

利用課題番号 : F-13-NM-0098  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名 (日本語) : シリコン酸化膜形成  
Program Title (English) : Oxidation of Silicon  
利用者名 (日本語) : 内田 建, 熊田 亜理沙  
Username (English) : K. Uchida, A. Kumada  
所属名 (日本語) : 慶應義塾大学 理工学部電子工学科  
Affiliation (English) : Keio University

## 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、トランジスタ近傍の発熱効率と高めるために、Si 中の熱の流れを理解することが必要である。しかし、B や P 以外の不純物がドーパされた Si の熱伝導についてほとんど調べられていない。そこで、本課題では、ドーパント種が異なる高不純物濃度 Si の熱伝導率を実験的に求めた。

## 2. 実験 (Experimental) :

### 【利用した主な装置】

・シリコン酸化・熱処理炉 (光洋サーモシステム)

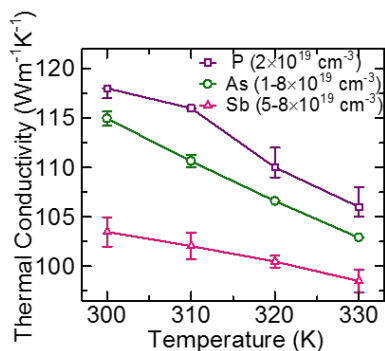
### 【実験方法】

NIMS 微細加工プラットフォームにおいてシリコン基板を上記熱処理炉により酸化した。酸化膜形成後、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熱伝導率を導出した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

ドーパント種の異なる、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  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  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, As ドープの熱伝導



率は約 10%減少するのに対し、Sb 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、NIMS 微細加工 PF 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  $3\omega$  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