

金属/絶縁体複合熱伝導層の熱伝導率

Thermal Conductivity of Metal/Insulator Composite Thermally Conductive Layers

早大理工¹, 物材研² ○(P) 詹 天卓¹, (M2)大和 亮¹, (M2)徐 茂¹, (M1)武澤 宏樹¹, (M1)目崎 航平¹,
(P)富田 基裕¹, 徐 一斌², 渡邊 孝信¹

Waseda Univ.¹, NIMS² ○Tianzhuo Zhan¹, Ryo Yamato¹, Mao Xu¹, Hiroki Takezawa¹, Kohei Mesaki¹,

Motohiro Tomita¹, Yibin Xu², Takanobu Watanabe¹

E-mail: zhantianzhuo@aoni.waseda.jp

【はじめに】熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換できる熱電エネルギー・ハーベスティングは、次世代のモノのインターネット (IoT) 社会において、様々な場所で電力供給を可能にする有望な方法である。我々は、現在の CMOS プロセスで製造可能な平面型 Si ナノワイヤ (Si-NW) 熱電デバイスを考案し、図 1 に示すような熱電デバイスの試作と評価に取り組んでいる (図 1)。Si-NW に効率良く温度差を形成するには、高温電極側に低い熱抵抗を有する熱伝導層を設ける必要がある。また、十分な起電力を得るためにはこのデバイスを直列に多数並べる必要があるが、熱伝導層は熱電デバイスの電極と接するため、電気的な絶縁性も必要となる。本研究では、Si に効率よく熱を伝えることができる金属/絶縁体複合熱伝導層の最適構造を明らかにすることを目的とし、異なる 2 種類の複合構造を作製し、熱伝導率を比較した。

【実験方法】金属層として Al、絶縁層としてアモルファス SiO₂ (a-SiO₂) 膜もしくは AlN を用いて、SOI 基板の上にマグネトロンスパッタリング法で作製した。図 2 に 2 つの試料の断面図の概略を示す。金属層、接着層および絶縁層の厚さは、それぞれ 300, 10 および 30 nm である。そして、試料の上に金の薄膜を蒸着して ω 法を用いて多層試料の面外方向の熱抵抗を測定した。[1]

【結果】図 3a に示すように、Al/Ti/SiO₂/SOI 試料は、Al/Ti/AlN/Ti/SOI 試料より低い熱抵抗を有することが分かった。AlN 薄膜は a-SiO₂ 膜より高い熱伝導率を有するため、Al/Ti/AlN/Ti/SOI 試料の高い熱抵抗は、AlN の高いデバイス温度により Ti/AlN 界面でのフォノン状態密度の大きなミスマッチが起因すると考えられる。また、SOI 基板の熱抵抗を ω 法で測定し、四端子法で測定した電気伝導率を用いてウィーデマン・フランツ法則により Al 薄膜の熱伝導率を算出した。Al/Ti/SiO₂ と Al/Ti/AlN/Ti 複合熱伝導層の熱伝導率はそれぞれ 8.5 と 5 W/mK 計算により求められた。図 3b に示すように、AlN 薄膜 (4.2 W/mK [2]) より高い熱伝導率を有する複合熱伝導層が得られた。

【謝辞】本研究は JST-CREST の支援により実施された。試料作製は、NIMS 微細加工プラットフォームの支援を受けて実施された。

【参考文献】 [1] Kato R, et. al, Jpn. J. Appl. Phys. 50, 106602 (2011). [2] T. Zhan, et. al, Sci. Technol. Adv. Mater. 19, 443-453 (2018).

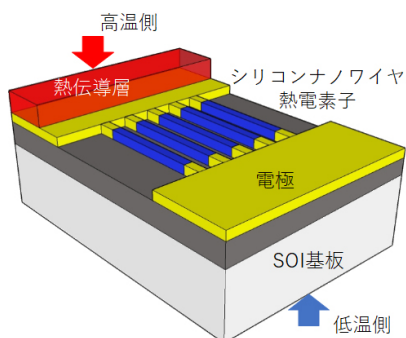


Fig. 1 Schematic of the designed planar Si nanowire thermoelectric generator.

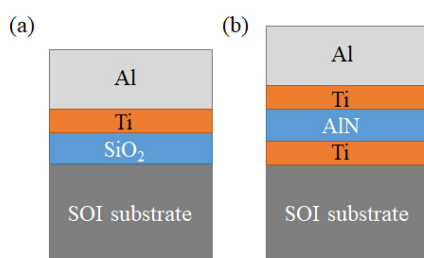


Fig. 2 Schematic of the cross-sectional view of the samples.

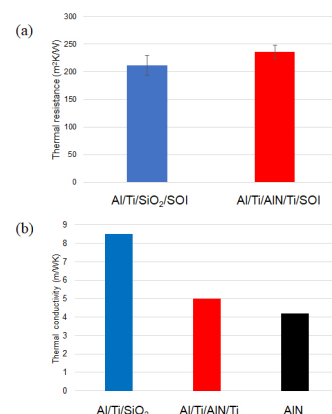


Fig. 3 Comparison of the (a) thermal resistances and (b) thermal conductivities.