

hBN/グラフェンモアレ超格子の量子輸送

Quantum transport in hexagonal boron nitride/graphene moiré superlattices

物材機構¹ ○岩崎 拓哉¹

NIMS¹, °Takuya Iwasaki¹

E-mail: iwasaki.takuya@nims.go.jp

蜂の巣構造を持つグラフェンと六方晶窒化ホウ素 (hBN) の結晶角度を揃えて積層すると、格子定数のわずかな差に起因する干渉模様：モアレパターンが現れる。モアレ長周期ポテンシャルの影響により、グラフェンの反転対称性が破れ、エネルギーバンド構造が大きく変調され、フラクタル量子ホール効果[1]やバレーホール効果[2]等、様々な量子輸送現象が現れる。これは、'hBNを用いたグラフェンのエネルギーバンドエンジニアリング'とも言える。このように、グラフェンの発見から10年以上が経った現在、hBNとの組み合わせにより「モアレ超格子」として新しい展開が見られており、それに関する我々の最近の進展を、量子輸送を中心に発表する。

まず、高品質二次元物質積層構造を作製するために開発した独自の転写法について発表する[3]。突起を有するスタンプを用いて斜めから二次元物質を貼り合わせることで、界面の気泡形成を抑制し、歩留まり良く高品質デバイスを作製することが可能である。

hBN/AB 積層二層グラフェン (BLG) モアレ超格子デバイスにおける、反転対称性の破れ・ベリ曲率に起因するバレー流誘起・検出について議論する[4]。非局所測定により、オーミック寄与のみでは説明できない巨大な非局所抵抗値を観測しており、スケーリング解析等により、これはバレーホール効果・逆バレーホール効果の結果であることが示唆されている。非モアレ超格子のBLGと比較して、我々のデバイスでは超格子ポテンシャルによりBLGの反転対称性が破れているため、バレー流励起に垂直電場の独立制御を必要としない。

hBN/BLG モアレ超格子を基礎とした二重量子ドットデバイスにおける単一キャリア輸送について発表する[5]。このデバイスにおいて、典型的な二重量子ドット系における電荷安定ダイアグラムの観測に成功している。また、クーロンブロッケード特性と量子ホール効果の切り替わりを示唆する特性を観測している。

デュアルゲート型 hBN/BLG モアレ超格子デバイスの輸送特性について発表する[6]。デュアルゲート構造により、垂直電場とキャリア密度を独立に制御し、バンドギャップ制御を試みたところ、非モアレ超格子BLGと同等の結果を得た。また、電荷中性点における相図・エネルギーギャップを解析した結果について議論する。

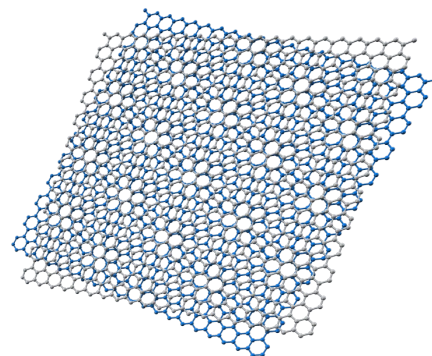


図. モアレ超格子の概念図。

[1] C. R. Dean et al., Nature 497, 598 (2013). [2] R. V. Gorbachev et al., Science 346, 448 (2014). [3] T. Iwasaki et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 12, 8533 (2020). [4] K. Endo et al., Appl. Phys. Lett. 114, 243105 (2019). [5] T. Iwasaki et al., Nano Lett. 20, 2551 (2020). [6] T. Iwasaki et al., arXiv:2206.05401.