



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  
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  
富士フイルム株式会社

2014.01.27

## 世界初、印刷で作れる電子タグで個体識別信号伝送に成功 —高性能有機薄膜トランジスタで軽量フレキシブル化、低コスト化へ—

NEDO プロジェクトにおいて東京大学等のグループ<sup>※1</sup>は、印刷で製造可能な高性能有機薄膜トランジスタ回路により、商用周波数での個体識別信号伝送に世界で初めて成功しました。

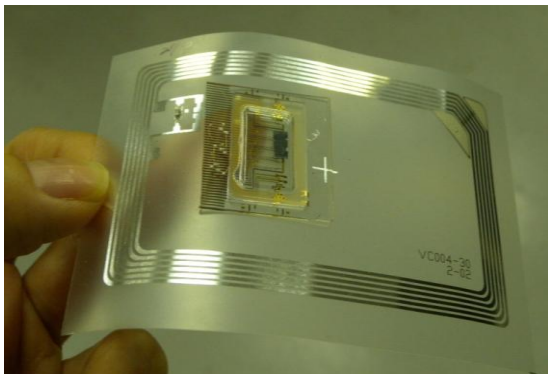
有機半導体を塗布し結晶化させる技術を基に、有機 TFT 整流素子<sup>※2</sup>を開発し、13.56MHz の商用周波数によって電波での個体識別信号の伝送<sup>※3</sup>に成功しました。従来の塗布型有機半導体よりも、10 倍以上高い性能で、1/10 以下の低コスト化が可能な印刷法で形成でき、集積化プロセスを経て実デバイスとして利用できることを示した成果です。

軽く、薄く、曲げられ、低コストなプラスチック電子タグは、物流管理やヘルスケアなどの広範な用途が期待されます。

※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、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、TANAKA ホールディングス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。実施期間は平成 24～26 年度。

※2: 有機 TFT (Organic Thin Film Transistor) は、活性層に有機半導体を用いる薄膜トランジスタ。

※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。13.56MHz は、Suica などの乗車カードや楽天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。



開発した電子タグ

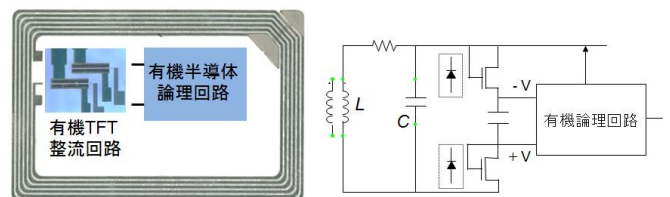


図 1 新規に開発した 13.56MHz に応答する  
有機 TFT 整流回路

## 1. 背景

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薄型化
- ③低コスト化
- 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。本 NEDO プロジェクトでは、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、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

## 2. 今回の成果

### (1)低コストの印刷型デバイスで、非接触 RFID 通信をはじめて実現

以下の技術開発によって、高性能有機 TFT 整流素子を印刷可能な方法で作製し、13.56MHz の商用周波数に应答することを実証しました。

#### ① 高移動度かつ熱安定性に優れる有機半導体「アルキル DNBDT」

JNC 株式会社と東京大学および株式会社リガクのグループは、典型的な塗布型有機トランジスタの性能(0.1-1cm<sup>2</sup>/Vs)を1桁も上回る 10cm<sup>2</sup>/Vs のキャリア移動度を有する有機半導体「アルキル DNBDT」を開発しました。この移動度は非常に高い値であり、高周波応答する有機 TFT に必須です。また、本材料は 150 度以上の温度でも安定であるため、デバイス化プロセスや実用材料として、高い優位性があります。

#### ② 「塗布結晶化法」による新しい塗布・印刷法

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、連続的に溶液供給することによって、10cm 角程度の「有機単結晶ウェーハ」を製作することが可能になりました(図 2)。

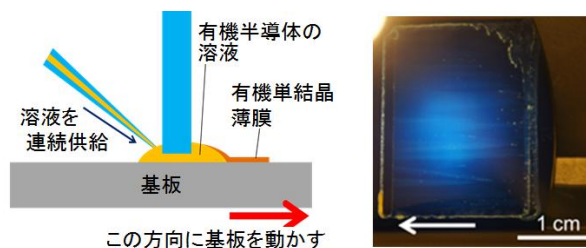


図2 塗布結晶化法と有機単結晶ウェーハ

有機半導体分子が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。

#### ③ 有機半導体デバイス集積化プロセスの開発

大阪府立産業技術総合研究所と東京大学は、有機半導体にダメージを与えないリソグラフィーを用いたパターニング法により、高性能の有機 TFT を作製する手法を開発しました。この方法により、大阪府立産業技術総合研究所は、2 個のトランジスタを組み合わせた RFID 通信用整流素子を開発しました(図

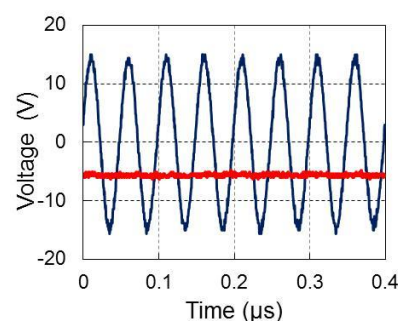


図3 塗布結晶化法による有機整流回路による DC 出力

3)。

#### ④ 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 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整流素子を直結し、13.56MHz の RFID 信号の伝送に成功しました。また、異なる周波数の発振回路を用いることにより、固体識別機能を実証しました。

印刷が可能な有機整流回路によって、はじめて RFID 通信の基本特性が得られたことは、低コスト RFID タグ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形成でき、集積化プロセスを経て実デバイスとして利用できることを示しました。現在、より多数の固体識別を目的として、RFID タグに搭載する論理回路部分も同じ手法で作製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ルギー電子タグや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

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。今回は、単結晶 TFT の高速応答特性を利用し、低コストの RFID タグに利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、開発を進めている論理回路部(図 4)を搭載した 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。

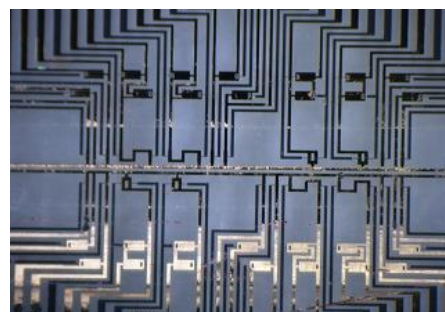


図 4 開発中の有機半導体論理回路

なお、2014 年 1 月 29 日から 31 日に東京ビッグサイトで開催される「nano tech 2014」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。

### 4. お問い合わせ先

(本プレ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

(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) 別所 眞知子

TEL: 04-7136-5578 FAX: 04-7136-4020 E-mail: ma-bessho@kj.u-tokyo.ac.jp

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 社長室広報部

TEL: 03-6253-5730 FAX: 03-6523-5708

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

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 チーフマネージャー 進藤義朗

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

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

(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:遠藤 TEL:044-520-5151 E-Mail:nedo\_press@ml.nedo.go.jp

※ 「Suica」は、東日本旅客鉄道株式会社の登録商標です。

※ 「楽天Edy」は、楽天グループのプリペイド型電子マネーです。