

3の法を用いたワイヤー状試料の熱伝導率測定から考える誤差要因の定量評価

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

近年、小型電子デバイスの発展が進むにつれ、マイクロエレクトロニクス、パワーエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクスなどの分野において放熱や熱利用のための熱マネジメントの重要性が高まっており、様々な材料形態の熱マネジメントデバイスが研究されているが、そのひとつに直径がマイクロメートルスケールの糸状材料がある。高熱伝導なマイクロワイヤーは、配線に用いられるボンディングワイヤーやフレキシブル基板に使用可能な伝熱ワイヤーへの応用が考えられる。一方、低熱伝導なマイクロワイヤーは断熱繊維や繊維状熱電素子への応用が期待される。しかし、ワイヤー状試料の熱伝導率測定を正確に行うには未だ困難があり、様々な測定法が研究されている。

ワイヤー状試料の熱伝導率を正確に測定するために重要な事項の一つは、測定における誤差要因を低減することである。熱伝導率測定において、粘性流領域での対流熱損失のようなワイヤー表面から周囲の気体への熱損失は最も重要な誤差要因の一つとされており、この影響を防ぐため基本的に熱伝導率測定はある程度の減圧下で行われる。しかし、遷移流領域や遷移流領域と分子流領域の境界付近では気体分子への熱伝達による熱損失が発生する可能性があるが、この熱損失が測定に与える影響は十分に定量化されていない。

また、電気的測定から熱伝導率を測定する方法の多くは試料のセッティング導電性接着剤を用いることがほとんどであるが、導電性接着剤は電圧測定位置の不確かさや電圧測定位置における試料温度と熱浴温度とのずれを引き起こす可能性があるにもかかわらずそれによる誤差要因を調べた報告は無く、誤差の定量も行われていない。

そこで本研究では、ワイヤー試料の熱伝導率を測定する方法の中で簡単な実験構成で直径がマイクロメートルスケールの様々なワイヤーの熱伝導率を直接測定できる3の法を用い、直径30 μm のAuワイヤーの熱伝導率の周辺気体の圧力依存性からガスによる熱損失の影響を定量的に評価した。また、Auワイヤーを固定する際に用いる導電性接着剤の量に対する熱伝導率の変化を調べることで、導電性接着剤が測定に与える影響を評価した。

■ 活動内容

1. Auワイヤーの熱伝導率の周辺気体の圧力依存性

化学的に安定な材料であることから測定試料にAuワイヤーを採用し、圧力 1.0×10^{-3} Pa程度の高真空から常圧までのいくつかの圧力で3の法による熱伝導率測定を行い、

熱伝導率測定値の圧力依存性をピラニ真空計のモデルを応用して解析することを試みた。

2. 導電率を指標とした適正な試料長さの検討

多量の導電性接着剤による電圧測定位置の不確かさにより、適正な試料長さが曖昧になる可能性が考えられるため、3種類の長さの定義を用いて導電率を計算することで適正な試料長さを見積もった。

3. 導電性接着剤が熱伝導率測定に与える影響の評価

まず可能な限り微小な導電性接着剤で試料を固定し、3の法による熱伝導率測定を行うごとに導電性接着剤を試料に沿って塗り足すことで試料長さに占める導電性接着剤長さの割合と熱伝導率測定値の関係を測定し、導電性接着剤が測定に与える影響を評価することを試みた。

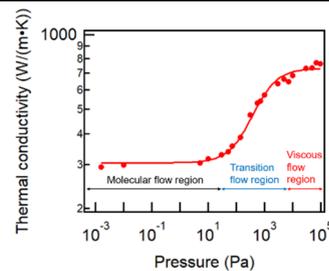


図1. 熱伝導率測定値の圧力依存性

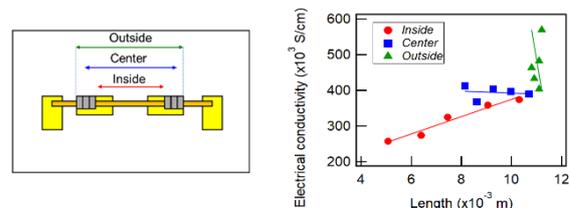


図2. 試料長さの定義と導電率の長さ依存性

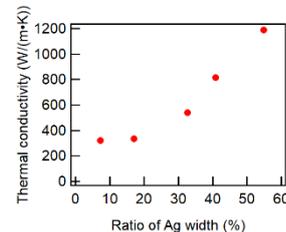


図3. 熱伝導率測定値の導電性接着剤長さ依存性

代表発表者 **関本 祐紀(せきもと ゆうき)**
 所属 **産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門
 熱物性標準研究グループ 博士研究員**
 問合せ先 **〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3
 TEL: 050-3522-3886
 Email: y-sekimoto@aist.go.jp**

■キーワード: (1) 熱伝導率測定
 (2) ワイヤー状材料
 (3) 3の法

■共同研究者: 中村 雅一⁽¹⁾ (ナカムラ マサカズ)
 辨天 宏明⁽¹⁾ (ベンテン ヒロアキ)
 小島 広孝^(1,2) (コジマ ヒロタカ)

所属 ⁽¹⁾ 奈良先端科学技術大学院大学
 先端科学技術研究科
⁽²⁾ 舞鶴工業高等専門学校