

課題番号 : F-17-NM-0005  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : p型シリコンナノワイヤを用いた熱電発電デバイスのチャンネル長依存性  
 Program Title (English) : Enhancement of Thermoelectric Performance of p-type Short Silicon Nanowires  
 利用者名(日本語) : 姫田悠矢  
 Username (English) : Y. Himeda  
 所属名(日本語) : 早稲田大学大学院基幹理工学研究科電子物理システム学専攻  
 Affiliation (English) : Graduate school of Fundamental science and engineering faculty, Waseda University  
 キーワード/Keyword : Si-NW、熱電発電、CMOS プロセス、リソグラフィ・露光・描画装置

### 1. 概要(Summary)

p型シリコンナノワイヤ(Si-NW)を用いた熱電発電デバイス(L = 8~90 μm)を作製し、熱電特性の短チャンネル効果についての調査を行った。n型の同デバイスではすでに短チャンネル化することにより発電量が增大することが分かっている。熱電発電特性評価の結果、チャンネル長が最も短い L = 8 μm のとき発電量の最大値が得られた。この発電量の増大は Si-NW を短くしたことによる電気抵抗の減少を考慮した発電量よりも大きくなった。また、デバイス内の温度分布を測定し、チャンネル長の減少に伴い、Si-NW 両端の温度差は減少した。以上の結果から、短チャンネル化により、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、n型と同様に熱電発電デバイスの小型化することにより、発電量が增大することを示している。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

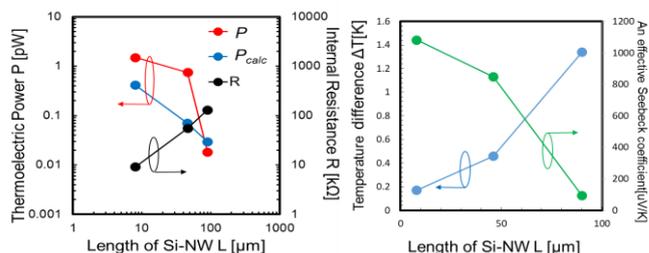
・125kV 電子ビーム描画装置

#### 【実験方法】

NIMS 微細加工 PF において p 型 Si(100)の SOI 基板(SOI 層厚 = 50 nm、BOX 層 = 145 nm)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、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構にてドライエッチングにより400本の<110>Si-NWを作製した。Si-NWの両端は共通のSiパッドに接続されている。次に、850°Cで3時間の熱酸化で22nmの酸化膜を形成した。続いて、Bイオンを $5.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 、加速電圧25 keVで注入し、950°Cで10分間の活性化アニールを行った。パッド部の酸化膜をウェットエッチングで除去した後、スパッタリングによりNiを20nm堆積させ、410°Cで20分間アニールを行い、Niシリサイドを形成した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

熱電特性評価は、片側のNiシリサイドパッドに熱源を接近させて温度勾配を付与し、負荷電圧  $V_{load}$  をデバイスに印加して流れる電流を計測した。NW長が短い L = 8 μm で最大の発電量が得られた。チャンネル長の減少に伴う内部抵抗の増大を考慮した発電量  $P_{calc}$  よりも測定された発電量  $P$  は大きくなった(Fig.1)。またチャンネル長が短いほどSi-NW部の温度差は小さく、実効的なゼーベック係数  $\alpha$  は大きくなった(Fig.2)。これは加熱部付近に局所的に形成された温度勾配が影響していると推測される。



(Left) Fig.1  $P$ ,  $P_{calc}$ , and  $R$ - $L$  characteristics of the p-type devices.

(Right) Fig.2  $\Delta T$ ,  $\alpha$ - $L$  characteristics of the p-type devices.

### 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) Y.Himeda, 第 64 回応用物理学会, 平成 29 年 3 月 16 日(発表日)
- (2) Y.Himeda, International Conference on Solid State device and material, 平成 29 年 9 月 22 日(発表日)

### 6. 関連特許 (Patent)

特になし