

ラマン分光法による界面熱抵抗の直接測定

Direct measurement of interface thermal resistance by Raman spectroscopy

JAIST¹, Nguyen Hue University², ○浅井 渉¹, Pham Xuan Thi^{1,2}, 竹内 真里美¹,

末岡 伸一¹, 宮田 全展¹, 小矢野 幹夫¹

JAIST¹, Nguyen Hue University², Wataru Asai¹, Pham Xuan Thi^{1,2}, Mayumi Takeuchi¹,

Shinichi Sueoka¹, Masanobu Miyata¹, Mikio Koyano¹

E-mail: s1710003@jaist.ac.jp

熱電変換技術は熱エネルギーと電気エネルギーを相互変換することができる技術であり、廃熱を回収する省エネルギー技術として注目されている。熱電材料の無次元性能指数 ZT を向上させる方法として、既存材料に不純物や界面を導入し、熱伝導率 κ を低下させる試みが広く行われている。このような観点から、物質界面における熱輸送の過程に関する情報を得ることの重要性が高まっている。界面における熱輸送をシミュレーションによって理論的に明らかにすることは行われているが、熱輸送を実験的に観測する試みはあまり行われていない。そのため本研究では、非接触かつ局所的な測定が可能なラマン分光法を用いて、異種材料界面における熱抵抗を直接測定し、界面の熱輸送現象について明らかにすることを目的とする。

Figure 1 に実験の概略図を示す。sample2 の上に非常に薄い sample1 を密着させ、界面を形成する。これにレーザー光を照射し、sample1 を局所的に加熱する。発生した熱は界面から sample2 を通り緩和していく。ラマン散乱におけるストークスとアンチストークスの強度比は

$$\frac{I_{as}}{I_s} = \left(\frac{\nu_0 + \nu_R}{\nu_0 - \nu_R} \right)^4 \exp \left(\frac{-ch\nu_R}{k_B T} \right)$$

で表されるため、ストークス散乱光の積分強度 I_s とアンチストークス散乱光の積分強度 I_{as} の比からそれぞれの sample 温度 T が測定できる。ここで ν_0 は入射光の波数、 ν_R はラマンシフト、 c は光速、 h はプランク定数、 k_B はボルツマン定数である。

今回はモデル物質として sample1 を MoS_2 、sample2 を Si とした。 MoS_2 は E_g (383 cm^{-1}) と A_{1g} (408 cm^{-1}) の二つのピークを持ち、Si は 520 cm^{-1} に一つのピークを持つ (Fig. 2 挿入図)。Figure 2 にレーザーパワーに対する MoS_2 と Si 基板の温度変化を示す。レーザーパワーを上げていくと、Si はほぼ 300 K で温度上昇が少ないのに対して、 MoS_2

の温度は 200 mW のときおよそ $700 \pm 100 \text{ K}$ まで上昇した。投入パワーに対する温度上昇の傾きが MoS_2 と Si で異なる原因として、界面での熱抵抗の存在やレーザー光の減衰などが考えられる。

当日は、厚さの異なる MoS_2 の結果と合わせて、 MoS_2 -Si 界面における熱輸送について議論する。

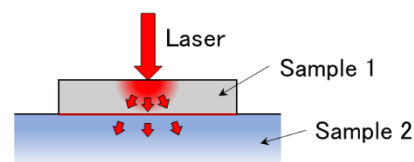


Fig. 1 Schematic picture of experiment

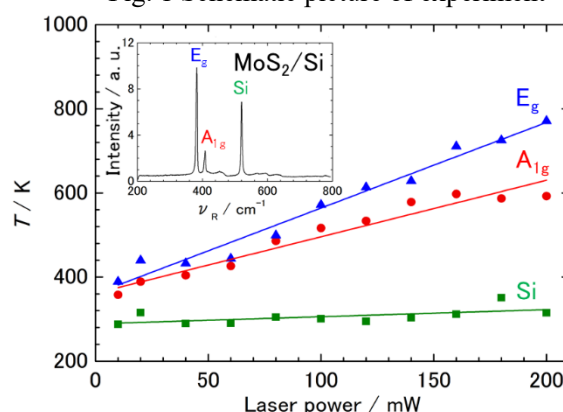


Fig. 2 Laser power dependence of temperature of ultrathin MoS_2 and Si substrate