

4H-SiC 上ポーラスエピタキシャルグラフェン基板を用いた RF-MBE InN 初期核形成

Initial Nuclei Formation in RF-MBE InN growth on Porous Epitaxial Graphene/4H-SiC Substrate

福井大院工, [○]石丸大樹, 寺井汰至, 橋本明弘

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

[○]Daiki Ishimaru, Taiji Terai, Akihiro Hashimoto

【はじめに】

InN は III 族窒化物半導体の一種であり、高い飽和電子速度と約 0.64eV の直接遷移型のバンドギャップを有することから、高速デバイスや高効率タンデム構成母材としての応用が期待されている。これらのデバイス実現のためには、p 型 InN の形成が必須であるが、表面電荷蓄積層、高転位密度などに起因する高い残留キャリア濃度などにより、p 型 InN の形成は難しい。一般に成長基板として α -サファイア(0001)基板が用いられているが、InN 成長層との格子不整合率と熱膨張係数の差が大きく、高転位密度発生の一因となっている。近年、低転位密度の InN 層形成のアプローチの一つとして、成長基板にグラフェンを用いたグラフェン上窒化物半導体結晶成長の報告がなされている。^{[1][2]}グラフェンは層間がファン・デル・ワールス力で結合される層状物質であり、共有結合性のボンドを持たないことから、成長層の界面応力が緩和されることにより、転位の導入を抑止でき、低転位密度の窒化物結晶成長の有効な一手として脚光を浴びている。我々は前回の報告^[3]で 4H-SiC 基板上に形成したエピタキシャルグラフェン上に InN 結晶の成長を試み、エピタキシャルグラフェン上の InN 層の成長初期過程について報告した。その結果、a 軸がランダムに配向した InN 初期核がエッジ端から発生することを明らかにした。また、a 軸配向性のばらつきは初期核同士の衝突を引き起こし転位発生の原因となるため、a 軸配向性制御の手段としてポーラスグラフェン基板上への InN 成長を提案した。

ポーラスエピタキシャルグラフェンはグラフェン基板上に微細孔が形成された構造を有し、孔周辺に 4H-SiC 由来の共有結合性のボンドが存在するため、初期核に 4H-SiC に由来する結晶構造を引き継いだ InN 初期核が形成されることにより、a 軸制御が可能であると考えられる。本報告では、陽極酸化法により微細孔を形成した 4° -off 4H-SiC 基板上に、Si 昇華法を用いて形成したポーラスエピタキシャルグラフェン基板を成長基板として用いた場合の InN 初期核形成に与える効果について検討したので報告する。

【実験方法】

グラフェン形成用の基板として 4° -off 4H-SiC 基板を用い、HF 水溶液中にてパルス通電により陽極酸化処理を行い微細孔を形成した。その後、RF 誘導加熱炉を用いた Si 昇華法により、ポーラスエピタキシャルグラフェン基板を形成した。図 1 に作成したポーラスエピタキシャルグラフェンの AFM 像を示す。InN 層の成長には RF-MBE 法を用い、MEE 法(Migration Enhancement Epitaxy)を用いて 180°C で InN バッファ層を形成した。その後成長温度 500°C に升温し、通常の同時供給により InN を成長した。成長中及び成長前後の表面の観察には反射高速電子線回折(RHEED)及び原子間力顕微鏡(AFM)を、成長層の結晶性の評価には X 線回折法(XRC)を用いた。

【結果・考察】

図 2 にポーラスエピタキシャルグラフェン基板上に MEE 法を用いて成長した MEE-InN バッファ層からの RHEED パターンを(a)、(b)には AFM 像をそれぞれ示す。ストリークパターンが得られており、初期成長層として平坦な表面が得られていることがわかる。また、AFM 像からは孔の端部で島状の核発生が確認されるとともに、テラス上に成長した InN 層は平坦であることがわかる。これらの結果は微細孔によって a 軸配向性制御が実現されていることを示唆しており、a 軸配向性の高い InN 結晶層の成長が期待される。

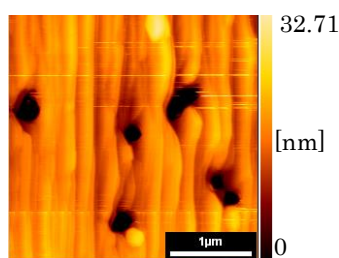


図.1 作製したポーラスエピタキシャルグラフェン基板

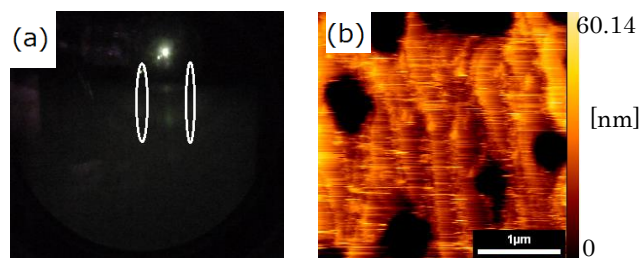


図.2 InN バッファ層成長後の(a)RHEED パターン (b)AFM 像

[1] H. Yoo, K. Chung, S. I. Park, M. Kim, G. Yi. Appl. Phys. Lett. **102**, 051908 (2013).

[2] N. Nepal, et al. Appl. Phys. Express **6**, 0610003 (2013).

[3] 石丸 大樹, 戸松 侑輝, 橋本 明弘. 第 77 回 応用物理学会秋季学術講演会 16a-P5-20 (2016).