# ファンデルワールスヘテロ構造内で空間的に隔てられたグラフェン間の熱輸送

#### Heat transfer between separated two graphenes

## in van der Waals heterostructure

# 東大生研<sup>1</sup>,物材機構<sup>2</sup>, CREST-JST<sup>3</sup> O木下 圭<sup>1</sup>, 守谷 頼<sup>1</sup>,

## 增渕 覚<sup>1</sup>, 渡邊 賢司<sup>2</sup>, 谷口 尚<sup>2</sup>, 町田 友樹<sup>1,3</sup>

## IIS Univ. Tokyo<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup>, CREST-JST<sup>3</sup> <sup>°</sup>Kei Kinoshita<sup>1</sup>, Rai Moriya<sup>1</sup>,

#### Satoru Masubuchi<sup>1</sup>, Kenji Watanabe<sup>2</sup>, Takashi Taniguchi<sup>2</sup>, and Tomoki Machida<sup>1,3</sup>

#### E-mail: kkino@iis.u-tokyo.ac.jp

グラフェン(Gr)と *h*-BN のファンデルワールスヘテロ構造内において、電気的には絶縁された 2 枚の Gr 間で行われる熱輸送の定量的な評価を行った。

①面直方向に配置された Gr 間の熱輸送 面直熱輸送の模式図を図(a)に示す。h-BN/Gr/h-BN/Gr/h-BN 積層構造を作製し、一方の Gr を熱の発生源、もう一方を熱検出器として用いた[図(b)(c)]。 Top Gr と Bottom Gr は 41 nm の h-BN で隔てられている。Top Gr に電流を印加しジュール熱を 発生させ、Bottom Gr に誘起される熱起電力  $V_{induced}$ を測定することにより電子温度  $T_e$ の上昇を 検出した。Top Gr への印加電力  $P_{fopGr} = 4 \times 10^7$  W の時の  $V_{induced}$  は、Gr のゼーベック係数を反 映した形状が得られた[図(d)]。低温 (~6 K) における、 $P_{fopGr} \ge T_e$  (Bottom)および  $T_e$  (Top)の関 係を図(e)に示す。どちらの  $T_e$ も同様の立ち上がりを見せ、2 つの Gr 間に顕著な熱輸送があるこ とが分かった。さらに、2 層 Gr を熱緩衝膜として導入した h-BN/Top Gr/h-BN/2 層 Gr/h-BN/ Bottom Gr/h-BN 積層構造でも同様の測定を行ったが、熱輸送の抑制は僅かであることが分かり、 Gr 間でフォノンを介さない輻射による熱輸送が起きていることが示唆された。

②面内方向に配置された Gr 間の熱輸送 面内熱輸送の模式図を図(f)に示す。同一 h-BN 上に 2 つの Gr を 3  $\mu$ m 離して並べ、①と同様に一方の Gr を熱の発生源、もう一方を熱検出器として用 いた[図(g)(h)]。片方の Gr に電力 5×10<sup>-7</sup> W を印加すると、2 つの Gr 間の距離は①の実験と比較 し 2 桁大きいにも関わらず同等の熱起電力が得られた[図(i)]。これらの比較により 2 つの Gr 間の 熱輸送は強い異方性を持つことがわかる。



(a·e) Gr 間の面直熱輸送の検出。(a)面直熱輸送の模式図 (b)デバイス構造 (c)デバイス写真 (d)熱起電力シグナル (e) Top Gr への 印加パワー $P_{\text{TopGr}}$ に対する Top Gr と Bottom Gr の電子温度  $T_{e}$ 

(f-i) Gr 間の面内熱輸送の検出。(f)面内熱輸送の模式図 (g)デバイス構造 (h)デバイス写真 (i)熱起電力シグナル