

偏析ゲルマネンの成長機構のその場ラマン散乱分光による解明

Growth mechanism of segregated germanene revealed by in-situ Raman spectroscopy

原子力機構¹, 東大生研², JFCC³, ○寺澤 知潮^{1,2}, 勝部 大樹³, 矢野 雅大¹, 小澤 孝拓², 津田 泰孝¹, 吉越 章隆¹, 朝岡 秀人¹, 鈴木 誠也¹

JAEA¹, IIS, Univ. of Tokyo², JFCC³, °Tomoo Terasawa^{1,2}, Daiki Katsube³, Masahiro Yano¹, Takahiro Ozawa², Yasutaka Tsuda¹, Akitaka Yoshigoe¹, Hidehito Asaoka¹, and Seiya Suzuki¹

E-mail: terasawa.tomoo@jaea.go.jp

【序論】Ge 原子の単層のハニカム格子からなるゲルマネンは、23.9 meV のバンドギャップと線形分散の両立が理論的に予測されており[C. C. Liu, et al., Phys. Rev. B 84, 195430 (2011)]、次世代以降の半導体デバイス材料として合成技術の確立が求められている。柚原らは Ge(111)基板に蒸着した Ag 薄膜の加熱における Ag 薄膜表面へ偏析した Ge 原子からのゲルマネンの形成を報告した [J. Yuhara, et al., ACS Nano, 12, 11632 (2018)]。本手法は、ゲルマネンのラマンスペクトルが観測された数少ない手法であるため [S. Suzuki, et al., Adv. Funct. Mater. 31 2007038 (2021)]、有望な合成手法と言える。しかし、Ag 薄膜表面へ偏析した Ge 原子がどの温度でゲルマネンを形成するかといった成長機構の詳細は未解明であった。そこで本研究では偏析ゲルマネンの成長機構の解明のため、試料冷却過程をその場ラマン分光法および X 線光電子分光法(XPS)により観察した。

【実験】Ge(111)基板に電子ビーム蒸着法で Ag を 150 nm 蒸着し、大気搬送後に真空槽(<10⁻⁵ Pa)で Ar⁺スパッタリングと 500°C 加熱によって清浄化した。その後、励起光波長 473 nm でのその場ラマン散乱分光測定を、室温から 500°C に昇温した時点、500°C から 300°C に冷却した時点、および清浄化後に室温から 300°C に昇温した時点において行った。試料温度は放射温度計で測定した。

【結果】得られたラマンスペクトル(Ag 由来のバックグラウンドを減算)を Figure に示す。500°C(黒線)では Ge 原子は特定の Ge-Ge 結合を持たずに表面近傍に滞在するため[寺澤他、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 19a-A202-2 (2023)] Ge 由来のピークは観測されなかった。この試料を 300°C に冷却すると(赤線)、ゲルマネンの面内横光学(oTO)および面外横光学(iTO)フォノンに由来するピークが 160 cm⁻¹ および 260 cm⁻¹ に観測された。すなわち、500°C から 300°C への冷却時にゲルマネンが形成した。室温から 300°C に加熱した試料(青線)では sp³ 結合した Ge の横光学(TO)フォノンに由来するピークが 300 cm⁻¹ 付近に観測され、ゲルマネン由来のピークは観測されなかった。これは 300°C における sp³-Ge とゲルマネンの形成への速度論の効果を示す。当日は SPring-8BL23SU におけるその場 XPS の結果も合わせて偏析ゲルマネンの成長機構を議論する。

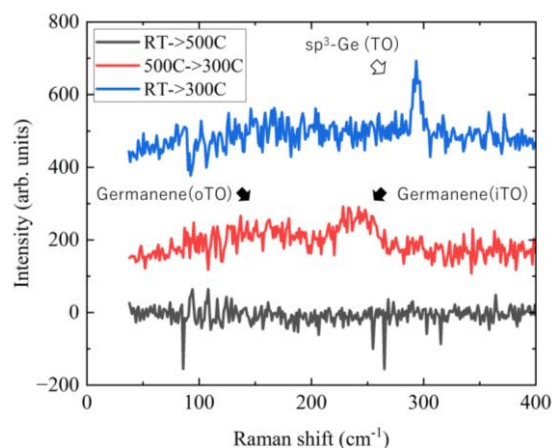


Figure. Raman spectra of Ag surface on Ge (111) substrate at high temperatures.