グラフェン/h-BN/グラフェン構造における面直方向熱輸送の評価

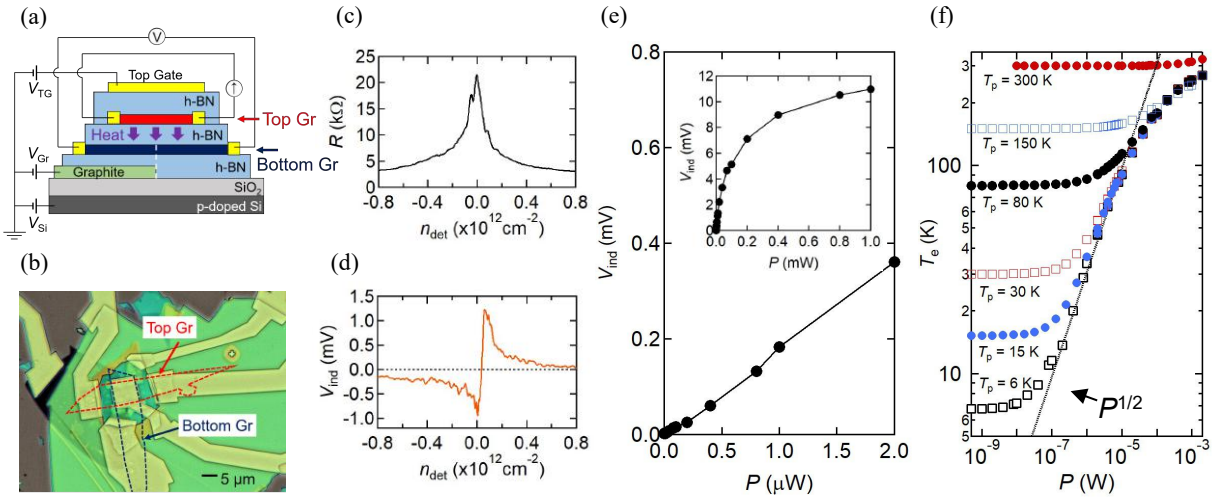
Evaluation of out-of-plane heat transport in graphene/h-BN/graphene heterostructure

東大生研[1]，物材機構[2]，CREST-JST[3]　○木下 圭[1]，守谷 頼[1]，
増渕 覚[1]，渡邊 賢司[2]，谷口 尚[2]，町田 友樹[1,3]

IIS Univ. Tokyo[1], NIMS[2], CREST-JST[3]　°Kei Kinoshita[1], Rai Moriya[1],
Satoru Masubuchi[1], Kenji Watanabe[2], Takashi Taniguchi[2], and Tomoki Machida[1,3]

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

六方晶窒化ホウ素(h-BN)は、グラフェン(Gr)を用いた van der Waals ヘテロ構造において良質な絶縁膜として幅広く活用されているが、一方でその熱伝導は無視できない。そこで本研究では h-BN/Gr/h-BN/Gr/h-BN 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、ヘテロ構造における面直方向の熱輸送について調べた。測定したデバイス構造の模式図と写真を図(a)(b)にそれぞれ示す。Top Gr に電流を印加しジュール熱を発生させ、同時に Bottom Gr のゼーベック起電力 V_{ind} を測定することによりその電子温度 T_e の上昇を検出した。Top Gr（熱源 Gr）と Bottom Gr（検出器 Gr）は 41 nm の h-BN で隔たれている。2 K での検出器 Gr の二端子抵抗のキャリア密度依存性を図(c)に示す。測定中、グラファイトゲート電圧は一定に保ちながら p-doped Si ゲート電圧だけを掃引し、検出器 Gr のキャリア密度 n_{det} を変化させた。続いて、一定電力 $P = 6$ μW を印加し、検出器 Gr に誘起される起電力の n_{det} 依存性を測定した[図(d)]。シグナルは Gr のゼーベック係数のキャリア密度依存性を反映した形状となり、熱由来のシグナルであると確認した。測定温度 6 K における P と V_{ind} の関係を図(e)に示す。低い注入電力において V_{ind} は P に対し線形に増加しており、検出器 Gr の電子温度を反映していると考えられる。一方、高い注入電力において V_{ind} は非線形な変化を示し（挿入図）、熱輸送メカニズムの変化が示唆される。Gr のゼーベック係数の値を用いて検出器 Gr の電子温度 T_e を見積もり、様々な測定温度（= 格子温度 T_p ）にて T_e と P の関係をプロットしたグラフが図(f)である。$T_p = 100$ K に満たない低温においては電極への熱拡散に支配されおよそ T_e は $P^{1/2}$ に従う。高温側では格子系による冷却の寄与が増し、T_e は $P^{1/2}$ に従わなくなる。これらの結果は、Gr/h-BN/Gr 構造において 2 枚の Gr 間に顕著な熱交換があることを示している。



© 2018年 応用物理学会