

電解質ゲートにおけるその場時間領域サーモフレクタンス測定

In-situ Time-domain Thermoreflectance Measurement during Electrolyte Gating都立大理¹, 産総研², °上治 寛¹, 松岡 勇也¹, 八木 貴志², 蓬田 陽平¹,一ノ瀬 遥太¹, 吉田 朱里¹, 柳 和宏¹TMU¹, AIST², °Kan Ueji¹, Yuya Matsuoka¹, Takashi Yagi², Yohei Yomogida¹,Yota Ichinose¹, Akari Yoshida¹, Kazuhiro Yanagi¹

E-mail: yanagi-kazuhiro@tmu.ac.jp

はじめに: 柔軟性や伸縮性をもつ薄膜材料は、現代社会において様々な用途で活用されており、その性能向上は重要な課題である。これまで、電子特性の向上に着目した研究が数多くなされてきたが、廃熱による電子特性の低下など熱の影響も小さくないことから、薄膜系材料の熱物性の解明と制御が重要な課題となる。^[1]しかし、バルク材料とは異なり、薄膜系材料の熱物性を電子輸送特性と関連付けた理解は皆無である。そのため、我々は安定に電解質ゲートと熱物性が測定できるように、金薄膜を温度計とした時間領域サーモフレクタンス法(TDTR)を開発した。^[2]そこで、我々は電解質ゲートにおけるキャリア注入で薄膜構造が変化せず、電気伝導度が桁で変調できる半導体型単層カーボンナノチューブ(s-SWCNT)に着目し、電気伝導度をゲート電圧で制御しながら TDTR のその場測定で熱伝導度の測定を行った。

実験方法: s-SWCNT は密度勾配超遠心法にて分離し、減圧ろ過法にて薄膜を作製した。その後、薄膜を電解質ゲートと TDTR が同時にできるよう設計した金電極上に転写した。ゲート電圧にてキャリア注入量を系統的に変化させ、電気伝導度を評価した。また、ポンプ光 (波長: 1550 nm、パルス幅: 0.5 ps) とプローブ光 (波長: 520 nm、パルス幅: 0.5 ps) をサンプル裏面から照射し、金薄膜のサーモフレクタンスの位相を評価することで、s-SWCNT 薄膜の熱伝導度をその場評価した。

実験結果: 図1は、キャリア密度と面内電気伝導度に対する s-SWCNT の面外熱伝導度を示している。電解質ゲートによるキャリア注入では、面外面直にかかわらず電気伝導度を高いオンオフ比で変調できる。^[3]そのことから、キャリア密度と電気伝導度が桁で変調しているにも関わらず熱伝導度が常に一定なのは、掃引した電気伝導度の範囲では、フォノン輸送が支配的であることを示唆している。^[4]

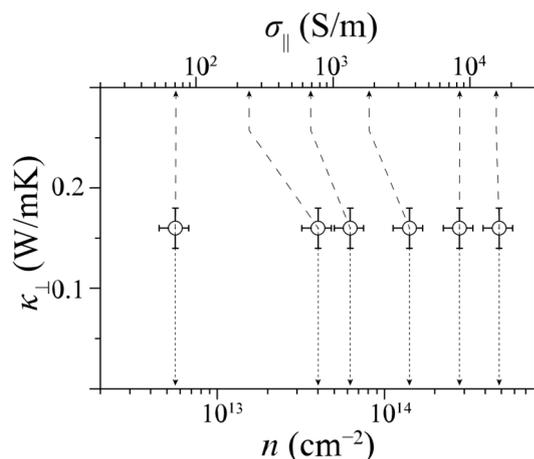


Fig.1 Through-plane thermal conductivity (κ_{\perp}) as a function of in-plane electrical conductivity (σ_{\parallel}) and carrier density (n).

[1] A. L. Moore *et al.*, *Materials today*, **17**, 163. (2014) [2] K. Ueji *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, 128006 (2019) [3] Jana *et al.*, *ACS Appl. Nano Mater.* **1**, 3616 (2018) [4] K. Ueji *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **117**, 133104. (2020)