

平成26年7月1日

山形大学

世界初 印刷でハンカチサイズで食品ラップより薄い電子回路作製

世界初 2種類のインクを用いて印刷により世界最大面積・世界最薄の電子回路の作製に成功

山形大学有機エレクトロニクス研究センターの时任静士卓越研究教授と福田憲二郎助教らのグループは、2種類のインクを用いて印刷により、世界最大面積（ハンカチの大きさ（約20cm×20cm））で、世界最薄（食品ラップの厚みの10分の1（約1μメートル（μは1000000の1を表す））の非常に柔らかいフィルムにトランジスタ回路を、世界で初めて作成に成功し、手でくしゃくしゃにしても、また、広げても作動することを実証しました。

非常に柔らかく大きな面積のトランジスタ回路を印刷で作成ができることで、人の体の一部、また、枕、シーツ、衣類にはりつけても、違和感がないことから、将来は、自宅のプリンターで個人のニーズにあったヘルスケア用のセンサー作製への応用も考えられます。

1. 背景

従来のトランジスタは、シリコンを用いて作成されてきており、重く、曲げられず、くしゃくしゃにもできず、また、印刷で作製することはできなかった。山形大学有機エレクトロニクス研究センターの时任静士卓越研究教授と福田憲二郎助教らのグループでは、ポリエチレンテレフタレート（略称PET PETボトルの原料）シートの上に、2種類（半導体インク（有機）と導電性インク（銀ナノ粒子））のインクを用いて印刷で作製することはすでに報告していたが、用いたPETフィルムの湾曲性はせいぜい数ミリ程度で、食品ラップのように柔らかくはなく、人の体にはりついたり、枕、シーツ、衣類などに張り付けて使用することはできなかった。

2. 意義

本研究では、世界最大・世界最薄の電子回路は、ガラス板の支持基板の上に世界最薄のフィルムをまず形成させ、印刷したあとで、ガラス支持基盤から剥離させる手法を開発した。さらに、表面平坦化处理、有機半導体のインクと、電気を流す銀ナノ粒子のインクの2種類を用いインクジェットプリンティング法で、線幅5μmで印刷することで世界初の作製に成功した。また、作製したハンカチの大きさの食品ラップよりもはるかに薄い電子回路を、腕にはりつけ腕を動かしても、トランジスタの作動信号に変化がないことを実証した。

3. 成果の公表

この成果は世界的な学術誌である「Nature Communications | 5:4147 | DOI: 10.1038/ncomms5147 | 2014」に掲載されました。

※この成果の一部は、JSTの地域卓越研究者戦略的結集プログラム「先端有機エレクトロニクス国際研究拠点形成」事業（平成26年3月終了）およびCOI-Tプログラム「個人ニーズ未来ものづくりで健康・感性文化豊かな生活を目指すフロンティア有機システムイノベーション拠点」（平成25年11月開始）の支援も受けて行われました。

お問い合わせ先

山形大学 有機エレクトロニクス研究センター
有機トランジスタ部門 时任静士卓越研究教授
電話： 0238-26-3725

別添 参考資料

(1) 今回試作した有機集積回路

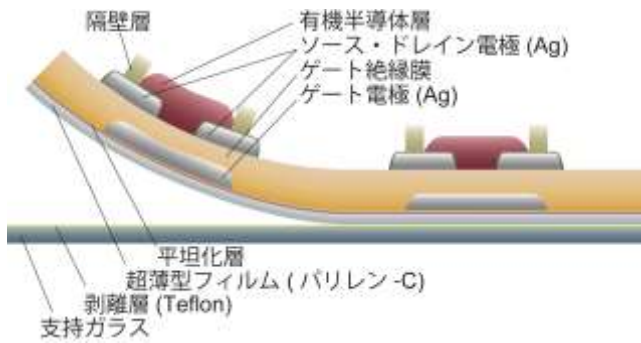


図 1 (a) トランジスタの断面構造の模式図 (パリレン-C厚さ~1マイクロン)

図 1 (b) 集積回路の外観写真 (サイズ: 200x200mm²)

(2) 開発技術

- ・パリレンフィルムは支持ガラスと強固に密着して剥がれにくいですが、剥離層上では密着力が弱く容易に剥がすことができる。但し、集積回路作製のハンドリング中にはがれることのない程度の密着力は確保した。
- ・表面の平坦化など、超薄膜技術に工夫を凝らした。
- ・銀ナノ粒子インクおよびインクジェット法を工夫して電極線幅は5マイクロメートルで形成した。

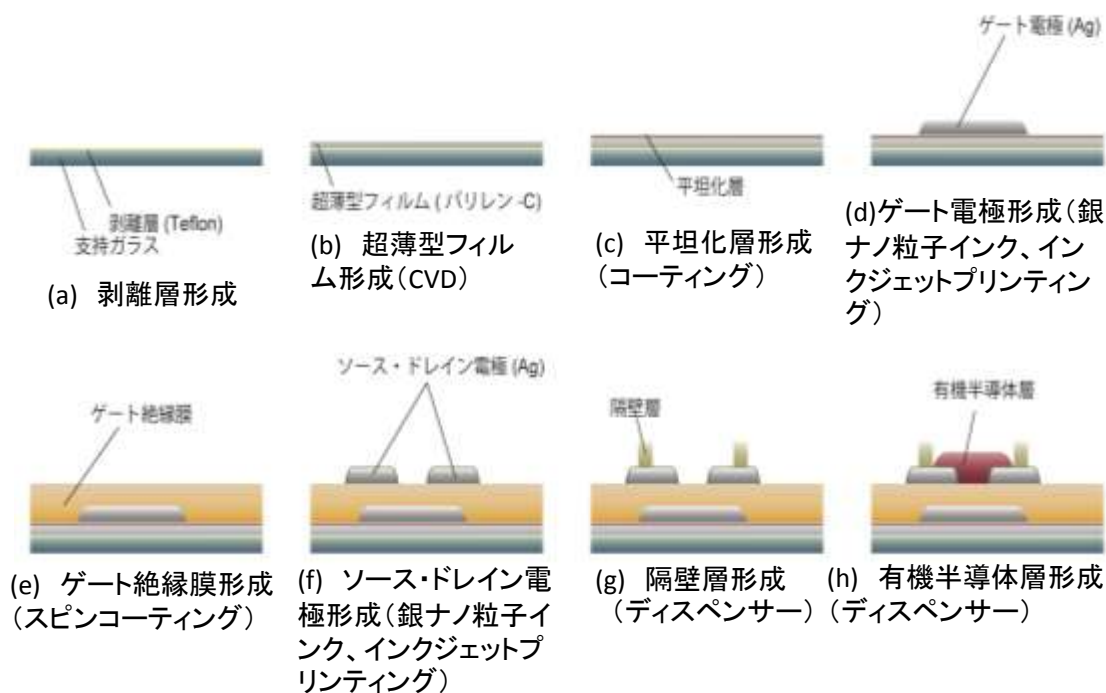


図 2 作製手順

(3) 性能の特長

以下の性能はこれまで実現した例がない。

1) 印刷型で世界最高の柔軟性を達成

曲率半径0.14mmの銅線に巻き付けてもトランジスタ特性が変化しない。

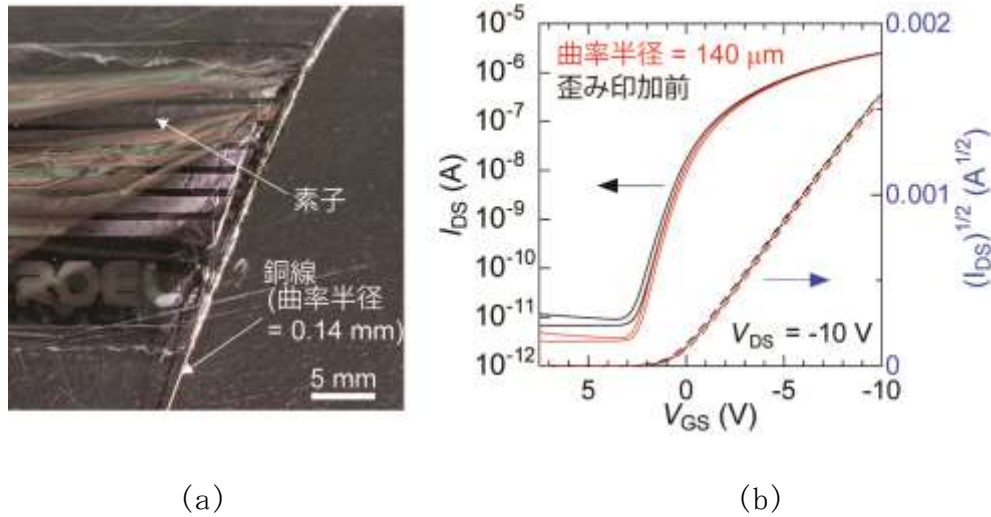


図3 今回の集積回路の柔軟性を示す写真(a)とトランジスタ特性(b)

2) 伸縮しても安定動作を実現

圧縮前

50%に圧縮した状態

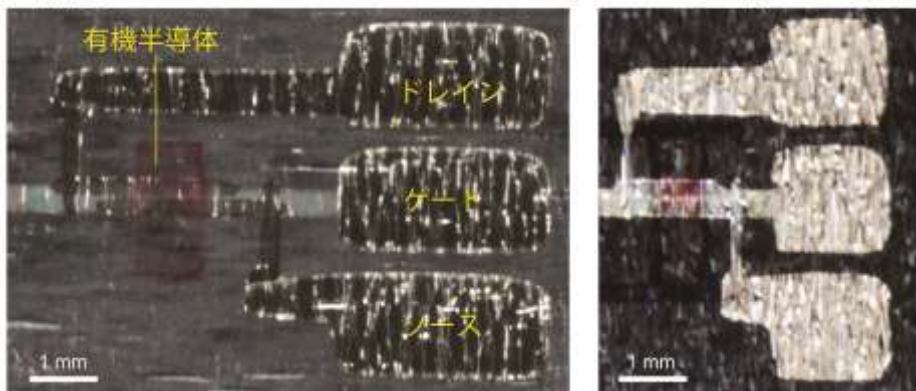


図4 圧縮前後のトランジスタの平面写真

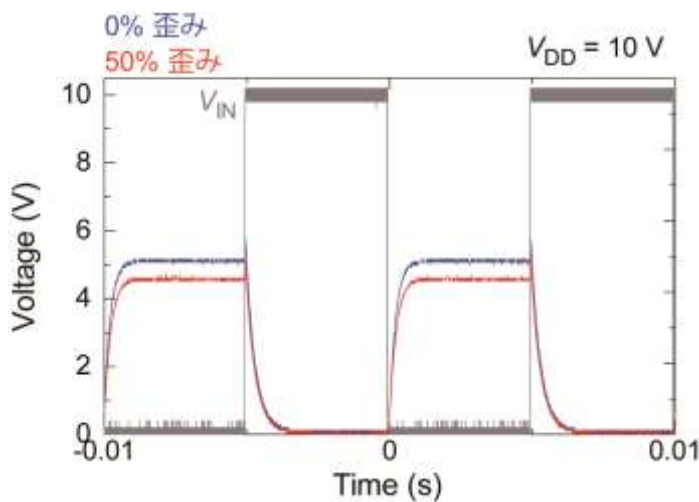


図5 圧縮歪み印加前後の集積回路の応答特性。圧縮されても特性は殆ど変化しない。

専門用語の説明

○ヘルスケアセンサー

これまでのヘルスケアセンサーはシリコンの電子回路をベースに作られてきましたが、柔軟性がなく厚く重いので、人の体に付けると装着の違和感を感じ、人の柔らかい表面に密着しにくい難点がありました。そのため、極めて薄く、柔軟に人の体の表面にフィットし、動いても優しく追従できる新しいセンサーが求められています。今回の極薄有機集積回路はこのヘルスケアセンサーの検出回路、信号処理、制御等への応用に期待しています。

○銀ナノ粒子インク

ナノメートルサイズの銀の粒子を有機材料で覆い、これら粒子を溶剤に溶かしたものです。表面を覆う有機材料が低温（室温～100℃）の焼成で銀粒子の葉面から脱離するので銀の粒子同士が融着し、低抵抗な配線ができる。この種のインクの高性能化、低コスト化なども研究課題。

○インクジェット法

微細な孔のノズルを持つインクジェットヘッドから、目的成分からなる少量（ピコリットル程度）のインク液滴を基板表面上に吐出させて、その後、乾燥および焼成処理して目的成分の薄膜を形成する印刷法。

○パリレン

ポリクロロパラキシリレンの一般的な名称。機械特性やガスバリア性、耐薬品性に優れた高分子膜であり、封止膜として利用されている。

○CVD

化学気相成長法 (Chemical Vapor Deposition) の略称。気相での化学反応により膜を堆積させる方法である。今回、加熱して気体状態になった単分子膜を蒸着室で対象物表面にて重合させることで、高分子量のポリパラキシリレン膜を形成している。

○コーティング (スピンコーティング)

平滑な機材を高速回転させることにより、遠心力で薄膜を構成する手法。

○ディスペンサー

液体定量吐出装置。液体を精度良く定量供給するコントローラと、可動式のステージから構成される。液体の吐出には圧縮空気（圧空）を用い、シリンジ内に圧空を注入することで針先から液体を吐出する。圧力・吐出時間と、ステージを制御することで任意のパターンを形成することができる。