

課題番号 : F-16-NM-0009
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : シリコンナノワイヤ型熱電発電デバイスにおける短チャンネル効果
 Program Title (English) : Short Channel Effect of Silicon Nanowire Thermoelectric Generator
 利用者名(日本語) : 大場 俊輔
 Username (English) : S. Oba
 所属名(日本語) : 早稲田大学大学院先進理工学研究科ナノ理工学専攻
 Affiliation (English) : Graduate school of advanced science and engineering faculty, Waseda University

1. 概要(Summary)

シリコンナノワイヤ(Si-NW)チャンネルを持つデバイス ($L_{NW}=8\sim 90\mu\text{m}$) を作製し、熱電発電デバイスにおける短チャンネル効果についての調査を行った。熱電発電特性評価の結果、チャンネル長が最も短い $L_{NW}=8\mu\text{m}$ のとき電力密度の最大値が得られた。この発電量の増大は Si-NW の電気抵抗の減少だけでは説明できない。また、デバイス内の温度分布から、チャンネル長減少に伴い、Si-NW 両端の温度差が減少していることが判明した。以上の結果から、短チャンネル化に伴い、実効的なゼーベック係数が増大していると考えられる。今回の結果は、熱電発電デバイスの小型化が、電力密度増大に有効であることを示している。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

・125kV 電子ビーム描画装置

【実験方法】

まず SOI(100)基板上に電子線リソグラフィを用いて <110>方向の Si-NW およびパッドのパターニングを行い(NIMS 微細加工 PF)、(以下、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構)ドライエッチングにより SOI 層へ転写を行った。続いて 850°C のドライ雰囲気中で 3 時間の熱酸化を行い 22nm 膜厚の SiO_2 膜を形成した。次に P イオンを注入($1.0\times 10^{15}\text{cm}^{-2}$ 、加速電圧 25keV)し、 950°C 、 10min の活性化アニールを施した。その後ウェットエッチングによりパッド部の SiO_2 膜を除去し、Ni および TiN を 20nm ずつスパッタリング堆積させ、シリサイド化アニール(410°C 20min)を施すことでパッド部のシリサイド化を行った。最後に反応性イオンスパッタリングとウェットエッチングにより、片側のパッド部に熱伝導膜として AlN を厚さ 550nm で堆積した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

熱伝導膜 AlN 膜に 45°C に昇温した熱源を接触させ、NiSi パッドにマイクロプローブを当てた状態で負荷電圧を印可しながら熱起電流の測定を行った。低温熱源は基板全体とし、室温下で測定した。測定の結果、短絡電流および最大発電量はチャンネル長の縮小に伴い増大する傾向がみられた(Fig.1)。チャンネル長減少に伴う発電量増大は、電気抵抗の減少のみでは説明できないことから、実効的なゼーベック係数の増大が要因であると考えられる。測定時の温度分布から、チャンネル長の減少に伴い、Si-NW 両端の温度勾配が増大していることが判明し(Fig.2)、これがゼーベック係数増大に関係していると考えられる。

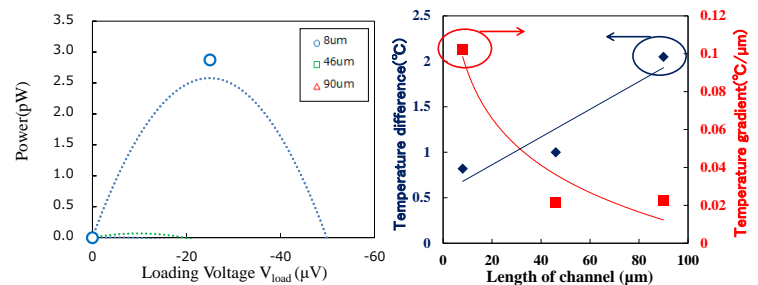


Fig.1 P-V curves of fabricated devices. Fig.2 Channel length dependency of temperature difference and gradient.

4. その他・特記事項(Others)

本研究は JST-CREST の支援により実施された。またデバイス作製の一部は、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の支援を受けて実施された。

共同研究者:産業技術総合研究所 松川貴

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) S.Oba, 第 22 回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 平成 29 年 1 月 21 日(発表日)

6. 関連特許(Patent)

特になし