



エネルギーハーベスティングのための熱電特性評価法を開発

● IoTデバイス用自立型電源の開発と社会実装に貢献

共通・分野横断

熱電素子

熱と電気とを関連づける現象を利用した素子の総称。温度差によって起電力を発生する現象を利用した素子などがある。

電界効果型トランジスタ

半導体内部で生じる電界によって電流を制御する方式のトランジスタ。

ゲート絶縁体

電界効果型トランジスタにおける半導体材料と金属電極の間の絶縁層。

ゲート電圧

ゲート絶縁体を通して半導体材料に印加する電圧。この電圧により半導体材料中のキャリア密度を制御することができる。

背景

センサをはじめとする小型IoTデバイス用の電源は、配線がなく、かつ、自立型であることが望まれており、その電源の一つとして**熱電素子**を活用することが考えられます。熱電素子を構成する材料の特性(発電量)は、半導体中の電気伝導を担う電子およびホールの密度(キャリア密度)に依存します。熱電素子の新規材料の探索には、キャリア密度をパラメータとして連続的に変化させて、発電量が大きくなる条件を見つける必要があります。そのためには化学組成が異なる多くの試料を用いる必要があり、これまで、この点が熱電材料の開発にあたっての障壁となっていました。そこで、当所では電界効果を用いて熱電材料の特性を効率的に評価する方法の開発を進めています。

成果の概要

◇電界効果を利用した熱電特性評価法を開発

熱電材料の特性評価に必要な材料中のキャリア密度を連続的に変化させる方法として、イオン液体を用いた熱電効果の制御に成功しました。具体的には、酸化タングステン薄膜を半導体試料とする**電界効果型トランジスタ**を作製し(図1)、静電容量の大きいイオン液体を**ゲート絶縁体**として使用することにより、酸化タングステン薄膜に多数の電子を注入して絶縁体状態から金属状態まで連続的に変化させることに成功しました。

◇熱電特性の評価を通じて熱電出力因子を最適化

電界効果型トランジスタ、ヒーター、温度計を同一基板上に配置し(図1)、温度と**ゲート電圧**(キャリア密度)を変化させながら熱電特性を評価しました。その結果、一つの試料を測定するだけで、酸化タングステン薄膜の単位温度当たりの発電量(熱電出力因子)が最適となる温度とゲート電圧の組み合わせが特定できることを示しました。化学組成が異なる多くの試料を用いることが不要となるため、熱電材料の評価に必要な時間が大幅に短縮され、新規材料の探索を加速させることができます。

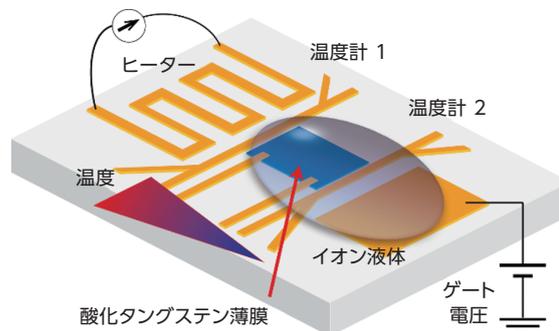


図1 酸化タングステン薄膜の電界効果型トランジスタ

イオン液体を介してゲート電圧を印加することにより、酸化タングステン薄膜のキャリア密度を制御します。ヒーターと温度計を用いてトランジスタ構造下で熱電特性を評価します。



清水 直(しみず すなお)
エネルギー変換研究本部
材料科学研究部門

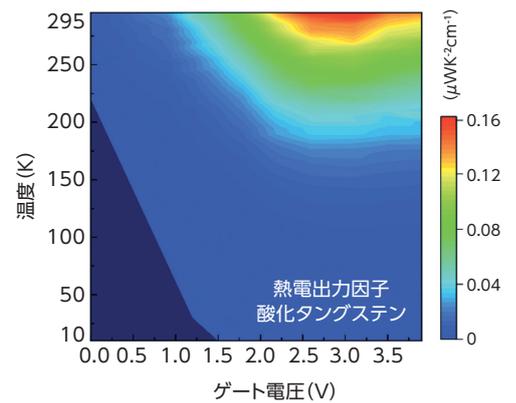


小野 新平(おの しんぺい)
エネルギー変換研究本部
材料科学研究部門

高性能な新規熱電材料の探索と熱電素子の開発を進め、脱炭素社会の実現に貢献します。

主要な研究成果

共通・分野横断



酸化タングステン薄膜における温度およびゲート電圧と
単位温度当たりの発電量(熱電出力因子)との関係
ゲート電圧が3Vの時に発電量が最大になることがわかります。

成果の活用先・事例

熱電材料の特性評価が効率化されることで、高性能な熱電材料の開発が進み、それらを活用するIoTデバイス用自立型電源の開発と社会実装が加速します。

参考 Shimizu et al., Sci. Rep. Vol. 12, 7202 (2022)