

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

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】

我々は電気2重層コンデンサの新規電極材として、グラフェン/ポリアニリン(PANI)構造の作製を目指している。しかしながら、これまでの研究からグラフェンと PANI の結合率は、グラフェン 1 格子に対し、1 個の PANI 分子が結合すると考えた場合の最密構造と比較し、約 0.02%にしか満たないことがわかっており^[1]、重合率の向上が課題である。我々はグラフェンと PANI を結合させる PFPA-NHS がグラフェンの未結合手(欠陥)に優先的に結合する性質に着目し、微細孔(欠陥)を有するポーラスエピタキシャルグラフェンの孔径及び孔密度を制御することで、重合率が向上できると考えた。孔径 2nm、孔密度約 7×10^{12} 個/cm² のポーラスエピタキシャルグラフェンを用いることでグラフェン表面への PANI の重合率を最大にできると考えられる。前回、我々は RF-N₂ プラズマを照射することで、ポーラスエピタキシャルグラフェンの孔径の均一化及び孔密度の増加が可能であることを報告した。^[2]今回、プラズマ照射時間及び陽極酸化条件を制御することにより、更に孔径及び孔密度を制御することに成功したため報告する。

【実験方法】

RF-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)に孔を形成した。その後、Si 昇華法を用いてポーラスエピタキシャルグラフェンを形成した。加熱条件は Ar 雰囲気中 750Torr、1500°C、0min である。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】

図1の(a)及び(c)に RF パワー300W, N₂ 流量 1sccm,照射時間 30sec で N₂ プラズマを照射した後に作製したポーラス SiC 及びグラフェン形成後の AFM 形状像を、(b)及び(d)に RF パワー300W, N₂ 流量 1sccm,照射時間 60sec で N₂ プラズマを照射した後に作製したポーラス SiC 及びグラフェン形成後の AFM 形状像をそれぞれ示す。陽極酸化条件は共に、ON 時間 500μsec、OFF 時間 3sec のパルス通電サイクルを 40 回、HF 濃度 5%、電流密度は 100mA/cm² である。陽極酸化後の AFM 形状像より、プラズマ照射時間を 30sec から 60sec に増加させることで、孔密度が 2×10^8 個/cm² から 7×10^9 個/cm² に増加していることが分かった。また孔径はプラズマを 30sec、60sec 照射後に形成したポーラスエピタキシャルグラフェンでそれぞれ約 50~40nm、約 20~12nm であることが分かった。これらの結果は、プラズマ照射時間を増加し、陽極酸化による孔の形成起点を増やすことで、より孔径の均一な孔を形成することが可能であることを示し、プラズマ照射に対する陽極酸化条件を制御することで更に小さな孔を形成することが可能であることを示唆している。

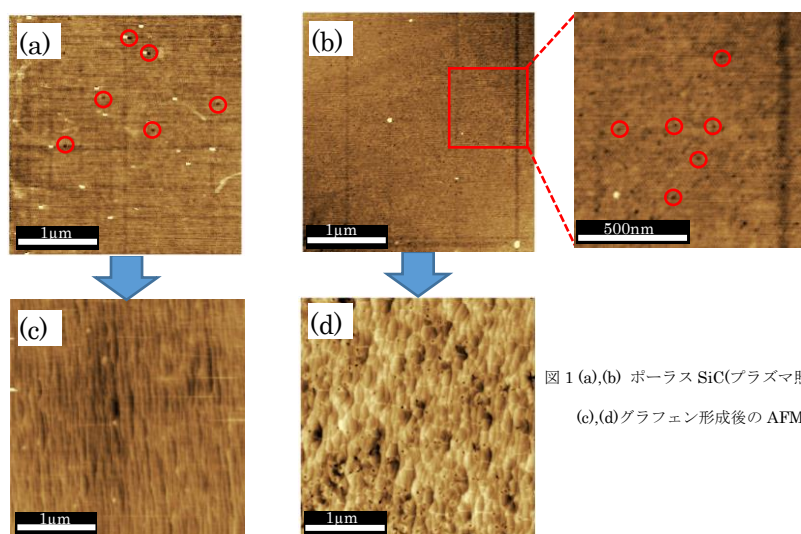


図1 (a),(b) ポーラス SiC(プラズマ照射 30sec 及び 60sec)の AFM 形状像
(c),(d)グラフェン形成後の AFM 形状像

[1] 今井 宏友, 橋本 明弘, 第 76 回 応用物理学会秋季学術講演会 16a-PA2-10

[2] 竹田 直喜, 石丸 大樹, 今井 宏友, 橋本 明弘, 第 78 回 応用物理学会秋季学術講演会 5p-PA1-39