

汎用性を向上した 2ω 法による熱電薄膜の熱伝導率測定

Thermal conductivity measurement of thermoelectric thin films by expanding the versatility of 2ω method

○奥畑亮¹、渡辺健太郎^{1,2}、池内賢朗³、石田明広⁴、中村芳明^{1,2}

(1. 阪大基礎工、2. JST-CREST、3. アドバンス理工 4. 静岡大院工)

○Ryo Okuhata¹, Kentaro Watanabe^{1,2}, Satoaki Ikeuchi³, Akihiro Ishida⁴, and Yoshiaki Nakamura^{1,2}

(1. Osaka Univ., 2. JST-CREST, 3. ADVANCE RIKO, 4. Shizuoka Univ.)

E-mail: ryouokuhata129@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

【目的】 2ω 法は、電気的周期加熱法とサーモリフレクタンス (TR) 法を組み合わせた薄膜熱伝導率 κ 測定技術であり、従来の 3ω 法よりも簡便に、TDTR 法よりも安価な装置で測定できる。薄膜/基板の 1 次元伝熱モデルにおいて、角周波数 ω で表面を周期加熱した際の TR 信号の 2ω 成分 (In-phase Amplitude)は、加熱周波数の平方根(2ω)^{-0.5}の関数で表される。 2ω 法では、この関数を線形近似/直線フィッティングすることで薄膜の κ を求める。しかしながらこの線形近似は、薄膜の熱抵抗がある程度低く、熱流が基板に到達する場合にのみ成立する。上記解析手法は、Si ナノ構造薄膜のように、低膜厚の熱抵抗が比較的小さい薄膜材料に限られていた[1,2]。しかし、一般に熱電材料は低 κ の厚膜であり、熱抵抗が大きい。そこで、本研究の目的は、薄膜/基板における TR 信号の関数フィッティングに、線形近似を使用せず、一次元伝熱モデルの厳密解を用いることで、 2ω 法の適用範囲を拡張して高熱抵抗薄膜/基板の κ を評価可能にすることである。

【実験】ホットウォールエピタキシー法[3]により成長した PbTe 薄膜(厚さ 2-4 μm)/BaF₂(111)基板を試料とした。薄膜表面上に Au を 100 nm 蒸着し、通電ジュール加熱用の電気抵抗層として用いた。 2ω 法による薄膜 κ 測定は、室温下で Au 膜に周波数 $f = 200 \sim 10000$ Hz の交流通電加熱を行い、Au 膜の温度変化を波長 635 nm レーザー光の TR 信号強度変化として検出した。

【結果】図 1 は典型的な TR 信号の 2ω 成分の測定結果である。高周波領域では線形性が失われていることがわかる。これは Au 薄膜で加熱されて発生した熱流が基板に到達していないことを意味する。図中の実線は、一次元伝熱モデルの厳密解をフィッティングした結果であり、これから薄膜の κ は $\sim 2.0 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ と求まった。この値は TDTR 法で測定された PbTe 薄膜の熱伝導率報告値と同等である[4]。これは 2ω 法による高熱抵抗薄膜の κ 評価の成功を示唆している。本講演では本手法の詳細、および他の薄膜での測定例について説明する。

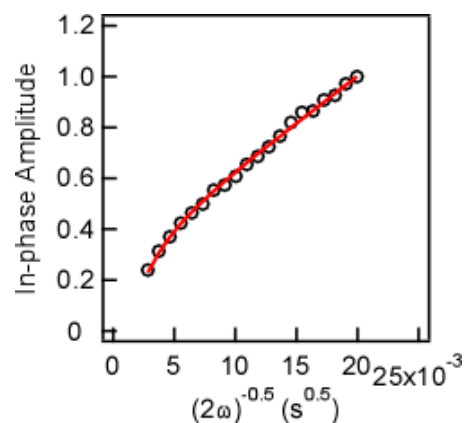


図 1 測定結果と厳密解フィット。

【謝辞】本研究の一部は、科研費 (25286026、15K13276)、JST-CREST の支援により行われた。

[1] Y. Nakamura *et al.*, *Nano Energy* **12**, 845 (2015). [2] S. Yamasaka *et al.*, *Sci. Rep.* **5**, 14490 (2015).

[3] A. Ishida *et al.*, *J. Appl. Phys.* **63**, 4572 (1988). [4] Y. K. Koh *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 153101 (2009).