

熱伝導度に異常な温度依存性を示す材料を利用した 熱流ダイオードの開発

Development of thermal diode using materials characterized
by unusual temperature dependence of thermal conductivity

○竹内 恒博^{1,2,3}

(1. 豊田工大, 2. JST-さがけ, 3. 名大 GREMO)

○Tsunehiro Takeuchi^{1,2,3}

(1. Toyota Tech. Inst., 2. JST-PRESTO, 3. GREMO, Nagoya Univ., 4. AIST)

E-mail: t_takeuchi@toyota-ti.ac.jp

昇温に伴い熱伝導度が増大する材料と、逆に、減少する材料を組み合わせることで固体熱整流材料を創製することが出来る。[1,2]構成要素として使われる材料において熱伝導度の温度依存性が顕著であることが、固体熱整流材料の性能向上に必要である。固体材料において熱は、主に、格子と電子によって伝えられるが、一般的に、電子熱伝導度も格子熱伝導度も高温では顕著な温度依存性を示さない。このことから、排熱が存在する温度領域において高い性能を示す固体熱整流材料の開発は、容易ではないことがわかる。

我々のグループでは、フェルミエネルギー近傍の数 $k_B T$ 程度の狭いエネルギー幅における微細な電子構造に起因した異常電子熱伝導度、非調和振動が顕著な材料での格子熱伝導度、規則-不規則相変態および金属-絶縁体相変態に伴う電子熱伝導度と格子熱伝導度の変化を利用することで、室温異常で動作し、かつ、顕著な熱整流効果を呈する材料の開発を行っている。

例えば、Al 基準結晶では、フェルミエネルギーに 100~200 meV 程度のエネルギー幅の狭くて深い状態密度の窪み（擬ギャップ）が存在する。さらに、準結晶特有の準周期性の効果により電子とフォノンのコヒーレンスが失われている。この条件下において、格子熱伝導度はガラス並に小さくなり、微細な電子構造に起因する異常電子熱伝導度が顕著に観測できるようになる。[3] この効果を最大限にするように材料か異質を行うことで、1000 K における熱伝導度が 300 K の値の 11 倍にも達する材料の開発に成功した。また、熱伝導度が減少する材料として、デバイ温度が高い絶縁体である Si や Al_2O_3 、高温で比調和振動が顕著になる CuGaTe_2 、および、規則-不規則相変態により熱伝導度が急激に変化する Ag_2Te を組み合わせることで、熱整流比が 2 倍を超える固体熱整流材料の創製に成功している。[4]

講演では、Al 基準結晶で観測される異常電子熱伝導度も含め、一般的な材料では観測されない異常な熱伝導度の挙動とその機構を紹介する。さらに、講演者らが近年開発した熱整流材料について報告する予定である。

[1] M. Peyrard, *Europhys. Lett.* **76** 49 (2006).

[2] B. Hu, D. He, L. Yang, Y. Zhang, *Phys. Rev. E* **74**, 060201 (2006).

[3] T. Takeuchi, *Z. Krist.* **224**, 35 (2009).

[4] T. Takeuchi, *Sci. Technol. Adv. Mater.* **15**, 064801 (2014).