

課題番号 : F-13-IT-0042
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名 (日本語) : 金属細線の形成 ($t_{ox} = 30 \text{ nm}$)
 Program Title (English) : To form thin metallic wire ($t_{ox} = 30 \text{ nm}$)
 利用者名 (日本語) : 内田 建¹⁾, 熊田 亜理沙²⁾
 Username (English) : K. Uchida¹⁾, A. Kumada²⁾
 所属名 (日本語) : 1), 2) 慶應義塾大学 理工学部 電子工学科
 Affiliation (English) : 1), 2) Keio University, Department of Electrical and Electronics Engineering

1. 概要 (Summary)

Bulk Si の熱伝導率にドーパント不純物が及ぼす影響について調べた。近年、熱電変換材料としてナノ構造 Si が注目されている。また、最先端トランジスタの自己加熱が問題となっている。熱電変換の効率を向上させるため、また、発熱を逃がすために、Si 中の熱の流れを理解することが必要となっている。しかしながら、B や P 以外の不純物がドーピングされた Si の熱伝導についてほとんど調べられていないのが現状である。そこで、ドーパント種が異なる高不純物濃度 Si の熱伝導率を導出した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

ナノテクノロジー・プラットフォームの下記装置を利用し、デバイスのパターン形成を行った。

・電子ビーム露光装置・電子銃蒸着器

【実験方法】

基板の酸化膜形成後、ナノテクノロジー・プラットフォームにおいて金属電極配線を形成した。金属細線に交流電流を流し、3次高調波電圧の振幅を測定することで基板の熱伝導率を導出。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

ドーパント種の違う、三種類の n 型基板 (P, As, Sb) の熱伝導率の比較をした。ドーピング濃度は全て 10^{19} cm^{-3} 台である。熱伝導率の大きさは、 $P > As > Sb$ の順となった。また、基板の温度を室温 (300 K) から 330 K まで変化させたところ、P (Fig.1 紫), As (緑)

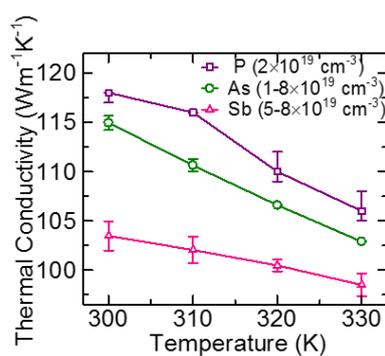


Fig.1 Thermal conductivity of bulk Si (P, As, Sb doped).

ドーパントの熱伝導率は約 10%減少するのに対し、Sb (ピンク) ドープで約 5%減少と変化が少なく、温度依存性が弱いことが分かった。

熱はフォノン (格子振動を量子化したもの) によって運ばれており、基板内でのフォノンの伝導を考慮することで、熱伝導率を求めることができる。Si 内のフォノンの伝導を妨げるものとして、フォノン同士の散乱、不純物との散乱が挙げられる。また、温度が上がるとフォノンの数が増えるため、フォノン同士の散乱が増える。その結果、高温ではフォノン - 不純物散乱が与える影響の、温度依存性は弱くなる。そのため、ドーピング濃度がより高い Si の熱伝導率が小さくなり、温度依存性が弱くなると考えられる。さらに、不純物との散乱の影響は、Si との原子半径の差や、質量の差から評価することができる。よって、P に比べ原子量が約 2.5 倍の As, 約 4 倍の Sb は不純物との散乱の影響がより大きくなり、熱伝導率が低下したと考えられる。

4. その他・特記事項 (Others)

Si の熱伝導率についてより詳細に理解するためには、サイズ依存性を詳細に調べる必要がある。今後も、ナノテクノロジープラットフォームを活用し、研究を加速させる。

参考文献: David G. Cahill, "Thermal conductivity measurement from 30 to 750K - the 3 ω method," *Rev. Instrum.*, vol. 61, no. 2, pp. 802-808, 1990.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。