によって作製し、ダイオードの整流性を観察した。

## 2. プラズマ処理によるナノ粒子インクの低温短時間焼結技術(藤立隆史、ニッシン)

ニッシンの藤立らはプラズマ処理により 30 秒という短時間で銀ナノ粒子を焼結させることに成功した。市販の銀ナノ粒子インクを PET 上にスピコートし、150℃で 5 分間予備加熱し、2 分間真空引きを行った後に水素プラズマ処理した。推奨焼結条件は 220℃,60 分であったにも関わらず、150℃,5 分の予備加熱と 30 秒のプラズマ処理で、銀ナノ粒子配線は  $2 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$  の抵抗値を示した。プラズマ発生時に用いたガスは水素ガス以外にも窒素ガスや酸素ガスで焼結可能である。また、プラズマ処理による焼結は膜厚約 1 $\mu\text{m}$  程度まで有効である。

### 3. 銀ナノワイヤー透明導電膜の室温作製プロセス(徳野剛大、大阪大学)

大阪大学の徳野らは室温プレスにより銀ナノワイヤーを用いたフレキシブル透明導電膜を作製した。従来は、合成した銀ナノワイヤーは分散剤に被覆されているため、銀ナノワイヤー塗布膜に 200℃程度の加熱処理を行って、透明導電膜を作製していた。しかし、そのような高温加熱処理を行うと、熱に弱いプラスチック基板を使用できなかつた。そこで、銀ナノワイヤーを被覆する分散剤を洗浄処理により除去した後に銀ナノワイヤーを室温プレスして、ITO に匹敵する高導電性の銀ナノワイヤー透明導電膜を作製した。この技術により熱に弱いプラスチック上に銀ナノワイヤー透明導電膜が作製可能になった。

### 4. ナノ銀透明導電膜の開発(中田健一、戸田工業、Cima NanoTech, Inc.)

戸田工業の中田らは銀ナノ粒子インクの自己組織化現象によるネットワーク形成を利用した透明導電膜について報告した。ナノ銀透明導電膜は、銀ナノ粒子(平均粒子径 60nm)とバインダー樹脂、水滴(平均粒径約 5 $\mu\text{m}$ )の水滴が分散したエマルジョンを PET 基板に塗布し、150℃で加熱して作製する。エマルジョンを基板に塗布すると、エマルジョン中の水滴同士が凝集して光を透過する開口部になり(図 1 左)、さらに時間が経過すると水滴同士の凝集がさらに進行し開口部が拡大し、銀ナノ粒子インクによる網目状のネットワークが形成される(図 1 右)。作製した透明導電膜はフレキシブル性を有し、全光線透過率 80%、シート抵抗 5 $\Omega/\square$ である。開口径は 100~200 $\mu\text{m}$ 、ライン幅は約 10 $\mu\text{m}$ 、ラインの厚みは約 2 $\mu\text{m}$  である。開口部内には銀ナノ粒子とバインダー樹脂は存在しない。

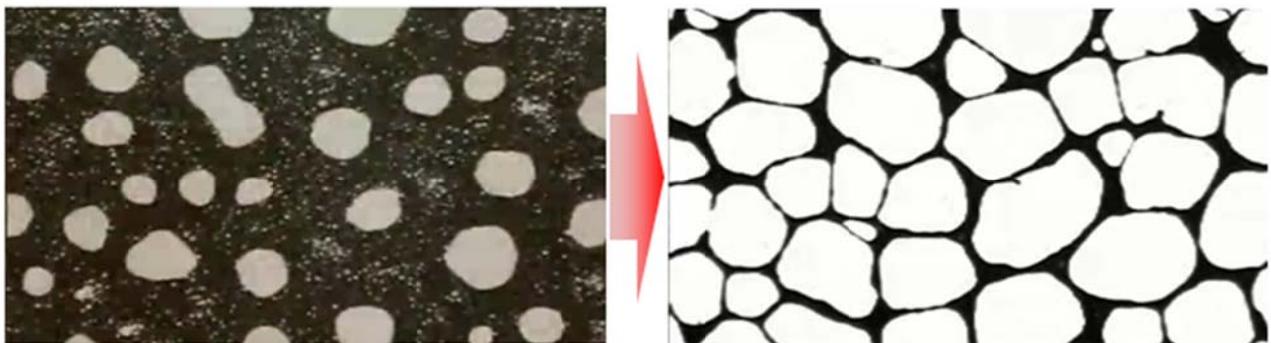


図 1. 銀ナノ粒子インクの自己組織化現象によるネットワーク形成の様子  
水滴同士の凝集が始まった直後(左)、  
水滴の凝集が進んで銀ナノ粒子インクが網目状のネットワークを形成した状態(右)  
(Cima Nanotech, Inc.の HP より)

## 論文紹介

## 紙面上に直接描画、フレキシブルな銀印刷配線の作製

Fabrication of paper-based conductive patterns for flexible electronics by direct-writing

Journal of Materials Chemistry (2011) DOI: 10.1039/c0jm03065a

<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/jm/c0jm03065a>

Yan-Long Tai and Zhen-Guo Yang\*

Fudan University, China

2011年3月15日に発表されたフレキシブルエレクトロニクスに向けた直接描画による紙面上の導電性パターンの作製に関する論文。

著者らは $2.1 \pm 0.5$ nmの銀ナノ粒子インクを、ゲルインクペンのパイプに挿入し、直接描画により薬包紙上に導電性パターンを作製した。配線幅は、1mmと0.5mmで、ペンのスチールボールの直径を変えることにより制御可能である。焼結条件 $200^\circ\text{C}$ 60分のとき、体積抵抗率はバルク銀の4.25倍である $6.8 \Omega \mu\text{cm}$ と低い値であった。紙面上の配線は折り曲げると、導電率は約16%減少した。また折り曲げる回数に比例して導電率が減少したが、6回以内であれば導通を確認できた。紙基板での配線は、柔軟性があり、折りたためることがわかった。実際に先ほどの焼結条件で薬包紙に導電性パターンを作製し電池とLEDをつなげると点灯し、紙面上の導電性パターンが実用的回路として使用できることがわかった。この紙面上の導電性パターンは持ち運びができ、安価で使い捨てできる回路基板が作製できる。(inu)

## 論文紹介

## フッ素化ポリマーを用いた変換効率7%の太陽電池

Fluorine Substituted Conjugated Polymer of Medium Band Gap Yields  
7% Efficiency in Polymer-Fullerene Solar Cells

Journal of the American Chemical Society(2011) DOI: 10.1021/ja1112595

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja1112595>

Samuel C. Price, Wei You\* et al.

Curriculum in Applied Sciences and Engineering University of North Carolina, USA

2011年3月4日に発表された、フッ素化ポリマーをバルクヘテロジャンクション型(BHJ)太陽電池のP型材料として用い光電変換効率7%を達成した論文。

著者らは、高効率を示す有機薄膜太陽電池に多く用いられる電子求引性基であるフッ素に着目し、二つのポリマー、PBnDT-HTAZ(ベンゾジチオフェンとベンゾトリアゾールが結合したものをユニットとするポリマー)とPBnDT-FTAZ(PBnDT-HTAZのベンゾトリアゾール環上に二つのフッ素原子を持つポリマー)の合成を行い、BHJ太陽電池の性能を評価した。PBnDT-HTAZの効率はP3HTと同等(4.4%)であったがPBnDT-FTAZは7.1%の効率だった。有機層の膜厚を変化させて変換効率を測定すると、PBnDT-FTAZでは膜厚が $1 \mu\text{m}$ という薄さでも6%という効率を示した。このポリマーのバンドギャップは2.0 eVと決して小さくはない。変換効率の向上は、バンドギャップの縮小によるだけでなくフッ素原子がモルフォロジーや自己組織化能に影響を与え、ポリマーの正孔移動度を向上させたためだと考えられる。(ak)

## 論文紹介

## 薄膜の熱処理で分子のアルキル基を切断してトランジスタ特性が向上

Solution-Shear-Processed Quaterylene Diimide Thin-Film Transistors Prepared by Pressure-Assisted Thermal Cleavage of Swallow Tails

Journal of the American Chemical Society (2011) DOI: 10.1021/ja110486s

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja110486s>

Joon Hak Oh, Zhenan Bao\* et al.

Stanford University, USA

2011年3月4日に発表された、薄膜中のクォーターリレンジイミド(QDI)の分岐アルキル基を熱処理で切断することで、トランジスタ特性が向上することを報告した論文。

近年QDIを利用した素子が優れた特性を示すことが報告されてきている。しかし、高い昇華温度や非常に低い溶解性のために、QDIのさらなる応用は困難であるとされてきた。この問題を解決するためにQDIに分岐アルキル基を導入して溶解性を向上させた分子も開発されている。しかしアルキル基が分子間の $\pi$ スタッキングを阻害するため素子性能は低下している。そこで筆者らは分岐アルキル基を導入したQDI分子の薄膜を溶液法で作製し、その薄膜を平滑な基板でプレスしながら350~400度で熱処理を1時間行った。この処理でQDIのアルキル基のみが切断されることが明らかになった。このようにして作製した薄膜のトランジスタ特性を評価すると、熱処理前は $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 程度だった電子移動度が $0.061 \sim 0.088 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ まで向上した。また大気安定性も向上した。(th)

## 論文紹介

## 常温で瞬間焼結、銀ナノ粒子薄膜の新製法

Rapid sintering of silver nanoparticles in an electrolyte solution at room temperature and its application to fabricate conductive silver films using polydopamine as adhesive layers

Journal of Materials Chemistry (2011) DOI: 10.1039/c0jm03838e

<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2011/JM/c0jm03838e>

Yuhua Long, Jian Xu\* et.al.

Polymer Physics & Chemistry Laboratory, China

2011年2月19日に発表された、銀ナノ粒子の常温焼結に関する論文。

銀ナノ粒子薄膜の作製は、4段階に分かれており、ポリドーパミン層作製、銀ナノ粒子種層作製、銀ナノ粒子層作製、銀ナノ粒子焼結である。銀ナノ粒子焼結は、銀ナノ粒子層薄膜を電解溶液に10秒浸漬させた。電解液は、塩化カルシウムとし、濃度を $1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ (メーカー：モル濃度)から $0.1 \text{ M}$ と変化させると、濃度が増えるにつれてシート抵抗は減少し $0.1 \text{ M}$ で $0.67 \Omega/\square$ となった。 $1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ と低濃度でも、約 $17 \Omega/\square$ と実用レベルの低シート抵抗を実現した。また、電解液の種類を変えて、 $\text{Cl}^-$ 、 $(\text{Cl}^-)_2$ 、 $\text{SO}_4^{4-}$ 、とカチオンの分子量を変化させると分子量が小さいほど、電離したアニオンが増加し、銀ナノ粒子の周りに吸着したカチオン分散剤を引き剥がすことで、低抵抗な薄膜となった。容易に手に入る電解液で低抵抗な銀ナノ粒子薄膜を作製でき、基板との密着性も良いことから、フレキシブル配線へも応用可能である。(cow)

## 論文紹介

## 高い出力密度とエネルギー密度を持った柔軟な擬似コンデンサ電極の作製

High-Power and High-Energy-Density Flexible Pseudocapacitor Electrodes Made from Porous CuO Nanobelts and Single-Walled Carbon Nanotubes

ACS Nano (2011) DOI: 10.1021/nn1030719

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn1030719>

Xiaojun Zhang, Huey Hoon Hng\*, Qingyu Yan\* et al.

Nanyang Technological University, Singapore

2011年2月18日に発表された、酸化銅ナノベルト(CuO-NBs)と単一壁ナノチューブ(SWCNT)を用いる柔軟な電極作製に関する論文。

代替エネルギーに向けた研究において、高い出力・エネルギー密度を持つ擬似コンデンサが注目されている。これまでに高い擬似電荷容量を持った金属電極が報告されているが高コストであった。CuOは低コストであり、化学的安定性、環境低負荷などのメリットがある。しかし、CuOは測定中の結晶構造崩壊による低い電気伝導度と、サイクリックボルタンメトリー測定における不安定なサイクル特性が問題であった。

一方、筆者らは構造を制御するためにCuOをナノベルト構造とすることで、性能向上に有利な表面積の増加、多結晶性に成功した。擬似コンデンサにおいてCuO-NBsは高い静電容量と安定なサイクル特性を示している。柔軟なSWCNT上にCuOとSWCNTの混合膜を配した電極は、SWCNT単体の場合よりも比静電容量の増加を示し、サイクル特性も安定していた。これらの結果は、CuOナノベルトを用いた柔軟な電極の作製に成功した事を意味するものである。(mu)

## 論文紹介

## CNT、グラフェン、金属ナノ構造を用いた次世代透明導電膜に関する総説

Emerging Transparent Electrodes Based on Thin Films of Carbon Nanotubes, Graphene, and Metallic Nanostructures

Advanced Materials (2011) DOI: 10.1002/adma.201003188

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003188/abstract>

David S. Hecht\*, Liangbing Hu\* et al.

Unidym, USA

2011年2月15日に発表された、次世代透明導電膜に関する総説。

透明導電膜は、タッチパネル、液晶ディスプレイ、有機EL照明、太陽電池など多くのデバイスに必要不可欠な構成要素である。従来の透明導電膜では、酸化インジウムスズ(ITO)などのドーパした金属酸化物が用いられてきた。ITOの代替材料としてカーボンナノチューブ・グラフェン・金属ナノワイヤーなどのナノ物質を用いた透明導電膜の開発が盛んに行われはじめた。この総説では、酸化物や導電性高分子を用いた透明導電膜について紹介した後、ナノ物質を用いた透明導電膜について電氣的、光学的、機械的な性質を議論している。さらにタッチパネル、液晶ディスプレイ、有機EL照明、有機太陽電池などのデバイスへナノ物質を用いた透明導電膜を応用した論文を挙げながら、それぞれの透明導電膜とデバイスとの相性について議論している。(tok)

## 論文紹介

## 高導電性PEDOT:PSS電極を用いたITOフリー有機太陽電池

Highly Conductive PEDOT:PSS Electrode with Optimized Solvent and Thermal Post-Treatment for ITO-Free Organic Solar Cells

Advanced Functional Materials (2011) DOI: 10.1002/adfm.201002290

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.201002290/abstract>

Yong Hyun Kim\*, Lars Müller-Meskamp\* et al.

Technische Universität Dresden, Germany

2011年2月15日に発表された、溶媒処理によるpoly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)薄膜電極の伝導度向上に関する論文。

現在、透明電極としては酸化インジウムスズ(ITO)が主流であるが、これは高価であり柔軟性に乏しいといった欠点も抱えている。代替材料としてPEDOT:PSSが挙げられるが、低い電気伝導度が課題となっている。著者らは、スピンコート法により作製後、熱アニーリングしたPEDOT:PSS薄膜電極を、エチレングリコールに30分間浸漬してから乾燥させることで、伝導度が浸漬前の約2倍である $1418 \text{ S cm}^{-1}$ まで向上することを見出した。溶媒処理することで、絶縁体であるPSSが溶け出すことにより伝導度は向上したと考えられる。このPEDOT:PSS薄膜は多層化することで抵抗値が $65 \text{ ohm sq}^{-1}$ 以下まで低下し(ITO :  $27.5 \text{ ohm sq}^{-1}$ )、これをカソード電極として用いたp-i-n型有機太陽電池は、ITOを用いた素子と同等の変換効率を示している。(mn)

## 論文紹介

## 塗布法で高性能の有機トランジスタ

Patternable Solution-Crystallized Organic Transistors with High Charge Carrier Mobility

Advanced Materials (2011) DOI: 10.1002/adma.201004387

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201004387/abstract>

Kengo Nakayama , Kazuo Takimiya , \* and Jun Takeya \* et al.

Hiroshima University and Osaka University, Japan

2011年2月10日に発表された、ジアルキルジナフトチエノチオフェン( $\text{C}_{10}$ -DNNT)を用いて塗布法のプロセスで作製した高性能な有機トランジスタに関する論文。

有機トランジスタは、簡単な製造や低コストなどの利点から次世代エレクトロニクス材料として期待されている。しかし、これまで塗布法での非晶質有機トランジスタの性能は十分に得られないことから、課題になっていた。

本論文では、安定な有機半導体材料 $\text{C}_{10}$ -DNNTを用いて基板上に塗布する際に、約100度で一定方向に溶液を乾燥させることによって、有機分子の結晶性が高められることを報告した。この方法で作製した薄膜トランジスタにおいて、ホール移動度は最高 $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ を得ることに成功した。この値は通常の塗布型有機トランジスタと比べても大きく性能が向上している。さらに著者らは、マトリックス上にパターン化することにも成功した。これらの結果は有機トランジスタの性能向上に向けた大きな手がかりとなるものである。(HJ)

## 論文紹介

## 様々な基板の状態によるインクドットの変化

Shapes and morphologies of inkjet-printed  
nanosilver dots on glass substrates

Surface and Interface Analysis (2010) DOI:10.1002/sia.3281

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sia.3281/abstract>

Dong Jun Lee, Je Hoon Oh\*

Hanyang University, Korea

2010年1月22日に発表された、基板の濡れ性と温度、印刷の回数がインクドットの形状に及ぼす影響について調べた論文。

インクドットは、直径約90 $\mu\text{m}$ のドットをハリマ化成社製の銀ナノ粒子インクを用いてガラス基板上へインクジェット印刷した。基板は、基板表面をC4F8（撥水処理）と $\text{O}^2$ （親水処理）でプラズマ処理したものを、それぞれ25 $^{\circ}\text{C}$ から85 $^{\circ}\text{C}$ まで20 $^{\circ}\text{C}$ ずつ変化させて温めた合計8種類を用いた。その結果、インクドットの形状は、基板の濡れ性と温度に大きく影響を受けた。インクドットの断面形状は、基板の温度が低いとかまぼこの形状をとっていたが、基板の温度が高いと円柱のような形状となった。この結果は、インク溶媒の蒸発速度が異なることと、コーヒーリング効果が発生したためである。

インクドットの体積は、焼結前後で銀結晶の成長と溶媒の蒸発のため、いずれの基板においても40～60%減少したが、銀結晶の密度は、C4F8基板処理のほうが緻密であった。(cikim)

## 論文紹介

## 低バンドギャップを有する多用途なポリマー

A Versatile Low Bandgap Polymer for Air-Stable,  
High-Mobility Field-Effect Transistors and Efficient Polymer Solar Cells

Advanced Materials(2011) DOI: 10.1002/adma.201003903

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003903/full>

Kok-Haw Ong, Zhi-Kuan Chen\* et al.

Institute of Materials Research and Engineering, Singapore

2011年1月21日に発表された、有機薄膜トランジスタおよび有機薄膜型太陽電池に応用可能な低バンドギャップポリマーに関する論文。

近年、有機材料の開発に伴って有機トランジスタや有機太陽電池などの性能は著しく向上している。しかし、これら両者で同時に良い性能を持つ有機半導体材料はほとんど報告されていない。本論文では、ドナー材料としてベンゾチアジアゾールとチオフェン部位で構成される新規 $\pi$ 共役ポリマー(POD2T-DTBT)がトランジスタ材料と太陽電池材料として有効であることを報告した。このポリマーは、光学バンドギャップ1.59eV、HOMO準位-5.18eVを示す。スピンコート法を用いてボトムゲート構造の有機薄膜トランジスタを作製し、そのホール移動度を評価したところ、0.13-0.20 $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の高い値を示した。さらにこの素子を56%の相対湿度下に5か月放置しても素子性能は維持されていた。さらに、今回開発したポリマーとアクセプター材料の $\text{PC}_{71}\text{BM}$ とを組み合わせることで有機太陽電池の変換効率も6.26%達成した。(HJ)

## 論文紹介

## バイオポリマー基板上へ導電性ポリマー配線の作製

Inkjet and extrusion printing of conducting poly(3,4-ethylenedioxythiophene) tracks on and embedded in biopolymer materials

Journal of Materials Chemistry (2011) DOI: 10.1039/c0jm03587d

<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2011/JM/c0jm03587d>

Paul Calvert\* and Marc in het Panhuis\* et al.

University of Massachusetts, USA, and University of Wollongong, Australia

2011年1月10日に発表された、インクジェットやディスペンサー印刷によって、バイオポリマーフィルム上にPEDOT/PSS配線を作製した論文。

ディスペンサーで印刷したPEDOT/PSS配線は、インクジェットで印刷した配線よりも解像度が劣るが、電気特性が優れていた。また、バイオポリマーフィルム上に作製されたPEDOT/PSS配線は、その一部がフィル内部に染み込むため、ガラス上の配線に比べて配線幅が小さく、導電性が優れていた。ディスペンサーによってバイオポリマー内へ埋め込まれた配線は、17 S/cmの高導電性を示した。この導電性は、バイオフィルム上の配線の導電性よりも高く、ガラス基板上の配線の導電性の3倍もが高かった。インクジェット法で配線を作成すると、50mm幅の配線を作製することが可能である。このようなバイオポリマーへの配線作製は、エレクトロデバイスの機能を持つ、埋め込み型人工細胞の作製に貢献できるという。(tpe)

## 論文紹介

## 導電性ポリマーを用いた高伸縮性のファイバー

Highly Stretchable Conducting SIBS-P3HT Fibers

Advanced Functional Materials (2011) DOI: 10.1002/adfm.201001460

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.201001460/abstract>

Alberto J. Granero, Gordon G. Wallace\*, and Marc in het Panhuis\* et al.

University of Wollongong, Australia

2011年1月18日に発表された、導電性ポリマー: スチレン-イソブチレン-スチレン-ポリ3ヘキシルチオフェン(SIBS-P3HT)を用いた高伸縮性のファイバーに関する論文。SIBS-P3HTファイバーは、SIBSファイバーに比べて剛性が強く、975%ひずみまで伸長する。SIBS-P3HTファイバーは、伸長過程に非常に面白い弾性特性や電気特性を示し、ひずみゲージや柔軟性のある電極として応用が可能である。

高伸長特性をもつSIBS-P3HTファイバーは、良溶媒-貧溶媒を用いたウェットスピニング法によって作製され、数m長まで紡糸することが可能である。また、この複合ファイバーは、SIBSファイバーに比べてヤング率が高いが、伸長性に優れている。そして、複合ファイバーを繰り返し伸長させる試験を行った結果、複合ファイバーは繰り返し特性が非常に良好であった。(tpe)

## 論文紹介

## 多結晶シリコンのプラスチック基板への転写により作製した高性能TFT

High-performance flexible thin-film transistors fabricated  
using print-transferrable polycrystalline silicon  
membranes on a plastic substrate

Semiconductor Science And Technology (2011) DOI: 10.1088/0268-1242/26/2/025005

<http://iopscience.iop.org/0268-1242/26/2/025005/>

Guoxuan Qin, Zhenqiang Ma\* et al.

University of Wisconsin-Madison, USA

2010年12月6日に発表された、多結晶シリコン(poly-Si)のプラスチック基板への転写による高性能薄膜トランジスタ(TFT)作製についての論文。

安価なpoly-Siは、フレキシブルエレクトロニクスへの応用が期待されている。しかし、グレインサイズの大きなpoly-Si調製には高温が必要であるため、耐熱性の低いプラスチック基板上での調製は困難であった。著者らは、まず、異方性シリコン基板上に形成した酸化膜上にpoly-SiをCVD蒸着することでSi/SiO<sub>2</sub>/poly-Si構造を作製した。高温アニーリングによりグレインサイズを拡大し、リソグラフィ・ドーピング・反応性イオンエッチングを行うことで、45 μm四方のpoly-Siアレイを得た。最後に、SiO<sub>2</sub>膜をHF溶液を用いてエッチングし、ポリエチレンテレフタレート(PET)基板を接着・剥離させることでpoly-Siアレイの転写に成功した。このPET基板上のpoly-Siアレイで作製したTFTは、アニーリングで調製したpoly-Siの最高値に極めて近い約 30 cm<sup>2</sup> V<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>の移動度を実現した。(Arto)

## 論文紹介

## 銀ナノワイヤー透明導電膜を用いてフレキシブル有機EL素子を作製

Highly Flexible Silver Nanowire Electrodes for Shape-Memory Polymer Light-Emitting Diodes

Advanced Materials (2010) DOI: 10.1002/adma.201003398

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003398/abstract>

Zhibin Yu, Qibing Pei\* et al.

University of California, USA

2010年12月6日に発表された、銀ナノワイヤー透明導電膜を用いた形状記憶フレキシブル有機EL素子に関する論文。

ガラス上に銀ナノワイヤー透明導電膜を作製し、その上に紫外線硬化型のポリアクリレート膜を塗布し、紫外線を当て硬化させた。その後、ガラス基板からポリアクリレートと銀ナノワイヤー透明導電膜を剥離し、ポリアクリレート上銀ナノワイヤー透明導電膜を得た。この銀ナノワイヤー透明導電膜のシート抵抗は、曲げにより16%の歪を与えてもほとんど上昇しなかった。この銀ナノワイヤー透明導電膜の上に塗布法によりPEDOT/PSS、SY-PPVを、蒸着法によりCsF、Alの層を製膜し有機EL素子を作製した。

この有機EL素子はITO透明導電膜を作製した素子よりもわずかに高い発光効率を示し、さらにポリアクリレートに由来する形状記憶性を有していた。120°Cに加熱した有機EL素子を曲げて冷却すると、有機EL素子は形状を保ち、さらに曲げた形状で発光した。さらに、この有機EL素子は性能を落とすことなく大きな形状変化を何度も繰り返すことができた。(tok)

## 論文紹介

## 基板上に受理層を形成することで、室温でも焼結が可能

Substrate-facilitated nanoparticle sintering and component interconnection procedure

Nanotechnology (2010) DOI: 10.1088/0957-4484/21/47/475204

<http://iopscience.iop.org/0957-4484/21/47/475204>

Mark Allen\* et al.

VTT Technical Research Centre of Finland, Finland

2010年10月29日に発表された、基板上に受理層を形成することによって、銀ナノ粒子インクの室温焼結に成功した論文。

受理層は、Silanolグループが含有されたコーティング剤を用いて、紙とフィルム基板上へ形成した。その基板上へ、市販の銀ナノ粒子インクをインクジェット印刷すると、銀ナノ粒子を保護している分散剤が受理層に吸収され、除去されることで、銀ナノ粒子が凝集し、導通した。得られた印刷配線の導電率は、基板によって異なるが、バルク銀の0.2~27%を達成した。更に、導電率は、基板の湿度が高いほど、高導電率が得られた。

インクがぬれている状態の配線上にチップ抵抗器 (type 0603, 0805) を接合すると、配線は導通し、チップ抵抗器両端での抵抗は $2\Omega$ であった。また、ぬれた配線上にLEDを接合しても、LEDは点灯した。(cjkim)

## 論文紹介

## 印刷可能な導電性複合材料

Fast Preparation of Printable Highly Conductive Polymer Nanocomposites by Thermal Decomposition of Silver Carboxylate and Sintering of Silver Nanoparticles

ACS Applied Materials &amp; Interfaces (2010) DOI: 10.1021/am100456m

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am100456m>

Rongwei Zhang, C. P. Wong\* et al.

Georgia Institute of Technology, USA

2010年8月24日に発表された、低温・短時間焼結で、高導電率を達成する印刷可能な導電性複合材料に関する論文。

Rongwei ZhangらはCCVC法を用いて合成した銀ナノ粒子と銀フレーク (Ferro Corp製)、エポキシ樹脂を混合して導電性複合材料を作製した。この導電性複合材料は焼結の際に生じるカルボン酸エステルの熱分解による反応熱や、銀ナノ粒子表面の残留物が除去されることによる銀ナノ粒子の表面活性によって低温・短時間での焼結が可能になった。

導電性複合材料を $230^{\circ}\text{C} \cdot 5\text{分}$ 、 $260^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{分}$ の条件で焼結した結果、それぞれ $8.1 \times 10^5 \Omega\text{cm}$ 、 $6.0 \times 10^6 \Omega\text{cm}$ の抵抗率を示した。また、最適のレオロジー特性を持つ高粘度ペーストを作製し、非接触印刷で、半径 $130\mu\text{m}$ のドットアレイ作製に成功した。この導電性複合材料は、プリントドエレクトロニクスの接合コストダウンや幅広い産業への適用が可能になるであろう。(ss)

## 論文紹介

## 10nmサイズの銀ナノ粒子を用いた高導電性フィルムの作製

Synthesis of 10nm Ag nanoparticle polymer composite pastes for  
low temperature production of high conductivity films

Applied Surface Science (2010) DOI: 10.1016/j.apsusc.2010.06.070

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169433210009037>

PingAn Hu, William O'Neil\* et al.

University of Cambridge, UK

2010年8月23日に発表された、高電気導電性フィルムを低温プロセスで作成するための銀ナノ粒子(直径10nm)ポリマー複合ペーストに関する論文。

銀ナノ粒子とエチルセルロースと溶媒(ターピネオール、イソプロピレンアルコール)を混合して銀ペーストを作製した。この銀ペーストをSiウエハーまたはガラス基板上に塗布し、銀フィルムを作製した。この銀フィルムを280°C、20分焼結した結果、 $9.78 \times 10^4 \text{Scm}^{-1}$ の電気伝導率を示した。また、この銀ペーストは焼結温度、時間、そして銀ペースト中の銀含有量が増加するほど、焼結後の電気伝導率も増加した。

焼結後の銀フィルム中の銀マイクロ構造を観察したところ、焼結温度、時間が増加するほど、銀フィルム中の銀マイクロ構造は高密度になり、銀粒子の粒径も大きくなっていった。この銀マイクロ構造の高密度化が導電性の向上に大きく寄与したと考えられる。(ss)

## PE ヘッドライン No.14-1\*より

2010年12月

## ●Konarka、Kogent社と業務提携（Konarka社プレスリリースより）

2010年12月10日

米 Konarka 社は、日本企業マクニカグループの代理店 Kogent 社と業務提携を結んだ。Konarka 社は有機フレキシブル太陽電池素材を提供し、Kogent 社は地域での全国ネットワークを利用することにより、電池市場を浸透させる。

[http://www.konarka.com/index.php/site/pressreleasedetail/konarka\\_and\\_japan\\_based\\_kogent\\_announce\\_distribution\\_agreement](http://www.konarka.com/index.php/site/pressreleasedetail/konarka_and_japan_based_kogent_announce_distribution_agreement)

## ●Shrink Nanotechnologies 社、シカゴ大学から印刷半導体製品の権利取得（Shrink Nanotechnologies社プレスリリースより）

2010年12月15日

米 Shrink Nanotechnologies 社は、シカゴ大学が開発した「電子接着剤」技術の権利を得て、太陽電池など半導体製品をロールツーロールの印刷製造を進めていくと発表。

<http://www.shrinknano.com/shrink-nanotechnologies%E2%80%99-recently-licensed-university-of-chicago-%E2%80%99-electronic-glue%E2%80%9D-technology-will-enable-high-efficiency-low-cost-%E2%80%99-printed%E2%80%9D-solar-cells/>

## ●UCLA 大 Qibing Pei 教授ら、高フレキシブル性の銀ナノワイヤー透明電極を開発（Advanced Materialsより）

2010年12月17日

米 UCLA 大学の Qibing Pei 教授らは、16%の圧縮ひずみを与えても低いシート抵抗を保つ、形状記憶 Polymer Light-Emitting Diode 用フレキシブル性銀ナノワイヤー透明電極を開発した。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003398/abstract>

<http://newsroom.ucla.edu/portal/ucla/ucla-engineers-create-new-transparent-188547.aspx>

## ●「次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」の公募予告（NEDOのHPより）

2010年12月21日

NEDO は、以下の新規プロジェクト公募する予定である。

1. 印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発
2. 高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発
3. 印刷技術によるフレキシブルセンサの開発
4. 印刷技術による電子ペーパーの開発

<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/koubo/EF/nedokoubo.2010-12-16.9119961649>

## ●「次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発」の公募予告（NEDOのHPより）

2010年12月24日

NEDO は、「有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術開発」事業へ新たに参加する企業等を広く追加公募する予定である。

<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/koubo/EF/nedokoubo.2010-12-15.2949599476>

## ●大日本印刷、リチウムイオン電池工場を新設（大日本印刷プレスリリースより）

2010年12月27日

大日本印刷は、長年培ってきた印刷技術を活用し、リチウムイオン電池の外装材であるソフトパックと太陽電池用バックシート・封止材を生産する工場を新設し、2011年4月に稼動を開始する。

[http://www.dnp.co.jp/news/1226848\\_2482.html](http://www.dnp.co.jp/news/1226848_2482.html)

## ●トッパン・フォームズ、高反射率の銀塩インクを開発（日刊工業新聞より）

2010年12月27日

トッパン・フォームズは、各種家電製品への塗装（加飾）作業を効率化できる「銀塩インキ」を開発し、2011

年度の実用化を目指す。従来の銀ペーストを用いた印刷方式のように銀の粒子を接合しないため、残物感がある粒ではなく、高純度の銀の膜を生成できる。

<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0820101227cbab.html>

●米 PureLux 社、印刷照明を開発 (Printed Electronics World より)

2010年12月29日

米 PureLux 社は、電極、ナノ材料の誘電体および蛍光体を印刷することで 1500 cd/m<sup>2</sup> (通常の EL パネル: 約 150 cd/m<sup>2</sup>) 効率の EL パネルを開発した。PureLux 社は、2007 年 3 月米 West Forest 大学が設立した薄膜照明を販売する会社である。

<http://www.printedelectronicworld.com/articles/printed-lighting-by-purelux-00002951.asp?rsstopicid=89&sessionid=1>

<http://www.pureluxinc.com/index.html>

## 2011年1月

●Torino 大学の A. Chiolerio 博士ら、低エネルギーレーザーを用いてポリイミド基板に銀配線を作製 (Microelectronic Engineering より)

2011年1月4日

伊 Torino 大学の A. Chiolerio 博士らは、銀ナノ粒子インクの低エネルギーレーザー焼結方法を報告した。本論文では、ポリイミド基板上に市販銀ナノ粒子インクをインクジェット印刷し、低エネルギーレーザー焼結によって、低抵抗の銀配線を実現した。

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167931710005873>

●米 Vorbeck Materials 社、導電性グラフェンインクの開発に追加資金 (Business Wire より)

2011年1月6日

米 Vorbeck Materials 社は、世界初開発したグラフィンインクをプリントドエレクトロニクスアプリケーション向けの市場に投入するため、280 万米ドルの追加融資を受けたことを発表した。

<http://www.businesswire.com/news/home/20110106006487/en/Graphene-Innovator-Vorbeck-Materials-Receives-Additional-Financing>

<http://www.vorbeck.com/news.html>

●Oxford Photovoltaics 社、安価な有機太陽電池用材料を開発(Oxford University プレスリリースより)

2011年1月6日

Oxford University から独立した Oxford Photovoltaics 社は、非毒性、非腐食性の安価な材料から製造できる有機太陽電池技術を開発した。開発した材料はガラスやプラスチック基板に材料を印刷することが可能である。

[http://www.ox.ac.uk/media/science\\_blog/110106.html](http://www.ox.ac.uk/media/science_blog/110106.html)

●DKN Research など、日本でスクリーン印刷の多色フレキシブル EL シートを事業展開(Tech-On! より)

2011年1月10日

米 DKN Research 社は、平井精密工業、エヌワイ工業、ハーテックと協力して EL を利用したフレキシブル発光シート事業を日本で展開すると発表した。フレキシブル EL シートをスクリーン印刷で形成する技術を開発、日本市場において設計から製造、サービスまでをトータルで提供できる体制を 4 社で整えた。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110107/188577/>

●ピーアイ技研など装置メーカー4社、印刷形成したポリイミド膜のオープンラボサービス開始(Tech-On! より)

2011年1月12日

ポリイミドインクを開発・販売するピーアイ技術研究所は、スクリーン印刷機やスクリーン版、版洗浄機の提供メーカー4社と共同で、パワー半導体の保護膜などを形成可能なオープンラボ「O Labo (オーラボ)」の試作サービスを開始した。ユーザーはポリイミド膜評価用試料をピーアイ技研に提供することによって、スクリーン印刷で形成されたポリイミド保護膜の評価が可能になる。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110112/188693/>

●大日本印刷株式会社、次世代半導体量産技術の確立に向けて米モレキュラーインプリント社のナノインプリント用テンプレート複製装置を導入

(大日本印刷株式会社プレスリリースより)

2011年1月12日

大日本印刷株式会社は、ナノインプリント技術用の版を製造する装置「PERFECTATM MR5000」を業界に先駆けて導入した。2012年度の次世代半導体の量産開始に向けて、2011年度末までにテンプレート複製技術の確立を目指す。

[http://www.dnp.co.jp/news/1227070\\_2482.html](http://www.dnp.co.jp/news/1227070_2482.html)

●Unidym 社、最高性能のカーボンナノチューブ透明導電膜を開発 (NANOTECHNOLOGY より)

2011年1月14日

米 Unidym 社は、シート抵抗 60Ω/□、透過率 90.9%のカーボンナノチューブ透明導電膜を作製した。この透明導電膜は、塩化スルホン酸でドーピングしたカーボンナノチューブを濾過・転写して、PET 基板上に作製している。

<http://iopscience.iop.org/0957-4484/22/7/075201>

●金属インクで描いたパターンの焼結時間を大幅に短縮できる技術、ニッシンが開発 (Tech-On!より)

2011年1月17日

ニッシンは、金属ナノ粒子を分散させた金属インクで描くパターンの焼結時間を、1ヶタ近く短縮する技術を開発した。プラズマ処理工程を採用し、かつ同工程の処理方法を工夫することで実現できたとする。従来は金属インクを塗布後、パターンの電気抵抗をバルク金属並みに下げるために、例えば銀 (Ag) インクでは 200~220°Cで 60 分間熱処理する必要があった。それに対して今回の技術を用いると、実験ではガラス基板上で 5 分程度、プラスチック基板である PET 上で 7 分 30 秒程度の処理時間で、従来方法と同等の 2μΩ・cm 程度 (Ag インクを用いた場合) を得られたという。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110114/188744/>

●Thinfilm 社、数社と共同で印刷メモリの開発に着手 (Thinfilm 社プレスリリースより)

2011年1月18日

米 Thinfilm 社は、PARC、Xerox 社と共同で印刷方法を用いた書き換え可能な 128 ビットのメモリアレイの設計を完了させた。今回の開発は、印刷方法による高集積のメモリが実現化できる一歩となると期待されている。

<http://www.thinfilm.se/news/38-press-releases/232-thinfilm-addressable-memory-design-completed>

●Rice 大学の James M. Tour 教授ら、グラフェンナノリボン透明導電膜を開発 (CHEMISTRY OF MATERIALS より)

2011年1月19日

米 Rice 大学の James M. Tour 教授らは、グラフェンナノリボンを用いた透明導電膜を開発した。この透明導電膜は、ドーピングや酸化処理などの手法を用いることなく、100°C以下の低温プロセスでシート抵抗 800Ω/□、透過率 78%を実現した。

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cm1019553>

●Illinois 大学のバーンハード教授ら、印刷技術で 3D アンテナを開発 (AdvancedMaterials より)

2011年1月19日

米 Illinois イリノイ大学のバーンハード教授らは、銀インクとディスペンサー装置を用いて半球型の 3 次元アンテナを開発した。直径わずか 1.2cm ながら、2GHz 帯に対応させた。小型サイズに関らず高周波域に対応でき様々なエレクトロニクス製品に応用できる。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003734/abstract>

●DKN Research 4 社、スクリーン印刷によるフレキシブル EL を日本で事業展開 (DKN Research 社プレスリリースより)

2011年1月19日

米 DKN Research 4 社は、共同で多色フレキシブル EL シートの開発に成功し、その製造プロセスを確立し、日本での事業展開を計画している。今回開発した製品は、薄い透明なプラスチックフィルムの上にスクリーン印刷プロセスで発光体層や誘電体層、導体層などを形成したもので、総厚みを 100um 以下に抑え、高い柔軟性を有している。

<http://www.dknresearch.com/201101FlexibleEL.pdf>

<http://www.dknresearch.com/Products-ja.html#FlexibleEL>

●**Technical University of Denmark の Frederik C. Krebs ら、ITO を使わないポリマー太陽電池を開発 (Organic Electronics より)**

2011年1月22日

Technical University of Denmark の Frederik C. Krebs らは、ITO フリーのフレキシブル太陽電池モジュール (Kapton/Al/Cr/P3HT:PCBM/PEDOT:PSS/Ag レイヤー構造) をロール・ツー・ロールプロセスで作製した。16 のストライプ状のモジュールを連続的に接続し、大面積化 (総面積 235cm<sup>2</sup>)、変換効率 0.5% を達成した。

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1566119911000188>

●**TBF 社、透明フレキシブル・フィルムを KISCO が販売開始 (日経 Tech-On! より)**

2011年1月24日

電子材料専門商社である KISCO は、シンガポールで材料開発を手掛けるベンチャー企業の Tera-Barrier Films Pte. Ltd. (TBF 社) と業務提携し、TBF 社が開発した透明フレキシブル・フィルムの販売を開始すると発表した。TBF 社が開発した透明フレキシブル・フィルムは、無機層とナノ粒子を分散させた有機層の層状構造を採り、ロールツーロールで製造できる。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110124/188984/>

●**高い水蒸気バリア性を備えた薄型・透明のフレキシブル・フィルム、KISCO が販売開始 (Tech-On! より)**

2011年1月24日

電子材料専門商社である KISCO は、シンガポールで材料開発を手掛けるベンチャー企業の Tera-Barrier Films Pte. Ltd. (TBF 社) と業務提携し、TBF 社が開発した透明フレキシブル・フィルムの販売を開始すると発表した。今回の業務提携により、KISCO は開発品のマーケティング活動に対して出資するほか、アジアでの総代理店契約を保有する。基板として利用することで、軽く・薄く・曲げられる有機 EL ディスプレイや電子ペーパー、有機 EL 照明、太陽電池などを実現できるとする。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110124/188984/>

●**Yissum 研究所と Vexan Steel 社、銀・銅ナノ粒子インクの共同研究とライセンスの契約 (Yissum 研究所プレスリリースより)**

2011年1月30日

The Hebrew University の技術移転会社である Yissum 研究所と韓国の Vaxan Steel 社は、銀ナノ粒子インクと銀コート銅ナノ粒子インクの開発のためにライセンス契約を結んだ。これらのインクは、The Hebrew University の Magdassi らが発明した。

<http://www.yissum.co.il/news.php?cat=10&in=0>

## 2011年2月

●**Max Planck 研究所の Zschieschang ら、紙幣に有機トランジスタを作製 (Advanced Materials より)**

2011年2月1日

独 Max Planck 研究所の Zschieschang らは、5 ユーロ紙幣表面に有機薄膜トランジスタを作製した。3 V と低い動作電圧にも関わらず、作製したトランジスタ配列の中で 92% の動作確率を有している。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201003374/abstract>

●**産総研 清水ら、複層カーボンナノチューブをエラストマー中で一軸配向させ高弾性・高伝導性シートを開発 (Macromolecular Journals より)**

2011年2月2日

産業技術総合研究所の清水らは、スピンコート回転速度を最適化することにより、エラストマー中で複層 CNT を一軸配向させた導電性シートを開発した。導電性シートの機械的特性は、ベース材料として使用されたスチレン系エラストマーの特性とほぼ同等の高弾性を示した。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/marc.201000470/abstract>

●**North Carolina 大学の Yong Zhu ら、ナノワイヤの配向技術を開発 (AcsNano より)**

2011年2月2日

米 North Carolina 大学の Yong Zhu らは、基板の伸縮性を利用し、伸縮性基板上にナノワイヤを高配向させ

る技術を開発した。銀とシリコンのナノワイヤを PDMS 基板に塗布し、伸縮を繰り返すと、銀ナノワイヤは 29%から 90%へ、Si ナノワイヤは 25%から 88%へ配向率が上昇した。

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn103183d>

●共同印刷、高い視認性で抵抗の少ない導電性フィルムを開発（日刊工業新聞より）

2011年2月2日

共同印刷は、高い視認性で抵抗の少ない導電性フィルム「クリアエッチングフィルム」を開発し、太陽電池やタッチパネルなどの電極材分野に参入する。この導電性フィルムは、接着剤、透明フィルム、保護フィルムの三層から形成されており、透過率70%を超える高い透明性を備えている。

<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0820110202cbab.html>

<http://landi.kyodoprinting.co.jp/tech/clear.html>

●名古屋大学の野原ら、プラスチック基板上でカーボンナノチューブ集積回路を実現（Nature より）

2011年2月7日

名古屋大学の野原らは、簡単かつ高速なプロセスによりプラスチック基板上に高性能なカーボンナノチューブ集積回路を実現する技術を開発した。この技術は、ロールツーロール方式に展開することが可能であり、電子ペーパーなどのフレキシブルデバイスを高速かつ安価に実現できると期待されている。

<http://www.nature.com/nnano/journal/vaop/ncurrent/full/nnano.2011.1.html>

<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/press/CA/nedopressplace.2008-11-26.1174332432/nedopress.2011-02-02.6155517076/>

●LPICM 研究所の C. S. Cojocar ら、赤外線センサーを印刷技術で作製（Applied Physics Letters より）

2011年2月7日

仏 LPICM 研究所の C. S. Cojocar らは、多層カーボンナノチューブの赤外線センサーをインクジェット印刷技術により作製した。センサーは、ポリイミド基板上へ銀インクを用いて作製され、室温でも 1.2kV/W と高い電圧感度を示した。

[http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i6/p063103\\_s1](http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i6/p063103_s1)

●University of Illinois の J. A. Rogers ら、次世代フレキシブル製品へ、電子部品のひずみ緩和解析モデルを構築（Applied Physics Letters より）

2011年2月7日

University of Illinois の J. A. Rogers らは、フレキシブル特性や伸縮特性をもつ次世代エレクトロニクスの実現に向け、電子部品へかかるひずみを緩和する解析モデルを構築した。解析モデルは、ひずみ緩和層を用いることで電子部品へかかるひずみを、緩和層がない場合に比べて数%へ低減できることを明らかにした。

[http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i6/p061902\\_s1](http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i6/p061902_s1)

●ThinFilm 社、印刷メモリで駆動するゲームを発表（ThinFilm 社プレスリリース HP より）

2011年2月10日

米 ThinFilm 社は、印刷メモリで駆動するゲームを Engage Conference and Expo 2011（2月15日ニューヨーク）で発表した。このゲーム機は、安価な印刷メモリを用いることによって、ステータスやスコアなどのゲーム情報をカードに記録できる。

<http://www.thinfilm.se/news/38-press-releases/242-thinfilm-launches-demo-gam>

●大阪大学の竹谷ら、塗布法で高移動度有機トランジスタの作製に成功（Advanced Materials より）

2011年2月10日

大阪大学の竹谷らは、塗布法を用いて高移動度の有機トランジスタを作製することに成功した。有機半導体の結晶成長の方向を制御することで以前の性能を1桁上回る 10cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> の移動度の有機トランジスタを作製した。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201004387/abstract>

●産総研、優れた反射率と応答速度をもつエレクトロクロミック素子を作製（産総研プレスリリースより）

2011年2月15日

産業技術総合研究所は、スーパーインクジェット法により微細配線を施した透明電極を使用し、エレクトロクロミック素子を作製した。この素子は、微細配線の効果で光学特性の向上、応答速度の維持、レアメタル使用量削減を同時に実現した。

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2011/pr20110215/pr20110215.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2011/pr20110215/pr20110215.html)

●大阪大学 菅沼ら、射出成形法により導電性マイクロファイバーを作製(Applied Physics Letters より)

2011年2月15日

大阪大学の菅沼らは銀フレークを添加した導電性接着剤を射出成形し、伸縮可能な導電性マイクロファイバー(直径230 $\mu$ m)を作製した。この導電性ファイバーは導電率470S/cmを示し、10%の引張ひずみを繰り返し与えても90S/cm以上の高い導電性を維持する。さらに、数メートル以上の長さの導電性マイクロファイバーを作製することもできる。

[http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i7/p073304\\_s1](http://apl.aip.org/resource/1/applab/v98/i7/p073304_s1)

●サムスン電子、スクリーン印刷による高出力の太陽電池モジュールを公開(韓国Yonhapニュースより)

2011年2月16日

韓国のサムスン電子は、2月16日に韓国のKINTEXで開催された「エキスポ・ソーラー」にてスクリーン印刷法を用いて作製した太陽電池のモジュールを公開した。スクリーン印刷法で製造される太陽電池のモジュールのなかでも260ワットの高出力タイプを、韓国メーカーが研究開発用でなく生産用モデルとして披露したのは初めてである。

<http://japanese.yonhapnews.co.kr/economy/2011/02/16/0500000000AJP20110216003500882.HTML>

●紀州技研工業、インクジェットプリンターの技術を活用して半導体関連事業に参入(日刊工業新聞より)

2011年2月17日

紀州技研工業は、自社製品であるインクジェットプリンターの技術を活用して、半導体関連事業に参入する。太陽光発電装置セル基板の銀配線をインクジェットで描画する装置の開発に着手する。印刷による配線描画をインクジェットプリンターによる非接触描画に切り替えるため歩留まりが向上する。

<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0620110217hhae.html>

●大阪大学、有機EL照明や有機太陽電池向けAgナノワイヤ透明電極の常温作製技術を開発(Tech-On!より)

2011年2月18日

大阪大学産業科学研究所の菅沼研究室は、PETのような熱に弱いプラスチック基板上に常温で銀ナノワイヤを用いて透明電極を形成できる技術を開発した。従来並みの透明性と電気伝導性を確保、曲げても抵抗上昇が生じないことを確認している。有機EL照明や有機太陽電池などのフレキシブルデバイス向け透明電極へ応用することを目指す。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110218/189721/>

●中国科学院 Jian Xu ら、銀ナノ粒子の常温焼結法を開発(Journal of Materials Chemistry より)

2011年2月18日

中国科学院のJian Xuらは、NaCl、MgSO<sub>4</sub>水溶液などの電解液に浸漬させて、銀ナノ粒子を常温焼結する方法を開発した。銀ナノ粒子を塗布した基板を電解液に10秒浸漬させるだけで、シート抵抗を5桁以上低下できた。

<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2011/JM/C0JM03838E>

●大阪大学と広島大学、濡れる電子素子開発(日本経済新聞より)

2011年2月21日

大阪大学の竹谷と広島大学の瀧宮らは、塗布法で作製できる高移動度の有機トランジスタを開発した。液晶テレビに使うシリコン素子よりも移動度は10倍以上高い。また、100度で塗布できるため熱に弱いプラスチックに用いることができる。

●富士フイルム、曲がる電極向けの透明導電材料を開発(日刊工業新聞より)

2011年2月21日

富士フイルムはフィルム等の曲面へ電極パターン形成可能な透明導電材料を開発した。金属ナノ粒子と光反応性樹脂を配合した材料で、光を照射する事で直接パターンニングでき、レジスト材料が不要となるため工程を削減できる。

<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0820110221cbal.html>

●Stanford University Zhenan Bao ら、伸縮可能な有機太陽電池を開発(Advanced Materials より)

2011年2月22日

Stanford University の Zhenan Bao らは伸縮可能な有機太陽電池を開発した。伸長状態のシリコン樹脂基板の上に透明導電膜や光吸収層をスピコートし、その後シリコン樹脂を元の形状に戻すことで波状の構造を持つ有機太陽電池を作製した。作製した太陽電池は 27% 伸ばしても壊れなかった。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201004426/abstract>

●DIC、太陽電池の変換効率の向上と生産コスト低減に寄与する革新的製品群を開発（DIC 社プレスリリースより）

2011年2月24日

DIC は、米国子会社サンケミカル社と共同で、太陽電池の変換効率の向上と生産コスト低減に寄与できる印刷用の受光面電極用銀ペースト、表面電極用アルミニウムペースト、表面電極用銀ペーストを開発した。DIC 社は、これらの製品で太陽電池の電極材料へ本格的参入を図る。

[http://www.dic.co.jp/release/html/20110224\\_01.html](http://www.dic.co.jp/release/html/20110224_01.html)

●綜研化学と神戸大学、有機太陽電池に使用する p 型半導体 P3HT の合成方法を開発（Tech-On!より）

2011年2月25日

綜研化学は神戸大学の森と共同で、有機太陽電池や有機トランジスタに使用する有機系 p 型半導体材料である P3HT の合成方法を開発した。今後は量産化に向けた技術検討を推進する。同合成法は、P3HT 以外の有機半導体高分子材料の開発にも適用が可能である。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110225/189898/>

## 2011年3月

●精華大の Jenn-Chang Hwang ら、シルクのたんぱく質を用いて、フレキシブルな有機トランジスタを開発（Advanced Materials より）

2011年3月1日

台湾国立精華大の Jenn-Chang Hwang らは、シルクフィブロイン（シルクのたんぱく質の一種）を有機トランジスタのゲート絶縁膜として用い、高移動度(23.2cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>)・低動作電圧(-3V)のトランジスタを開発した。シルクフィブロイン絶縁膜は室温の溶液プロセスで成膜できるため低コスト生産に向いている。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201004071/abstract>

●シーエムシー出版、「ロール to ロール技術の最新動向」を発刊(シーエムシー出版ホームページより)

2011年3月2日

VYIC 京都工科大学校の杉山先生が監修を務めた本書は、フレキシブルエレクトロニクスの普及に欠かせないロール・トゥー・ロールへのプラスチック基板への適応技術やハンドリング技術が紹介されている。定価 69,300 円、ISBN コード 978-4-7813-0321-5

<http://www.cmcbooks.co.jp/books/t0782.php>

●シーエムシー出版、「電子ペーパーの最新技術動向と応用展開」を発刊(シーエムシー出版ホームページより)

2011年3月2日

東海大学の面谷先生が監修を務めた本書は、この 10 年で大きな進化をとげた電子ペーパー技術を扱っている。電子ペーパー技術の中でも「前面板技術」と表示のための駆動手段を提供する「背面板技術」についての技術を示すとともに最新トピックスについても紹介している。定価 63,000 円、ISBN コード 978-4-7813-0317-8

<http://www.cmcbooks.co.jp/books/t0779.php>

●University of Cambridge の Yan Y. Huang ら、遠心力を利用した塗布法でカーボンナノチューブ透明導電膜を作製(ACS NANO より)

2011年3月3日

イギリス University of Cambridge の Yan Y. Huang らは、遠心力を利用してカーボンナノチューブ分散液を基板に塗布しカーボンナノチューブ透明導電膜を作製した。この塗布法は、塗布量の制御が可能であり、材料ロスが少なく、大面積塗布が可能である。

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn1033373>

●産総研と企業 27 社、折り曲げられる電子回路の実用化に乗り出す。(日本経済新聞より)

2011年3月5日

産業技術総合研究所と富士フィルム、凸版印刷、ソニーなど 27 社は、折り曲げられる電子回路の実用化に乗り出す。官民の研究グループは、印刷技術を用いて、薄いフィルム上に大規模集積回路を作製する技術を開発し、2015 年の量産を目指す。

[http://www.nikkei.com/news/article/g=96958A9693819481E2E6E2E6E18DE2E6E2E1E0E2E3E39F9FEAE2E2E3?n\\_cid=DSANY001](http://www.nikkei.com/news/article/g=96958A9693819481E2E6E2E6E18DE2E6E2E1E0E2E3E39F9FEAE2E2E3?n_cid=DSANY001)

●中国科学院 Daoben Zhu ら、空気雰囲気下で溶液プロセスを用いて高性能 n 型有機トランジスタを作製 (Advanced Materials より)

2011 年 3 月 11 日

中国科学院の Daoben Zhu らは空気雰囲気下において溶液プロセスで高性能 n 型有機トランジスタを作製した。この有機トランジスタの最高移動度は最高で  $1.2\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  を示した。この有機トランジスタは空気中で安定であることから、作製時に真空雰囲気や不活性ガスを必要とせず低コスト生産が期待される。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201004588/abstract>

●大阪大学と広島大学、高分子有機 EL の発光に十分な電流を制御する高分子有機トランジスタを開発(科学技術振興機構プレスリリースより)

2011 年 3 月 14 日

大阪大学の竹谷と広島大学の瀧宮らは、住友化学株式会社・産業技術総合研究所と共同で実施する JST 産学イノベーション加速事業の一環として、高分子有機トランジスタを開発した。三次元有機トランジスタにより、縦方向のチャンネルを高密度に配置することができるため、単位面積当たりの電流量を飛躍的に増大させることが可能になった。本開発成果は、「第 58 回応用物理学関係連合講演会」で発表予定である。

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20110314/>

以上