

TMDC による多結晶グラフェンのグレイン構造の可視化 Visualization of grain structures of polycrystalline graphene by TMDC

九大先導研,¹ 九大院総理工,² 九大炭素センター,³ JST さきがけ⁴

○深町 悟,¹ 遠藤 寛子,¹ Rozan Mohamad Yunus,² 辻 正治,³ 吾郷 浩樹^{1,2,4}
(Kyushu University^a and JST-PRESTO^b)

○Satoru Fukamachi,^a Hiroko Endo,^a Rozan Mohamad Yunus,^a Masaharu Tsuji,^a Hiroki Ago^{a,b}
E-mail: ago@cm.kyushu-u.ac.jp

【背景】キャリア移動度やシート抵抗、引っ張り強度などのグラフェンの物性は、グレインバウンダリー (GB) によって大きく影響を受けることが知られている。応用研究に広く利用されている CVD 法で得られる単層グラフェンは、一般に多結晶で多くの GB が存在している。そのため、グラフェンのグレイン構造 (グレインのサイズ、角度、GB の微細構造や長さ) 等を理解することは非常に重要であるといえる。これまで、グラフェンのグレイン構造を解析する手法として、暗視野 TEM [1]、低エネルギー電子顕微鏡 (LEEM) [2]、STM [3]、そして液晶分子を用いた配列観察 [4]などが報告されている。しかし、これらは TEM グリッドへの転写や金属基板が必要である、観察範囲が狭い、といった問題があった。我々は、これまでグラフェンを基板として、MoS₂ などの遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) を CVD 法で合成すると、三角形の TMDC 結晶がグラフェンの方位を反映してエピタキシャルに成長することを見出している [5]。そこで、この知見を発展させ、多結晶グラフェンのグレイン構造を解析することに応用したので報告する (図 1) [6]。

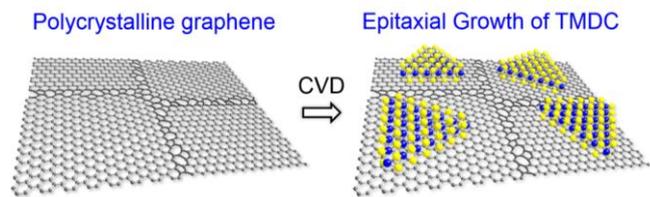


図 1 TMDC によるグラフェンのグレイン構造の可視化のイメージ

【結果と考察】多結晶の単層グラフェンは、銅ホイルを用い、メタンを原料とした大気圧 CVD 法により合成した。この単層グラフェンを SiO₂/Si 基板に転写後、既報の通り [5]、MoO₃ と S を原料として、MoS₂ をグラフェン上に成長させた。1 μm かそれ以下のサイズの三角形の単結晶 MoS₂ グレインが、グラフェン上に多数観察された。その三角形グレインの方位を SEM で調べることで、SEM では観察不可能なグラフェンの方位を明らかにした。図 2 (a)が均一な単層グラフェンのシートに対して本方法を適用した結果である。高倍率で測定した SEM 像から求めた MoS₂ グレインの向きからグラフェンの方位を色付けしている。SEM を用いることで広い面積の解析も可能である。さらに、図 2(b)に示すように、本方法はグラフェン FET のチャンネルに対しても有効であることが分かった。TEM 等ではこのような解析は困難であるので、デバイスの解析にも適した方法といえる。当日はキャリア移動度とグレインサイズの関係、グラフェンの GB と MoS₂ の核生成の関係についても議論する予定である。本法は、二次元材料で別の二次元膜のグレイン構造を解析するという新たな手法を提案するものといえる。

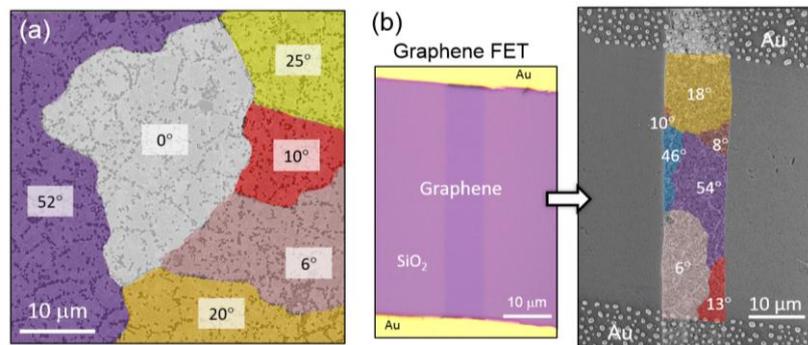


図 2 (a) MoS₂ による全面的単層グラフェンのグレイン構造の解析結果。(b) グラフェン FET のチャンネルの解析結果。左は MoS₂ 合成前の FET の光学顕微鏡写真。

【参考文献】 [1] P. Y. Huang *et al.*, *Nature*, **469**, 389 (2011). [2] Y. Ogawa *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.*, **3**, 219 (2012). [3] J. C. Koepke *et al.*, *ACS Nano*, **7**, 75 (2012). [4] D. Kim *et al.*, *Nat. Nanotechnol.*, **7**, 29 (2012). [5] H. Ago *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **7**, 5265 (2015). [6] H. Ago *et al.*, *ACS Nano*, in revision.