

## 空中に浮いた金属細線抵抗を用いた熱伝導率及び比熱の測定

Thermal Conductivity and Specific Heat Measurements Utilizing Suspended Metal Wire Resistor

静岡大院総合科技<sup>1</sup>、静岡大電子研<sup>2</sup> ○(M1)秋葉 孔<sup>1</sup>、佐藤 弘明<sup>1,2</sup>、猪川 洋<sup>1,2\*</sup>

GSIST<sup>1</sup>, RIE<sup>2</sup>, Shizuoka Univ. ○(M1)Ko Akiba<sup>1</sup>, Hiroaki Satoh<sup>1,2</sup>, Hiroshi Inokawa<sup>1,2\*</sup>

\*E-mail: inokawa.hiroshi@shizuoka.ac.jp

**【緒言】** ボロメータや熱電発電素子などの熱を利用したデバイスの動作解析においては、熱伝導率や比熱などの熱的なパラメータを知ることは極めて重要である。本報告では、空中に浮いた金属細線抵抗の直流抵抗・電流特性と交流電流に対して生じる電圧の周波数特性から、これらのパラメータを測定する方法を提案し、Si に適用した例を紹介する。

**【測定原理】** 熱伝導率は、電流が流れた際に発生するジュール熱によって起こるワイヤ抵抗値の増加と電流の二乗との比例関係を利用して、直流抵抗・電流特性から求める[1]。一方、交流電流が流れた際のワイヤ温度は、周波数の増加に伴って電流変化に追従できなくなり、温度振幅が減衰する。簡単な考察により、温度振幅のカットオフ周波数  $f_c$  は、熱伝導率に比例し、ワイヤ長  $L$  の二乗と体積あたりの比熱に反比例することが分かる。電熱シミュレーション[2]によれば、比例係数は 0.79 (無次元) である。温度振幅はワイヤ抵抗の両端に発生する電圧の第 3 次高調波から測定でき、周波数特性から  $f_c$  が求まる。

**【実験】** 測定した試料の構造を図(a)~(c)に示す。Pt/Ti 金属層(厚さ 106/20 nm)と SOI(silicon-on-insulator)層(厚さ 317 nm)及び SiO<sub>2</sub> 層(厚さ 411 nm)が積層されワイヤ状に加工されており、熱絶縁を確保するために Cavity によって空中に浮いている。熱的なパラメータの測定対象は SOI 層であり、金属ワイヤはヒータと温度計の役割を兼ねている。SOI 層のみのパラメータを抽出するために、SOI 層を含まない試料もレファレンスとして用意した。Pt ワイヤの幅  $W=2\mu\text{m}, 3\mu\text{m}, 4\mu\text{m}$ 、長さ  $L=200\mu\text{m}$  の試料を作製した。

**【結果と考察】**  $f_c$  測定結果の一例を図(d)に示す。直流抵抗測定から得られた熱伝導度と、周波数特性から得られた熱容量の  $W$  依存性を図 (e)に示す。○は SOI を含む試料、△は SOI を含まない試料の結果を示しており、赤い実線が単位長さのワイヤに対する熱容量、青い破線が同じく熱伝導度を表している。これらの結果から算出される SOI 層の熱伝導率は 79 W/(Km)であり、厚さが薄くなることによるサイズ効果[1]と意図せず生じた表面の荒れを考慮すると妥当な結果と思われる。また、単位体積あたりの比熱を求めると  $1.4 \times 10^6 \text{ J}/(\text{Km}^3)$  が得られる。これはバルクの値  $1.6 \times 10^6 \text{ J}/(\text{Km}^3)$  [3]に比べると僅かに小さいが、サイズ効果等によるものかどうかは更なる検討が必要である。

参考文献:[1]W. Liu and M. Asheghi, J. Appl. Phys., vol. 98, p. 123523. 2005. [2] A. Tiwari, et al., Asian J. Chem., vol. 25, p. S358, 2013. [3] 東京天文台(編)、理科年表、丸善、2015.

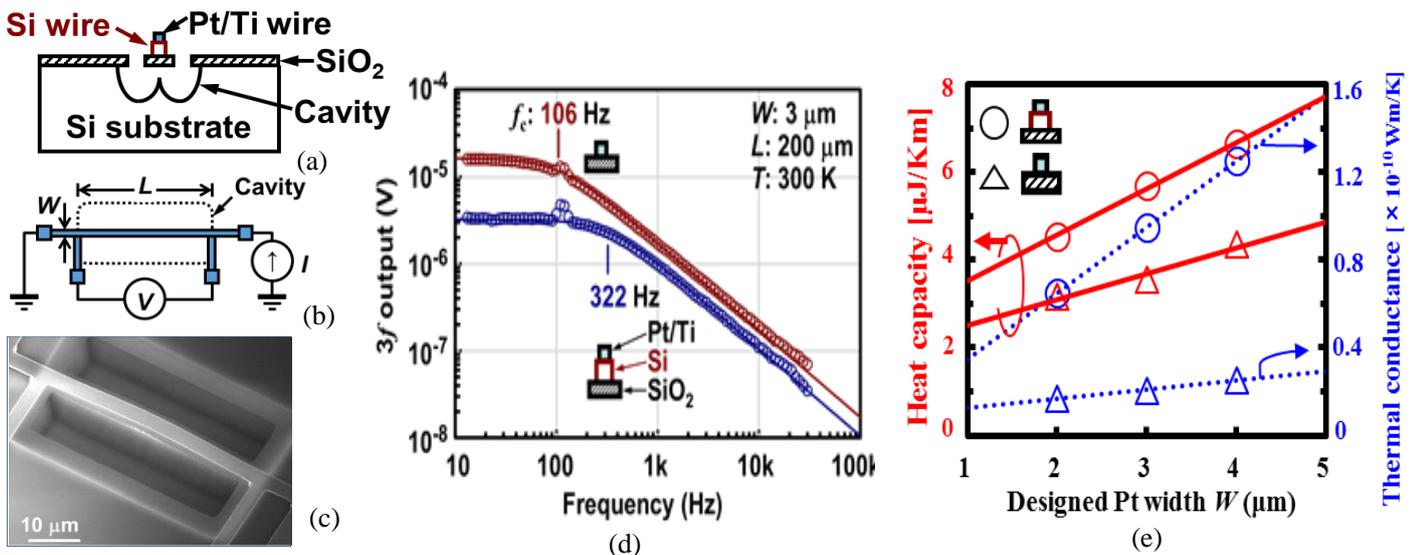


Figure (a) Sample cross-section, (b) top view, (c) SEM image, (d) frequency response of the 3rd harmonic output, and (e) heat capacity and thermal conductance with respect to the designed Pt width.