

電子・情報工学専攻	学籍番号	961312
申請者氏名	中島 昭	

指導教員氏名	米津 宏雄 朴 康司
--------	---------------

論文要旨(博士)

論文題目	ステップ制御した SiC 基板上への AlN および BAlN 半導体の分子線エピタキシーに関する研究
------	---

(要旨 1,200字程度)

GaN を中心とする窒化物半導体は、バンドギャップエネルギー(E_g)が大きいいため、短波長光デバイスおよび次世代の電子デバイス材料として有望である。AlN は、同半導体の中でも最も E_g が大きく、短波長化のためには必要不可欠な材料である。しかし、AlN の成長技術は GaN に比べ遅れている。そこで、本研究では新しい AlN の成長技術の確立を目指した。我々は AlN との格子不整合率が 1.0%と小さい SiC 基板に注目して研究を行った。

まず初めに、 H_2 エッチングを用いた 6H-SiC(0001)基板の成長前処理に関する研究を行った。SiC 基板表面には多くの研磨傷が存在するため、そのまま成長に用いることが出来なかった。 H_2 エッチングを用いて、この研磨傷を除去することに成功した。また、基板の傾斜方位・角度を変えることでステップ形状を制御する技術を確立した。これにより、窒化物半導体の成長に適した SiC 表面を得ることに成功した。

次に、このステップ制御した SiC 基板上への AlN 成長に関する研究を行った。成長方法には RF-MBE 法を選択した。成長した AlN 層には高密度のピットが観察された。成長中の不純物酸素および酸素化合物を低減することで、ピットフリー(ピット密度: $10^4 \sim 10^5 \text{ cm}^{-2}$)の AlN が得られた。

ピットフリー化した AlN の貫通転位密度は $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 程度であった。我々は、AlN の成長初期($< 10 \text{ nm}$)に Ga を同時照射することで、この貫通転位密度を低減できることを見出した。Ga 同時照射法は AlN 成長初期の三次元成長を抑制するものと推測された。これにより AlN の貫通転位密度を 10^8 cm^{-2} 前半まで抑えることに成功した。この低転位密度 AlN/ 6H-SiC 構造をテンプレートとして、その上に AlGaIn/ AlN MQE 構造を作製した。CL 測定の結果、室温において 246 nm の紫外発光が得られた。マッピング測定から、全体の 90%の面積から明るい発光が得られた。低転位密度 AlN/ 6H-SiC 構造は、発光デバイスの短波長化に有効なことが分かった。

最後に、 $B_xAl_{1-x}N$ 混晶の成長に関する研究を行った。AlN に 5.6%の B を添加できれば SiC と完全に格子整合できると予測される。しかし、B を含む窒化物半導体(B-III-N)は、同分野における未知の領域であるため、まず初めに結晶成長方法を探索した。とくに、MBE 法では B の供給が困難であった。原料に $B_{10}H_{14}$ を用いることで、容易に B の供給が行えることが分かった。現在までに B 組成 1.8%までの単結晶 $B_xAl_{1-x}N$ の成長に成功している。これにより、MBE 法を用いて SiC に格子整合する B-III-N 混晶の成長が行える可能性を示した。また、 $B_{10}H_{14}$ を用いて成長した $B_xAl_{1-x}N$ 表面には特定のファセットをもつ三次元成長が見られた。このファセット成長した $B_xAl_{1-x}N$ を中間層として AlN に挿入すると AlN の格子緩和が促進されることが分かった。これにより、直接成長に比べ AlN 層の残留応力を 1/8 にまで低減することに成功した。