

垂直電場による二層グラフェンの熱電性能の最適化 Optimization of Thermoelectric Performance of Bilayer Graphene by Vertical Electric Field

東理大工¹, 東理大理², 東理大総研院³, 東理大⁴

○(D3) 堀井 耀¹, 松原 愛帆^{2,3}, 笹岡 健二³, 山本 貴博^{2,3}, 福山 秀敏⁴

Faculty of Engineering, Tokyo Univ. of Sci.¹, Faculty of Science, Tokyo Univ. of Sci.²,

RIST, Tokyo Univ. of Sci.³, Tokyo Univ. of Sci.⁴

○Hikaru Horii¹, Manaho Matsubara^{2,3}, Kenji Sasaoka³, Takahiro Yamamoto^{2,3}, Hidetoshi Fukuyama⁴

E-mail: takahiro@rs.tus.ac.jp

近年, 半導体カーボンナノチューブは, バンド端での状態密度の鋭いピークに起因して, 巨大なゼーベック係数および出力 (パワーファクタ) が得られることが報告されている^{1,2)}。一方で, グラフェンは金属であるが, 二層グラフェンは垂直電場を印加することによって, バンドギャップを生成でき³⁾, 図 1 に示すような状態密度の鋭いピークが現れるため, 垂直電場印加時の二層グラフェンは, バンド端でのゼーベック係数およびパワーファクタの増大が期待される。

一方で, イオン液体を用いた電気二重層トランジスタでの熱電測定において, 垂直電場がない場合の二層グラフェンの熱電効果のゲート電圧依存性が調べられており, ゲート電圧を制御することで, 最大値として約 $7 \text{ mW/K}^2\text{m}$ のパワーファクタが報告されている⁴⁾。

本研究では, 垂直電場下での二層グラフェンのパワーファクタの最適化に向けて, 久保-ラッティンジャーによる熱電線形応答理論^{1,2)}を用いて理論的に調査した。また, 先行実験⁵⁾で報告されているバンド端で増大するような緩和時間を用いることで, 実験における二層グラフェンの熱電特性のゲート電圧依存性⁴⁾をよく再現することがわかった。さらに, この緩和時間のエネルギー依存性を, 同様に垂直電場下での二層グラフェンに適用することで, 垂直電場を印加したときのパワーファクタの最大値とそれを与える最適化学ポテンシャルを明らかにした。例えば, 垂直電場が 0.35 V/nm のとき, パワーファクタの最大値は約 $20 \text{ mW/K}^2\text{m}$ となり, 電場非印加時 (約 $7 \text{ mW/K}^2\text{m}$) と比べて, 約 3 倍増大することがわかった。

1) T. Yamamoto and H. Fukuyama, J. Phys. Soc. Jpn. **87**, 024707 (2018).

2) T. Yamamoto and H. Fukuyama, J. Phys. Soc. Jpn. **87**, 114710 (2018).

3) Y. Zhang, *et al*, Nature **459**, 820 (2009).

4) K. Kanahashi, *et al*, Npj 2D Materials and Applications **44**, 1 (2019).

5) M. Monteverde, *et al*, Phys. Rev. Lett. **104**, 126801 (2010).

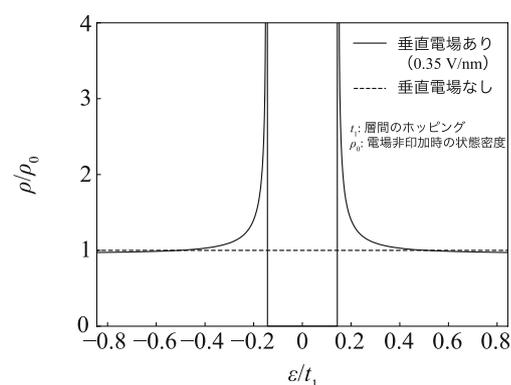


図 1 乱れがない場合の二層グラフェンの状態密度のエネルギー依存性