
**日本エレクトロプレATING・エンジニアース、東京大学と共同で
世界初、p型・n型有機半導体結晶上に
めっき法でコンタクト電極を一括形成できる技術の開発に成功**

**世界最高レベルの低接触抵抗電極と高移動度を達成する
高性能有機トランジスタの大気中形成が可能に**

TANAKA ホールディングス株式会社（本社：東京都千代田区、代表取締役社長：田苗 明）は、田中貴金属グループのめっき事業を展開する日本エレクトロプレATING・エンジニアース株式会社（本社：神奈川県平塚市、代表取締役社長：田中 浩一郎、以下：EEJA）が、東京大学大学院新領域創成科学研究科の竹谷純一教授と共同で、p型・n型^(※1)双方の有機半導体電界効果トランジスタ（以下、OFET）において、無電解めっきプロセスで同時にコンタクト電極を形成できる技術（以下、本技術）の開発に世界で初めて成功したことを発表します。

本技術では、銀ナノ粒子を触媒として採用する無電解金めっきプロセスを有機半導体上に用いるため、大規模な装置を必要とする真空環境を使用せず、大気中でトップコンタクト型 OFET（図1）^(※2)のコンタクト電極を形成する事が可能です。また、同じ大気中でのコンタクト形成法である金属インクとは違い、有機半導体へのダメージが少なく、高移動度^(※3)有機半導体の性能を損なうことなく、高性能 OFET の形成を実現します。更に、近年の高性能 n 型半導体材料の登場により、開発が加速されている p 型・n 型 OFET 混在型の回路に対して同時にコンタクト電極を形成できるため、より高度な有機電子デバイスを低コストで形成する事が出来ます。

本技術によるコンタクト電極の接触抵抗は p 型有機半導体上で $0.1\text{k}\Omega\text{cm}$ 以下を達成し、現在までに報告されている大気中で形成された有機半導体上コンタクト電極の接触抵抗としては世界最小値を記録しています。竹谷教授が開発した大気中で形成が可能な高性能塗布型有機半導体と本技術を組み合わせることで、世界最高レベルの低接触抵抗電極と高移動度を誇る高性能 OFET の大気中での形成が実現しています（図2）。この結果は、高速駆動可能な有機電子デバイスを大気中で形成できる事を意味しており、プリントドエレクトロニクス^(※4)による高性能電子デバイスの作製を実現します。

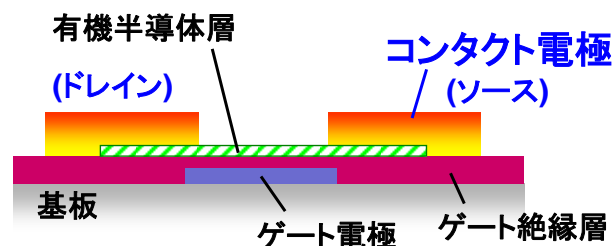


図1. トップコンタクト型 OFET 断面図

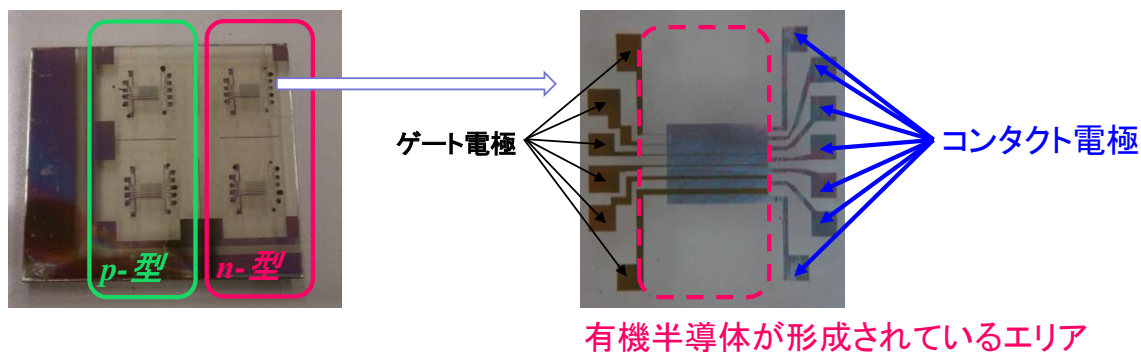


図2. 作製した OFET

本技術は、有機半導体結晶上に銀ナノ粒子を含有しためっき用銀触媒溶液を塗布した後、その基板を無電解金めっき液に浸漬することで金コーティングを施して銀粒の間を金で埋めた、金銀ハイブリッド構造のコンタクト電極形成プロセスです。これにより、金から電荷注入が行われやすいp型有機半導体と、銀から電荷注入が行われやすいn型有機半導体に対し、同一のプロセスで低接触抵抗なコンタクト電極を形成することが可能になります（図3）。

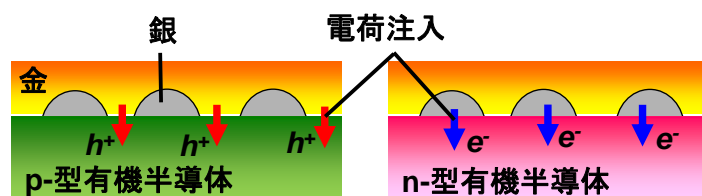


図3. 金銀ハイブリッド構造模式図

なお、EEJAは3月11日（水）から14日（土）の4日間、東海大学 湘南キャンパス（神奈川県平塚市）で行われる「第62回応用物理学会春季学術講演会」で本技術に関する研究成果を発表します。

■ 技術背景

OFETは有機半導体を使ったトランジスタであり、「低温形成可能」「軽量」「フレキシブル」といった有機材料ならではの特徴を持っています。近年有機半導体材料の高性能化が急速に進み、従来の有機半導体の限界移動度と考えられていた数値を2桁以上上回る材料が開発されています。更に竹谷教授の研究グループの成果を先駆けに、大気中での高移動度有機半導体形成が可能になり、有機半導体デバイスの適用分野が大きく広がると期待されています。

一方で、OFETのコンタクト電極を形成する方法はいくつかありますが、いずれも真空環境を必要とすることや有機半導体へダメージを与えることなどが課題となっていました。例えば、真空蒸着法は、均一な薄膜電極が形成できる一方、真空環境を作るための装置コストが巨額になり、材料ロスも多くなります。また、金属インクや金属ペーストによる電極形成は、大気中での電極形成が可能である反面、有機溶剤を含むことや高温での焼結や紫外線による硬化が必要であることから、有機半導体へダメージを与えてしまい、トランジスタとしての十分な性能が得られませんでした。

そこでEEJAと竹谷教授の研究グループは、2014年9月にめっきプロセスによるp型有機半導体上のコンタクト電極形成技術を共同開発しました。EEJAは有機半導体結晶上に安定的に電極を形成できるように、新規の無電解めっき触媒用の金ナノ粒子を開発しました。この技

術により形成されたコンタクト電極の接触抵抗は $0.7\text{k}\Omega\text{cm}$ と、大気中で形成されたコンタクト電極としては驚異的に低い接触抵抗を達成しました。また、竹谷教授の研究グループは、結晶方位の揃った大面積の有機半導体薄膜を大気中で、かつ短時間で形成できる、塗布型有機半導体を開発し、半導体としての性能を左右する移動度は、従来の有機半導体をはるかに上回る $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上を達成しました。

■ OFET の新たな応用デバイス開発に貢献—今後の予定

OFET は「プリンタブル」「軽量」「フレキシブル」といった特徴を持つため、フレキシブルディスプレイやディスプレイ RFID（無線自動識別）タグなどへのデバイス開発が期待されています。現在開発が進んでいるデバイスは p 型有機半導体のみを使用したものが主流ですが、今後より高度な回路が必要とされる、ドライバー IC も曲げられるオールフレキシブルディスプレイやウェアラブルコンピューターなどの開発には、p 型・n 型 OFET 混在の回路が必須となり、かつ両方の OFET を高速で動作させる必要があります。この度の共同開発技術は、有機電子デバイスの技術革新に貢献するものであり、EEJA は今後も、有機電子デバイスの実用化に向けた更なる課題検討を継続してまいります。

(※1) p 型有機半導体・n 型有機半導体

有機化合物を結晶方位の揃った状態で結晶化させることで、半導体としての特性を得る。プラスの電荷を注入されることで電気を流す物を p(positive)型、マイナスの電荷を注入されることで電気を流す物を n(negative)型有機半導体と呼ぶ。p 型・n 型により電荷を注入しやすい金属の種類が異なる。

(※2) トップコンタクト型 OFET

コンタクト電極が半導体結晶の上に位置する有機トランジスタ。その構造から、他の構造を持つ OFET と比較して高速駆動が可能。しかし有機半導体結晶を形成した後から電極を形成するため、有機半導体にダメージを与えやすく、コンタクト電極形成が難しいとされている。

(※3) 移動度

半導体中の電荷の移動のしやすさを示す量。複雑な処理を行う電子デバイスには、より高い移動度が必要となる。数年前まで有機半導体の移動度は $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度が一般的であったが、最近になり移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える材料が開発されている。

(※4) プリンテッドエレクトロニクス

印刷などの技術を活用して大気中で基板に電子回路やデバイスなどを形成する技術。

■TANAKA ホールディングス株式会社（田中貴金属グループを統括する持株会社）

本社：東京都千代田区丸の内 2-7-3 東京ビルディング 22F

代表：代表取締役社長 田苗 明

創業：1885年 設立：1918年 資本金：5億円

グループ連結従業員数：3,562名（2013年度）

グループ連結売上高：9,676億円（2013年度）

グループの主な事業内容：貴金属地金（白金、金、銀 ほか）及び各種産業用貴金属製品の製造・販売、輸出入及び貴金属の回収・精製

HP アドレス：<http://www.tanaka.co.jp>（グループ）、<http://pro.tanaka.co.jp>（産業製品）

■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

略称：EEJA（Electroplating Engineers of Japan Ltd.）

本社：神奈川県平塚市新町 5-50

代表：代表取締役社長 田中 浩一郎

設立：1965年 資本金：1億円

従業員数：94名（2013年度）

売上高：233億6千万円（2013年度）

事業内容：

1. エンソン（Enthone）グループとの技術提携によるセルレックス（SEL-REX）貴金属・卑金属めっき液、添加剤および表面処理関連薬品の開発、製造、販売、輸出業
2. めっき装置の開発、製造、販売、輸出業
3. その他めっき関連製品の輸入、販売

HP アドレス：<http://www.eeja.com/>

<田中貴金属グループについて>

田中貴金属グループは1885年（明治18年）の創業以来、貴金属を中心とした事業領域で幅広い活動を展開してきました。2010年4月1日にTANAKAホールディングス株式会社を持株会社（グループの親会社）とする形でグループ再編が完了しました。ガバナンス体制を強化するとともにスピーディな経営と機動的な業務執行を効率的に行うことにより、お客様へのより一層のサービス向上を目指します。そして、貴金属に携わる専門家集団として、グループ各社が連携・協力して多様な製品とサービスを提供しております。

国内ではトップクラスの貴金属取扱量を誇る田中貴金属グループでは、工業用貴金属材料の開発から安定供給、装飾品や貴金属を活用した貯蓄商品の提供を長年に渡り行ってきました。今後も貴金属のプロとしてグループ全体で、ゆとりある豊かな暮らしに貢献し続けます。

田中貴金属グループの中核8社は以下の通りです。

- ・TANAKAホールディングス株式会社（純粋持株会社）
- ・田中貴金属工業株式会社
- ・田中貴金属インターナショナル株式会社
- ・田中貴金属販売株式会社
- ・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
- ・田中電子工業株式会社
- ・田中貴金属ビジネスサービス株式会社
- ・田中貴金属ジュエリー株式会社