

課題番号 : F-19-NM-0006
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ナノワイヤ型シリコン熱電発電素子の開発に関する研究
 Program Title(English) : Development of the silicon nanowire micro thermoelectric generator
 利用者名(日本語) : 平尾修平
 Username(English) : S. Hirao
 所属名(日本語) : 早稲田大学大学院基幹理工学研究科
 Affiliation(English) : Waseda Univ. Fundamental Science and Engineering
 キーワード/Keyword : N&MEMS、リソグラフィ・露光・描画装置、スパッタ、熱電発電

1. 概要(Summary)

当研究室では、基板に垂直な熱流から基板水平方向に流れ出る熱流を利用したキャビティを用いないプレーナ型の微小熱電発電デバイス(μ -TEG)の開発を進めており、Si ナノワイヤ(Si-NW)を短くし電気抵抗を抑えることで熱電発電性能が向上することを示した^[1]。一方、Si-NW 幅が熱電発電性能に与える影響は未評価であった。そこで、本研究では Si-NW 幅を変化させつつ内部抵抗をそろえた Si-NW μ -TEG を実際に作製し、熱電発電性能を比較した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 125kV 電子ビーム描画装置、高速マスクレス露光装置、多元スパッタ装置

【実験方法】

作製した μ -TEG の概略図を Fig. 1 に示す。Si-NW 発電部と電極パッドで構成されており、Si-NW 長は 100 μm 、Si-NW 幅は 0.1~2.0 μm の範囲で変化させた。Si-NW およびパッドは SOI 基板を EB リソグラフィ(NIMS 微細加工 PF)とドライエッチング(早稲田 NTRC)で形成し、20 nm の熱酸化膜(早稲田 NTRC)で全体を被覆した。ここに P⁺イオンを注入し($1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$, 25 keV)、活性化アニールを行った。続いて Si パッド上の酸化膜を剥離し、Al/TiN/Ti (400 nm/30 nm/10 nm) をスパッタリング(NIMS 微細加工 PF)で堆積させて電極を形成した。Si-NW の電気抵抗がすべてのワイヤ幅の条件において等しくなるようにワイヤの本数を変化させ、Si-NW の総断面積を等しくした(Table. 1)。熱電性能評価の際、昇温した微小熱源を高温熱源として試料表面に接触させ、ペルチェ冷却で温度を精密に制御したステージの上に試料を載せて温度差を印加した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 2 に開放電圧の測定値を示す。開放電圧は NW

幅を μm オーダーまで広げても開放電圧に著しい劣化が観測されなかった。これは、Si-NW 幅が狭くなることによる熱伝導率の低下による影響よりも、基板の面内方向の熱伝導率などの周囲の構造によって Si-NW 間の温度差が決まっていることが要因である。

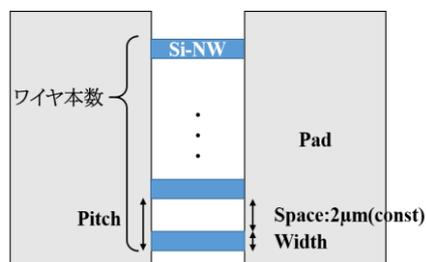


Fig. 1 Schematic of the μ -TEG

Table. 1 Parameter of the μ -TEG

NW幅[μm]	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
NW本数[本]	200	100	40	20	10

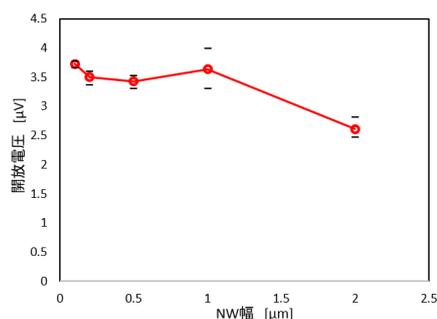


Fig. 2 The open circuit voltage

4. その他・特記事項(Others)

参考文献:[1]M. Tomita et al., IEEE TED 65, 5180 (2018).

競争的資金 : JST-CREST (JPMJCR15Q7, JPMJCR19Q5)

他の機関の利用: 早稲田大学微細加工プラットフォーム

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 平尾 修平他, 第 80 回秋季応用物理学会 (2019).

6. 関連特許(Patent) なし