

分子線エピタキシ法を用いた

窒化物半導体の高品質結晶成長とその欠陥構造評価

奥村宏典

日本電信電話株式会社 NTT物性科学基礎研究所

〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1

ワイドバンドギャップを有するIII族窒化物半導体(InN、GaN、AlN)は、赤外～深紫外の波長域を持つLEDやパワーデバイス用材料として、活発に研究開発されている。一般的に、窒化物半導体の結晶成長には、低価格で大口径バルクが市販されている異種基板が用いられる。しかし、異種基板との格子定数差や熱膨張係数差、結晶構造の違いにより、窒化物半導体中には高密度の結晶欠陥(面欠陥および転位)が存在する。デバイス性能向上のためには、面欠陥や転位密度の低減が不可欠である。本発表では、分子線エピタキシ(MBE)法による窒化物半導体の結晶成長を行い、成長条件および成長初期段階に着目した結晶性の高品質化について報告する。具体的な研究内容は、以下の(1)~(3)の通りである。

(1) III族窒化物半導体は、c軸方向に格子極性を持つ。GaN {0001}極性面の結晶成長では、Ga極性面とN極性面で表面の化学結合や結晶成長モードが異なる。GaN系デバイスには、高品質結晶成長が比較的容易なGa極性面が用いられてきた。近年、電子デバイスの更なる高性能化に向けて、N極性面GaNに期待が寄せられている。今回、MBE法によるN極性面GaN (000 $\bar{1}$)成長の系統的な評価について述べる。

(2) 炭化ケイ素(SiC)はAlNと同じ六方晶を有し、格子定数差が小さい(1%)ため、AlN結晶成長用基板に適している。しかし、SiCとAlNは結晶構造が異なる(ヘテロポリタイプ)ため、SiC上AlN層には高密度の面欠陥(積層不整合境界)が発生してしまう。また、SiCはIV-IV族半導体であるのに対し、AlNはIII-V族半導体である。AlN/SiC界面では結合手の本数が合致しない(ヘテロバレント)ため、AlN/SiCの界面エネルギーが大きくなり、SiC上AlN層は3次元的に成長する。3次元成長では、結晶核が融合する際に高密度の貫通転位($\sim 10^{10}\text{cm}^{-3}$)が発生してしまう。発表者は、SiC基板の表面構造およびAlNの初期成長条件を制御することで、ヘテロポリタイプおよびヘテロバレントを克服し、Al極性面AlN (0001)層中の貫通転位密度を $4 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ まで、N極性面AlN (000 $\bar{1}$)層の貫通転位密度を $2 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ まで低減した。

(3) SiC上AlN層中の貫通転位は、主にAlN/SiC界面で発生することが分かっている。更なる貫通転位密度低減には、転位発生機構の解明が必要である。発表者は、AlN/SiC界面で発生した貫通転位について、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて詳細に調べ、転位発生機構のモデルを提案する。