

シリコンバルク熱電変換材料とデバイスへの展開

環境負荷が低く生産効率の高いIoT自立電源を目指して

塩見 淳一郎（東京大学大学院 工学系研究科教授）

発明のポイント

IoTですべての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すSociety5.0の基盤を支える、センサーネットワークを駆動するための環境発電による自立電源の開発が活発化している。革新的技術シーズを創出するチーム型研究プロジェクト JST CREST^{※1}において、この自立電源の基盤技術となる熱電変換の材料からデバイスの開発まで一貫して取り組み、性能・コストを大きく進歩させ普及を加速する研究開発を行った。

- (1) Siベースの環境親和性を有し、量産性が高い熱電変換材料を開発（シリコンバルク熱電変換材料）
- (2) 開発した熱電変換材料の性能を引き出し、さらに曲げと伸縮を可能にして、あらゆる場所での発電を可能にするデバイス構造を実現（延伸性を有する熱電発電デバイス）

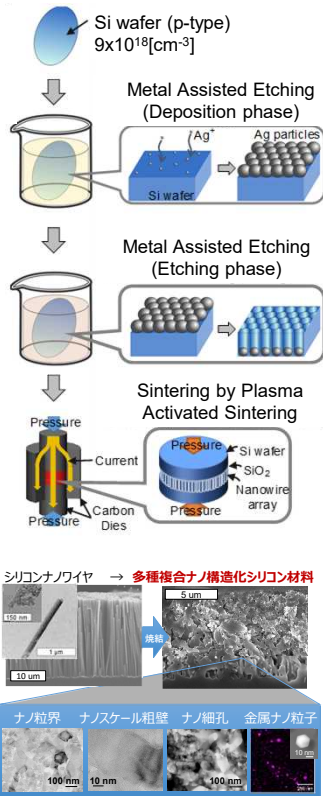
※1 国立研究開発法人 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST[微小エネルギー] 研究課題「メカソーマル工学による熱電技術の低コスト化と高付加価値化」(2016-2021)

発明の概要

シリコンバルク熱電変換材料

熱を直接電気に変える熱電変換の研究開発においては、材料のコストや環境負荷、デバイスの集積化等が実用化へ向けた課題となっている。常温で十分な性能を持つ標準的な半導体をベースとした熱電変換材料が求められているが、バルクのシリコン結晶は熱伝導率が高く、実用的なZTの値を達成することが難しかった。

本研究チームは、ZTが0.3を超えるナノ構造シリコン材料を製造プロセスの工夫により実現した。本研究チームが開発した製造プロセスは、メタルアシストエッチングとプラズマ活性化焼結を組み合わせたものであり、ランダムに分散したナノ粒子、ナノ細孔、金属ナノ粒子からなる非常に複雑な構造を実現することができた。これにより、電気伝導率を大きく損なうことなく、熱伝導率を大幅に低下させることに成功した。



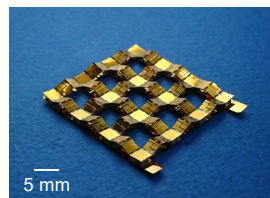
Kashiwagi et al, ACS Applied Energy Materials, 2, 7083 (2019)

延伸性を有する熱電発電デバイス

共同研究者 岩瀬 英治（早稲田大学 基幹理工学研究科教授）

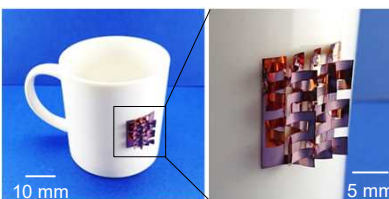
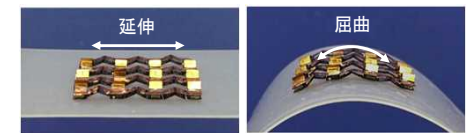
IoTセンサーネットワークを駆動する自立電源として、熱源があれば場所を選ばない熱電発電デバイスが注目されている。一方で身近に存在する熱源は熱配管やヒトの皮膚など曲面を有する熱源も多く、熱電発電デバイスには屈曲性や延伸性が求められる。

本研究チームでは、基板に折り紙構造や切り紙構造を利用することにより、硬く熱電発電特性の良い熱電発電材料を用いながらも、曲面熱源に貼付可能な延伸性を有する熱電発電デバイスを実現した。



折り紙型熱電発電デバイス

自己折り畳み技術により一括して折り上げ可能



切り紙型熱電発電デバイス

熱電変換素子に大きな温度差をつけることができ、伝熱設計上も利点を有する構造

想定される用途

Society5.0を支えるIoTセンサーネットワークを駆動する自立電源として、広く活用されることが期待される。IoTセンサーの低消費電力化の流れの中で、コストと環境親和性を最適性能の中で両立した本技術の有用性はさらに高まっていく。

- ・交換コストの高い一次電池に代わる、小型で交換・メンテナンスフリーの自立電源
- ・環境発電市場の多くの割合を占める廃熱利用において、場所や条件を選ばず設置が可能
- ・肌に直接触れても安全なシリコン材料の採用により、ウェアラブルデバイスにも応用が可能



ライセンス可能な特許

発明の名称：シリコンバルク熱電変換材料
 ・国際公開番号：WO2019/131795（出願人 JST）

学校法人早稲田大学よりデバイス構造の基本特許2件出願済

知的財産マネジメント推進部 知財集約・活用グループ

Tel: 03-5214-8486

e-mail: license@jst.go.jp

URL: <https://www.jst.go.jp/chizai/>