高導電性を有する熱圧着転写単層カーボンナノチューブ膜
Thermal Compression Transfer of Single-Wall Carbon Nanotube Films with High Electrical Conductivity

青学大理工 [1], 京工繊大 [2], 日本プラスト(株) 先行開発部 [3]
○黒松 将 [1],渡辺 剛志 [1], 野々口 斐之 [2], 遠藤 和幸 [3], 黄 晋二 [1]
College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin Univ.[1], Kyoto Inst. Tech [2], NIHON PLAST CO., LTD [3]
◦Sho Kuromatsu[1], Takeshi Watanabe[1], Yoshiyuki Nonoguchi[2], Kazuyuki Endo[3], Shinji Koh[1]
E-mail：sho_nero@ee.aoyama.ac.jp

単層カーボンナノチューブ（SWCNT: single-wall carbon nanotube）は優れた機械的、電気的、および熱的特性を持つことに加えて、高いフレキシブル性を有することから、次世代のフレキシブル導電材料としての応用に期待されている。現在までに、我々の研究グループは Cu 上に SWCNT インクを塗布して SWCNT 膜を作製し、十分な熱処理によって分散剤・分散媒を除去して導電性を高めたうえで、膜を低耐熱・低耐薬なフレキシブル基板に転写する手法を提案した[1][2]。今回、我々は SWCNT 膜の転写手法として、新たに熱圧着手法を提案する。本手法の特徴として、転写プロセスを通して膜が基板上で安定していること、膜と基板間にドーピング機能を複合させた機能性接着層を挿入することで SWCNT 膜の電気的性能向上が期待できることが挙げられる。本研究では、提案した手法を用いて作製した転写膜の電気特性およびフレキシブル性を評価した。

転写プロセスを Fig. 1 に示す。インクは、SWCNT (eDIPS (EC1.5)) 0.1 wt%、分散剤エチルセルロース 1 wt%、N-メチルピロリドン溶媒を用いて調製した。Cu 基板上にスピンコート法を用いて作製した SWCNT 膜に、350℃の熱処理を施して分散媒・分散剤を除去し、表面に接着層を付着させ PET 基板に 100℃前後の熱をかけ圧着した。その後、Cu をエッチングし SWCNT 膜を露出させた。Cu エッチャントには硝酸鉄水溶液（0.5 M）と塩化鉄水溶液（6.9 M）をそれぞれ用いた。Fig. 2 に PET 基板上 SWCNT 膜のマクロ写真を示す。SWCNT 膜は接着層を介して基板に接着しており、湾曲させた際にも膜が剥がれることはなかった。シート抵抗は硝酸鉄を用いて Cu をエッチングした膜が約 46 Ω/sq.、塩化鉄を用いた膜が約 20 Ω/sq.であり、SWCNT 膜の膜厚はどちらも 150 nm であったことから、導電率は 1.4×10^5 S/m、3.3×10^5 S/m と得られた。本手法において、Cu エッチングプロセス時に SWCNT 膜内に存在する多数の空隙をエッチャントが通過し、接着層に浸透しており、これらのエッチャントが SWCNT の電子を吸引するドーピング効果によって高い導電率が得られたと考えられる。以上、本研究では、SWCNT 膜の熱圧着転写手法を提案し、本手法を用いた高導電性 SWCNT 膜の転写に成功した。

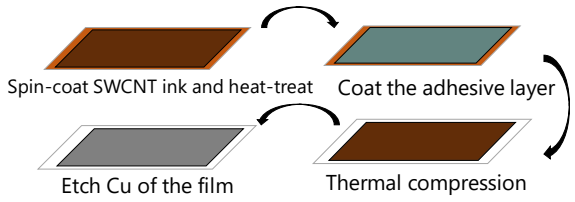

Fig.1: Transfer procedure of SWCNT films

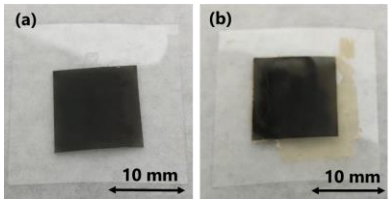

Fig.2: SWCNT films etched with Cu using (a) $FeNO_3$, 0.5 M and (b) $FeCl_3$, 6.9 M

[1] 黒松, 小菅, 渡辺, 野々口, 黄 : 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 11p-Z28-12 (2020).
[2] S. Kuromatsu, et al., Thin Solid Films, **736,** 138904 (2021).

© 2022年 応用物理学会