

金属/絶縁体積層構造の接合層材料が熱抵抗に与える影響

Impact of bonding layer material on the thermal resistance of metal/insulator stack structure

早大理工¹, 物材研² ○(M2) 大和 亮¹, (P) 詹 天卓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 ○Ryo Yamato¹, Tianzhuo Zhan¹, Mao Xu¹, Hiroki Takezawa¹, Kohei Mesaki¹,
Motohiro Tomita¹, Yibin Xu², Takanobu Watanabe¹

E-mail: yamato_ryo@watanabe.nano.waseda.ac.jp

【はじめに】あらゆるモノがワイヤレスで繋がる IoT(Internet of Things)社会の実現に向け、微小なワイヤレス端末の自立動作を支える電源として熱電発電が注目されている。近年、シリコンをナノワイヤ化することで電気伝導率を維持したまま熱伝導率が劇的に低下することが明らかにされ[1]、CMOS プロセスで安価に製造可能なシリコンナノワイヤ(SiNW)微小熱電発電デバイス(Micro Thermoelectric Generator : μ -TEG)の研究開発が活発になっている[2, 3]。我々のグループでは、基板に対して垂直に流れる熱流から、基板面内方向にわずかに漏れ出る熱流を利用した、新しい μ -TEG の開発を進めている(Fig.1)[4]。基板に流す熱流は、基板表面に形成された熱電発電デバイスの上部に設けられた熱伝導層を介して供給される。この熱伝導層は電氣的に絶縁させる必要がある上、発電効率を向上させるため、界面部分も含めた熱伝導層全体の熱抵抗を押さえることが重要となる。本研究では、熱伝導率が比較的高い絶縁体である窒化アルミニウムを介して金属を堆積させた積層構造を熱伝導層に用いることとし、熱抵抗を抑えるため最適な接合層材料の検討を行った。

【実験方法】今回は金属材料として Al と Cu、接合層材料に Ti と Cr を選択し、Fig.2 に示すような Al/Ti/AlN/Ti、Cu/Ti/AlN/Ti、Al/Cr/AlN/Cr、Cu/Cr/AlN/Cr、の4種類の積層構造をマグネトロンスパッタリング法で SOI 基板上に形成した。金属層、接合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。これらの試料の膜厚方向の熱抵抗を ω 法を用いて測定した。

【結果】4 種類の試料の熱抵抗の測定結果を Fig.3 に示す。Al と Cu では後者の方が熱伝導率が高いにもかかわらず、Al を含む積層構造の方が Cu と比較して低い熱抵抗を示した。これは、Al と AlN のデバイ温度が近いこと、積層構造を形成した場合の界面の熱抵抗が抑制されたためと考えられる。また、同じ Al であっても、接合層に Ti を用いた場合は、Cr と比較してより低い熱抵抗が得られた。これは接合部の結合の強さや界面のラフネスなどの違いが原因で生じていると考えられる。これらの結果は、薄膜積層構造の熱抵抗は、熱伝導率の良い層の割合を大きくするよりも、積層構造を構成する材料の組み合わせ、接合材料の違いで決まることを示している。

【謝辞】本研究は JST-CREST の支援により実施された。また試料作製は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工プラットフォーム)を利用して実施した。

【参考文献】[1] A. Hochbaum et al., Nature, **451**, 163 (2008). [2] M. Totaro et al., Microelectronic Engineering, **97**, 157 (2012). [3] G. Pennelli, Beilstein J. Nanotechnol. **5**, 1268 (2014). [4] T. Watanabe, et al, Electron Devices Technology and Manufacturing conference 2017

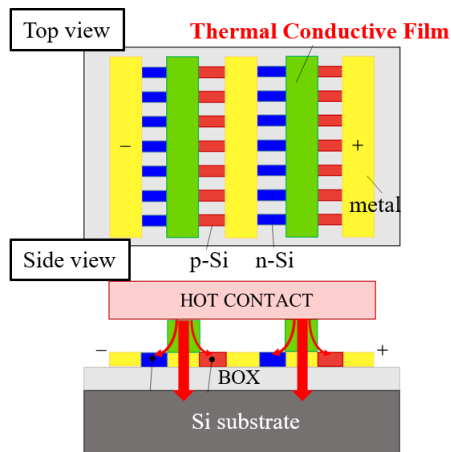


Fig.1 Schematic of the μ -TEG

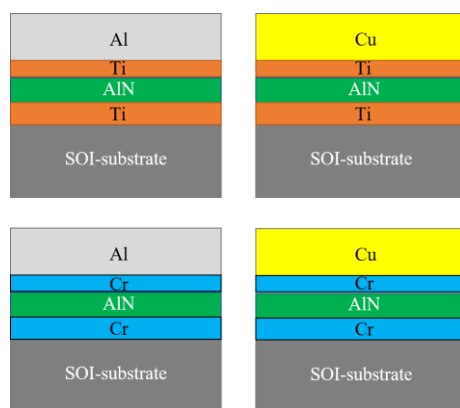


Fig.2 Schematics of the cross-sectional view of the four samples.

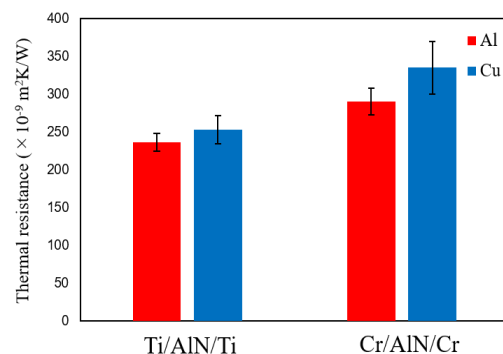


Fig.3 Out-of-plane thermal resistances of the four samples