

メニスカス制御による高撥液表面への単結晶塗布構築と TFT 高急峻スイッチング

Meniscus-controlled printing of single-crystal semiconductor on highly hydrophobic surfaces and extremely sharp-switching TFT operation

東大院工¹, 産総研² ○(D)北原 暁¹, 井上悟¹, 東野寿樹², 井川 光弘¹,
松岡 悟志¹, 荒井 俊人¹, 長谷川 達生¹

U. Tokyo¹, AIST² ○Gyo Kitahara¹, Satoru Inoue¹, Toshiki Higashino², Mitsuhiro Ikawa¹,
Satoshi Matsuoka¹, Shunto Arai¹, Tatsuo Hasegawa¹

E-mail: kitahara@hsgw.t.u-tokyo.ac.jp

常温常圧下の塗布により電子デバイスを製造するプリンテッドエレクトロニクス技術において、各種デバイスの基本素子である薄膜トランジスタ (TFT) のスイッチング特性向上が求められている。このためには、絶縁層・半導体界面におけるキャリアトラップ密度の抑制が有効であり、実際、表面エネルギーが著しく低い高撥液な Cytop® 絶縁層上に、薄片状の半導体単結晶を貼り付けて作製した素子において、非常に優れたスイッチング特性が報告されている[1]。しかし高撥液な Cytop 層上では半導体溶液が強く弾かれるため、この上への「塗布」による半導体層の均質製膜は著しく困難であることが知られる。本研究では、高撥液 Cytop 層上で溶液メニスカスの広がり確保できる新たな構造を考案し適用することにより、半導体単結晶の均質塗布製膜を実現し、さらに高品質な絶縁層・半導体界面による高急峻な TFT スwitching 特性を得たので報告する。

半導体材料として層状結晶性に優れた Ph-BTNT- C_n を選定し[2]、また塗布製膜法としてブレードコート法 (ブレードによる溶液メニスカスの保持・掃引) を用いた[3]。まず Cytop 層上に直接塗布を試みたが、半導体溶液は濡れ広がらず半導体膜は一切得られなかった。一方 Cytop 表面に「濡れやすい」電極領域を適切に配置したところ、高撥液領域でもメニスカスが表面上に薄く広がる現象が生じ、その端付近での結晶成長により高均質な単結晶薄膜を得ることができた。これを用いてボトムゲート・ボトムコンタクト型 TFT を作製し、単一または複数結晶ドメインからなるチャネルを得た(Fig. (a, b))。本素子は 2 V 以下での低電圧駆動、ヒステリシスの消失、最高で $4.9 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ の線形移動度を示した(Fig. (c))。またスイッチング鋭さの指標であるサブスレッショルドスイング(SS)値は、平均で 67 mV dec^{-1} という極めて鋭い値を示し、室温の理論限界である 60 mV dec^{-1} に迫る値が再現よく得られた(Fig. (d))。講演では、Cytop 層上での塗布製膜手法の詳細と、Cytop 絶縁層界面からなる塗布型単結晶 TFT のデバイス特性について議論する。

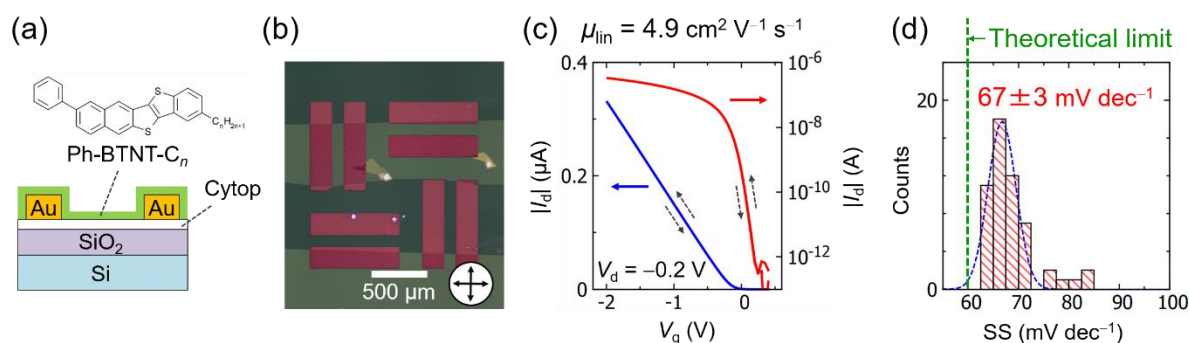


Fig. (a) Schematic of bottom-gate bottom-contact-type TFT. (b) Crossed-Nicols polarized micrographs of the TFTs with Ph-BTNT- C_n crystalline channels. (c) Transfer characteristics of the TFT ($W/L = 800 \text{ μm}/100 \text{ μm}$, $C_i = 24 \text{ nF cm}^{-2}$). (d) Statistical distribution of SS values.

- [1] B. Blümlé *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **1**, 034006 (2014). [2] S. Inoue *et al.*, *Chem. Mater.* **30**, 5050 (2018).
[3] T. Hamai *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **8**, 054011 (2017).