

## 不均一な歪みがグラフェン面内の熱伝導率に与える影響

### Effect of non-uniformly distributed strain on in-plane thermal conductivity of graphene

○今北 悠貴、井上 太一、竹井 邦晴、秋田 成司、有江 隆之 (大阪府立大工)

○Y. Imakita, T. Inoue, K. Takei, S. Akita, T. Arie (Osaka Pref. Univ.)

E-mail: imakita-4@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに グラフェンは優れた熱特性を有することから、熱マネジメント材料への応用が期待されている。グラフェンの主な熱キャリアはフォノンであるため、グラフェン内の局所的な歪みが熱伝導特性を大きく変化させると予測される。本研究ではグラフェン内に歪みを印加しながら、ラマン分光を用いてグラフェンの熱伝導率を測定し、その評価を行った。

**実験** Si/SiO<sub>2</sub> (100)基板の SiO<sub>2</sub> と Si をそれぞれ RIE、KOH 溶液を用いてエッチングし、基板に直径約 5.6μm、深さ~5μm の V 字型の穴を作製した。その後、より正確に熱伝導率を測定するために、基板表面上に Cr/Au を 35nm 蒸着させた。化学気相成長法により合成したグラフェンを、穴を開けた基板の上に PMMA を用いて大気中で転写した。最後にグラフェン上の PMMA をアセトンで除去し、架橋構造のグラフェンを作製した。Fig.1 に示すように、作製した基板の穴内部は大気圧であるので、穴外部を大気圧以下の気圧にすることでグラフェン膜を境に気圧差が生じ、グラフェンに歪みが印加される。穴外部の気圧により印加する歪みを制御し、各歪みにおける熱伝導率をラマン分光法により測定した。また架橋グラフェン膜の歪み分布を測定した。

**結果と検討** Fig.2 はグラフェンに印加された歪みと熱伝導率の関係である。穴外部の気圧を制御することで歪みを制御し、歪みを増加させるほど熱伝導率は減少した。また本研究では、熱伝導率測定時の大気へ拡散する熱量は、グラフェンが吸収する熱量の 0.18~0.28% と算出でき、大気への熱の逃げは小さく無視できると仮定して熱伝導率を見積もっている。Fig.3 は穴外部の気圧が 3.7kPa の状態でのグラフェンの 2D バンドのマッピング図であり、白点線は架橋グラフェン膜を示している。引張歪みが印加されるとグラフェンの 2D バンドはより低波数側へシフトする<sup>[1]</sup>が、膜の中心に近づくにつれて歪みが大きくなっていることから、面内に不均一な歪みが印加されていることが分かる。熱伝導率を定める要素の一つである比熱は、300K 以上の温度領域では均一な引張歪みを印加すると歪み印加前と比べ高くなることが予測されている<sup>[2]</sup>。本研究では Fig.3 のように歪みが不均一に印加されることで、熱伝導率が大幅に低下したと考えられる。

**謝辞** 本研究は科学研究費補助金により行われた。

**参考文献** [1] Mark A. Bissett *et al.*, *Chem. Chem. Phys.*, **16**, 11124 (2014).

[2] Kento Tada *et al.*, *Japanese Journal of Applied Physics*, **56(2)**, 025102 (2017).

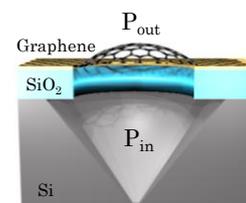


Fig.1 The structure of suspended graphene induced strain. ( $P_{out} < P_{in}$ )

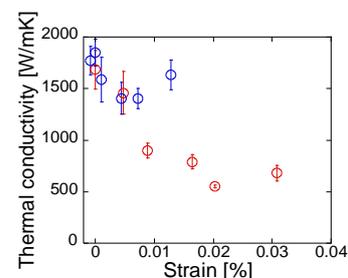


Fig.2 Thermal conductivity of suspended graphene under various strain.

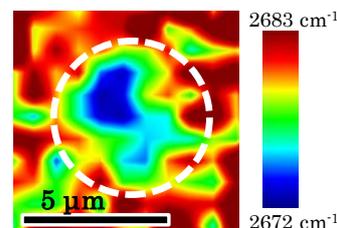


Fig.3 2D Raman band mapping of suspended graphene.