

# グラフェン/Ag(111) 界面へのゲルマネン合成

## Synthesis of Germanene at the Graphene/Ag(111) interface

物材機構<sup>1</sup>, 物材機構 WPI-MANA<sup>2</sup>, 豊田工大<sup>3</sup>, 筑波大<sup>4</sup>

○(P)鈴木 誠也<sup>1</sup>, (P)岩崎 拓哉<sup>1,2</sup>, (P)K. Kanishka H. De Silva<sup>3</sup>, 末原 茂<sup>1,2</sup>, 渡邊 賢司<sup>1</sup>,

谷口 尚<sup>1</sup>, 森山 悟士<sup>1,2</sup>, 吉村 雅満<sup>3</sup>, 相澤 俊<sup>1,2</sup>, 中山 知信<sup>1,2,4</sup>

NIMS<sup>1</sup>, WPI-MANA NIMS<sup>2</sup>, Toyota Tech. Inst.<sup>3</sup>, Univ. of Tsukuba<sup>4</sup> ○Seiya Suzuki<sup>1</sup>, Takuya Iwasaki<sup>1,2</sup>, K. Kanishka H. De Silva<sup>3</sup>, Shigeru Suehara<sup>1,2</sup>, Kenji Watanabe<sup>1</sup>, Takashi Taniguchi<sup>1</sup>, Satoshi Moriyama<sup>1,2</sup>, Masamichi Yoshimura<sup>3</sup>, Takashi Aizawa<sup>1,2</sup>, Tomonobu Nakayama<sup>1,2,4</sup>

E-mail: seiya09417@gmail.com, SUZUKI.Seiya@nims.go.jp

ゲルマネンはゲルマニウム(Ge)の単原子ハニカムシートであり、トポロジカルな性質を利用した電子デバイス応用が期待される。ゲルマネンは超高真空下で Au、Al、Ag[1]の単結晶表面に合成できるが、大気に出すと酸化してしまうため応用が困難である。本研究はこの課題を解決するため、ガスバリア性の高いグラフェン(G)と金属の界面にゲルマネンの析出合成を行った。

図1(a)に本研究で行った界面へのゲルマネン合成の模式図を示す。希釈HFで清浄化したGe(111)基板にAg薄膜を電子ビーム蒸着で70 nm成膜し、この表面にグラフェン/Ag界面を作製するため、剥離した多層の六方晶窒化ホウ素(h-BN)と単層Gの積層片をドライ転写した。作製したh-BN/G/Ag(111)/Ge(111)をH<sub>2</sub>(3%)/Arで加熱した後、大気中でラマン散乱分光測定を行った。

図1(b)はその場加熱X線光電子分光(XPS)法により、Ag(111)/Ge(111)基板(h-BNおよびGは無し)からのGe表面析出の温度依存性を調べた結果である。400~650 °Cの範囲でGe/Agの値がほぼ一定(約0.3)であり、この範囲では表面を単原子層のGeが終端していると考えられる。図

1(c)は加熱後のh-BN/G/Ag(111)/Ge(111)のラマンスペクトルである。450 °C以上の加熱で、155 と 255 cm<sup>-1</sup>にピークが観察された。第一原理計算の結果、両ピークともゲルマネン由来で、特に155 cm<sup>-1</sup>のピークはGeのバルクでは現れないゲルマネンの面外振動モードと考えられる。これらのピークは剥離Gのみならず、化学気相成長Gとの界面にも観察されたが、一方で、Ag(111)表面には存在しなかった。39日間の大気暴露後にもこれらのピークは観察され、化学的に安定なゲルマネンが界面に合成できたと考えられる。

[1] J. Yuhara *et al.*, ACS Nano **12**, 11632 (2018).

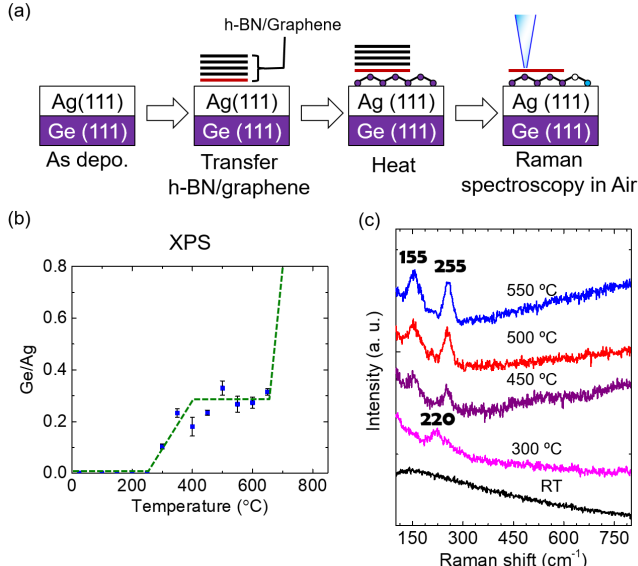


図1: (a) 界面のゲルマネン合成手順の模式図  
(b) XPSで測定したAg(111)/Ge(111)試料表面のGe/Ag原子数比の温度依存性  
(c) H<sub>2</sub>/Ar中加熱後のh-BN/G/Ag(111)/Ge(111)のラマンスペクトル