

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

田中 直樹

九州大学 大学院工学研究院
助教

ホウ素を基軸とした pn 精密パターンニング技術の開拓

研究成果の概要

本年度は、高効率熱電発電素子の作製に向けて、1枚の単層カーボンナノチューブ(SWCNT)膜のpnパターニング技術の開発を進めてきた。その中でSWCNTのp型ドーパントとして、新たにブレンステッド酸型(プロトン供与型)のホウ素ドーパントを合成した。このドーパントは、大気中で安定に保存可能であり、ドーピング後のSWCNTの電気伝導率は、未ドーピングSWCNTと比べて2倍以上高い値を示した。さらに熱電性能指数であるパワーファクターは未ドーピングSWCNTよりも高く、160日以上の大気安定性を有することを明らかにした。

このホウ素ドーパントとn型ドーパントであるジメチルベンゾイミダゾール誘導体(DMBI)を用いて、SWCNTのpnパターニングを検討した。p型ドーピング部とn型ドーピング部を明確に作り分けるために、マスクを取り付けた後、スプレー噴霧によりpnパターニングSWCNT膜を作製した。pn数4パターンのSWCNT膜を用いて π 型構造の熱電発電素子を作製したところ、温度差50℃における熱起電力は23.4 mVであり、その出力は17.4 μ Wを示した。この値は、これまで報告されているpn数5パターンのSWCNT熱電発電素子よりも2倍以上高い出力を示すことが明らかになり、従来の性能を凌駕するSWCNT熱電発電素子の開発に成功した。

さらに精密なpnパターニング技術の開発に向けて、光ドーピングによるSWCNTのpnパターニング法の開発に取り組んだ。光誘起型ドーパントとして、DMBIの酸化物(DMBI-Ox)を新規に合成し、このドーパントを染み込ませたSWCNTに対して紫外線照射を行ったところ、p型からn型に変化することが明らかになった。本手法を基に、フォトマスクを用いてpn数4パターンのSWCNT膜を作製し、断熱材と熱伝導層を取り付けることで、平面型熱電発電素子を作製したところ、その熱起電力は0.68 mV、出力は0.504 nWを示した。以上の結果から、本ドーピング法は、pnパターニングSWCNT作製において、有力な手法であることを明らかにした。