

3 ω 法を用いた導電性高分子材料の熱伝導率の計測

Thermal conductivity of conducting polymer studied by 3 ω method

阪大院基礎工, [○]後北 寛明, 多田 博一

Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ.

[○]Hiroaki Ushirokita, Hirokazu Tada

E-mail: ushirokita@molelectronics.jp

【はじめに】環境に調和した安価で柔軟な熱電変換素子の実現に向けて有機材料の熱電性能に関心が高まっている。熱電材料の性能は無次元熱電性能指数 $ZT = \sigma S^2 T / \kappa$ (σ , S , κ はそれぞれ電気伝導率、ゼーベック係数、熱伝導率)で評価されるが、熱伝導率は数 μm 以下の薄膜状試料での計測が難しく、有機材料においては計測例が少ない。特に有機材料では分子鎖の配向性や電気伝導特性に異方性があるため、熱伝導率にも異方性があると考えられるが、十分に評価は行われていない。本研究では、3 ω 法を用いて導電性高分子 PEDOT:PSS 膜の面内方向および面直方向の熱伝導率を計測し、比較を行った。

【実験】面内方向および面直方向の熱伝導率はそれぞれ self-heating 3 ω 法、differential 3 ω 法を用いた。Self-heating 3 ω 法の試料は、エチレングリコールを添加した PEDOT:PSS (Clevious PH1000, Heraeus 社)をガラス基板上に成膜したのち、電子線リソグラフィ法を用いて長さ 10 μm 、幅 1 μm 程度のワイヤー状に微細加工したものをを用いた。作製したワイヤー状試料に角周波数 1 ω の交流電流を印加し、発生する 3 ω 電圧を検出し、1 ω 電流と 3 ω 電圧の関係から熱伝導率を求めた。Differential 3 ω 法ではシリコン基板上に PEDOT:PSS、絶縁層 PMMA、および金ワイヤーを成膜した試料を用いた。リファレンスとして PEDOT:PSS を挟まない試料を同時に作製した。金ワイヤーに印加した交流電圧に伴い発生する 3 ω 電圧の周波数依存性を調べ、熱伝導率を求めた。

【結果・考察】結果を図 1、2 に示す。なお、電気伝導率は面内方向に計測した値である。PEDOT:PSS 膜の電気伝導率には異方性 ($\sigma_{\parallel} / \sigma_{\perp} = 10^2 - 10^3$ [3])があることが知られている。導電性材料において熱伝導率 κ は格子の寄与 κ_l およびキャリアの寄与 κ_e が存在し、一般に κ_e は電気伝導率 σ に比例する。面直方向の熱伝導率 (図 1) は膜の電気伝導率の増大に対して変化が見られなかったのに対し、面内方向の熱伝導率 (図 2) は電気伝導率に比例して増加している傾向が見られた。この結果は、面直方向は電気伝導率が小さく κ_l が支配的であるが、面内方向では κ_l に対して無視できない κ_e があることを示唆している。

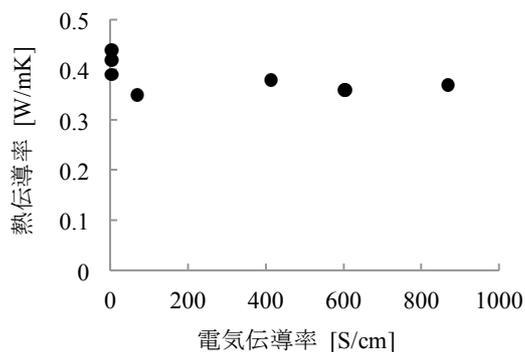


図 1 面直方向の熱伝導率.

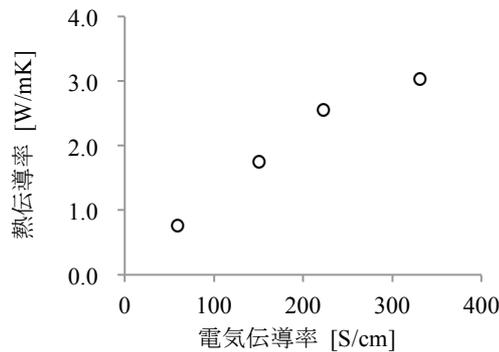


図 2 面内方向の熱伝導率.

【謝辞】本研究は技術研究組合未利用熱エネルギーの革新的利用技術の助成の元で行った。

[1] L. Lu, W. Yi, and D. L. Zhang, Rev. Sci. Instrum. **72**, 2996 (2001).

[2] S.-M. Lee and D. G. Cahill, J. Appl. Phys. **81**, 2590 (1997).

[3] K. van de Ruit, et al., Adv. Funct. Mater. **23**, 5787 (2013).