

窒素極性 InN(000-1)薄膜結晶性の MOVPE 成長温度依存性

Dependence of crystallinity of N-face InN (000-1) films on MOVPE growth temperature

○赤坂 哲也¹, M. Schied¹, 熊倉 一英¹ (1. NTT 物性基礎研)○T. Akasaka¹, M. Schied¹, and K. Kumakura¹ (1. NTT Basic Research Labs.)

E-mail: akasaka.tetsuya@lab.ntt.co.jp

【はじめに】InN の窒素の平衡蒸気圧は GaN 等と比較して極めて高いために、InN の結晶成長温度は 600℃未満に抑える必要がある。ところが、Metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE)法による InN 成長では、V 族原料である NH₃ の 600℃未満での分解効率が極めて低く、高品質な結晶を得ることが難しい。ここで、窒素極性(000-1)面は窒素のバックボンドが多いため、In 極性(0001)と比較して窒素が脱離しにくい。すなわち、窒素極性(000-1)面では、InN の成長温度をより高くして結晶性や表面平坦性の向上が期待できる[1]。本研究では、窒素極性 InN(000-1)薄膜を MOVPE 法により GaN バルク基板上に成長した。成長した窒素極性 InN(000-1)薄膜の結晶性や光学特性の成長温度依存性について系統的に検討した結果について報告する。

【実験】窒素極性(000-1)面 GaN バルク基板を用いて InN 薄膜の MOVPE 成長を 300 Torr の反応圧で行った。原料ガスとして、Trimethylindium、Trimethylgallium、および、NH₃ を用いた。まず、水素キャリアガスを用いて約 1020℃で GaN buffer 層を約 200 nm 成長した後、窒素キャリアガスを用いて 567~673℃で約 300nm の厚さの InN を成長した。InN 薄膜の転位密度は、X 線回折の対称および非対称反射ロッキングカーブのピーク幅から Srikant 等と同様な手法[2]で見積もった。また、低温 PL 特性は、He-Cd laser (325nm)を励起源として、測定温度 83 K で評価した。

【結果と考察】InN(000-1)薄膜の螺旋および刃状転位密度の成長温度依存性を図 1 に示した。成長温度によらず、刃状転位密度は 10^{11} cm^{-2} 程と高いが、これは GaN と InN との間の大きな格子定数差(11%)に起因すると思われる。一方、螺旋転位密度は、成長温度が 600℃以下では 10^9 cm^{-2} 程と低い値を示したが、温度上昇と共に増加し、約 640℃以上では 10^{11} cm^{-2} 程になった。試料断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、567℃で成長した InN 薄膜は緻密な構造であったが、659℃で成長した場合、図 2 に示したように疎らな porous 構造となった。詳細なメカニズムは不明だが、このような porous 構造の形成が螺旋転位密度の増加と関係していると思われる。porous 構造は、NH₃ の分解によって生じた原子状水素によるエッチングによるものと報告されている[1]。一方、PL 特性に関しては、成長温度が高い方が良好であった。すなわち、659℃で成長した InN 薄膜からは、0.70eV をピーク位置とする強い PL 発光が見られたが、567℃成長 InN 薄膜からはほとんど発光が観測されなかった(図 3)。以上のことから、成長温度を高くすると、InN 薄膜中に porous 構造が形成されて螺旋転位密度(チルト角)が大きくなるものの、成長に寄与する活性窒素濃度の増大や In 原子の表面拡散の促進等により、光学的観点から評価した結晶性は向上すると考えられる。

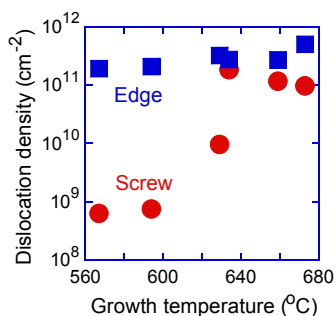
[1] A. Yamamoto et al. J. Cryst. Growth **311** (2009) 4636.[2] V. Srikant et al. J. Appl. Phys. **82** (1997) 4286.

Fig. 1: Dislocation densities of InN films plotted as a function of growth temperature.

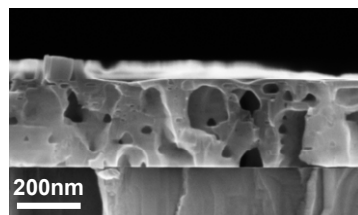


Fig. 2: Cross-sectional SEM image of InN film grown at 659 °C.

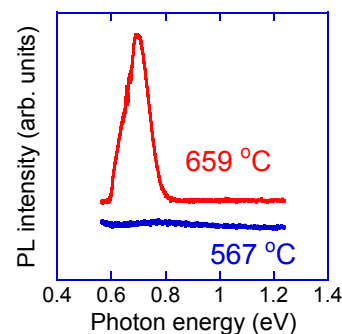


Fig. 3: PL spectra of InN films grown at 567 and 659 °C.