

Van der Waals 材料における熱電特性

Thermoelectric properties of van der Waals materials

名大工 竹延 大志

Nagoya Univ., Taishi Takenobu

E-mail: takenobu@nagoya-u.jp

近年、物のインターネット (Internet of Things, IoT) の発展により energy harvesting の重要性が急速に高まっている。特に、wearable electronics は IoT への適合性に優れ、今後は大量の wearable devices が市場に供給されると考えられる。よって、wearable electronics を下支えする電源の開発は焦眉の急を要する問題であり、安価な液相法 (印刷技術) による可撓性・伸縮性を有する大面積な電源の作製が強く求められている。

より具体的には、有機高分子やカーボンナノチューブに代表される van der Waals 材料を用いた熱電変換素子が注目されている。これら van der Waals 材料は低エネルギーな van der Waals 結合により柔軟性を有するが、一方で強固な共有結合で形成されるユニット (高分子・カーボンナノチューブ) が、柔軟な van der Waals 結合により凝集しており、極めて不均一な物質に相当する。このような複雑性ゆえに本材料群の熱電特性は理解が進んでおらず、今後の wearable electronics を下支えする高性能な熱電変換素子の実現には、本質的な理解が不可欠である。

一般的に熱電変換特性はキャリア密度に大きく依存するため、本質的な理解にはドーピング技術が必須となる。しかしながら、これら van der Waals 材料における精密なキャリアドーピングは未だに容易ではなく、熱電特性の解明を阻む一因となっている。加えて、個別の材料における各論的な研究は活発化しているが、van der Waals 材料全体を俯瞰した包括的な議論は皆無である。我々のグループでは、これまでに様々な van der Waals 材料への電解質を用いたドーピングに成功しており [1-6]、本技術と熱電特性測定技術の組み合わせにより van der Waals 材料における熱電特性の本質的な理解に挑戦している [7-10]。本講演では、導電性高分子・グラフェン・遷移金属ダイカルコゲナイド単層膜・カーボンナノチューブにおける熱電特性 (Seebeck 係数・Power factor) のキャリア密度依存性や各種物性測定の結果を基に、van der Waals 材料における本質的な熱電特性について議論する。

References:

- [1] J. Pu, T. Takenobu *et al. Nano Lett.* **12**, 4013 (2012).
- [2] J.-K. Huang, T. Takenobu *et al. ACS Nano.* **8**, 923 (2014).
- [3] J. Pu, T. Takenobu *et al. Adv. Mater.* **12**, 4013 (2016).
- [4] H. Shimotani, T. Takenobu *et al. Adv. Funct. Mater.* **24**, 3305 (2014).
- [5] Y. Kawasugi, T. Takenobu *et al. Nat. Commun.* **7**, 12356 (2016).
- [6] Y. Yomogida, T. Takenobu *et al. Adv. Mater.* **24**, 4392 (2012).
- [7] J. Pu, L.-J. Li, T. Takenobu *et al. Phys. Rev. B* **94**, 014312 (2016).
- [8] K. Yanagi, T. Takenobu *et al. Nano Lett.* **14**, 6437-6442 (2014)
- [9] S. Shimizu, T. Takenobu *et al. SMALL* **12**, 3388 (2016)
- [10] Y. Kawasugi, T. Takenobu *et al. Appl. Phys. Lett.* **109**, 233301 (2016).