

課題番号 : F-18-NM-0024  
 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を用いた熱電素子の開発  
 Program Title(English) : Development of Silicon nanowire Thermoelectric Generator  
 利用者名(日本語) : 武澤宏樹  
 Username(English) : H. Takezawa  
 所属名(日本語) : 早稲田大学先進理工学研究科  
 Affiliation(English) : Faculty of science and Engineering, Univ. of Waseda  
 キーワード/Keyword : エネルギー関連技術、リソグラフィ・露光・描画装置、エナジー・ハーベスティング、熱電発電デバイス、シリコンナノワイヤ

### 1. 概要(Summary)

長さ(レグ長)が異なるサブミクロンオーダー(0.25~1  $\mu\text{m}$ )のシリコンナノワイヤ(Si-NW)を形成し、熱電発電デバイスにおける短レグ効果についての調査を行った。熱電測定の結果、サブミクロンオーダーでもシリコンナノワイヤの長さが短いほど発電量が増加する短レグ効果が確認された。

また、デバイス内の温度分布から、レグ長現象に伴い、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、短レグ化に伴いゼーベック係数が増大していると考えられる。

### 2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 高速マスクレス露光装置、プラズマアッシャー、全自動スパッタ装置

#### 【実験方法】

p型Si(100)のSOI基板(SOI膜厚=88 nm, BOX=145 nm)をArF液浸リソグラフィとドライエッチングを用いてSi-padとSi-NWを形成した。次に熱酸化によって6~7 nmの酸化膜を形成後、P+を加速電圧 15 keV、ドーズ  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で注入し、活性化アニール(1000  $^{\circ}\text{C}$ , 10 秒)を行った(産業技術総合研究所)。その後、リソグラフィとスパッタリングによりTi 10 nm, TiN 30 nm, Al 400 nmの順に成膜し(NIMS 微細加工 PF)、リフトオフを行うことで電極を形成した(早稲田大学ナノライフ創新研究機構)。最後にフォーミングガスアニール(400  $^{\circ}\text{C}$ , 30 分)を行った。作製した $\mu\text{TEG}$ に、高温熱源として298 Kに昇温したAlNセラミック製のマイクロサーモスタッドを接近させ、低温熱源として基板ステージをチラーを用いて293 Kに冷やした。負荷電圧0 Vの時の熱起電流を測定し、負荷電圧 $V_{\text{load}}$ を印加することで開放電圧を見積もった。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 にレグ長と熱起電流及び発電密度の関係を示す。熱起電流と発電密度は  $L_{\text{NW}}$  が短くなるほど増加し、 $L_{\text{NW}}=300 \text{ nm}$  での発電密度は約  $0.36 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  となり、NWの下部をエッチングしサスペンド構造を有する熱電デバイスに匹敵する発電密度を記録した。COMSOL Multiphysics®を用いたレグ長とSi-NW間の温度差の関係をFig. 2に示す。Si-NW間の温度差は短レグ化するほど減少したにもかかわらず発電量は増加したことから、Si-NWのゼーベック係数は実効的に増大していることを意味する。今回の結果は、熱電発電の高出力化のためには微細化が有利であることを示唆する。

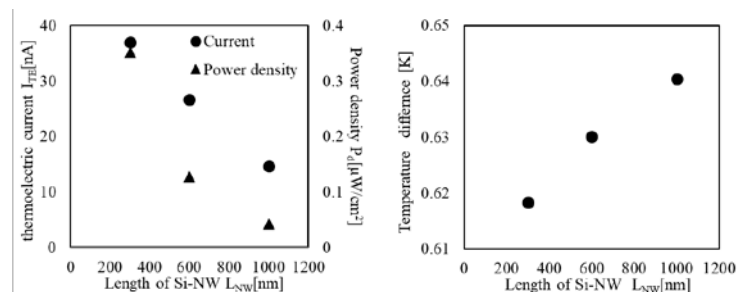


Fig. 1 Thermoelectric characteristic.

Fig. 2 Temperature difference across Si-NW.

### 4. その他・特記事項(Others)

共同研究者:産業技術総合研究所 松川 貴様、松木 武雄様

競争的資金:戦略的創造研究推進事業

(CREST) :B2R40M008901

他の機関の利用:早稲田大学ナノライフ・創新研究機構

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

(1) H. Takezawa et al, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 2018年3月18日(発表日)

### 6. 関連特許(Patent)

特になし