

## グラフェン-金属カルコゲナイドの面内ヘテロ原子薄膜

### In-plane heterostructured thin films of graphene and metal dichalcogenides

九大院総理工<sup>1</sup>, 九大先導研<sup>2</sup>, JSTさきがけ<sup>3</sup> 白土 喜博<sup>1</sup>, 遠藤 寛子<sup>2</sup>, 辻 正治<sup>1,2</sup>, 吾郷 浩樹<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Grad. Schl. Eng. Sci., Kyushu Univ., <sup>2</sup>Inst. Mater. Chem. Eng., Kyushu Univ., <sup>3</sup>PRESTO-JST

Yoshihiro Shiratsuchi<sup>1</sup>, Hiroko Endo<sup>2</sup>, Masaharu Tsuji<sup>1,2</sup>, Hiroki Ago<sup>1,2,3</sup>

E-mail: ago@cm.kyushu-u.ac.jp

【背景】グラフェンをはじめとした二次元原子薄膜が、ユニークな物性と電子・光応用の可能性から大きな注目を集めている。最近、複数の原子薄膜を組み合わせたヘテロ構造を実現することで、光透過性やフレキシビリティに加えて、新たな機能性が付与できるものと期待されている [1]。特に、グラフェンの優れたキャリア輸送特性と、MoS<sub>2</sub>をはじめとする金属カルコゲナイドの高い光吸収や発光を組み合わせることで、光機能性を有したデバイスが提案されている [2,3]。さらに、MoS<sub>2</sub>とグラフェンの間に生じるショットキー障壁を利用したデバイスも報告されている [4,5]。しかしながら、これまでの多くの研究は、剥離法によって作られた非常に小さなデバイスがほとんどであり [6]、方位を揃えた大面積のヘテロ構造体の作製が望まれている。本研究では、単結晶グラフェンのドメインとMoS<sub>2</sub>の面内ヘテロ構造を有した原子薄膜をCVD法によって作製したので報告する。

【結果と考察】メタンを原料とした CVD によって Cu 触媒上に単層グラフェンの六角形ドメインを合成し、PMMA を用いてサファイア基板上に転写した。これを Fig. 1 に示す 3 ゾーンの管状炉にセットし、酸化モリブデンと硫黄を原料として

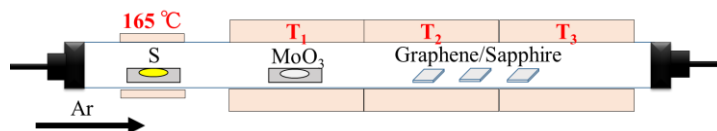


Figure 1 CVD setup used to grow MoS<sub>2</sub>.

MoS<sub>2</sub> の CVD 成長を行った。ここで、管状炉の温度 ( $T_1$  と  $T_2$ ) を系統的に変化させることで、グラフェン-MoS<sub>2</sub> ヘテロ構造の合成を検討した ( $T_3$  は  $T_2$  と同じ温度にセットした)。 $T_1$  を 580~630 °C と変化させたとき、温度上昇に伴い MoS<sub>2</sub> の核生成数が増加することが分かった。次に、 $T_3$  を 860~960 °C で変化させたところ、温度上昇によって MoS<sub>2</sub> のドメインの拡大と形状の変化が見られた。このように MoS<sub>2</sub> の構造制御には反応温度の制御が重要であることが分かった。Fig. 2 に  $T_1=610$ ,  $T_2=860$  °C で合成したグラフェン-MoS<sub>2</sub> のヘテロ構造を示す。Raman マッピングからグラフェンと MoS<sub>2</sub> は面内ヘテロ構造を有し、 $A_{1g}$  と  $E_{2g}$  の波数差から MoS<sub>2</sub> は単層膜であることが分かった。サファイアとグラフェンの表面エネルギーの違い [7,8] により、サファイア上に選択的に MoS<sub>2</sub> が成長したものと考えている。当日はグラフェンと MoS<sub>2</sub> の界面や方位関係についても議論する予定である。

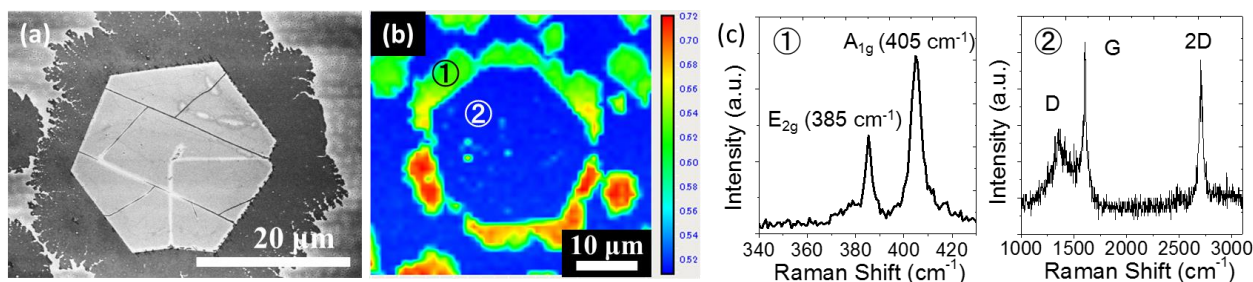


Figure 2 (a) SEM image of a graphene-MoS<sub>2</sub> heterostructure. (b) Raman mapping image of the  $A_{1g}$  intensity of MoS<sub>2</sub>. (c) Raman spectra of MoS<sub>2</sub> and graphene measured at the points marked in (b).

[1] A. K. Geim *et al.*, *Nature*, **499**, 419 (2013). [2] K. Roy *et al.*, *Nat. Nanotech.*, **8**, 826 (2013). [3] H. Ago *et al.*, submitted. [4] H. Tian *et al.*, *Sci. Rep.*, **4**, 5951 (2014). [5] J. Y. Kwak *et al.*, *Nano Lett.*, **14**, 4511 (2014). [6] G. H. Lee *et al.*, *ACS Nano*, **7**, 7931 (2013). [7] E. R. Dobrovinskaya *et al.*, *Sapphire: Material, Manufacturing, Applications* (2009). [8] S Wang *et al.*, *Langmuir*, **25**, 11078 (2009).