

断熱境界条件下の 2ω 法による薄板試料の熱伝導率評価

Thermal conductivity of thin substrate materials evaluated by 2ω method under adiabatic boundary condition

阪大院基礎工¹, アドバンス理工², 近田 尋一郎¹, 奥畑 亮¹,
渡辺 健太郎¹, 池内 賢朗², 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Advance Riko², Jinichiro Chikada¹, Ryo Okuhata¹,
Kentarō Watanabe¹, Satoaki Ikeuchi², Yoshiaki Nakamura¹

E-mail: u873283j@ecs.osaka-u.ac.jp

【目的】近年、電子機器の特性改善・廃熱の有効利用を目的としたサーマルマネジメントの重要性が増しており、それに伴い薄膜や薄い材料の熱伝導率 κ の測定が必須となっている。基板上薄膜試料の熱伝導率測定において、安価で簡便な方法として 2ω 法がある。これは、薄膜の表面を周期加熱し、基板への熱散逸による薄膜表面の温度変調をサーモリフレクタンス(TR)法で評価することで、基板上薄膜の熱伝導率を簡便に測定する手法である。前回我々は、バルク基板試料上に高熱抵抗薄膜を成膜することで、 2ω 法でバルク基板試料の κ も測定可能となることを報告した[1]。しかし、本手法では、基板表面深さ方向に半無限媒質を仮定しているため、熱流が基板裏面まで達する薄い基板(薄板)試料に対しては適用できない。本講演で、基板裏面側を真空条件として測定し、基板裏面での断熱境界条件を考慮した 2ω 法を適用して、薄板試料の κ 測定が可能であることを示す。

【実験】熱伝導率の値が既知の Si 基板を標準試料として用いた。Si(001)基板上に、高熱抵抗 PMMA 薄膜(膜厚 500 nm)をスピコート成膜し、次に抵抗加熱ヒーターおよび温度変調計測用標準試料として Au 薄膜(膜厚 200 nm)を積層した。加熱交流電流の周波数は 200 Hz-10000 Hz で、波長 635 nm のレーザー光を用いた。周期加熱による薄膜表面の温度変調をロックイン検出し、TR 応答信号の振幅(Amplitude)と位相ずれ(Phase)成分を求めた。

【結果】Fig.1 に厚さ 0.20 mm の Si 基板の TR 信号の測定結果、および、断熱境界条件下(実線)、従来の半無限媒質条件下(点線)の一次元伝熱モデルによる理論曲線を示す。測定結果に対して、半無限媒質条件の理論曲線は低周波側で一致しないのに対し、断熱境界条件下の理論曲線は低周波領域でも測定結果を再現した。断熱境界条件の理論曲線を用いたフィット解析から PMMA 薄膜は $\kappa \sim 0.17 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、Si 基板は $\kappa \sim 146 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ となり、文献値と一致した。これより断熱境界条件下での 2ω 法測定により、薄板試料の κ 測定が可能であることを示した。

【謝辞】本研究の一部は、科研費 基板研究 A (16H02078)、挑戦的萌芽研究(15K13276)の支援により行われた。

[1] 御手洗, 他, 2017 年春季応物学会 14p-F206-2

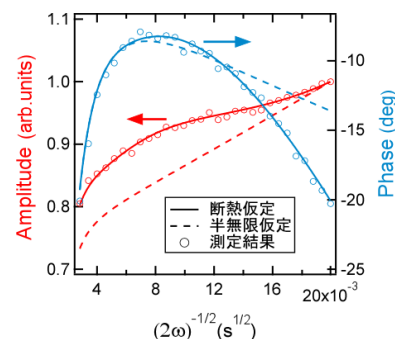


Fig.1 $(2\omega)^{-0.5}$ dependence of TR signal in 2ω measurement of 0.20 mm-thick thin Si (001) substrate.