

## バイオテンプレート極限加工技術を用いた Si/SiGe<sub>0.3</sub> ナノワイヤーの作製と熱伝導率の測定

Fabrication of Si/SiGe<sub>0.3</sub> nano wire using bio-template ultimate top-down processes  
and its thermal conductivity

<sup>1</sup> 東北大学院工, <sup>2</sup> 東北大流体研, <sup>3</sup> 東北大 AIMR, <sup>4</sup> セントラル硝子 (株), <sup>5</sup> 産業技術総合研究所  
° 菊池亜紀応<sup>1,4</sup>, 八尾章史<sup>3</sup>, 山本淳<sup>5</sup>, 小野崇人<sup>1</sup>, 寒川誠二<sup>2,3</sup>,  
<sup>1</sup>GSE, Tohoku Univ., <sup>2</sup>IFS, Tohoku Univ., <sup>3</sup>AIMR, Tohoku Univ., <sup>4</sup>Central Glass .Co .Ltd. , <sup>5</sup>AIST  
° A.Kikuchi<sup>1,4</sup>, A.Yao<sup>4</sup>, A.Yamamoto<sup>5</sup>, S. Samukawa<sup>2,3</sup> and T. Ono<sup>1</sup>

**E-mail : samukawa@ifs.tohoku.ac.jp**

### [緒言]

熱電変換材料のナノ構造化はバルク体と比較して、高い無次元性能指数を示すため大きな注目を浴びている。その中でも Si 材料のナノ構造化は、格子熱伝導率が大幅に低減し、さらに従来の熱電変換材料 (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>) と比較して材料の毒性も低いことから数多くの研究が行われており、半導体形成技術を用いた研究も盛んである[1]。これまで我々はナノ構造化による熱伝導率の低減を目的として、バイオテンプレート極限加工による直径 10nm で高密度な Si ナノワイヤー(SiNWs)を形成し、作製した SiNWs 間に SoG (Spin on glass)を埋込んだ Si ナノ構造複合膜 (SiNWs-SoG) の熱伝導率を評価してきた。その結果、上記複合膜の熱伝導率は 1.6 ± 0.3 W/mK とバルク Si の熱伝導率と比較して大幅に低減することを報告している[2]。

本研究では更なる熱伝導率の低減を目的として、Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs-SoG 複合膜を作製し、熱伝導率を評価したので以下に報告する。

### [実験]

Si/SiGe<sub>0.3</sub>(周期 : Si/SiGe<sub>0.3</sub>=2nm/2nm、層数 : 50nm)膜付き Si ウエハの表面を中性粒子ビーム酸素で 3nm 酸化後、エッチングマスクとして用いる PEG2K 修飾フェリチンを塗布した。その後、フェリチンの外殻タンパク質を酸素アニールで除去し、NF<sub>3</sub>/H ラジカルでエッチングマスクを形成した。その後、塩素中性粒子ビームでエッチングすることにより、目的とする Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs を作製した。

Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs に SoG を塗布することで、Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs-SoG 複合膜を作製した。Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs-SoG 複合膜の評価は 2 $\omega$ 法で行った。

### [結果]

作製した Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs, Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs-SoG 複合膜の断面 SEM 像を以下に示す(図 1)。その結果、Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs (直径 : 10nm、高さ : 100nm、面密度 : 1.5 × 10<sup>11</sup> /cm<sup>2</sup>) が形成できていることを確認し、更に Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs 間に SoG が埋込まれていることを確認した。次に Si/SiGe<sub>0.3</sub>NWs-SoG 複合膜の熱伝導率を測定したところ 0.6 W/mK であり、SiNWs-SoG 複合膜の熱伝導率と比較して半分以下まで低減していることを確認した。本結果は直径 10nm の SiNWs でもナノワイヤー内部の界面も熱伝導率の低減に寄与していると考えている。以上、本結果はナノワイヤー-SoG 複合膜中のナノワイヤー材料の超格子構造化により熱伝導率を大幅に低減できることを実証し、高い無次元性能指数を達成できる可能性を示していると考えられる。

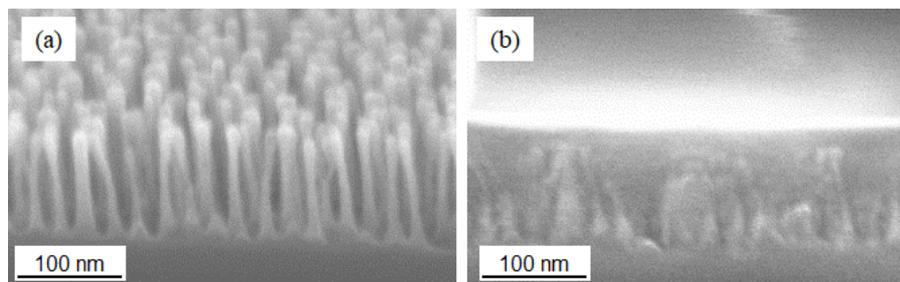


図 1 (a) Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs の SEM 像 (鳥瞰図)、(b) Si/SiGe<sub>0.3</sub> 積層 NWs-SoG 複合膜の SEM 像 (断面図)

[1] Benjamin. M. et al., *J.elec.matr.* 5(2012) 887, [2]A. Kikuchi et al., *Appl. Phys. Lett.*, 110, 091908 ((2017)