

RF-MBE法による窒化インジウムの結晶成長と その特性評価に関する研究

齋藤 義樹

本論文は、III族窒化物半導体である窒化インジウム(InN)の結晶成長技術とその特性評価に関する研究の成果をまとめたものである。InNは、窒化物半導体の中でも有効質量が一番小さく、電子の飽和ドリフト速度が一番高いことから高速・高周波用の電子デバイス材料として期待されている材料である。しかしながら、解離温度が低いことや格子整合する基板材料がないことからInNの結晶成長は非常に困難であることが知られている。本研究では、InNのヘテロエピタキシャル成長用基板材料として、比較的安価で入手することができ、熱的にも安定であり、窒化処理などの成長前処理技術が確立されているサファイア基板を用いた。そして、InNの成長方法にはRF-MBE法を用いた。InNは解離温度が低いことから、低温成長を行わなければならない。そのため、窒化ガリウム(GaN)の結晶成長において多く用いられているMOVPE法やHVPE法、さらにアンモニアソースMBE法のようなアンモニアをV族源の供給に用いている成長方法においては、成長温度が低温であるためにアンモニアの分解が殆ど起こらない。それ故、それらの成長法においては、膨大なV/III比を供給しなければならない。しかしながらRF-MBE法は、V族源の供給にはRFプラズマを用いていることから低温においても活性化窒素源を供給することが可能であり、窒化インジウムの成長に最も適した方法である。成長に用いたサファイア基板は、InNと約29%の格子ミスマッチがある。その為にInN膜は3次元成長しやすく、電気的特性もGaNよりも劣った特性しか得られなかった。InNの各種特性を改善するためには、表面平坦性を向上させることが重要であると考え、InNの成長温度に着目して平坦な表面を持つInN膜の作成に成功した。その平坦なInN膜をバッファ層として用い、二段階成長することで各種特性が飛躍的に改善された。本論文では、窒化インジウムの結晶成長方法を示すとともに、本検討により得られた高品質InN膜を用いて、InNの物性値や成長メカニズムの解明についても検討した。InNの成長は、基板の極性によって大きく異なることや、InNの有効質量値、バンドギャップエネルギーの評価について詳細に検討を行った。本論文は、InNの高品質化とその応用に対して、学術的・産業的知見を大いに与えるものであると考えられる。