

## 世界最速有機トランジスタを実現

東京大学大学院新領域創成科学研究科、同マテリアルイノベーション研究センター、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点 (WPI-MANA) の共同研究グループは、有機半導体単結晶の薄膜上でチャネル長 1 マイクロメートルスケールの微細加工手法を新たに開発しました。

その結果、 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の高移動度と短チャネル化を同時に達成したことで、同研究グループがこれまでに有していた世界記録を 2 倍程度更新し、世界最速となる 38 MHz の遮断周波数を達成しました。また、この有機トランジスタは、交流信号を直流信号に変換する整流性を有しており、100 MHz でもその整流性が失われないことを実証しました。

近年、世界中で有機トランジスタの高速化が進められている中、同研究グループは超短波帯で動作する有機トランジスタの開発に世界で初めて成功しました。

有機半導体は、有機溶媒に溶かしたインクから印刷プロセスを用いて柔軟性のあるデバイスを作製できることから、次世代半導体材料として期待されています。本研究グループではこれまでに、厚さわずか数分子層 (10 ナノメートル程度) からなる有機半導体単結晶超薄膜を大面積で塗布可能な印刷手法を開発しました (J. Takeya, et al., Science Advances 2018 [http://www.k.u-tokyo.ac.jp/info/entry/22\\_entry625/](http://www.k.u-tokyo.ac.jp/info/entry/22_entry625/)、 Scientific Reports 2019 [http://www.k.u-tokyo.ac.jp/info/entry/22\\_entry777/](http://www.k.u-tokyo.ac.jp/info/entry/22_entry777/))。このような高品質の有機単結晶薄膜では、 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  を超える高い移動度が実現されており、有機トランジスタの高速化に極めて有望でした。

半導体集積デバイスの応答周波数は、論理演算を担うトランジスタの移動度とそのチャネル長に依存します。微細加工手法として、フォトレジストを用いたリソグラフィが広く使用されていますが、多くのフォトレジストは有機半導体薄膜にダメージを与えることが知られており、有機トランジスタにおいては、リソグラフィによる高移動度と短チャネル化を両立することは困難でした。

### [研究の内容]

今回、本グループは有機半導体単結晶の薄膜上にフッ素系高分子膜を薄くコーティングすることで、有機半導体でのダメージフリーリソグラフィ手法を新たに開発し、1 マイクロメートルスケールの微細加工を達成しました (図 1)。 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の高移動度と短チャネル化を同時に達成したことで、同研究グループがこれまでに有していた遮断周波数の世界記

録を2倍程度更新し、世界最速となる38 MHzを達成しました。一方、この有機トランジスタにおいて、交流信号を直流信号に変換する整流性を調べた結果、100 MHzでもその整流性が失われないことを実証しました(図2)。

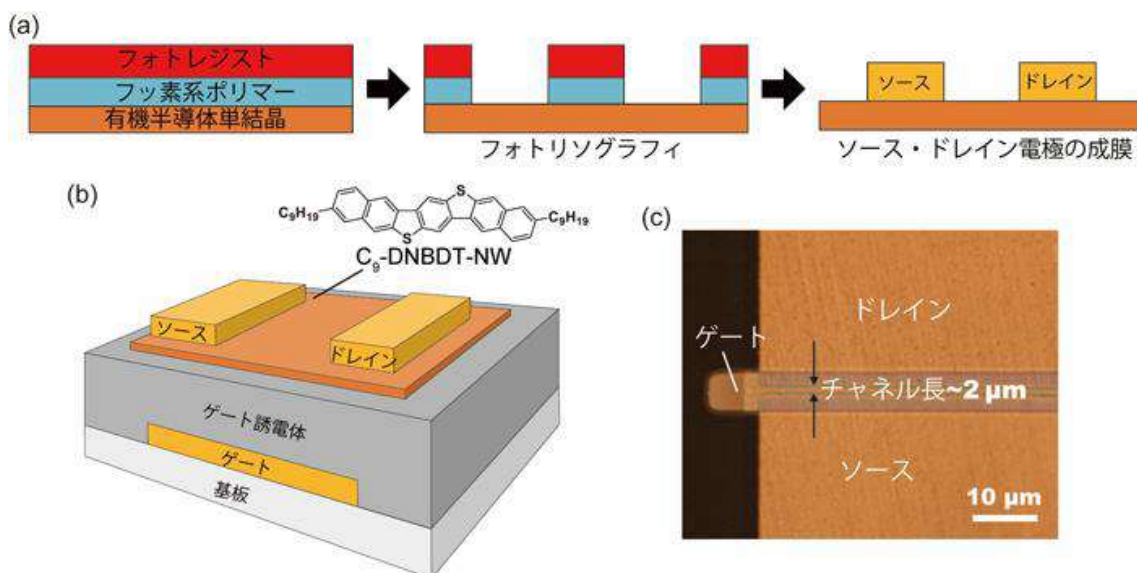


図1 (a)開発したダメージフリーリソグラフィ手法。有機半導体の直上にフッ素系ポリマーコーティングを施すことで、フォトリソによるダメージを極小化できる。(b)(c)作製した有機トランジスタの模式図と顕微鏡像。

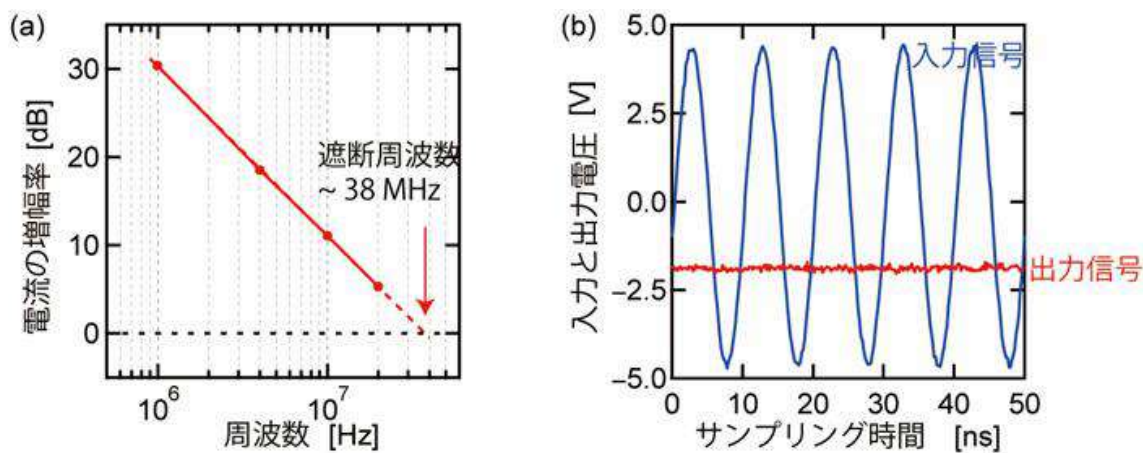


図2 作製した有機トランジスタの応答特性。(a) 入力電流に対する出力電流の増幅率の周波数依存性。増幅率が得られなくなる周波数を遮断周波数と定義する。(b)入力電圧信号と出力電圧信号。100 MHzの交流入力信号を直流出力信号に変換できた。

[社会的意義]

今回作製したデバイスは、物流管理などに広く用いられている RFID タグの通信周波数である 13.56 MHz より十分に大きな値であることから、無線タグの給電に十分応用可能なレベルに達しているといえます。さらに、超短波帯は、FM ラジオ放送やアマチュア無線などの電波として利用されています。将来、応答周波数がさらに増加することで、超短波帯を利用した長距離無線通信が可能な有機集積回路の実現が期待されます。

#### 論文情報

論文タイトル：High-Speed Organic Single-Crystal Transistor Responding to Very High Frequency Band

雑誌：「Advanced Functional Materials」

DOI：10.1002/adfm.201909501

#### 日文发布全文

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2020/pr20200205/pr20200205.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200205/pr20200205.html)

文：JST 客观日本编辑部编译