

液体金属印刷法による酸化スズナノシートへのドーピングプロセスの開発

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

2004年にグラフェンが発見されて以来、数多くの二次元層状物質が報告され、研究が盛んに行われている。グラフェンは半金属であるが、遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)や金属酸化物のひとつである酸化第一スズ(SnO)は、半導体の性質を持つ二次元層状物質である。SnOは、正方晶系の結晶構造を持ち、個々の層は弱いファンデルワールス力により(001)結晶方向に積層することが知られている。酸化第二スズ(SnO₂)がn型の半導体であるのに対して、SnOはp型の半導体であり、バンドギャップは2.7-3.0 eVと大きく、可視光をほとんど吸収しないため、透明度の高い酸化物半導体として使用可能である。現在、このような透明酸化物半導体の多くはn型半導体であるため、p型半導体であるSnOへの期待が高まっている。

SnOの成膜には、一般的にパルスレーザー蒸着法やマグネトロンスパッタリング法が用いられる。他方、2017年に液体スズ(Sn)を前駆体としたSnOナノシートの簡便な作製法である液体金属印刷法が報告された[1]。この手法では、液体金属と界面酸化膜の付着力が低いことを利用して、液体金属表面の界面酸化膜に基板を接触させることで、基板との間に生じるファンデルワールス力により、基板上にSnOナノシートを剥離可能である。これまで、本手法により作製したSnOナノシートをp型チャネル材料として用いた薄膜トランジスタやガスセンサーなど半導体デバイスへの応用が報告されている。しかし、キャリア移動度およびセンサ感度の向上などの課題がある。

本研究では、SnOナノシートを用いたこれらの半導体デバイスの性能を向上させるための方法として、液体金属印刷法によるSnOナノシートへのドーピングに着目した。不純物としてアンチモン(Sb)を用いたドーピング手法の開発を目的とした。

■ 活動内容

図1に本研究で用いたSnOナノシートへの新規ドーピングプロセスの概念図を示す。まず、SnとSbを重量比9:1の割合で混合し、アニールを施してSn-Sb合金を作製する。次に、Sn-Sb合金をホットプレート上で融解させる。このとき、合金表面へSbのマイグレーションが起こると考えられる。最後に合金表面に形成された極薄の酸化物ナノシートを液体金属印刷法により基板に転写する。

第一段階として、本手法を用いてSiO₂/Si基板にナノシートを作製した。図2に示す原子間力顕微鏡像のラインプロファイルから、その厚さは約5.4 nmであり、極薄のナノシートが形成されていることがわかる。さらに、ナノシートのX線光電子分光スペクトルを測定した。Sn 3dのピークにおいて化学シフトが観測され、SnOがSbによりドーピングされていることが示唆された。

■ 今後の展開

透過型電子顕微鏡によるナノシートの構造解析などを行い、本手法によるSnOナノシートへのドーピングの検証およびデバイスへの応用を進める予定である。

■ 参考文献

- 1) A. Zavabeti et al., Science 358, 332 (2017).

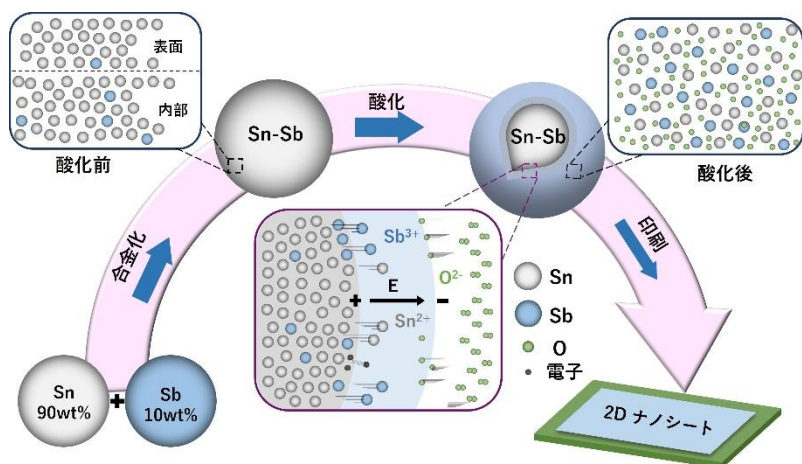


図1 SnO ナノシートへの新規ドーピングプロセスの概念図

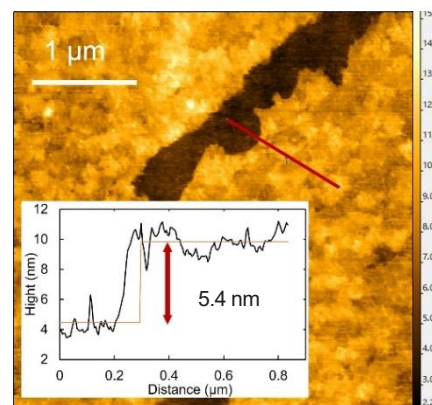


図2 原子間力顕微鏡像 (挿入図: ラインプロファイル)

代表発表者 石原 和旺(いしはら かずおう)
所属 兵庫県立大学大学院 工学研究科
産業技術総合研究所再生可能エネルギー
研究センター
問合せ先 〒671-2280 兵庫県姫路市書写 2167
E-mail : kazuo51ishihara@gmail.com

■キーワード: (1) 二次元半導体材料
(2) 金属酸化物
(3) 酸化スズ
(4) 液体金属
(5) ドーピング

■共同研究者: 藤井俊治郎(兵庫県立大学)
古郷敦史(産業技術総合研究所)