

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

R2R 生産方式を基礎とした ストレッチャブルデバイスの 大規模生産手法の開発

ストレッチャブルエレクトロニクスの社会実装につながる大規模生産技術

本研究のポイント

- ・ストレッチャブルデバイスの大規模生産プロセスを、R2R 生産方式を基礎に開発
- ・研究段階のストレッチャブルエレクトロニクス分野を社会普及へ導くことに有用
- ・今後、需要増加に伴う大量生産技術の基礎となることに期待

【研究概要】

横浜国立大学の太田裕貴准教授らの研究グループは、連続的な印刷工程が強みである Roll to Roll (R2R) 生産方式を基礎としてストレッチャブルエレクトロニクスの大規模生産技術を開発しました。さらに、電極には液体金属を使用しており、マニュアル生産によって構築したデバイスと変わらないデバイス伸縮性やデバイス電氣的安定性を実現しました。これは、研究段階のストレッチャブルエレクトロニクス分野を社会普及させることに繋がり、今後の需要増加に伴うバッチ生産技術の基礎となることが期待されます。

本研究成果は、国際科学雑誌「Advanced Materials Technologies」(2024年6月9日付)に掲載されました。

【研究成果】

連続的な加工が可能である Roll to Roll (R2R) プロセスを用いてストレッチャブルエレクトロニクスの大規模生産プロセスを開発した(図 1)。この技術を用いることで従来の小型ストレッチャブルデバイスのバッチ生産や、マニュアル製造では困難であった大面積デバイスの生産を可能とした。

従来のストレッチャブルエレクトロニクスにおけるデバイス生産では、1プロセスで1つの小型デバイスしか作製できなかった。しかし、現在、研究段階である当該分野において、商業化へのステップアップには大量・連続生産方法の提案は必要不可欠である。そこで、本研究では、R2R プロセスを基礎とした製造プロセスを開発することにより、大型加工に基づいたデバイスの大量生産を可能とした。この技術を用いて作製されたデバイスは、従来デバイスと同等の伸縮性と伸縮時の安定性を実現した。

【実験手法】

ストレッチャブル基板作製のために R2R 生産プロセスを用いて、柔軟材料である Eco-flex 上に中間層として PDMS のパターンニングを行い、その上に硬層としてエポキシ樹脂を連続的に塗工した。このように硬さの違う 3 種類のエラストマー材料を用いることにより、ストレッチャブルデバイスを伸縮させた際に固体チップ周りの変形を抑制・保護することが可能となる。次に、作製した基板上にディスペンサを用いて液体金属配線を作製した。液体金属は、非常に高い変形性能を有しており、基板の伸縮に対して高い追従性がある。また、これと併せて、通常時だけでなく伸縮時にも低い抵抗値変化を示すため、デバイス機能の高い安定性を実現できた。

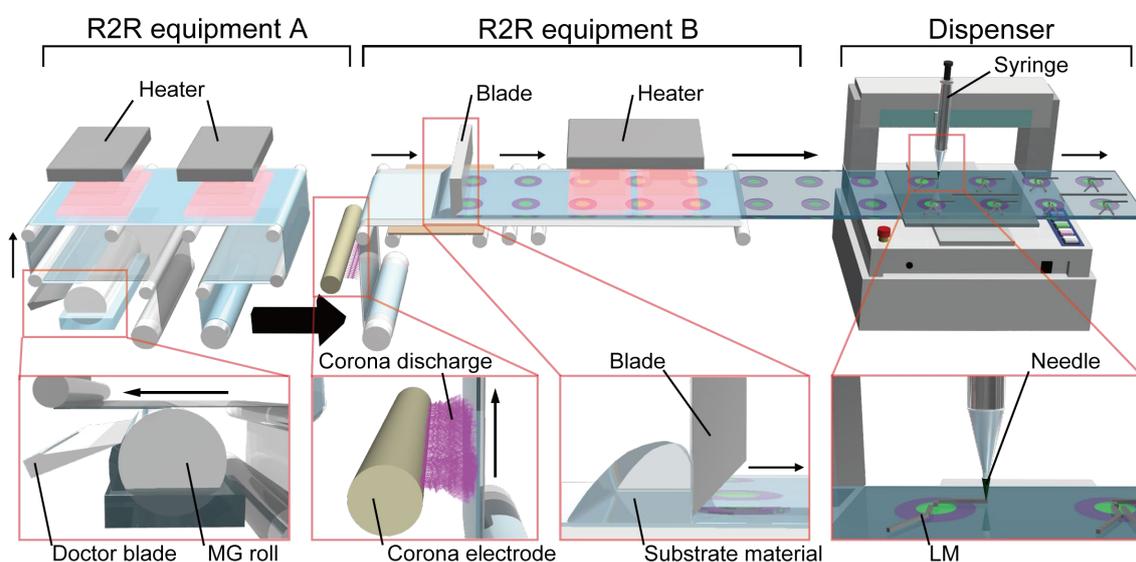


図 1 R2R プロセスとディスペンサを用いたストレッチャブルエレクトロニクス製造の概要

【社会的な背景】

現在、伸縮性を持つゴム材料や導電性材料を用いたストレッチャブルエレクトロニクス分野の研究は広く進められてきた。ストレッチャブルエレクトロニクス分野は、次段階としてそれらの技術を社会へ普及することが求められており、連続的な生産技術の開発は非常に重要な課題となっている。そこで、本研究では R2R プロセスを用いてパターンニングを併せた連続的な印刷技術の実現と、液体金属配線の加工を行うことでストレッチャブルエレクトロニクスの連続製造を可能とした。

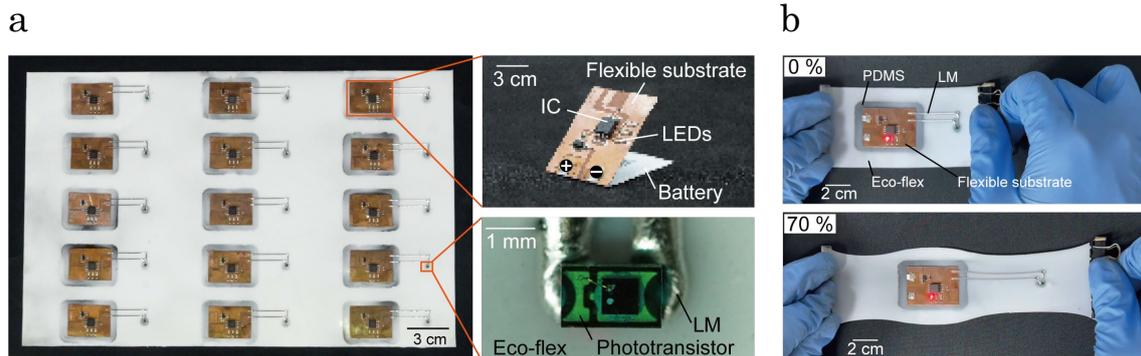


図 2 R2R プロセスでバッチ生産されたデバイス a. 1プロセスで15デバイスを作製した画像。デバイスで使用したフレキシブル基板とバッテリーの画像。フォトトランジスタ素子と液体金属の接触部分の画像。b. 作製したデバイスの0%と70%伸縮時の画像。

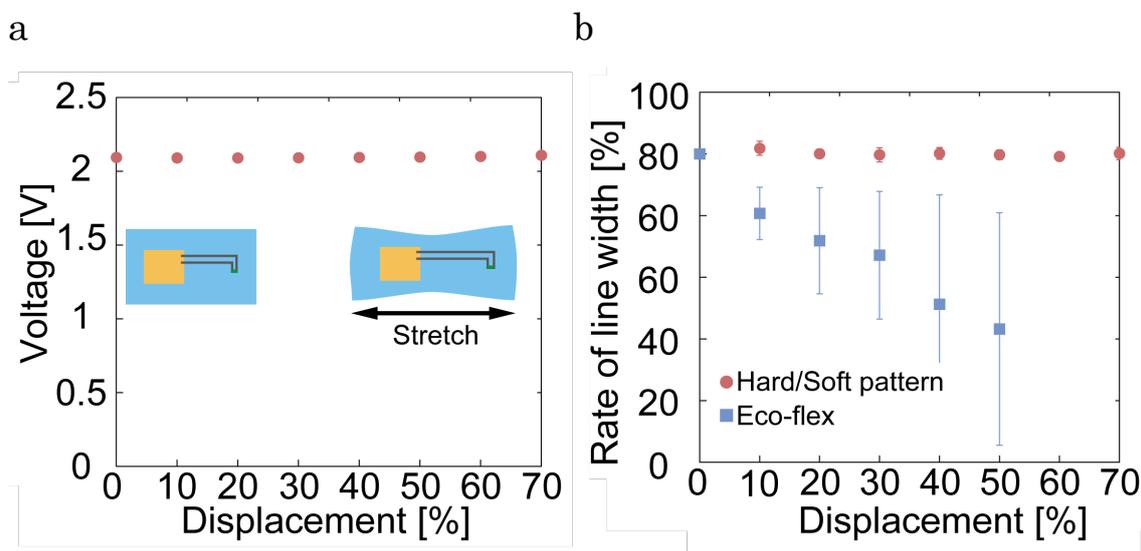


図 3 バッチ生産されたデバイスの安定性 a. 伸縮時のフォトトランジスタにかかる電圧変化の測定結果。b. 伸縮時のフレキシブル基板に接続された液体金属線幅の安定性。

【今後の展開】

本研究では、R2R プロセスの強みである連続的な製造を基礎とすることにより、ストレッチャブルエレクトロニクスの大規模生産を可能とした。これは今後、需要増加に伴う生産技術開発の基礎となり、これまで研究段階であったストレッチャブルエレクトロニクス分野の市場導入へとつながることが期待できる。

本研究は日本学術振興会基盤研究 A(20H00213)の助成の元で研究が行われました。

本件に関するお問い合わせ先

横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授

太田 裕貴 ota-hiroki-xm@ynu.ac.jp