

帝人での有機エレクトロニクスのための材料開発

帝人株式会社 融合技術研究所 池田吉紀

(1) はじめに

帝人での有機エレクトロニクスへの取り組みとしては、フィルム基材をベースとしたアプローチを進めてきた。古くは、1974 年にポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム上に、透明導電層であるITO(Indium Tin Oxide)をスパッタ法によりロール to ロールで成膜する技術を開発し、現在のタッチパネル事業に結び付けたことが起源となる。その後、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリカーボネート(PC)フィルムでのガスバリア加工や、表面平坦性コーティング技術を組合せることで、フレキシブル、プリントド、プラスチックエレクトロニクスなどの将来を期待される研究分野への適用を目指す。例えば、高耐熱性ポリカーボネートフィルムに関しては、180℃までの高い耐熱温度を生かし、塗布型有機半導体材料との組合せにより、インクジェット法によりフレキシブルなTFTが実現できることを確認した¹⁾。また、PEN フィルムでは、高いガスバリア性を付与することで有機ELディスプレイ(図2)を形成し、駆動を実証している²⁾。このように、帝人では有機エレクトロニクスに関して、フィルムを基軸として、そのフィルムに対して、付加機能を与える材料開発に取り組む。現在では、その開発材料の一つとして、塗布型半導体材料の開発を進めている。

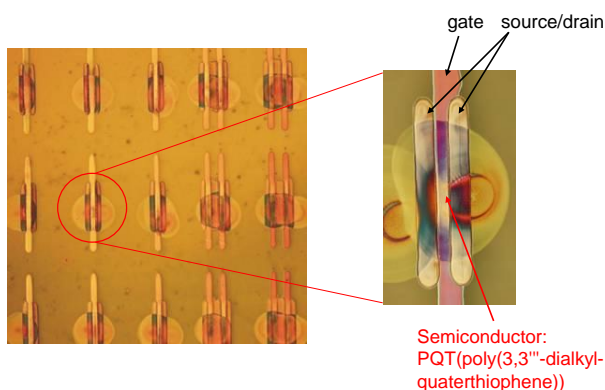


図1、PC フィルム上にインクジェット法により形成した有機 TFT

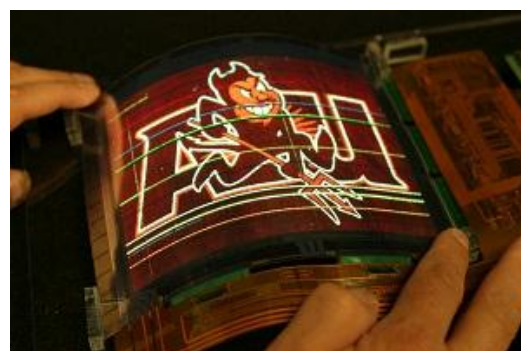


図2、PEN フィルムによる世界最大のフレキシブル有機 EL ディスプレイ(米国アリゾナ州立大学 The Flexible Display Center 開発)

(2) 塗布型有機半導体材料開発について

新規な塗布型有機半導体材料としては、大気安定性に優れ、高い移動度を示す dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene(DNTT)³⁾を基本骨格とした材料開発を行う。DNTT 自体は、芳香族性が強く、有機溶剤への溶解性をほとんど示さない化合物であるが、この材料を塗布可能な材料とするために、可溶性置換基を持たせた DNTT 前駆体⁴⁾、DNTT 誘導体⁵⁾の新規化合物を開発した(図3)。DNTT 前駆体に関しては、DNTT を原料とした Diels-Alder

反応による 1STEP の合成により目的物を得ている。塗布型 DNTT 誘導体に関しては、DNTT の中でも反応性の高い部位を利用した置換反応を経由して特定の置換基の導入に成功している。いずれの材料も、基本骨格となる DNTT に対して可溶性を付与することが可能となり、塗布型 DNTT 前駆体では、塗布加工した後、加熱処理を行うことで FET 素子形成(図4)が可能である。また、塗布型 DNTT 誘導体でも、チャンネル部に塗布し、成膜することで有機半導体層を形成、FET 駆動することを実現した(図5)。

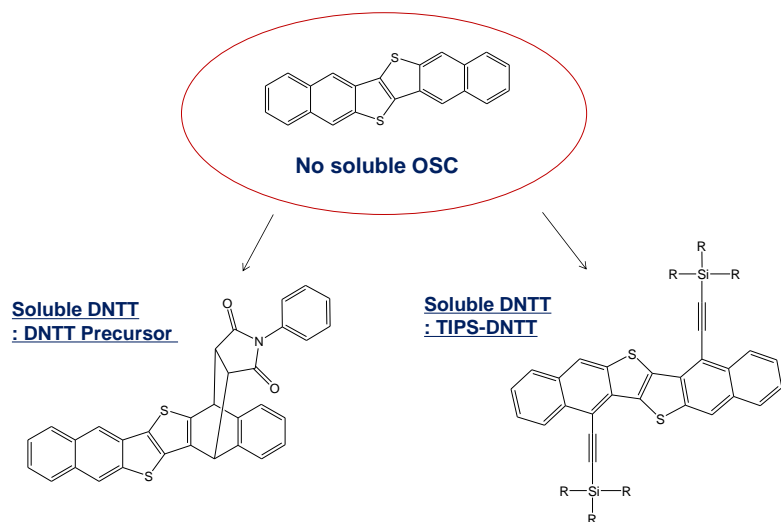


図3、可溶性を付与した DNTT 前駆体、及び DNTT 誘導体

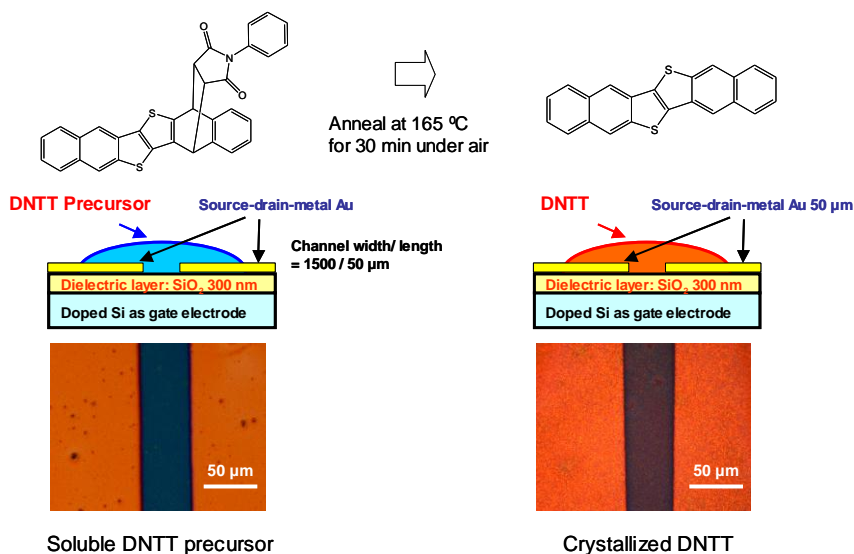


図4、塗布型 DNTT 前駆体を用いた FET 素子作製に関する概念図
ボトムゲートボトムコンタクト構成

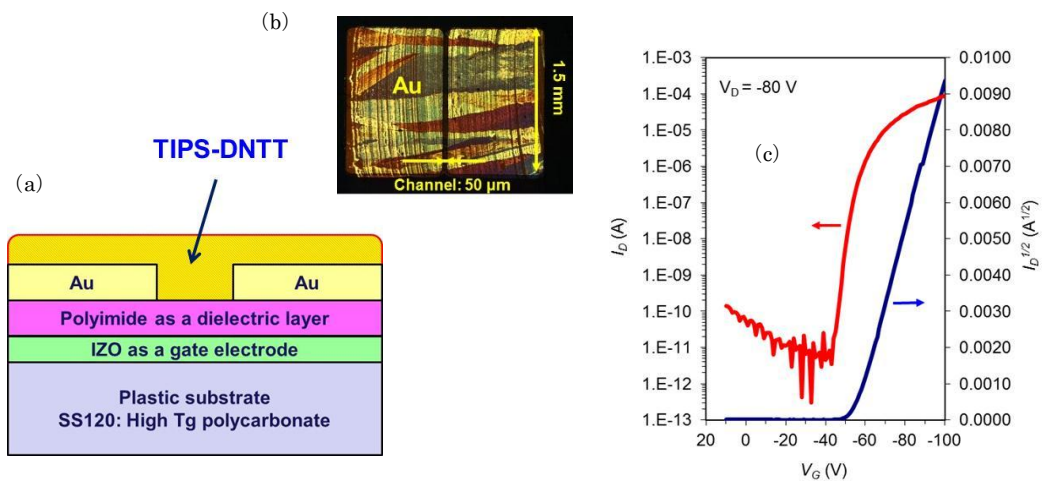


図5、塗布型 DNTT 誘導体を用いた(a)FET 素子概略図、
(b)チャンネル部の偏光顕微鏡写真、及び、(c)DNTT 誘導体を用いた FET 素子の伝達特性

(3) Si ナノ粒子材料に関して

さらに、塗布型半導体材料に関しては、帝人では有機材料のみでなく、無機材料の側面からも材料開発を進めている。その一つの材料は、Si ナノ粒子材料である(図6)。この材料は Si インク、Si ペースト(図7)として取り扱うことができ、インクジェットやスクリーン印刷加工を行うことができる。Si ナノ粒子の大きさは、直径 10 から 20nm で、融点降下や量子効果による発光等が得られるサイズではないが、レーザー等の照射を行うことで、粒子間の焼結を行うことができ、プラスチック基板上での Si 連続膜形成を行うことも可能である。また、Si ナノ粒子としては、リンやボロンのドーピングを行った粒子の作製でき、ドーパされた粒子を用いることで pn 接合領域の形成や、太陽電池としての特性を発現させることの研究開発も行っている。このような Si ナノ粒子材料に関しても、フィルム基材との組み合わせによる有機エレクトロニクス分野としての連動を目指している。

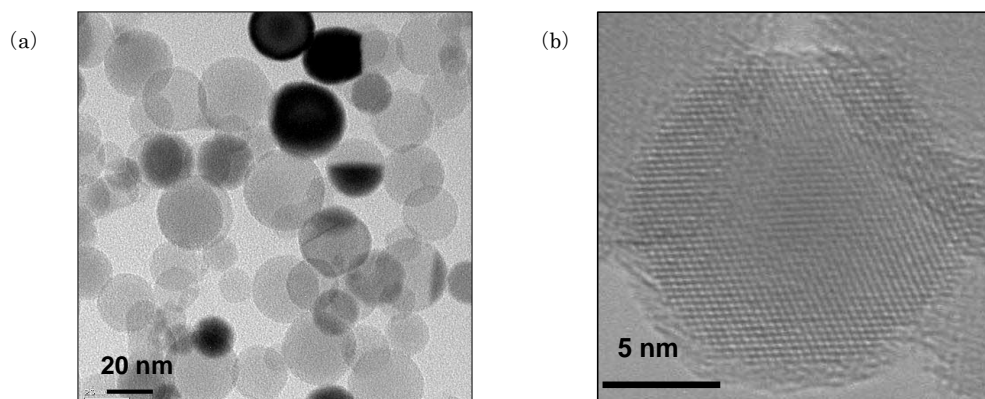


図6、TEM 像 (a)Si ナノ粒子、(b)単一 Si ナノ粒子の格子像

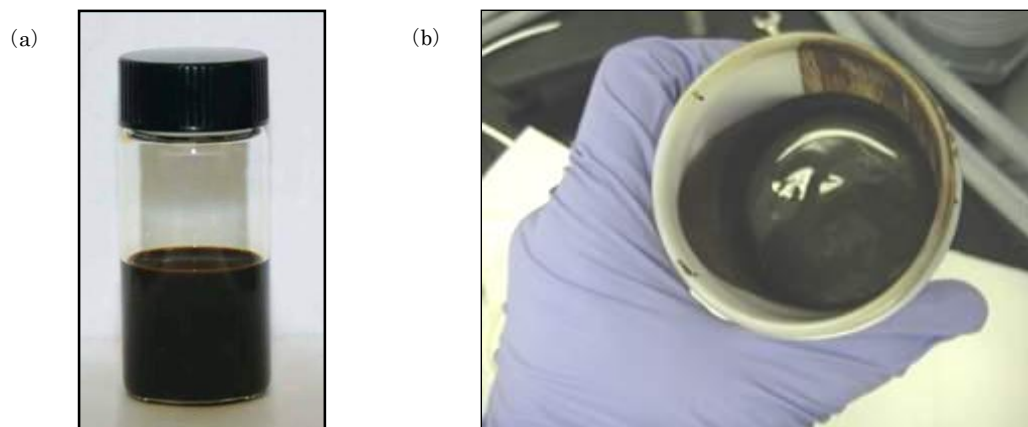


図7、Si ナノ粒子材料 (a)Si インク、(b)Si ペースト

(4)まとめ

帝人での有機エレクトロニクスのための材料開発は、フィルムをベースとして研究開発に取り組む。これらフィルム上への半導体素子形成を目指し、有機半導体材料の開発を進め、新規化合物である塗布型 DNTT 前駆体、DNTT 誘導体を開発した。塗布型半導体材料に関しては、有機のみでなく無機材料へのアプローチを広げ、Si ナノ粒子材料を用いた研究開発にも取り組んでいる。これら新規な有機半導体材料、Si ナノ粒子材料により、有機エレクトロニクス分野での新しいデバイス創出を目指す。

(参考文献)

- 1) Y. Ikeda, H. Itoh, T. Shiro, A. C. Arias, T. N. Ng, B. Krusor and R. A. Street, Proceedings of the IDW '08, pp.1487-1490, 2008
- 2) Arizona State University; https://asunews.asu.edu/20120531_flexdisplay_oled
- 3) T. Yamamoto, K. Takimiya, *J. Am. Chem. Soc.*, 129, pp.2224-2225, 2007
- 4) Y. Ikeda, T. Negishi, S. Ohmori, T. Shiro, K. Takimiya, Proceedings of the IDW '10, pp.1701-1704, 2010
- 5) Y. Ikeda, A. Hamaguchi, T. Negishi, S. Ohmori, T. Shiro, *The journal of the Institute of Image Information and Television Engineers*, pp.J365-J369, 2012
- 6) 富澤 由香, 池田 吉紀, 大道 高弘, 城 尚志, 添田 雅也, Uma Srinivasan, Shiv Chiruvolu, 花田 亨, 第 73 回応用物理学会学術講演会, 12p-F6-9, 2012