

Ni 触媒を用いた原子的平坦ダイヤモンド(111)表面上のグラフェン形成機構

Formation mechanism of graphene on atomically flat diamond (111) surface by a nickel catalyst

金沢大院自然¹, 産総研エネ部門² ○(M1)片桐 悠太郎¹, (M2)叶田 翔平¹, (M2)荻谷 平¹,
(M2)長井 雅嗣¹, (M2)山本 貴大¹, 牧野 俊晴², 山崎 聡², 松本 翼¹, 徳田 規夫¹, 猪熊 孝夫¹

Grad. School of Natural Sci. & Tech. of Kanazawa Univ.¹, AIST²

Yutaro Katagiri¹, Shohei Kanada¹, Taira Tabakoya¹, Masatsugu Nagai¹, Takahiro Yamamoto¹,

Toshiharu Makino², Satoshi Yamasaki², Tsubasa Matsumoto¹, Norio Tokuda¹, Takao Inokuma¹

E-mail: se130036@gmail.com

【はじめに】

炭素同素体ハイブリッド構造であるグラフェン・オン・ダイヤモンド積層構造は、優れたデバイス特性が報告され[1,2]、また、界面構造を制御することでバンドギャップオープン及びフェルミレベルの位置制御が可能である[3]ことから、近年、注目を集めている。そのグラフェン・オン・ダイヤモンド構造の形成方法として、金属触媒を用いた方法が提案されている[4]。我々も Ni への炭素の固溶反応と Ni からの過飽和炭素の析出による (Ni 触媒法) ダイヤモンド上グラフェンの直接形成を報告した[5]。しかし、形成されたグラフェンの層数は不均一であり、また、そのグラフェン・オン・ダイヤモンド構造の形成機構は解明されていない。本研究では、より高品質で均一なグラフェンを形成するために、その Ni 触媒法を原子レベルで制御されたダイヤモンド表面上に用いることでグラフェン・オン・ダイヤモンド構造の形成機構の解明を目指した。

【実験方法】

初めに、ダイヤモンド(111)基板にメサ構造を形成し、ラテラル成長を行うことで、単原子ステップと原子的に平坦なテラスや転位を起点とした高密度のステップを有する成長丘で構成されたダイヤモンド表面をそのメサ上に形成した[6]。その後、その表面上に Ni 膜を真空蒸着法により約 300 nm 堆積した。次に、Ar 雰囲気中で 900°C 1 分アニールした。冷却速度は 10 °C/s であった。最後に、希硝酸により Ni 膜を除去した。作製した試料について、光学顕微鏡 (OM) により表面形態を観察し、ラマン分光法により表面構造の分析を行った。

【実験結果】

図 1(a)、(b)に Ni 触媒法によるグラフェン・オン・ダイヤモンド構造形成プロセス前後の OM 像をそれぞれ示す。図 2 に図 1(b)のメサ上部の原子的平坦面及びステップが密な面で観測された典型的なラマンスペクトルを示す。原子的平坦面では 2 層以下のグラフェンが形成され、ヒロック部分で、ステップが密な面では多層グラフェン(グラファイト)が形成された。この結果は、炭素固溶反応及び過飽和炭素の析出によるグラフェン形成はダイヤモンド(111)のステップ端で優先的に起きることを示唆す

るものであり、ダイヤモンド表面を原子レベルで制御することにより、グラフェンの層数及び均一性を制御可能であることを示唆する。

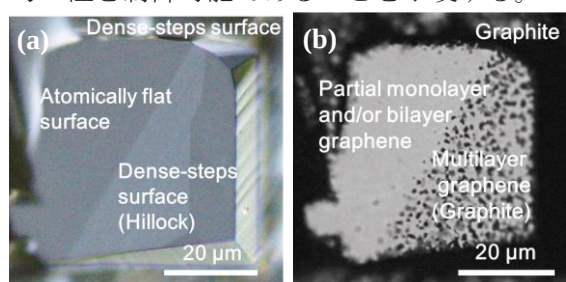


Fig.1. OM images (a) before and (b) after the formation process of graphene-on-diamond structure by the Ni catalyst method.

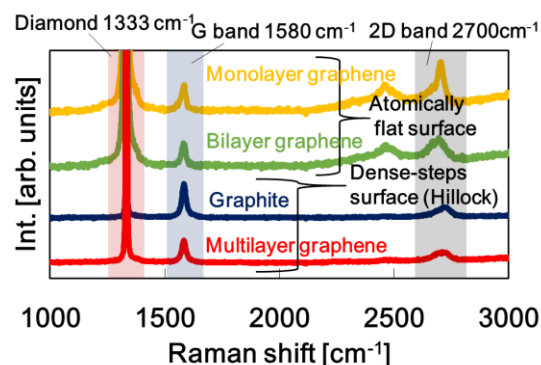


Fig.2. Typical Raman spectra of the graphene formed on the top of the mesa with atomically flat diamond (111) surface and dense-steps surface (Hillock).

【謝辞】

本研究の一部は科研費(17H02786)の助成を受けて行われた。

【参考文献】

- [1] Y. Wu et al., Nature 472 (2011) 74
- [2] J. Yu et al., Nano Lett. 12 (2012) 1603
- [3] W. Hu et al., J. Chem. Phys. 138 (2013) 054701.
- [4] K. Ueda et al., Diamond Relat. Mater. 63 (2016) 148
- [5] S. Kanada et al., Diamond Relat. Mater. 75 (2017) 105-109
- [6] N. Tokuda et al., Diamond Relat. Mater. 19 (2010) 288-290