

TCI 製品特集

蒸着型・塗布型デバイスに使用可能な 高移動度 n 型低分子有機半導体 TU-1, TU-3

山形大学有機エレクトロニクス研究センターの時任らのグループによって開発されたベンゾビスチアジアゾール誘導体「TU-1」「TU-3」は、電子移動度 $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える高性能な有機電界効果トランジスタ (OFET) デバイスが蒸着法および塗布法で作製できます¹⁻⁸⁾。当社では両材料の製品化にあたり、ロット毎に OFET デバイスを作製して電子移動度の機能性試験を行っています。

● n型半導体TU-1, TU-3の特徴

- $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える電子移動度
- 蒸着および塗布でのデバイス作製が可能
- p型材料との組み合わせにより相補型回路への応用が可能²⁻⁸⁾
- ロット毎の機能性試験による安定した品質

● 使用例:相補型回路への応用

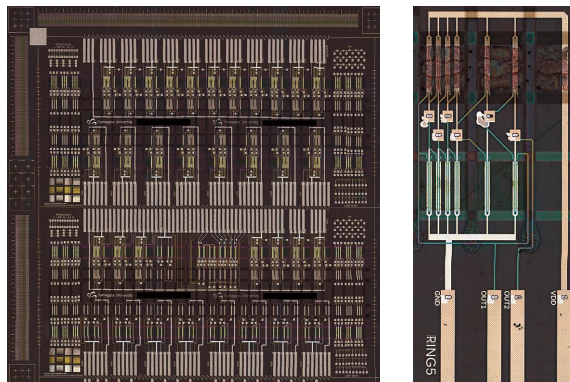


図1. TU-3を用いた相補型回路画像(山形大学 時任・熊木・関根研究室 竹田泰典助教よりご提供)

● OFETデバイスによる性能評価(社内測定)

TU-1を用いたOFET素子の作製

1. n^+ -Si / SiO₂ (200 nm) 基板に n -オクタデシルトリクロロシランを表面処理
2. TU-1の真空蒸着 (基板温度 60 °C, 蒸着レート 0.1 Å/sec, 膜厚 40 nm)
3. 金電極の真空蒸着 (膜厚 40 nm, チャンネル長 50 μ m, チャンネル幅 1.5 mm)
4. 窒素雰囲気下, 150 °Cで30分間アニーリング処理
5. 窒素雰囲気下で素子特性評価

TU-3を用いたOFET素子の作製

1. n^+ -Si / SiO₂ (200 nm) 基板に架橋ポリビニルフェノール絶縁層を成膜
2. TU-3の0.1wt%クロロホルム溶液を調整, 加熱攪拌
3. TU-3のスピコート成膜 (回転数1000 RPM, 膜厚 20 nm)
4. 窒素雰囲気下, 180 °Cで30分間アニーリング処理
5. 金電極の真空蒸着 (膜厚 40 nm, チャンネル長 50 μ m, チャンネル幅 1.5 mm)
6. 窒素雰囲気下で素子特性評価

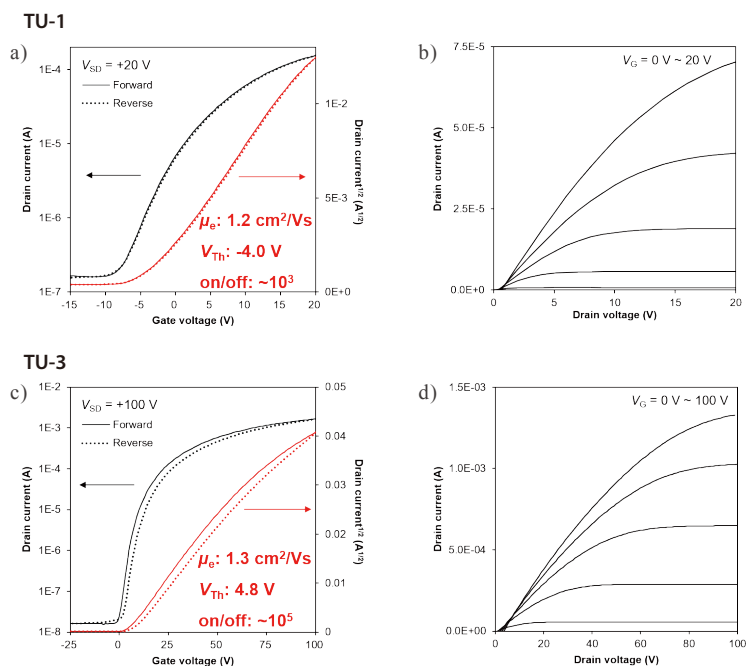


図4. TU-1, およびTU-3のOFETデバイスの伝達特性(a, c)と出力特性(b, d)

表4. TU-1, TU-3を用いたOFETデバイスの最適化

Solvent	Insulator	V_{SD} [V]	$\mu_{ave.}$ [cm^2/Vs]	μ_{max} [cm^2/Vs]	V_{Th} [V]	on/off
TU-1 (vacuum deposition)	SiO ₂	20	0.31 (0.01)	0.33	6.5 (0.2)	$\sim 10^6$
	SiO ₂	40	0.45 (0.01)	0.46	9.6 (0.1)	$\sim 10^7$
	SiO ₂ / ODTS	20	0.88 (0.18)	1.18	-1.1 (2.6)	$\sim 10^3$
TU-3 (spin coating)	SiO ₂	20	0.21 (0.03)	0.26	11.9 (0.4)	$\sim 10^5$
	SiO ₂ / cPVP	20	0.51 (0.03)	0.55	5.0 (0.1)	$\sim 10^3$
	SiO ₂ / cPVP	100	1.03 (0.14)	1.25	5.3 (1.3)	$\sim 10^5$

両製品は電子移動度 0.50 cm^2/Vs 以上を規格に設定しています。

文 献

- 1) M. Mamada, H. Shima, Y. Yoneda, T. Shimano, N. Yamada, K. Kakita, T. Machida, Y. Tanaka, S. Aotsuka, D. Kumaki, S. Tokito, *Chem. Mater.* **2015**, *27*, 141.
- 2) Y. Takeda, K. Hayasaka, R. Shiwaku, K. Yokosawa, T. Shiba, M. Mamada, D. Kumaki, K. Fukuda, S. Tokito, *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 25714.
- 3) K. Hayasaka, H. Matsui, Y. Takeda, R. Shiwaku, Y. Tanaka, T. Shiba, D. Kumaki, S. Tokito, *Adv. Electron. Mater.* **2017**, *3*, 1700208.
- 4) Y. Takeda, Y. Yoshimura, R. Shiwaku, K. Hayasaka, T. Sekine, T. Okamoto, H. Matsui, D. Kumaki, Y. Katayama, S. Tokito, *Adv. Electron. Mater.* **2018**, *4*, 1700313.
- 5) H. Matsui, K. Hayasaka, Y. Takeda, R. Shiwaku, J. Kwon, S. Tokito, *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 8980.
- 6) Y. Takeda, T. Sekine, R. Shiwaku, T. Murase, H. Matsui, D. Kumaki, S. Tokito, *Appl. Sci.* **2018**, *8*, 1331.
- 7) J. Kwon, Y. Takeda, R. Shiwaku, S. Tokito, K. Cho, S. Jung, *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 54.
- 8) Y. Takeda, T. Sekine, Y.-F. Wang, T. Okamoto, H. Matsui, D. Kumaki, S. Tokito, *ACS Appl. Electron. Mater.* **2020**, *2*, 763.

本品は、山形大学 時任・熊本・関根研究室で開発され、株式会社フューチャーインクとのタイアップにより製品化されました。

掲載した画像、およびデータの一部については山形大学 時任・熊本・関根研究室、ならびに株式会社フューチャーインクよりご提供いただきました。

紹介した製品

TU-1	100mg	32,500円	250mg	68,500円	T3922
TU-3	100mg	35,500円	250mg	74,600円	T3924

高品質p型有機半導体

Ph-BTBT-10	100mg	32,500円	250mg	68,500円	D5491
------------	-------	---------	-------	---------	-------

表面処理剤

Octadecyltrichlorosilane (ODTS) (>99.0%)			1g	19,800円	T3815
<i>n</i> -Octyltrichlorosilane (OTS)		25g	4,200円	250g	O0168
1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazane (HMDS)	25mL	2,000円	100mL	4,500円	500mL 10,800円 H0089

有機溶媒

Toluene			100mL	3,800円	T0260
<i>p</i> -Xylene	25mL	1,600円	500mL	2,100円	X0014
Mesitylene	25mL	1,600円	500mL	4,500円	T0470
Anisole	25g	1,600円	500g	3,500円	A0492
Chloroform (stabilized with Ethanol)			100mL	3,800円	C0175
Chlorobenzene			500g	1,600円	C1948
<i>o</i> -Dichlorobenzene	25mL	1,600円	500mL	2,900円	D1116