二層グラフェン/hBN 超格子における単キャリア輸送特性

Single-carrier transport properties in bilayer graphene/hBN superlattices

物材機構 [1]，群馬大 [2]，○岩﨑 拓哉 [1]，中払 周 [1]，若山 裕 [1]，
渡邊 賢司 [1]，谷口 尚 [1]，守田 佳史 [2]，森山 悟士 [1]
NIMS [1], Gunma Univ.[2], ◦Takuya Iwasaki[1], Shu Nakaharai[1], Yutaka Wakayama[1],
Kenji Watanabe[1], Takashi Taniguchi[1], Yoshifumi Morita[2], and Satoshi Moriyama[1]
E-mail: IWASAKI.Takuya@nims.go.jp

グラフェンを六方晶窒化ホウ素(hBN)に結晶方位角度を揃えて積層させたモアレ超格子は、フラクタル量子ホール効果[1]、バレーホール効果[2]や超伝導状態[3]等を示すことから、基礎物性研究および低消費電力素子への応用等が期待され注目を集めている。これまで、この超格子では様々な量子輸送特性が研究されている一方、単電子輸送特性はほとんど調べられていない。超格子における単一電子輸送を調べることができれば、単一電子/多体効果の理解およびスピン/バレー自由度を利用した量子情報処理研究の発展につながることが期待される。本研究では、二層グラフェン/hBN 超格子二重量子ドット素子を作製し、その単キャリア輸送特性を測定した結果を報告する。

素子作製に関しては、hBN/二層グラフェン/hBN/グラファイト積層構造をバブルフリー転写法により作製し[4]、二重量子ドット素子に微細加工した(Fig. 1a)。また、同じ積層構造にホールバーを作製し、同条件で輸送特性を測定した。

温度 40 mK において、電荷中性点付近および正孔側サテライト点付近にて二重量子ドットにおけるクーロンブロッケード特性を観測した(Fig. 1b,c)。これらはトップゲートにより単一/二重ドットと結合を切り替えることが可能である。また垂直磁場依存性では、ホールバー・量子ドット両素子において'ホフスタッターの蝶'スペクトルを観測した(Fig. 1d)。さらに電荷中性点付近において、クーロン振動抑制領域を観測した。この領域の境界線はランダウ準位充填率 $\nu = \pm 1$ の傾きに沿っており、境界線付近ではクーロンピークが磁場の増加とともに束ねられていく様子が見られた。これらの結果は、クーロンブロッケードと量子ホール状態のクロスオーバーおよび磁場中における量子ドットの固有状態を示唆するものと考えられる。

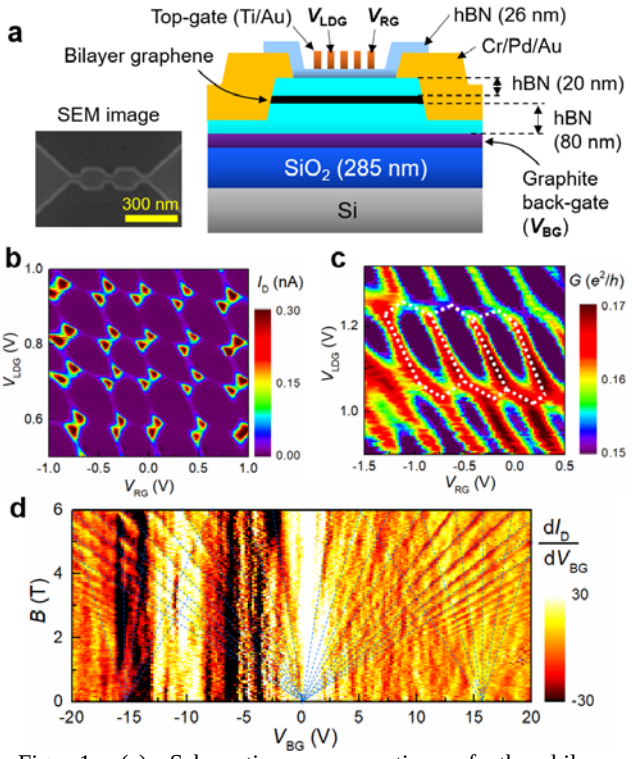

Fig. 1. (a) Schematic cross section of the bilayer graphene/hBN superlattice-based quantum dot device. Left: SEM image of the identical device before fabrication of top-gates. (b,c) Charge stability diagrams of the quantum dot device near the charge neutrality point (b) and the hole-side satellite point (c). (d) Hofstadter's butterfly spectrum in the quantum dot device.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 19K15385 の助成を受けて行われました。

[1] C. R. Dean et al., Nature 497, 598 (2013). [2] K. Komatsu et al., Sci. Adv. 4, eaaq0194 (2018); K. Endo et al., Appl. Phys. Lett. 114, 243105 (2019). [3] G. Chen et al., Nature 572, 215 (2019); S. Moriyama et al., arXiv:1901.09356. [4] T. Iwasaki et al., ACS Appl. Mater. Interfaces (in press).

© 2020年 応用物理学会