

課題番号 : F-18-WS-0036
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : Si ナノワイヤ構造熱電素子の開発
 Program Title (English) : Development of Si-nanowire structure thermoelectric device
 利用者名(日本語) : 野口生那¹⁾
 Username (English) : S. Noguchi¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 早稲田大学基幹理工学部電子物理システム学科
 Affiliation (English) : 1) Faculty of Fundamental science and Engineering, Waseda University
 キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、リソグラフィ・露光・描画装置、Si ナノワイヤ、熱電素子

1. 概要(Summary)

バルクでの高い熱伝導率が知られているシリコンであるが、ナノワイヤ型に加工することで熱伝導率が下がることが報告されている。我々はシリコンナノワイヤ(Si-NW)を用いたプレーナ型の熱電変換素子の実用に向けた開発を行っている。熱電変換では NW 両端に大きな温度差を維持することが重要となる。そこでNWの一方に優先的に熱を誘導するため、片方の電極に熱誘導層をスパッタすることで効果的に温度差をつけようと試みた。しかし、この熱誘導層の熱抵抗が大きい場合、逆に温度差の形成を阻害する。そこで、熱抵抗の小さな熱誘導層の開発を目的とし、NTRC の設備を利用してデバイスを作製した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

ICP-RIE 装置、UV 露光装置、FE-SEM、熱酸化炉

【実験方法】

SOI ウェハ(SOI/BOX = 55nm/145nm, 745 μ m \cdot Si sub)上に 400 本の Si-NW をパターンニング(NIMS 微細加工 PF)した。Si-NW 両端は Si-Pad に接続され、NW は ICP-RIE 装置を用いて Si-pad と Si-NW を形成した。次に 850 $^{\circ}$ C、3時間の熱酸化によって 22nm の酸化膜を形成した(以上、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構)。P イオンを加速電圧 25keV、ドーズ量 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で注入(早稲田大学理工学部マイクロテクノロジーラボ)、活性化アニールを行った。その後、酸化膜をウェットエッチングによって一部除去した後、スパッタリングにより Ni を 20nm 堆積(産業技術総合研究所)させたその後 410 $^{\circ}$ C で 20 分間アニールを行うことで Ni シリサイド電極を形成した。電極を形成した後、膜厚 550nm の AlN 熱伝導層をスパッタリング法(Sputtered AlN)と反応性スパッタリング法(Reactive-Sputtered AlN)の2つの方法で成膜した(以上、産業技術総合研究所)。その上からヒーターを搭載し

た AlN 製プレートを接触させて熱起電力を測定した(早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構)

3. 結果と考察(Results and Discussion)

実際に製作したデバイスでの熱起電流 I_{TE} と負荷電圧 V_{load} の関係を Fig.1 に示す。NW 長さ 8 μ m の Sputtered AlN を用いた μ TEG の短絡電流は $I_{SC}=20.7 \text{ nA}$ 、最大熱電発電力は $P_{max}=17.0 \text{ fW}$ であった。

Reactive-Sputtered AlN を用いた μ TEG の短絡電流は $I_{SC}=46.4 \text{ nA}$ 、最大熱電発電力は $P_{max}=88.6 \text{ fW}$ であり、Sputtered AlN 膜よりも優れた発電性能を示した。反応性スパッタリングでは AlN 熱伝導層における N 欠損が抑制されたことが AlN 層の熱伝導率を高め、 μ TEG の発電性能の著しい向上につながったと考えられる。

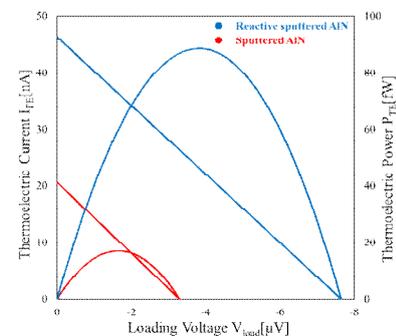


Fig.1 Thermoelectric characteristics

4. その他・特記事項(Others)

競争的資金: JST-CREST (JPMJCR15Q7)

他の機関の利用: NIMS 微細加工 PF

共同研究者: 産業技術総合研究所 松川 貴様

関連論文

(1) K.Mesaki et al, 応用物理学会第 65 回春季学術講演大会, 平成 30 年 3 月 18 日

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation) なし。

6. 関連特許(Patent) なし。