

鵜飼育弘のテクテク見聞録

インクジェットで線幅 $8\mu\text{m}$ 、短チャネル有機TFTを開発

応用物理学会春季学術講演会報告

鵜飼 育弘 = Ukai Display Device Institute 代表

日経 XTECH

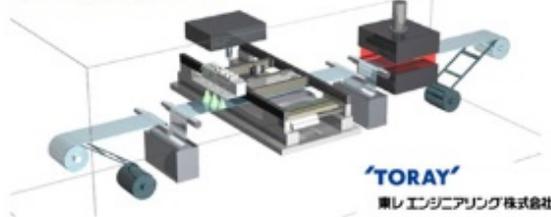
1. はじめに

第65回応用物理学会春季学術講演会が早稲田大学西早稲田キャンパスで3月17日～20日に開催された。その中から筆者が興味を持った講演を報告する。第5回は、山形大学 有機エレクトロニクス研究センター（ROEL）とJSRによる「親撥パターンニング法を用いた微細配線形成と有機TFT応用」と題した発表について報告する（発表番号：18p-D102-9）。

2. 親撥パターンニング法を活用

本コラムで既報の通り、山形大学には東レエンジニアリング製のロール・ツー・ロール（R2R）方式のインクジェット印刷装置が導入されている（**図1**）。インクジェット印刷法は、基板上に所望の配線パターンをデジタル印刷できることから、電子デバイスの製造プロセスとしての応用が期待されている。

ロールtoロールインクジェット印刷装置
フィルム幅：最大90cm



■ インクジェット(IJ)印刷の利点

版を使わない印刷法であり、配線パターンを自由に設計して印刷することが可能

■ インクジェット(IJ)印刷の課題

細線化、短チャネル化などの微細化が困難

・線幅：120～150 μm

・チャネル長：20 μm 以上

図1 研究の背景

[画像のクリックで拡大表示]

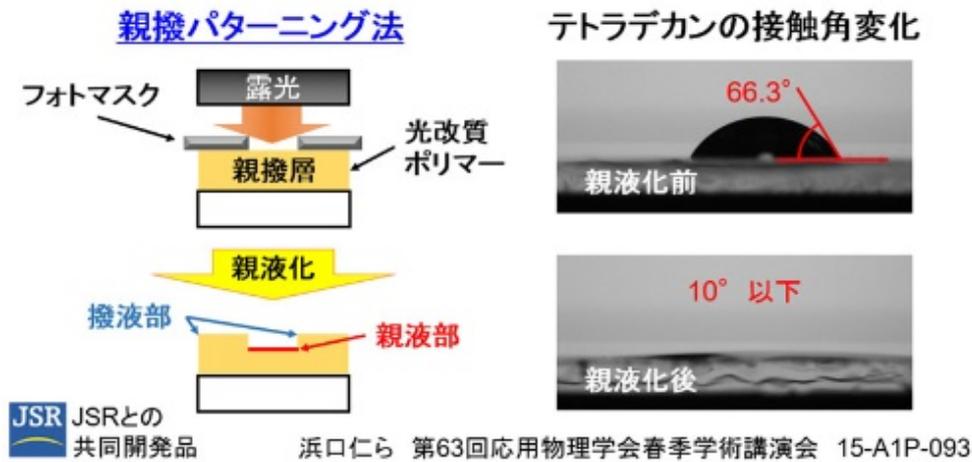
しかし、着弾後のインク流動により濡れ広がりやにじみが生じ、30 μm 以下の微細パターンを形成することが難しい。従って、電極の細線化やトランジスタの短チャネル化などの微細化が困難である。現状は、線幅120 μm ～150 μm 、チャネル長20 μm 以上である。このことが、有機半導体TFT（OTFT）にインクジェット印刷を適用する上で課題となっている。

この課題の解決に向けて、山形大学らの研究グループは、微細な電極を形成するための親撥パターンニング法を開発し、発表している。光により親液・撥液表面をパターンニングし、親液部にインクジェット印刷を行うことで微細な電極を形成する。今回は、この親撥パターンニング法を用いて作製した微細電極を持つ有機TFTの高性能化について報告する。

3. 有機TFTを作製、特性を評価

3.1 TGBC構造の有機TFTを作製

親撥パターンニング法を図2に示す。テトラデカンの接触角の変化を同図に示した。親液化前の接触角は66.3度だったが、親液化後は10度以下に接触角を変えられることが分かる。図3にプロセスの手順を示す。その手順に従って、親撥パターンニング法を用いトップゲート・ボトムコンタクト (TGBC) 構造のOTFTを作製した。図4に試作したOTFTの構造を示す。



【目的】
親撥パターンニング法とインクジェット印刷を利用した
微細なソース・ドレイン電極の形成と有機TFTの作製

図2 研究の目的

[画像のクリックで拡大表示]

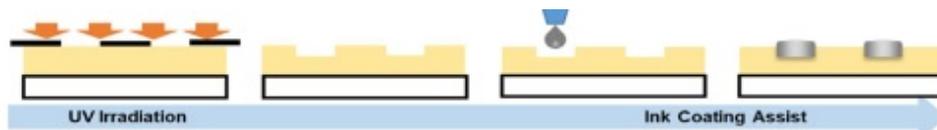


図3 プロセスの手順

[画像のクリックで拡大表示]

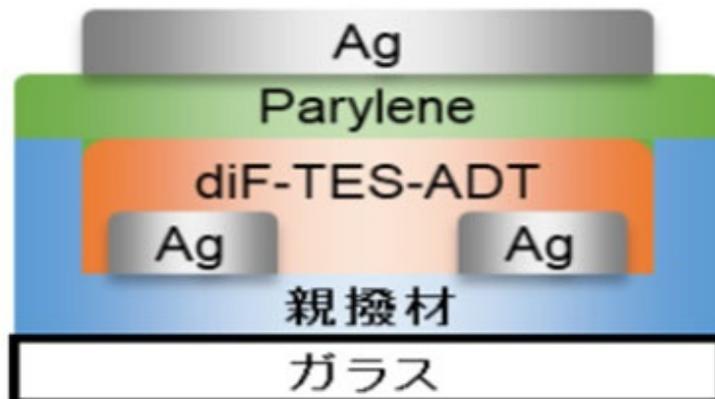
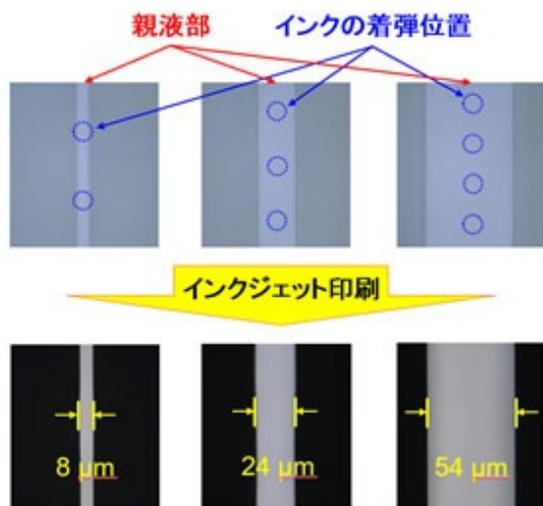


図4 有機半導体TFTの構造

ガラス基板上に光照射によって表面濡れ性を改質できる親撥絶縁材料（JSRの開発品）をスピコート成膜した。スピコート後は撥液面となっている表面に対して、露光装置により電極パターン形状に光照射（365nm）することで親液パターンを形成した。親液パターンに対して、銀（Ag）ナノ粒子インク（ハリマ化成のNPSJL）をインクジェット印刷した後、120℃で焼成してソース・ドレイン（SD）電極を形成した。SD電極をPFBT処理した後、有機半導体としてdiF-TES-ADTをインクジェット印刷した。膜厚400nmのパリレン（Parylene）をゲート絶縁膜とし、最後に銀ナノ粒子インクをインクジェット印刷することでゲート電極を形成した。

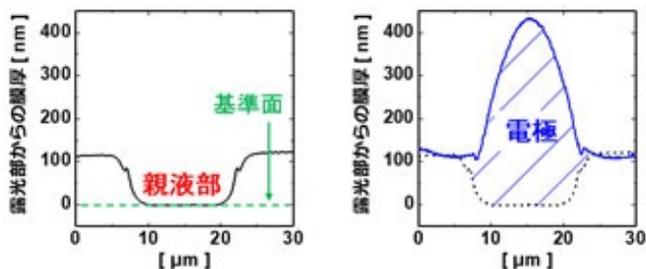
3.2 移動度 $0.23\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、オン/オフ比 10^6 以上

図5に配線形成の結果を示す。露光パターンにより線幅を調整でき、最小線幅 $8\mu\text{m}$ を実現できた。光照射した親液部位は膜厚が減少するため電極を厚くできる（図6）。図7に配線幅の均一性について、親撥パターニングの有無との関係を示す。親撥パターニングありの場合、サンプル数80で、配線幅の平均は $10\mu\text{m}$ 、標準偏差は1.0である。親撥パターニングなしの場合、サンプル数81で、配線幅の平均は $227\mu\text{m}$ 、標準偏差は2.4である。従って、親撥パターニングの導入によって均一な配線幅のSD電極を実現できたことが分かる。



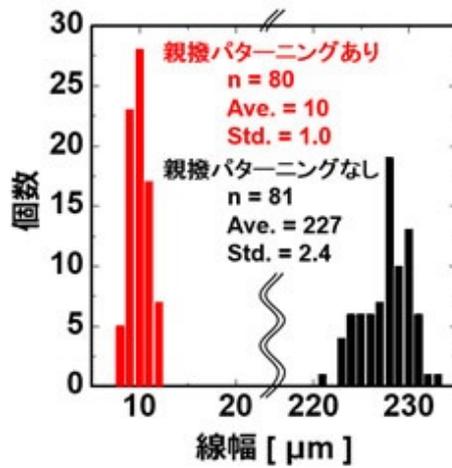
- 露光パターンにより線幅を調整できる(最小線幅 $8\mu\text{m}$)

図5 配線形成の結果(1)



- 親液化部分が膜厚減少するため電極を厚くできる

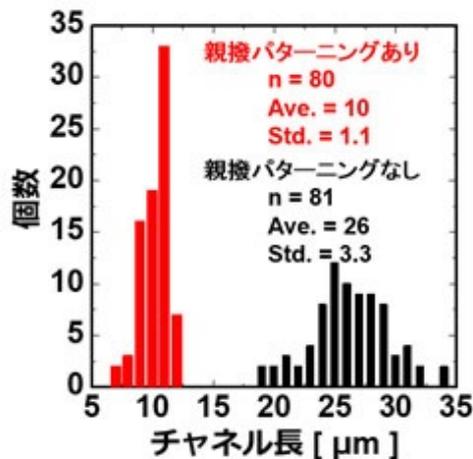
図6 配線形成の結果(2)



均一な配線幅のソース・ドレイン電極を実現した

図7 配線幅の均一性

図8に、チャンネル長の均一性と親撥パターンニングの有無との関係を示す。親撥パターンニングありの場合、サンプル数80で、チャンネル長の平均は10μm、標準偏差は1.1である。親撥パターンニングなしの場合、サンプル数81で、チャンネル長の平均は26μm、標準偏差は3.3である。親撥パターンニングの導入によって、均一なチャンネル長のSD電極を実現できたことが分かる。



均一なチャンネル長のソース・ドレイン電極を実現した

図8 チャンネル長の均一性

このSD電極上に形成したOTFTの特性を図9に示す。OTFTのチャンネル長Lは9μm、チャンネル幅Wは500μmである。移動度 $0.23\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、オン/オフ比 10^6 以上のトランジスタ特性を得ることができた。ただ、特性にはヒステリシスがみられる。

4. まとめと今後の展望

インクジェット印刷に親撥パターンニングを導入したことによって、以下の結果が得られた。

- 最小線幅 $8\mu\text{m}$ を達成できた
- 均一な線幅、チャンネル長の微細電極を形成できた
- 有機半導体層の成膜条件を改善し、短チャンネルのOTFTにおいて移動度 $0.23\text{cm}^2/\text{Vs}$ の良好な特性が得られた

今後の展望としては、親撥パターンニングを利用したOTFTを集積回路に応用することを目指す。

5. おわりに

東レエンジニアリング製のR2Rインクジェット印刷装置は、親撥パターンニングのプロセスが可能な装置構成に既になっている。フィルム幅は最大 900mm である。フレキシブル基板上に短チャンネルで高性能のOTFTが、R2Rで作製できる日もそう遠くはない。