論 文 の 内 容 の 要 旨

論文題目　　Growth and Characterization of GaN on ZnO
(ZnO基板上へのGaNの成長と評価)

氏　名　　小　林　篤

近年、結晶成長技術の進歩により、GaNに代表されるIII族窒化物半導体を利用した青色発光ダイオードおよびレーザーダイオードが実用化した。しかしながら、III族窒化物薄膜の成長用基板として用いられているサファイアはIII族窒化物と格子定数や熱膨張係数が大きく異なるため、作製した薄膜内には多くの結晶欠陥が含まれており、この欠陥が発光効率や素子の寿命を低下させていることが知られている。また、GaNとInNの混晶半導体である$In_xGa_{1-x}N$のバンドギャップは0.6eVから3.4eVまで可変であり、本来可視全域をカバーする発光素子が作製可能であるが、長波長用高In組成InGaNは熱的に不安定で相分離反応を起こすため、In組成の低いInGaNを利用した青色発光素子しか実現していない。

前者の問題は、III族窒化物との格子整合性が高いZnOを成長用基板として用いることで解決できると考えられる。ZnOはGaNとの面内格子不整合率が1.9%と非常に小さく(サファイアの場合16%)、結晶構造もGaNと同じウルツ鉱型であるため、結晶欠陥の抑制が期待できる。しかしながら、ZnOはGaNと700℃程度の温度で容易に反応するため、従来のMOCVD法やMBE法を用いた高温での結晶成長では基板として使用できない。一方、パルスレーザー堆積(PLD)法を用いると、III族原料の基板表面でのマイグレーションが促進されるため、成長温度の低減が可能である。また、PLD法による低温成長は後者の相分離反応の問題も同時に解決できる可能性がある。そこで、本研究ではPLD法を用いてZnO基板上にGaNおよびInGaNの結晶成長を行い、界面構造や結晶構造、結晶品質の解析、および成長メカニズムの解明を試みた。

本研究ではPLD法を用いて格子整合ZnO上基板にGaNの結晶成長を行い、構造特性、光学特性の評価を行った。PLD法による低温成長がGaNとZnOの界面反応を抑制し、GaN薄膜表面を原子レベルで平坦化することが分かった。成長温度を室温にまで低減することで、GaN/ZnO界面で極性反転が起こることを見出し、密度汎関数法による第一原理計算によりそのメカニズムを解明することに成功した。

非平衡性の高いPLD法による低温成長が、InGaNの相分離反応を抑制できることを見出し、全組成領域のInGaNのエピタキシャル成長が可能であることが分かった。
室温成長プロセスは無極性面GaNの成長に対しても有効であり、無極性ZnO上にコヒーレント成長させたことGaNは高い結晶性を有することが分かった。