

グラフェンのフォノンエンジニアリングと環境発電への展開

Phonon engineering of graphene for energy harvesting

大阪府大工 °有江 隆之

Osaka Prefecture University °Takayuki Arie

E-mail: arie@pe.osakafu-u.ac.jp

グラフェンは電気伝導率と熱伝導率が非常に高く、次世代の電気・熱デバイスへの応用が期待されている。グラフェンの熱伝導は主にフォノンが担っているため、グラフェン内に特異な構造を導入することによりフォノン伝導を制御できる。我々は最近、炭素同位体である ^{13}C を導入したグラフェンを作製し、 ^{12}C グラフェンと ^{13}C グラフェンの界面を利用することで、電気特性に影響をおよぼすことなく熱抵抗を 10 倍以上増加させることに成功した[1,2]。ここでは、主に構造欠陥を導入したときのグラフェンの電気伝導と熱伝導変化から、熱電変換デバイスの性能がどのように変化するかを紹介する[3,4]。

化学気相成長法により合成したグラフェンを酸素プラズマ中にさらし、欠陥を人為的に制御して導入した。欠陥の密度と種類はラマン分光法により同定した。グラフェンをチャネル状に成形後、電気伝導率、ゼーベック係数、熱伝導率を測定し、性能指数をそれぞれの欠陥密度について算出した。

グラフェン中の欠陥は、密度が増大するに従って、 sp^3 ライクな欠陥から空孔欠陥へと遷移する。さまざまな欠陥密度でのラマン分光スペクトルの解析から、欠陥密度が高くなるにつれて欠陥に起因する D バンド強度が高くなり、D バンド強度 (I_D) と G バンド強度 (I_G) の比 (I_D/I_G) が 1.74 までは sp^3 欠陥、 I_D/I_G が 2.47 で空孔欠陥へと移行していくことが明らかになった。欠陥密度が増加するに従って電気伝導率とゼーベック係数は減少し、パワーファクタも同様に減少した。

一方、欠陥密度による熱伝導率の変化に着目すると、欠陥を導入していないグラフェンでは熱伝導率はおおよそ $2,700\text{W/mK}$ を示したのに対し、欠陥を導入したグラフェン ($I_D/I_G=2.47$) では $\sim 150\text{W/mK}$ と、1/10 以下に低下した。ゼーベック係数は空孔欠陥に遷移以降、大きく低下しないため、熱伝導率低下による寄与が支配的になり、性能指数は高い欠陥密度で 3 倍程度向上することを確認した。

謝辞 本研究は科研費の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] Y. Anno, K. Takei, S. Akita, and T. Arie, Phys. Status Solidi RRL **8**, 692 (2014).
- [2] Y. Anno, K. Takei, S. Akita, and T. Arie, Adv. Electron. Mater. **1**, 1500175 (2015).
- [3] Y. Anno, Y. Imakita, K. Takei, S. Akita, and T. Arie, 2D Mater. **4**, 025019 (2017).
- [4] Y. Anno et al., Appl. Phys. Lett. **110**, 263501 (2017).