

4H-SiC(0001) ポーラスエピタキシャルグラフェンの孔径及び孔密度制御 (Ⅱ)

Control of Pore Size and Pore Density of Porous Epitaxial Graphene

福井大院工, ○竹田直喜、石丸大樹、橋本明弘

Graduate School of Electrical & Electronics Engineering, University of Fukui,

○Naoki Takeda, Daiki Ishimaru, and Akihiro Hashimoto

【背景】

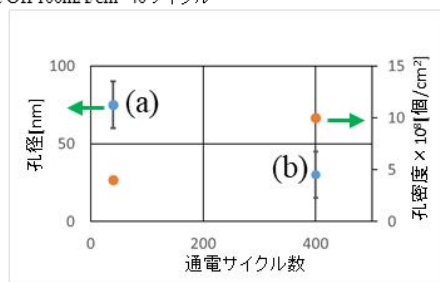
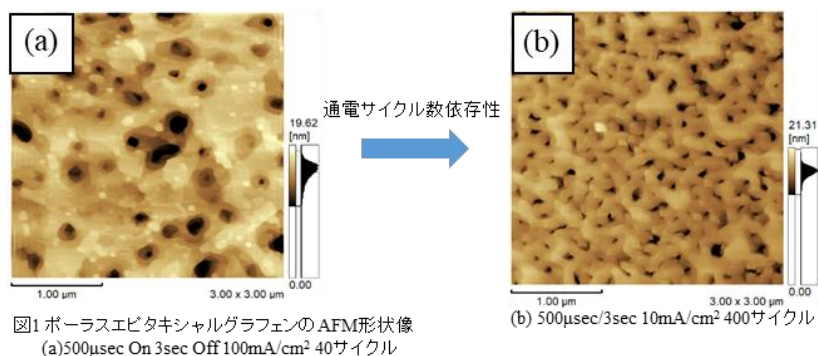
表面に微細孔を有するポーラスエピタキシャルグラフェンは、逆浸透膜や電気2重層コンデンサの電極材としての応用が期待されている。しかしながら、グラフェン/ポリアニリン構造と呼ばれる電極材料としての応用では、孔径 20nm の場合、孔密度 7×10^{10} 個/cm² で理論上ポリマーの結合量を最大にすることができ、逆浸透膜の応用では、~2nm の孔を用いることで海水を真水にろ過することが可能になるというように、応用用途に応じた孔径及び孔密度の制御が課題である[1][2]。これまでの研究により我々はポーラスエピタキシャルグラフェンの形成過程において Si 面 SiC 基板陽極酸化処理時に HF 濃度及びパルス通電のデューティ比を制御することにより、孔径及び孔密度が制御できることを明らかにした[3]。今回、我々は陽極酸化過程においてパルス通電の尖頭値及びサイクル数の制御による孔径の更なる微細化を試み、孔径及び孔密度のパルス通電サイクル依存性について検討した結果を報告する。

【実験方法】

RF パワー300W、N₂ 流量 1sccm、照射時間 3min で N₂ プラズマ照射後、パルス通電を用いた陽極酸化法により 4H-SiC(0001)に微細孔を形成した。その後、Si 昇華法を用い、Ar 雰囲気中で SiC 基板を加熱することでポーラスエピタキシャルグラフェンを形成した。作製したポーラスエピタキシャルグラフェンは AFM(原子間力顕微鏡)及びラマン散乱分光法を用いて、表面形状及びグラフェンの特性を評価した。

【結果・考察】

HF 濃度 5%の溶液を用い、電流密度 100mA/cm² ON 時間 500μsec、OFF 時間 3sec のパルス通電サイクル 40 回の陽極酸化条件下において形成したポーラスエピタキシャルグラフェンの AFM 形状像を図 1 の(a)に示す。また(b)にデューティ比を一定のまま電流密度を 10mA/cm²、パルス通電サイクル 400 回で陽極酸化を行ったポーラスエピタキシャルグラフェンの AFM 形状像を示す。AFM 形状像より、孔径及び孔密度は(a)、(b)においてそれぞれ約 90~60nm、約 45~15nm、及び約 4×10^8 個/cm²、約 1×10^9 個/cm²、であることが分かった。これらの結果は、総電荷量一定の条件下で通電サイクル数を変化させ陽極酸化を行うことにより孔形成初期における局所的電界集中が緩和され孔の制御が容易になった可能性があることを示唆している。当日は RF-N₂ プラズマの照射時間依存性と通電サイクル依存性の関係についても報告する。



[1] D. Cohen-Tanugi, J. Grossman, Nano Lett. 12 3602-3608 (2012). [2] S. C. O'Hern, et al., Nano Lett. 14 1234-1241 (2014).

[3] 竹田 直喜, 石丸 大樹, 橋本 明弘. 第 65 回 応用物理学会春季学術講演会 19a-P6-45