

## Si 基板上エピタキシャルグラフェンの Ni 援用低温形成と

## リアルタイム/角度分解光電子分光によるグラフェン化機構評価

## Ni-assisted low-temperature formation of epitaxial graphene on Si substrate and its growth mechanism through real-time/angle-resolved XPS observations

○長谷川美佳<sup>1,\*</sup>, 須藤亮太<sup>1</sup>, 菅原健太<sup>1</sup>, 三本菅正太<sup>1</sup>, 原本直樹<sup>1</sup>,  
寺岡有殿<sup>2</sup>, 吉越章隆<sup>2</sup>, 吹留博一<sup>1</sup>, 末光眞希<sup>1</sup>

○Mika Hasegawa<sup>1</sup>, Ryota Suto<sup>1</sup>, Kenta Sugawara<sup>1</sup>, Shota Sambonsuge<sup>1</sup>, Naoki Haramoto<sup>1</sup>,  
Yuden Teraoka<sup>2</sup>, Akitaka Yoshigoe<sup>2</sup>, Hirokazu Fukidome<sup>1</sup>, Maki Suemitsu<sup>1,3</sup>

(<sup>1</sup>東北大学電気通信研究所(RIEC),<sup>2</sup>日本原子力研究開発機構 (JAEA),

E-mail: mh7389@riec.tohoku.ac.jp

Si 基板上に SiC 薄膜をヘテロエピ成長させ、同薄膜の真空加熱で Si 基板上にエピタキシャルグラフェン (EG) を得るグラフェン・オン・シリコン (graphene on silicon: GOS) 技術[1]は、Si 基板上に EG を形成できる工業的グラフェン製法として注目されている。しかし現状 GOS 法は 1200 °C 以上の高温を必要とし、Si プロセスに完全対応できる低温化はいまだ実現されていない。こうした中、SiC 結晶基板上に Ni を蒸着し、700 °C という、従来法より 500 °C 以上低い加熱温度による EG 形成が最近報告された[2]。今回、私たちはこの Ni 援用法を Si 基板上 SiC 薄膜に適用し、Si 基板上 EG の低温形成に成功するとともに、Ni 原子に関わる低温グラフェン化機構を明らかにしたので報告する。

モノメチルシランを原料とするガスソース MBE 法により p 型 Si(111)基板上に SiC(111) 薄膜 (~100nm) を製膜、更に Ni (~10 nm) を電子ビーム蒸着した後、850 °C で 30 min の真空加熱を行った。試料の組成、その深さ方向分布、及び時間発展評価には SPring-8 BL23SU のリアルタイム角度分解 X 線光電子分光法 (XPS) を用いた。図 1 に 850 °C 加熱における反応過程のリアルタイム C1s 内殻準位光電子スペクトルを示す。冷却過程にグラフェンピークが出現することが確認され、Ni 援用により 850 °C という低温で Si 基板上に EG 形成が可能であること、及び加熱過程で生成した過剰 C 原子が冷却時にグラフェンに変換されることが分かる。加熱後試料の C1s 内殻準位光電子スペクトル (図 2) は SiC 以外にグラフェン、Ni<sub>3</sub>C、NiC<sub>x</sub> の存在を示した。これら諸ピークの SiC ピークに対する相対強度比を光電子脱出角度に対してプロットすると、いずれの強度比も表面鈍感になるにつれて減少しており、その減少はグラフェンより炭化 Ni、とくに Ni<sub>3</sub>C において著しい。以上から SiC 結晶表面の Ni 援用グラフェン形成においては Ni との反応により SiC から供給された C 原子が表面近傍で Ni 原子と結合し Ni<sub>3</sub>C や NiC<sub>x</sub> を、また SiC 界面近傍でグラフェンを形成することが明らかとなった。

本研究の一部は科研費(25286059)の援助により行われた。

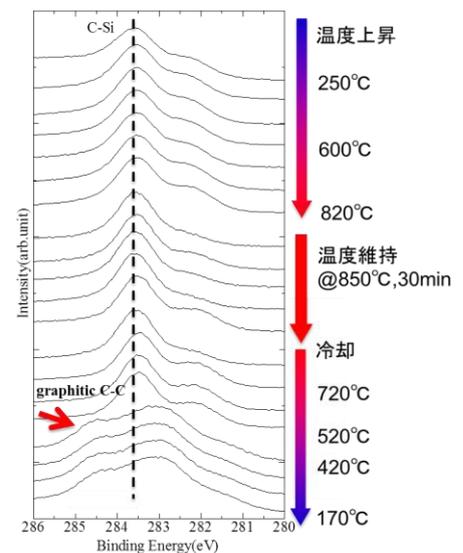


図 1 反応過程(850 °C)における C1s 内殻準位光電子スペクトル

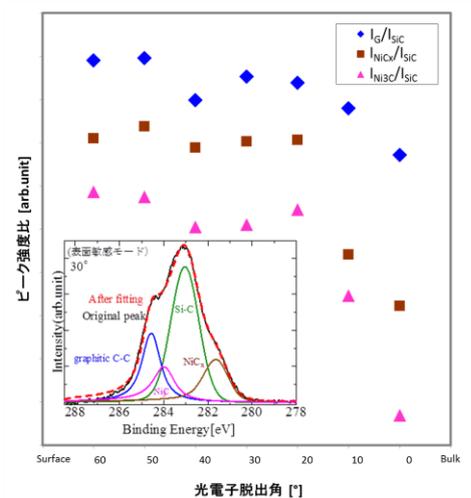


図 2 反応後の C1s 内殻準位光電子スペクトル (光電子脱出角 60° : 表面敏感モード) 及び角度分解スペクトル強度比

[1] M.Suemitsu, et al. e-J. Surf. Sci. Nanotech. 7, 311-313 (2009).

[2] Enrique Escobedo-Cousin et al., Materials Science Forum Vols.