

## 皮膚貼付型エレクトロニクスへの応用に向けたエラストマー薄膜による電子素子封止技術の開発

## Sandwich fixation of electronic elements using elastomeric thin films for skin-contact electronics

早大院先進理工<sup>1</sup>, 早大院創造理工<sup>2</sup>, 早大院基幹理工<sup>3</sup>, 早大高等研<sup>4</sup>, JST さきがけ<sup>5</sup>○岡本 麻鈴<sup>1</sup>, 隼田 大輝<sup>2</sup>, 菅野 純貴<sup>3</sup>, 武岡 真司<sup>1</sup>, 岩瀬 英治<sup>3</sup>, 岩田 浩康<sup>2</sup>, 藤枝 俊宣<sup>4,5</sup>

E-mail: element-1@moegi.waseda.jp, t.fujie@aoni.waseda.jp

[緒言] 生体と一体化する皮膚貼付型電子デバイスの創製には、柔軟な有機基材上に電子回路配線と素子を実装するため、既存のはんだや導電性接着剤を用いる接合に代わる低温実装技術の開発が極めて重要である。本研究では、polystyrene-*block*-polybutadiene-*block*-polystyrene (SBS)からなる柔軟性、伸縮性、密着性に優れたエラストマー薄膜で素子を挟み込み印刷配線との電気的接続を得る実装法を開発した。さらに本実装法を無線通信機能の搭載に応用した。

[実験結果および考察]

マイクログラビアコート法にて PET 基板上に水溶性犠牲層の polyvinyl alcohol(PVA)と SBS を積層した。PVA 層を水溶させて得られた自己支持性 SBS 薄膜は非エラストマー(polystyrene)薄膜の約 1/20 の弾性率(45 MPa, 膜厚~212 nm, バルジ試験にて測定)を有し、高い伸縮性を示した(Fig. 1)<sup>1</sup>。

SBS 薄膜(膜厚~383 nm)表面にインク受容層となるカチオン性アクリル共重合体(膜厚~115 nm)を製膜し、表面に銀ナノ粒子( $\phi$ : 15 nm)からなる任意の電子回路配線(線幅>250  $\mu$ m, 配線間隔>180  $\mu$ m, 厚さ~720 nm)をインクジェット印刷により形成した。低温加熱処理(110°C, 45 分間)により配線のシート抵抗値を 16.4  $\Omega$ /sq から 0.78  $\Omega$ /sq まで低減した。印刷配線間にチップ抵抗器を配置し、さらに別の SBS 薄膜で被覆することで素子を封止した。配線と素子の間の接触抵抗を 4 端子法により評価したところ、封止を行わない場合には抵抗器の配置直後に接触抵抗が数十 M $\Omega$ まで増大したのに対して、膜厚が 620 nm 以下の SBS 薄膜で抵抗器を封止すると 1 時間以上にわたり 220  $\Omega$ 以下に維持された(Fig. 2)。SBS 薄膜上への配線印刷技術と素子の封止技術を用いて LED 点灯回路を実装し前腕部に貼付したところ、配線と LED の電気的接続は運動時にも安定に保たれた(Fig. 3)ことから、本実装技術は皮膚貼付型エレクトロニクスに有用であることが実証された<sup>2</sup>。

さらに本実装技術を応用し無線通信機能の搭載を試みた。SBS 薄膜上に無線給電のための平面アンテナコイル(電磁誘導方式, 交信周波数: 13.56 MHz)を印刷し、コイルの中心部に IC チップを封止した。印刷アンテナを IC カードリーダー・ライターと対面させたところ、1 cm 以内の通信距離で IC チップに記録された個体識別番号の読取りに成功した(Fig. 4)。この結果より、SBS 薄膜上に搭載されたアンテナが IC チップに対する無線給電のために機能したといえる<sup>3</sup>。

以上より、高い柔軟性、伸縮性、密着性を示す SBS 薄膜は室温実装のための電子素子の封止材として、また皮膚に直接貼付可能な電子回路基材として有用である。

1) N. Sato, A. Murata, T. Fujie and S. Takeoka, *Soft Matter*, 2016, **12**, 9202,

2) M. Okamoto, M. Kurotobi, S. Takeoka, J. Sugano, E. Iwase, H. Iwata and T. Fujie, *J. Mater. Chem. C*, 2017 (in press). DOI: 10.1039/c6tc04469g.

3) H. Hayata, M. Okamoto, S. Takeoka, E. Iwase, T. Fujie and H. Iwata, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2017 (in press).

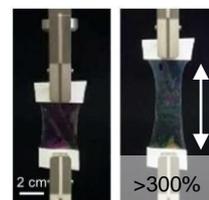


Fig. 1 Free-standing SBS thin film (thickness: 690 nm) stretched by a tensile tester.

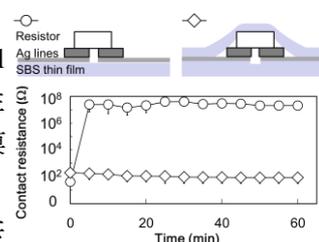


Fig. 2 Change in contact resistance between chip resistor and printed silver lines on SBS thin films: without fixation (circle) and encapsulated with SBS thin films with thicknesses of 620 nm (diamond).



Fig. 3 An LED lighting circuit-laden SBS thin film attached to a skin surface.

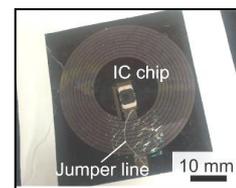


Fig. 4 Free-standing SBS thin film with the flat antenna coil composed of inkjet-printed silver lines and an IC chip which were connected via a silver-plated fiber as a jumper line.