

# News Release

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
国立大学法人 東京大学  
地方独立行政法人 大阪府立産業技術総合研究所  
トッパン・フォームズ株式会社  
株式会社デンソー  
富士フイルム株式会社  
JNC 株式会社  
TANAKA ホールディングス株式会社  
日本エレクトロプレイティング・エンジニアーズ株式会社

2015.01.26

## 世界初、印刷で作れる電子タグで温度センシングとデジタル信号の伝送に成功 ー従来比 10 倍以上の高性能、1/10 以下の低コスト化を実現ー

NEDO プロジェクトにおいて東京大学、大阪府立産業技術総合研究所等のグループは、印刷で製造可能な有機温度センサと高性能有機半導体デジタル回路を開発し、電子タグとして温度センシングと商用周波数での温度データ伝送に世界で初めて成功しました。デジタル回路を用いる低消費電力の設計と室温近くの大気中での半導体製造工程により、省エネルギーを実現します。

従来の塗布型有機半導体よりも、10 倍以上高い性能で、1/10 以下の低コスト化が可能な印刷法で形成でき、軽く、薄く、曲げられ、低コストな温度センサ機能つきプラスチック電子タグとして、工程管理やヘルスケアなどの広範な用途が期待されます。

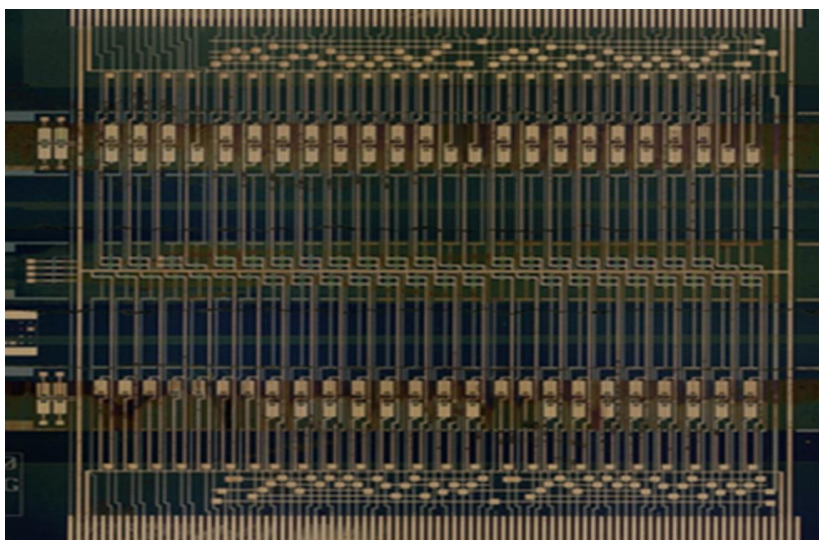


写真: 開発した温度センサ機能つき電子タグの有機単結晶デジタル回路

# 1. 概要

有機半導体は、現在、主に用いられているシリコンなどの無機半導体と比べて以下の特長があり、次世代トランジスタなどエレクトロニクス素子への応用開発研究が盛んに行われています。

- ①塗布法・印刷法といった簡便かつ比較的低温での作製が容易
- ②薄型
- ③低コスト
- ④プラスチック RFID タグやフレキシブルディスプレイなどのユニークな用途が期待できる

しかしながら、簡便かつ低コストに成膜し、実際に商用周波数で RFID タグと通信する高速応答性能を実現することは困難でした。そこで、NEDO プロジェクトにおいて、コア技術開発を行う研究機関とそれぞれが異業種に属する企業グループによる産学連携チームを構築し(図 1)、有機半導体による革新的プラスチック RFID タグの研究開発を組織的に推進しています。

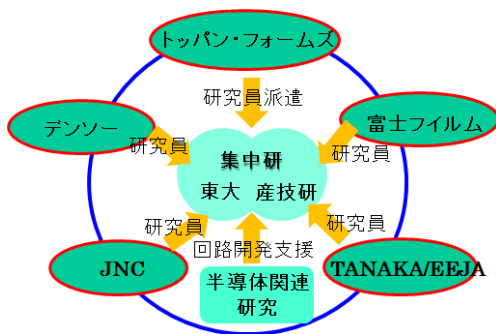


図 1 本 NEDO プロジェクトの研究体制

この度、東京大学、大阪府立産業技術総合研究所等のグループ<sup>※1</sup> は、印刷で製造可能な有機温度センサと高性能有機半導体デジタル回路を開発し(図 2)、電子タグとして温度センシングと商用周波数での温度データ伝送に世界で初めて成功しました。

具体的には、有機半導体を塗布し結晶化させる技術を基に、高性能の有機 CMOS 回路<sup>※2</sup>と塗布して作れる有機デジタル温度センサを独自開発し、13.56MHz の商用周波数によって電波でのデジタル信号の伝送<sup>※3</sup>を実現しました。従来の塗布型有機半導体よりも、10 倍以上高い性能で、1/10 以下の低コスト化が可能な印刷法で形成でき、さらにセンサ部も塗布法で作成し、温度検知機能つき物流管理タグとして利用できることを示しました。

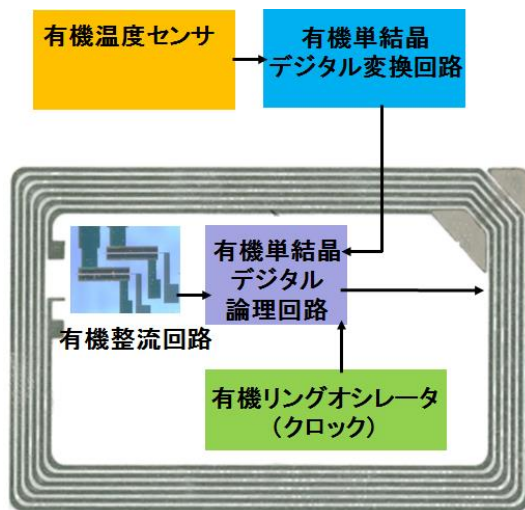


図 2 新規に開発した 13.56 MHz に応答する有機デジタル温度センサ回路

そのほか、軽く、薄く、曲げられ、低コストな温度センサ機能つきプラスチック電子タグとして、工程管理やヘルスケアなどの広範な用途が期待されます。

なお、2015 年 1 月 28 日から 30 日に東京ビッグサイトで開催される「nano tech 2015」において、本成果を用いた RFID 信号の伝送実験の実演を予定しています。

## 2. 今回の成果

### (1) 低コストの印刷型デバイスで、デジタル温度センシングと非接触 RFID デジタル通信をはじめて実現

下記の技術開発によって、デジタル温度センサと高性能有機論理回路を印刷可能な方法で作製し、13.56 MHz の商用周波数で信号伝送できることを実証しました。

#### ① 「塗布結晶化法」による新しい CMOS 回路集積技術

東京大学グループが開発した「塗布結晶化法」は、有機半導体を溶液で塗布すると同時に結晶化させて膜にすることができる簡便な手法です。今回新たに開発した方法では、p 型及び n 型の有機単結晶をライン状に連続成長することによって、10 cm 角程度の「有機 CMOS 回路」を製作することの可能になりました(図 3)。p 型及び n 型の有機半導体分子が混合することなく、規則正しく配列するため、高移動度の有機半導体を形成でき、集積化に適した多数の同じ特性のトランジスタを製作できることが特徴です。

さらに、富士フイルム株式会社と共同で、フレキシブル基板上のプロセス検討を行い、デジタル回路動作の確認にも成功しました。

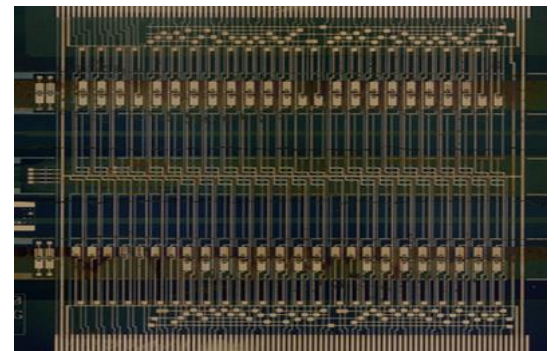
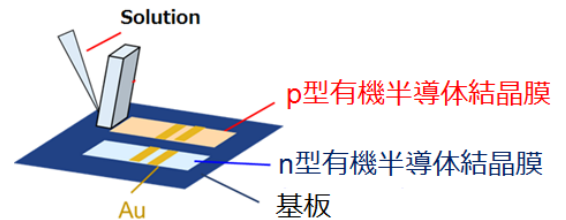


図 3 ライン状塗布結晶化法と有機単結晶 CMOS 回路

#### ② 印刷できる有機高分子デジタル温度センサ

大阪府立産業技術総合研究所のグループは、溶液から簡便に作れる有機高分子材料 PEDOT:PSS の抵抗が温度変化する現象に着目し、室温付近で感度の高い、低温塗布型有機温度センサを開発しました。さらに、典型的な塗布型有機トランジスタの性能(0.1-1  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )を 1 桁も上回る 10  $\text{cm}^2/\text{Vs}$  のキャリア移動度を有する有機半導体「アルキル DNBDDT」を用いて、抵抗のアナログデータをデジタルデータに変換する回路を構築しました(図 4)。これにより、物流管理や体温モニタに利用できる印刷プロセスによる低コスト、フレキシブルのデジタル温度センサが得られました。

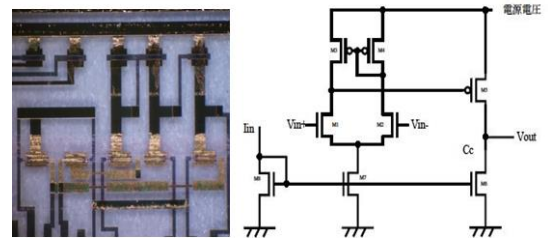


図 4 有機抵抗温度センサとデジタル変換回路

#### ③ 低コストアンテナと直結した高速応答する有機 TFT 整流素子による RFID デジタル通信の実現

トッパン・フォームズ株式会社が開発した低コストのアンテナデバイスと上記 CMOS 回路を同一プラスチック基板に実装し、温度センサと直結することにより、13.56 MHz の RFID 信号で温度データのデジタル伝送に成功しました。

印刷が可能な有機デジタル回路によって、センサ出力のデジタル変換と RFID デジタル通信による信号伝送が実現したことは、NFC(near-field communication)用低コストかつ軽量フレキシブルのセンシングデバイスの開発に直結します。今回の研究開発は、以前の塗布型有機半導体よりも、10 倍以上高い性能の有機 TFT が、1/10 以下の低コスト化が可能な印刷法で p 型及び n 型の半導体薄膜が形成でき、

CMOS 回路として集積化できることを示しました。現在、より多ビットのデータ伝送を目的として、論理回路の更なる集積化を可能にする研究開発を進めています。塗布・印刷法等により一度に大面積フィルム上にデバイスを形成することにより、低コストの生産が可能となるため、物流を効率化する省エネ用電子タグや医療用センシングデバイスなどの普及につながります。

## (2)技術的背景

東京大学竹谷教授らは 2003 年に有機半導体の結晶を用いたトランジスタを開発し、これまでよりも格段に高い性能を実現することを見出していたため、実用化に有利な溶液塗布法によって有機半導体結晶を作製する方法を検討してきました。2011 年には、溶液から有機半導体結晶を析出させてきわめて高性能の有機 TFT を開発し、2012 年には、塗布結晶化法を利用した、液晶ディスプレイの駆動にも成功しました。2014 年、単結晶 TFT の高速応答特性を利用した低コストの RFID タグ用整流器の開発を発表し、今回は、有機温度センサの開発と合わせて、単結晶 TFT を高性能デジタルセンシング回路に適用できることを示しました。

## 3. 今後の予定

今後、NEDO プロジェクトにおいて、開発を進めている温度センサを搭載した物流管理用 RFID タグの試作を進め、実用化への研究開発を加速します。また、東京大学内に組織した、有機材料開発からパネル部材、装置開発、デバイス開発を行う企業とのコンソーシアム「ハイエンド有機半導体研究開発・研修センター」では、RFID タグに限らず、高速動作の有機エレクトロニクスデバイスの開発を広範に目指します。

### 【用語解説】

- ※1 東京大学の竹谷研究室、大阪府立産業技術総合研究所の宇野主任研究員グループ、トッパン・フォームズ株式会社、JNC 株式会社、株式会社デンソー、富士フイルム株式会社、TANAKA ホールディングス株式会社、日本エレクトロプレイング・エンジニアーズ株式会社で構成されるグループ。NEDO の戦略的省エネルギー技術革新プログラム「革新的高性能有機トランジスタを用いたプラスチック電子タグの開発」にて実施。実施期間は 2012～2017 年度。
- ※2 有機 CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 回路は、活性層に p 型及び n 型の有機半導体を用いる薄膜トランジスタを集積させた回路。低消費電力の効率的な論理演算が可能となる。
- ※3 「電波による個体識別」を意味する RFID (Radio Frequency IDentification) 信号を非接触で伝送。13.56 MHz は、Suica などの乗車カードや Edy などの電子マネーに用いられる非接触通信用の周波数。

## 4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO 省エネルギー部 開発グループ 担当：石橋正博

TEL: 044-520-5281 FAX: 044-520-5283

(研究内容についての問い合わせ先)

国立大学法人東京大学 新領域創成科学研究科 教授 竹谷純一

TEL: 04-7136-3790, 080-5484-2760, FAX: 04-7136-3790

E-mail: [takeya@k.u-tokyo.ac.jp](mailto:takeya@k.u-tokyo.ac.jp)

(各機関広報担当)

国立大学法人東京大学新領域創成科学研究科 総務係(広報担当) 酒寄 温美

TEL: 04-7136-5578 FAX: 04-7136-4020 E-mail: [sakayori.atsumi@mail.u-tokyo.ac.jp](mailto:sakayori.atsumi@mail.u-tokyo.ac.jp)

地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所 経営企画室 西井秀孝

TEL:0725-51-2560 FAX:0725-51-2513

トッパン・フォームズ株式会社 広報部

TEL:03-6253-5730 FAX:03-6253-5708

E-mail:koho@toppan-f.co.jp

株式会社デンソー 広報部 吉田浩徳

TEL:0566-25-5593 FAX:0566-25-4509

富士フイルム株式会社 コーポレートコミュニケーション部

TEL:03-6271-2000 FAX:03-6271-1171

JNC 株式会社 研究開発本部付 加藤隆

TEL:0436-23-0982 FAX:0436-21-5163 E-mail:t.katou@jnc-corp.co.jp

TANAKA ホールディングス株式会社/日本エレクトロプレイティング・エンジニアーズ株式会社 技術・  
マーケティング本部マーケティング部情報セクション ヘッドマネージャー 進藤義朗

TEL:03-6311-5596 FAX:03-6311-5529 E-mail:t-shindou@ml.tanaka.co.jp

(その他 NEDO 事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 広報部 担当:上坂、佐藤、坂本 TEL:044-520-5151 E-Mail:nedo\_press@ml.nedo.go.jp