

電界効果キャリアドーピングを用いたルブレ単結晶の熱電特性

Field-Effect Modulated Thermopower of Rubrene Single Crystal

東工大物質理工, °清田 泰裕, 川本 正, 森 健彦

Tokyo Institute of Technology, °Yasuhiro Kiyota, Tadashi Kawamoto, and Takehiko Mori

E-mail: kiyota.y.aa@m.titech.ac.jp

有機熱電材料は、軽量でフレキシブルな材料であるという利点を生かして、排熱の中でも多くを占めている 100°C 程度の低温排熱で用いる熱電材料としての応用が期待され、盛んに研究がなされている。しかしながら有機熱電材料の熱電変換効率は現状実用化には及ばない値となっており、その理由として材料設計の指針が明確になっていないことが挙げられる。熱電材料の変換効率を示す無次元性能指数 $zT = (\sigma S^2 T) / (\kappa_e + \kappa_L)$ はキャリア濃度に強く依存することが知られている[1]。ここで電気伝導度 σ 、ゼーベック係数 S 、大気温度 T 、電子熱伝導率 κ_e 、格子熱伝導率 κ_L である。また有機材料の κ_L は一般に $0.2 \sim 1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 程度と小さいことから、熱電材料の設計は σ と S を両立させることが重要となる。有機熱電材料における σ と S のキャリア数依存性を調べるため、化学ドーピングによる方法の他[2]、電界効果ドーピングを用いた方法において議論がなされている[3]。

本研究では有機半導体単結晶に対して電界効果キャリアドーピングを行うことによって、キャリア濃度を変化させその熱電特性を測定した[4]。今回新たにカーボンペーストにレーザーを照射することによって加熱する方法を開発し、これによって従来の単結晶トランジスタ構造(Fig. 1a)を用いて熱起電力を測定することが可能となった。有機半導体単結晶はその結晶構造が厳密に分かっており、電界効果によって不純物の影響を考慮せずにキャリア濃度を変化可能なため、物性と構造を結び付けた議論をする上で有用であると考えられる。初めに単結晶で高いトランジスタ移動度が報告されているルブレについて研究を行った[5]。単結晶ルブレは Physical Vapor Transport 法にて作製された。Si/SiO₂ 基板を用いたトランジスタでは基板の熱伝導率が良すぎるために温度差を発生させることが出来なかったため、ITO ガラス基板の上に絶縁層としてパリレン C を蒸着し、単結晶ルブレを貼り付けカーボンペーストでソース/ドレイン電極を作製した(Fig. 1a)。温度差はカーボン電極に 635 nm の赤色レーザーを照射することによって発生させた。このように作製した単結晶トランジスタは平均的に室温で $3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 程度の移動度が得られている。室温においてゲート電圧を変化させながら熱電特性を測定したところ、キャリア濃度を増加させるにつれて電気伝導度は上昇し、ゼーベック係数は低下した(Fig. 1b)。室温において複数のルブレ単結晶のゼーベック係数と電気伝導度の関係をプロットしたところ、Fig. 1c のようになった。当日は熱電特性の温度依存性についても議論を行う予定である。

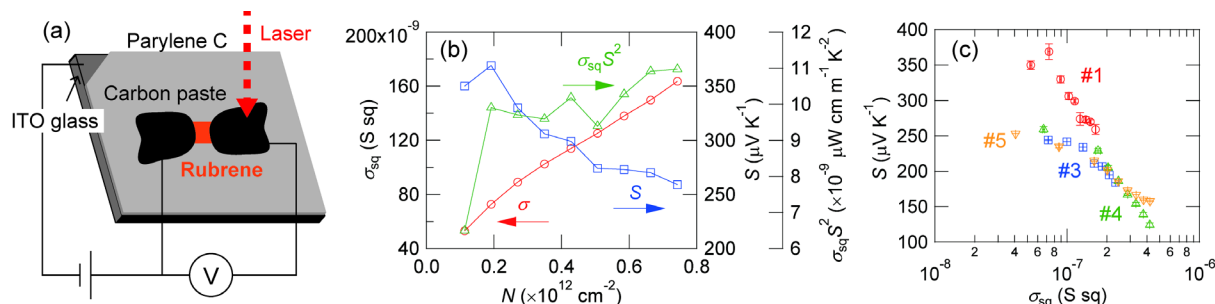


Fig.1 (a) Device structure of rubrene single crystal transistor. (b) Carrier concentration dependence of thermoelectric properties at room temperature. (c) S - σ relationship at room temperature with several samples.

- [1] G. Jeffrey and E. S. Toberer, *Nat. Mater.* **7**, 105 (2008). [2] A. M. Glaudell *et al.*, *Adv. Energy Mater.* **5**, 1401072 (2015). [3] F. Zhang *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **25**, 3004 (2015). [4] K. P. Pernstich, B. Rossner, and B. Batlogg, *Nat. Mater.*, **7**, 321 (2008). [5] J. Takeya *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **90**, 102120 (2007).