

## 4. 大面積・高精細有機TFTアレイの作製技術

～マイクロコンタクトプリント法～

八瀬 清志†

キーワード ■ 有機EL, 電子ペーパー, 有機半導体トランジスタ, マイクロコンタクトプリント法

## 1 ま え が き

昨今は液晶ディスプレイ (LCD) やプラズマディスプレイパネル (PDP) などの平面型ディスプレイ (Flat Panel Display: FPD) の技術革新が目覚しく, 大画面化・高精細化に向けた世界的な競争が行われている。一方, これらの家庭用のFPD以外にも, 新たな戦場が生まれている。それは, まったく新しい表示技術としての有機電界発光 (EL) ディスプレイであり, 電子ペーパーである。前者に関しては, 2007年の末に日本で発売および本格供給が始まった11インチの有機テレビ (ソニー) や, 携帯電話のメイン画面への有機ELの搭載である。後者は, オランダのPolymer Visionの折りたたみ可能な5インチのディスプレイを持つ携帯端末<sup>1)</sup>であり, 電子書籍配信サービスの端末 (アマゾン) である<sup>2)</sup>。実は, この電子ブックに関しては, 2004年にソニーと松下が世界に先駆けて上市した。しかし, コンテンツサービスが不備なためか, 大きな市場にならなかったものである。今後は, 有機ELや電子ペーパーがフレキシブル化に向けた研究開発により, どれだけ発展していくかが注目されることになる。

これらのディスプレイにおいては, 各画素の駆動用の薄膜トランジスタ (TFT) としては非晶質シリコン (a-Si) または高性能の多結晶シリコン (Poly-Si) が用いられている。その基板としては, プロセス中の熱処理やフォトリソグラフィに代表される微細加工のため, 耐熱性・耐溶媒・酸・アルカリ性に優れたガラス基板が用いられている。しかし, ディスプレイの軽量化, 耐衝撃性や柔軟性のためには, ガラスではなくプラスチック基板を用いることが好ましい。その意味で, 低温のプロセスが可能で, 印刷法に代表される高速・大面積プロセスが可能な有機半導体に期待が集まっている<sup>3)</sup>。

本稿では, 駆動回路としての有機TFTのアレイを, 大面積かつ高精細で印刷する技術としてのマイクロコンタクト

プリント ( $\mu$ CP) 法を紹介する<sup>4)~6)</sup>。

## 2 有機TFTアレイ化技術

FPDにおいてはPDPを除いて, LCDと電子ペーパーでは各画素のon/offのスイッチ素子, 有機ELでは電流注入のための駆動回路が必要である。実際, 大画面LCDにおいては,  $2 \times 3$ m規模の大きなガラス板へのa-SiまたはPoly-Siの微細加工が行われており, それが製造ラインの巨大化および製造コストの上昇の原因になっている。

画素スイッチTFTの構造の一例を図1に示す。このように, 少なくとも一つの駆動用のトランジスタが $100 \mu\text{m}$ オーダーの画素の中に入っており, A4サイズのディスプレイだと縦横に $1,600 \times 2,000$ 個の総計で300万個のTFTが必要である。

また, その断面構造を見ると, いくつかの性質の異なる材料の積層化が必要である。このため, 通常の印刷法が, シアン・イエロー・マゼンタ・ブラック (CMYK) の4色の

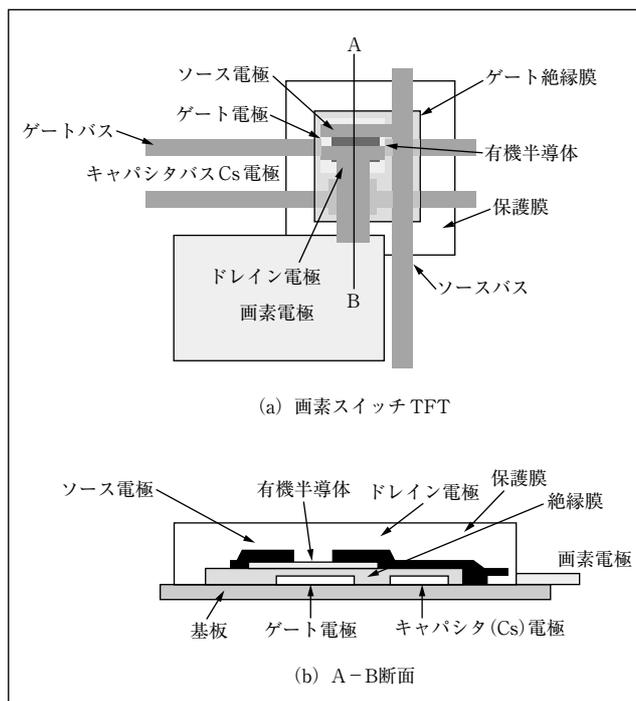


図1 画素スイッチTFTの構造

† 独立行政法人産業技術総合研究所 光技術研究部門

"Large-Area and High Precision Printing Method of Organic TFT Array; Micro Contact Printing" by Kiyoshi Yase (Photonics Research Institute, AIST, Tsukuba)

インクで塗り分けられていることからすると、 $\mu\text{m}$ オーダーで位置合わせを行いつつ、重ね塗りをする必要はある。

現在、インクジェット (IJ) 法を用いた有機TFT部材の印刷が行われているが、バンク (土手) と呼ばれる微細パターンをあらかじめフォトリソグラフィによって作製し、かつその表面を親水または疎水処理を行うことが必要である。一般に、IJ法の精細度は $5\mu\text{m}$ 程度といわれている<sup>3)</sup>。その意味で、シリコンなどの無機物に比べて電子性能の劣る有機半導体においては、TFTのキーパラメータであるチャンネル長 (ソースドレイン電極の間隔) を数 $\mu\text{m}$ にする必要から、新しい精細描画が可能な印刷法の開発が望まれている。

### 3 印刷プロセスによる有機TFTアレイ化技術

ナノメートルに達する微細パターンの印刷技術は、1993年にハーバード大学のG.M.ホワイトサイドラが、ソフトリソグラフィと称して発表した研究に始まっている<sup>7)8)</sup>。

シリコンウェハまたはガラス基板を通常フォトリソグラフィ法でパターンニングし、微細な凹凸パターンを有するマスクを作製する。次に、このマスク基板上に熱可塑性のシリコンゴム (Sylgard 184 (Dow Corning) またはKE106

(信越化学工業)) に微細構造を転写し、スタンプ (版) とする。このPDMSスタンプの凸部に有機TFTの各種部材のインクをのせ、被転写物上に印刷する (図2)。

半導体的な性質を示すもの (poly-3-hexylthiophene: P3HT) と導電性を示すもの (poly (3, 4-ethylenedioxythiophene) poly (styrene-sulfonate: PEDOT: PSS)) を $\mu\text{CP}$ 法により酸化膜付きのシリコンウェハ上に微細パターンを形成した (図3)。

ここに離散的な半導体のパッチパターン (凸部:  $50\mu\text{m}^2$  で、間隔 $100\mu\text{m}$ ) と $10\mu\text{m}$ のチャンネル長 (L) を有するソースドレイン電極が印刷されている。この有機TFT素子のトランジスタ特性は、スピコート法により連続膜として作成した場合と同等の  $10^{-3}\sim 10^{-4}\text{cm}^2/\text{Vs}$  の移動度、on/off比で $10^3$ が得られている<sup>9)10)</sup>。

### 4 むすび

マイクロ・ナノ領域でのプリント法を用いてプラスチックなどの低融点材料の上に室温で、大面積かつ高精細に有機TFTのアレイが形成できるようになった<sup>11)</sup>。現状では、平版平圧のバッチ方式であるが、重ね印刷、特に位置合わせの自動化によりR2Rでの高速印刷も可能となる。これこそが、ムーア則による微細化の限界に莫大な労力をかけているシリコンエレクトロニクスとは異なるプリント有機エレクトロニクスの真骨頂である。

有機テレビで具現化された有機エレクトロニクスの技術進化が、フレキシブルディスプレイの実現により加速されることを期待する。

最後に、本研究開発は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) より委託を受け、化学技術戦略推進機構 (JCII) と産総研が共同で行っている「超フレキシブルディスプレイ部材技術開発法プロジェクト」の成果である。

(2008年6月30日受付)

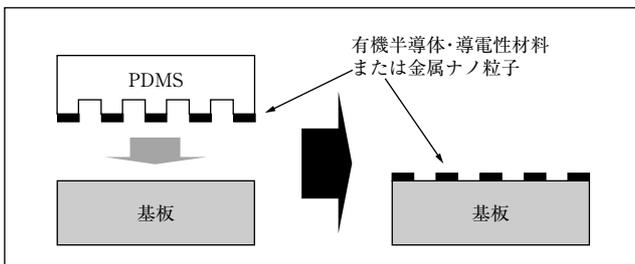


図2 マイクロコンタクトプリント法

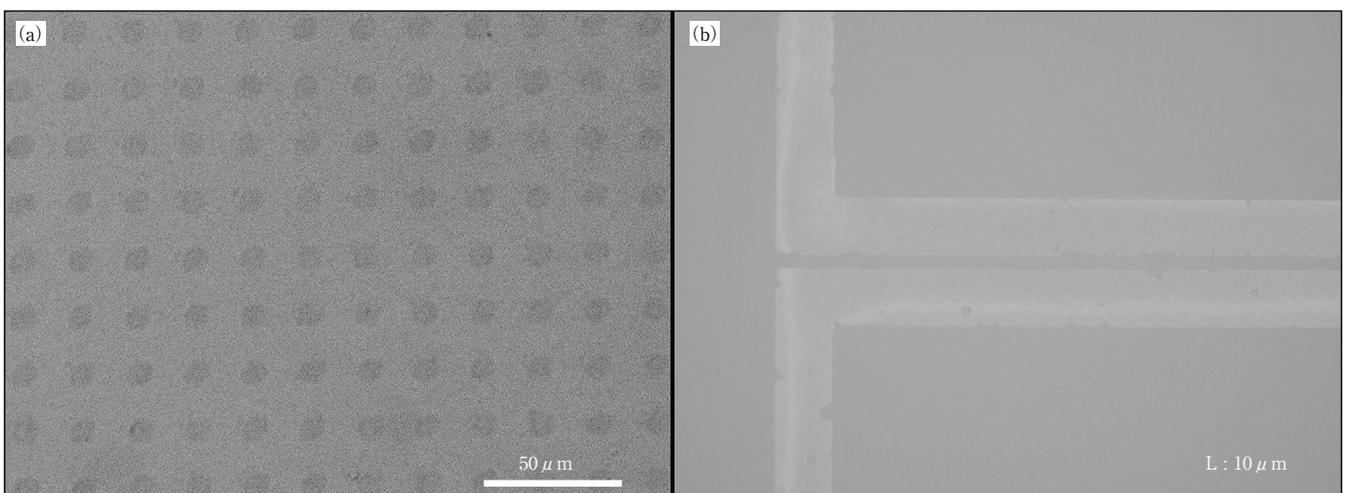


図3 マイクロコンタクトプリント法による有機半導体 (P3HT:  $10\mu\text{m}$  のドットパターン) (a) と導電性高分子 (PEDOT:PSS:  $10\mu\text{m}$  のチャンネル長のソースドレイン電極) (b) (絵線カラー参照)

## 〔文 献〕

- 1) <http://www.polymervision.com/News-Center/Press-Releases/Article-14771.html>, または, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20071211/143978/?ST=fpd>
- 2) “電子ペーパー始動”, 日経マイクロデバイス, 4, pp.31-45 (2008)
- 3) “プリンタブル・エレクトロニクス技術開発最前線 -材料開発・応用技術編-”, 技術情報協会 (2008)
- 4) 八瀬清志: “有機分子デバイスの製造技術II印刷法”, 応用物理, 77, 2, pp.173-177 (2008)
- 5) 八瀬清志: “プリンタブル有機エレクトロニクス”, MATERIAL STAGE, 7, 11, pp.38-41 (2008)
- 6) 八瀬清志: “プリントド有機エレクトロニクス: 超フレキシブルディスプレイの開発に向けて”, 工業技術, 56, 6, pp.18-21 (2008)
- 7) A. Kumar and G.M. Whitesides: "Features of Gold Having Micrometer to Centimeter Dimensions Can be Formed Through a Combination of Stamping with an Elastomeric Stamp and an Alkanethiol "Ink" Followed by Chemical Etching", Appl.Phys.Lett., 63, 14, pp.2002-2004 (1993) .
- 8) A.Kumar, H.A. Biebuyck and G.M. Whitesides: "Patterning Self-Assembled Monolayers: Applications in Materials Science", Langmuir, 10, pp.1498-1511 (1994)
- 9) A. Takakuwa, M. Ikawa, M. Fujita and K. Yase: "Micropatterning of Electrodes by Microcontact Printing Method and Application to Thin Film Transistor Devices", Jpn.J. Appl. Phys., 46, 9A, pp.5960-5963 (2007)
- 10) A. Takakuwa and R. Azumi: "Influence of Solvents in Micropatterning of Semiconductors by Microcontact Printing and Application to Thin-Film Transistor Devices", Jpn.J.Appl.Phys., 47, 2, pp.1115-1118 (2008)
- 11) 産総研プレスリリース: “フレキシブル基板へ有機薄膜トランジスタアレイを印刷 -全印刷法による有機半導体デバイス作製に向けて-”, [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2008/pr20080609/pr20080609.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2008/pr20080609/pr20080609.html)



八瀬 清志 1978年, 大阪大学理学部卒業. 1980年, 大阪大学大学院理学研究科修士課程修了. 1983年, 京都大学大学院理学研究科博士課程単位取得後退学. 1984年, 広島大学生物生産学部助手. 1989年~1991年, マックスプランク高分子研究所(西ドイツ)留学. 1992年, 通商産業省工業技術院繊維高分子材料研究所主任研究員. 1993年, 同物質工学工業技術研究所主任研究員. 1997年, 同研究室長. 2001年, (独立)産業技術総合研究所光技術研究部門副研究部門長となり, 現在に至る. 専門は, 有機エレクトロニクス・フォトンクス(有機TFT, ELおよび太陽電池).