

## 四端子 $3\omega$ 法を用いた擬一次元物質の熱伝導率測定 Thermal conductivity measurement of quasi-one-dimensional materials using four-probe $3\omega$ method

北陸先端大, 亀井勇人, <sup>○</sup>西野俊佑, 小矢野幹夫

JAIST, Hayato Kamei, Shunsuke Nishino, and Mikio Koyano

E-mail: s1230015@jaist.ac.jp

近年, ナノ熱電材料のひとつとして, 擬一次元的な構造を持つ物質が注目されている. このような物質は一般に試料サイズが非常に小さいため, 熱伝導率の測定が難しい. 本研究では, 擬一次元物質として, 遷移金属トリカルコゲナイドのひとつである  $\text{NbSe}_3$  に注目し, この熱伝導率測定を行った.  $\text{NbSe}_3$  は Nb-Se の三角柱が b 軸方向に伸びた結晶構造を持ち, この向きに一次元的な金属伝導を示すことが知られている. 過去に我々のグループで行った二端子  $3\omega$  法測定では,  $\text{NbSe}_3$  の室温での熱伝導率は  $6\sim 23 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  となりばらつきが大きかった[1]. そこで今回は, 接触抵抗を排除できる四端子法を用いた熱伝導率測定を試みた.

Fig. 1 に試料配置を示す. プリント基板の四つの金属端子上に  $\text{NbSe}_3$  を乗せ, 金ペーストで固定した. ヒートロスを抑えるために基板から試料を浮かせ, 真空中で測定を行った. ペルチェ素子を用いて基板温度を制御し,  $3\omega$  電圧を測定した. 試料の断面積は原子間力顕微鏡で測定した.

測定試料に角周波数  $\omega$  の交流電流を印加すると, 試料に角周波数  $2\omega$  のジュール熱が発生し, 試料の温度が上昇する. 温度上昇による試料の抵抗変化と入力電流の重ね合わせにより測定電圧に  $3\omega$  成分が生じる. 試料が非常に薄く長い場合, 低周波極限の  $3\omega$  電圧  $V_{3\omega}$  を用いて, 軸方向の熱伝導率  $\kappa$  は以下の式で求めることができる [2].

$$\kappa \cong \frac{\sqrt{2} I_0^3 R R' L}{\pi^4 V_{3\omega} S} \quad \left( R' \equiv \frac{dR}{dT} \right)$$

ここで, 試料の長さ  $L$ , 断面積  $S$ , 抵抗値  $R$ , 入力電流の振幅  $I_0$  である.

入力電流に対する  $V_{3\omega}$  の測定結果を Fig. 2 に示す.  $70 \mu\text{A}$  以上の値は直線的に増加している. フィッティングより得られた指数は 3.0 を示す. これは上の  $V_{3\omega}$  の理論式を満たす結果となった. この結果に加え, 試料の抵抗値と抵抗の温度係数  $R'$ , 試料長さおよび断面積,  $V_{3\omega}$  の周波数依存性を用いて  $\text{NbSe}_3$  の熱伝導率を算出した結果, 四つの試料に対して  $\kappa=1.6\sim 2.3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  となった. 四端子法により接触抵抗を排除することでばらつきの少ない測定を行うことができた.

[1] 亀井, 西野, 小矢野, 第十回日本熱電学会学術講演会 (PS-3).

[2] J. W. Brill *et al.*, Solid State Commun. **39**, 236 (1981).

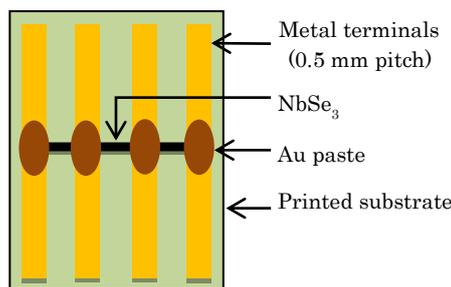


Fig. 1 Sample setup

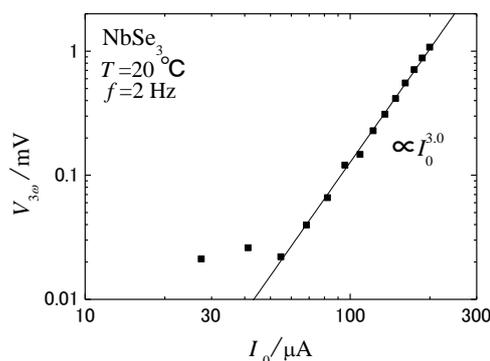


Fig. 2  $I_0$ - $V_{3\omega}$  characteristics of  $\text{NbSe}_3$