

課題番号 : F-13-IT-0043  
 利用形態 : 共同研究  
 利用課題名 (日本語) : 金属細線の形成 ( $t_{\text{ox}} = 10/20 \text{ nm}$ )  
 Program Title (English) : To form thin metallic wire ( $t_{\text{ox}} = 10/20 \text{ nm}$ )  
 利用者名 (日本語) : 内田 建<sup>1)</sup>, 熊田 亜理沙<sup>2)</sup>  
 Username (English) : K. Uchida<sup>1)</sup>, A. Kumada<sup>2)</sup>  
 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

### 1. 概要 (Summary)

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 や SiO<sub>2</sub> 中の熱の流れを詳細に理解することが必要となっている。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、薄膜中ではフォノンが物質の界面で散乱するため、薄膜にすると熱伝導率も小さくなると考えられる。しかしながら、薄膜の熱伝導のサイズ依存性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、本研究では SiO<sub>2</sub> 薄膜熱伝導率のサイズ依存性を導出した。

### 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、異なる酸化膜厚付基板の3次高調波電圧を測定・比較することで SiO<sub>2</sub> 薄膜の熱伝導率を導出。

### 3. 結果と考察

#### ( Results and Discussion)

10 nm と 20 nm の酸化膜がついた基板上に測定用の金属細線を作製し、3 $\omega$  法で各周波数における温度振動

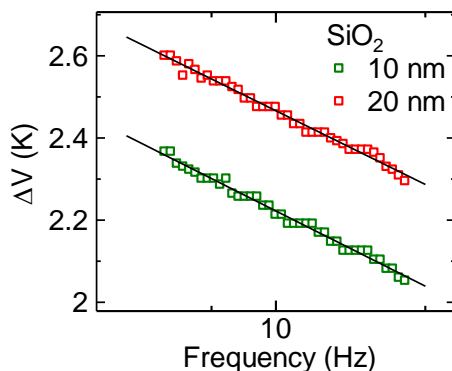


Fig.1 Temperature oscillations of the metal line on thin SiO<sub>2</sub>.

を測定した。グラフの傾きから、基板の熱伝導率を求めることができ、10 nm と 20 nm の温度振動のずれから、10 nm の酸化膜の熱伝導率を導出することができる。

物質中のフォノンの伝導を考えることで、熱伝導率を考えることができる。酸化膜中のフォノン伝導を妨げるものとして、物質界面でのフォノンの散乱が挙げられる。

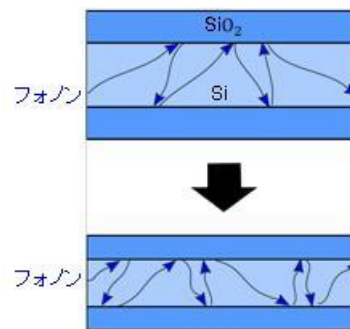


Fig.2 Phonon-boundary scattering.

本実験で求めた 10 nm 酸化膜の熱伝導率は 0.972 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> である。石英ガラスの熱伝導率の文献値は 1.38 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> であり、ナノスケール化により、フォノン伝導に影響が出ていると考えられる。

### 4. その他・特記事項 (Others)

薄膜 SiO<sub>2</sub>・Si の熱伝導率についてより詳細に理解するためには、様々な SiO<sub>2</sub>・Si 膜厚の基板の測定を進める必要がある。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 $\omega$  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。