

低温 2ω 法による PbTe/GeS 超格子の熱伝導率評価

Thermal conductivity of PbTe/GeS superlattices evaluated by low temperature 2ω method

○奥畑 亮¹, 渡辺 健太郎^{1,2}, 石田 明広³, 中村 芳明^{1,2}

(1. 阪大院基礎工, 2. CREST-JST, 3. 静岡大院工)

○Ryo Okuhata¹, Kentaro Watanabe^{1,2}, Akihiro Ishida³, and Yoshiaki Nakamura^{1,2}

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

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

【背景】 超格子はその単純構造のために、フォノン伝導の制御やその学理構築の観点で有利であるため、実験的かつ理論的に熱伝導の研究が盛んに行われてきた。我々は、熱伝導率低減が期待されているが、熱伝導現象が未解明の結晶/アモルファス界面に興味をもち、その超格子の熱伝導研究に注目している。以前に、我々は、ホットウォールエピタキシー(HWE)法^[1]を用いてアモルファス GeS / 結晶 PbTe の超格子構造を作製し、室温での熱伝導率を報告した^[1-3]。本研究では、そのフォノン伝導の知見を得るために、低温領域まで測定できる 2ω 法を開発し、その熱伝導率の温度依存性の測定に成功したので報告する。

【実験】 HWE 法により BaF₂(111)基板上に周期長 4-80 nm の異なる GeS / PbTe 超格子構造試料を作製した。背圧 1×10^{-4} Pa、基板温度 300°C の下で、PbS/CaTe 初期層を形成した後、PbS と GeTe を交互に積層して、超格子構造を形成した。成長中または熱処理中に PbS/GeTe 層間の相互熱拡散・反応によって S 原子と Te 原子が置換し、アモルファス GeS / 結晶 PbTe 超格子構造が形成される^[2]。熱伝導率は、自作の温度可変 (50K ~ 300K) 2ω 法装置^[3]を用いて測定した。その際、サーモフレクタンズ検出用の金薄膜 (200nm) を試料表面に形成し、また、測定の際、その金薄膜に角周波数 ω の電流を流して変調加熱を行う。

【結果】 X 線回折法(XRD)の 2θ - ω スキャンにより、基板 BaF(222)、PbTe(222)、PbS(222)のピークのみ確認した。また、断面走査電子顕微鏡 (SEM) 像 (Fig. (a)) から、超格子構造(~500nm)および初期層(~300nm)が確認できる。室温の熱伝導率測定結果を Fig. (b)に示す。横軸は、金膜/超格子膜/初期層/基板の 4 層系の 1 次元伝熱モデルより求まる熱伝導の理論解^[3]でフィッティングしている。その際、積層膜と初期層の熱伝導率をフィッティングパラメータとした。フィッティングに成功し (Fig. (b))、その結果、室温で超格子膜の熱伝導率は、 $\sim 1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 程度となり、バルク PbTe の熱伝導率($\sim 2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)より大幅な低減を確認した。

50~300K の範囲では、温度とともに熱伝導率の低減が見られた。本結果について本講演で詳述する。

【謝辞】 本研究の一部は、科学研究費基盤 A (16H02078) と挑戦的萌芽研究 (15K13276) の支援により行われた。

[1] A. Ishida, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 061201 (2016).

[2] 奥畑他、第 63 回春期応用物理学会 20p-W323-13

[3] R. Okuhata, *et al.*, *J. Electron. Mater.* **46**, 3069 (2017).

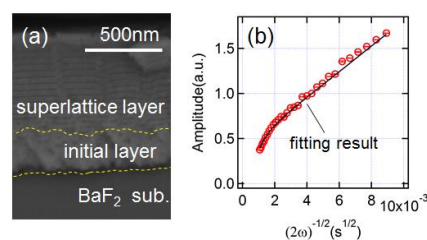


Fig. (a) Cross-sectional SEM image.

(b) 2ω measurement at 300K and its fitting result.