

Si ワイヤサーモパイル構造の熱電発電特性評価

Characterization of thermoelectric power generation in Si-wire thermopile structure

静大電研¹, 静大創造院²○ 池田 浩也^{1,2}, ホティマトウル ファウジア², 成田 侑樹¹マラヤ大工³鈴木 悠平², ファイズ サレ³

Shizuoka Univ., Univ. of Malaya*

○ H. Ikeda, K. Fauziah, Y. Narita, Y. Suzuki, F. Salleh*

E-mail: ikeda.hiroya@shizuoka.ac.jp

【背景】サーモパイル型赤外線センサやプレーナ型熱電発電デバイスの高性能化のために、ナノワイヤ構造の導入が検討されている。サーモパイルのナノワイヤをより高集積化して作製するために、我々は SOI 基板に n 型 Si ワイヤ列を形成した後、集束イオンビーム (FIB) にて 1 本おきに Ga イオンを打ち込んで p 型化するプロセスを提案している。この場合、形成される p 型ワイヤはドナーとアクセプタが共存する共ドーピング状態になるため、単一ドーピングのサーモパイルとは異なる熱電特性を示すことが予想される。

現在我々は、上記のようなサーモパイル構造の作製プロセス並びに熱電特性を測定するための装置を構築している。本研究では、構築した装置の測定精度を確認するために、単一ドーピングの Si ワイヤサーモパイル構造を試作して、熱起電力および出力電力測定を行った。

【実験】図 1 に、構築した測定装置の概略図を示す。温度可変の真空チャックを持つプローバに試料を固定し、その一端にセラミックヒーターを設置して温度差を印加できるようにした。温度測定には赤外画像カメラを用い、非接触にて温度差を確認した。これらのシステムは、シールドボックス内に設置された。熱起電力測定時はナノボルトメータを用い、出力電力測定にはソースメータおよび直流電源、抵抗器を用いた。

本研究で試作した Si サーモパイル構造の光学顕微鏡写真を、図 2 に示す。ワイヤの長さ、幅および厚さは、それぞれ 1mm, 10 μ m および 40nm である。1 本おきに P と B を、それぞれ $2.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ および $3.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、熱拡散にてドーピングすることにより、サーモパイルを作製した。

【実験結果】図 3 は、1 本の n 型および p 型ワイヤと、1 対の π 型ワイヤ対に対して測定された、温度差と熱起電力の関係である。これらのグラフの傾きから得られたゼーベック係数は、P ドーピングしたワイヤで $S_n = -0.22 \text{ mV/K}$ 、B ドーピングしたワイヤでは $S_p = 1.45 \text{ mV/K}$ であり、その極性から、n 型と p 型のワイヤが交互に形成されていること

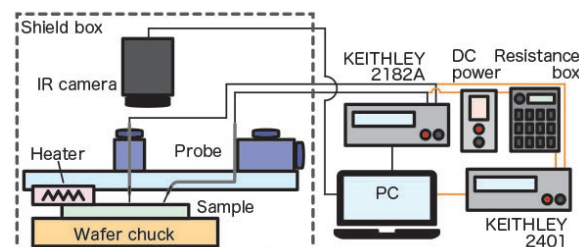


Fig. 1 Thermoelectric characterization system.

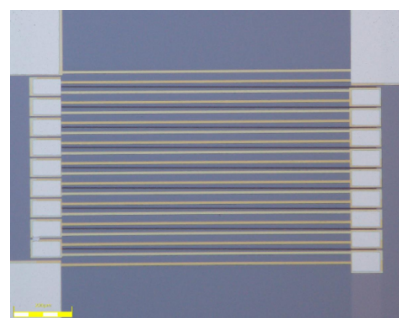


Fig. 2 Optical image of fabricated Si-wire thermopile.

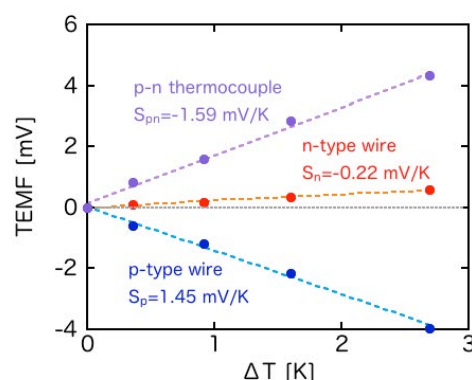


Fig. 3 Thermoelectromotive force of single wires and one thermocouple.

が確認できた。また、p 型 n 型 1 対の π 型構造のゼーベック係数は $|S_{pn}| = 1.59 \text{ mV/K}$ であった。 $|S_{pn}| \approx |S_p| + |S_n|$ が成り立っており、サーモパイル構造の形成が確認できた。

本研究は、JST-CREST (JPMJCR15Q7) の助成により遂行された。