

CVD-2 層グラフェンの h -BN ヘテロ FET 動作解析による結晶性評価Crystallinity evaluation through the operation analysis of CVD-BLG/ h -BN heterostructure FET東大¹, 九大² 西山 航¹, Pablo Solis-Fernandez², 寺尾友里², 河原憲治², 吾郷浩樹², 西村知紀¹, 長汐 晃輔¹oW. Nishiyama¹, Pablo Solis-Fernandez², Y. Terao², K. Kawahara², H. Ago², T. Nishimura¹ and K. Nagashio¹

E-mail: nishiyama@ncd.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】

2 層グラフェン(BLG)の応用展開のためには、基板上全面成長させた BLG のデバイス化が不可欠である。しかしながら、BLG の CVD 成長においては、AB 積層は崩れやすく容易に twist 成長してしまう。これは、凝集エネルギーの観点から、99.7%が sp^2 結合形成に、0.3%のみが AB 積層安定化に利用されており、積層角の乱れは系全体のエネルギーに殆ど影響しないことから理解できる。さらに、デバイス化する際の high- k 酸化物堆積時に導入されるひずみにより AB 積層は崩れることが多く、バルク結晶の劈開 BLG と同程度の FET の変調は殆ど確認されていない。現在、CVD 成長技術の向上によって BLG の結晶性は大きく向上しているが、high- k 堆積を利用する限り、積層乱れを誘発するだけでなく、荷電不純物により E_g の空間的不均一性が導入されデバイス特性の観点からその結晶性向上の議論が困難である。

本研究では、10 時間もの CVD 成長時間を費やすことで Cu-Ni(111) 基板全面に AB 積層を安定化させた BLG[1]において h -BN との層状ヘテロ FET の作製プロセスを検討し、変調の確認を試みた。最終的に、劈開試料との結晶性の違いを考察したい。

【実験方法】

作製したデバイスの構造を図 1 に示す。今回、BLG 以外は通常の劈開結晶を用い、下層から順番にヘテロを形成した。BLG は SiO_2/Si 基板上に大面積で転写されたものの一部を塩化ビニル樹脂/平板状 PDMS を用いてピックアップ、 h -BN 上に積層し、酸素プラズマエッチングにより幅 $2\ \mu m$ のチャンネル状に加工した。ソース及びドレイン電極を形成後、トップ h -BN の積層

及びトップゲート電極形成し図 1 の構造を得た。

【結果及び考察】

機械的剥離された BLG は、 SiO_2 表面の起伏に対して浮いた形で転写されるため原子レベルでフラットな表面を有する h -BN 結晶により容易にピックアップ可能である。一方、CVD-BLG は起伏に沿う形で基板に接触しており h -BN 結晶ではピックアップが困難であった。今回、柔らかい塩化ビニル樹脂/PDMS を用いることで再現性良くピックアップ出来ることを見出した。

ヘテロ積層した CVD-BLG に関して、20 K におけるデュアルゲート測定結果を図 2 に示す。AB 積層が維持され、オンオフ比($I_{on/off}$)は最大で 7.6×10^4 となった。 $I_{on/off}$ を displacement field の大きさに対してプロットし、先行研究との比較を行った結果を図 3 に示す。本研究で用いた CVD-BLG が劈開 BLG high- k FET より $I_{on/off}$ が高く、さらに劈開 BLG h -BN FET と同程度の高い値を示した。high- k 絶縁膜を用いる限り AB 積層が維持されても $I_{on/off}$ は緑線で限定され、結晶性に対して十分な評価をすることは困難である。

今回 h -BN を用いたことで $I_{on/off}$ は劈開 BLG と同等の値を示したことから、長時間成長における基板全面 AB 積層化された BLG は Kish グラファイトから劈開された BLG と同等の結晶性を持つことがデバイスの観点からも示された。

【参考文献】

[1] P. Fernandez, *et. al.*, *ACS Nano* (2020), in press.

【謝辞】

本研究は科研費及び JSPS「研究拠点形成事業 (A. 先端拠点形成型)」により助成を受け行われた。

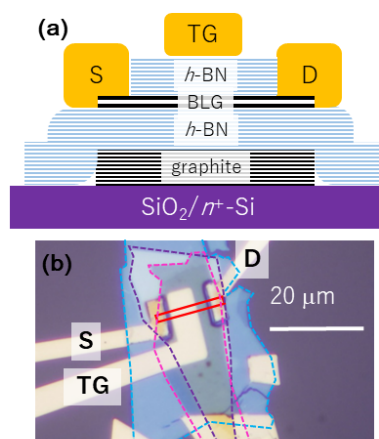


図1(a) デバイスの構造、
(b) デバイスの光学顕微鏡画像。

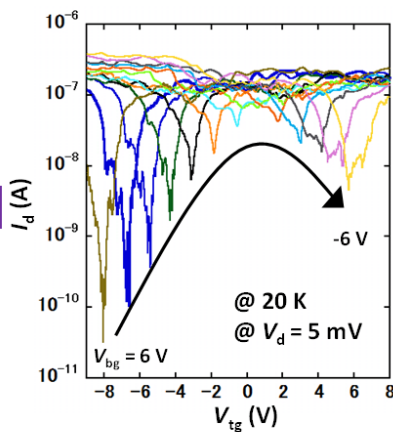


図2 20Kにおけるデュアルゲート測定結果。

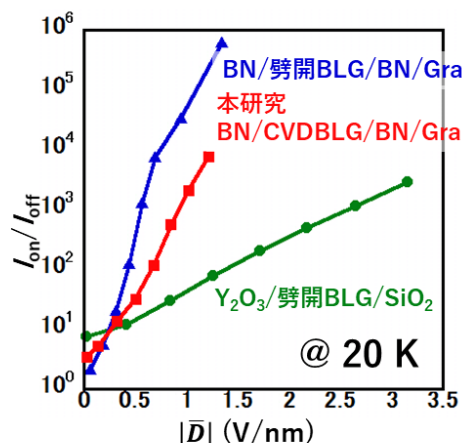


図3 I_{on}/I_{off} - $|D|$ プロットの先行研究との比較。