

プラズマダメージ低減 ECR-MBE 法で作製した $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 、及び $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 混晶

薄膜成長における混晶比制御の検討

Examination for control of mixed crystal ratio on growth process of $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ and $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ films by plasma damage-reduced ECR-MBE method

大阪工大・工¹ & 一般²、東工大・物質学院³ ○淀 徳男¹、中川竜磨¹、松下真也¹、藤元章²、原田義之²、吉本護³
Osaka Inst. of Tech., Eng.¹ & Gene.², Tokyo Inst. of Tech.³, T.Yodo¹, R.Nakagawa¹, S.Matsushita¹, A.Fujimoto², Y.Harada²
and M.Yoshimoto³

E-mail: tokuo.yodo@oit.ac.jp

【はじめに】我々は次世代・高機能、かつ安価な一挙両得の多機能光電子デバイスの開発を目指し、電子集積 Si 基板上に GaN・InN・AlN 等の窒化物半導体の高品質薄膜成長のプロセス条件を検討してきた。各単層膜ではそれなりの結晶性を有する薄膜が作製できた。しかしながら、多様でかつ多機能な各種光電子デバイスを実現するためには単層膜だけではなく、これらの混晶系薄膜成長を制御することがより重要となる。例えば、InGaN 混晶系では青色 LED から、In 組成を有する緑色 LED の実現が可能となったが、より In 組成比を増加させた赤色 LED、そして赤外 LED の開発は未だ実現されていない。これには混晶系における不混和現象の制御が関係する。今回、我々は InGaN、及び InAlN 混晶薄膜の結晶成長を行い、特に In リッチ領域での結晶成長プロセスと不混和現象の関係を明らかとし、不混和現象の制御に向けた非平衡成長の可能性について検討を行ったので報告する。

【実験方法と結果】我々はプラズマダメージ低減 ECR プラズマ MBE 装置を用いて、p-Si (111) 基板を成長直前に 900°C、20~150 分間アニールを行い、300°C で GaN バッファ層 10nm、引き続き、480~650°C で InGaN 薄膜 ($P_{\text{In}}=P_{\text{Ga}}=1 \times 10^{-5}$ Pa) を 120 分間成長させた。用いた窒素プラズマは窒素流量 5.4 sccm、357nm と 391nm の窒素プラズマ発光強度をそれぞれ 500 と 130 (任意強度) 一定とした。図 1 は上記の条件下で成長した InGaN 薄膜の θ -2 θ の X 線回折を示している。典型的には 33 度付近一定と 33.5 度~34.5 度まで変化する 2 種類の回折ピークが主体であった。成長条件から予想される Ga/In 混晶比のピーク位置は 2 θ =33.15 度と予想され、低角度側回折ピークの 2 θ 値に近いが、Ga 組成を変えても位置は変化せず、Ga 量に関係なく Ga の存在によって生じる不混和混晶 $\text{In}_{0.57-0.53}\text{Ga}_{0.43-0.47}\text{N}$ と考えられる。これに対し、矢印で示した高角度側回折ピークは Ga 組成比により変化することから、制御可能な InGaN 混晶である。図 2 は図 1 の回折ピーク値から算出した Ga 組成比の成長温度依存性を示している。成長温度の増加と共に In の取り込み効率が低下し、650°C でほぼ InN はなくなり、GaN のみとなる。これは GaN と InN の最適な成長温度が大きく異なることに起因しており、混晶薄膜作製上の大きな問題点とされている。また、図中の口印は窒素プラズマ強度のみを 760~230 と約 1.5 倍増大させた条件下で作製した InGaN で、不混和混晶と重なった単一の回折ピークしか観測されなかった。このように V/III 比によって Ga 混晶比の取り込み効率が影響を受ける。当日は InGaN だけでなく、InAlN についても報告する予定である。

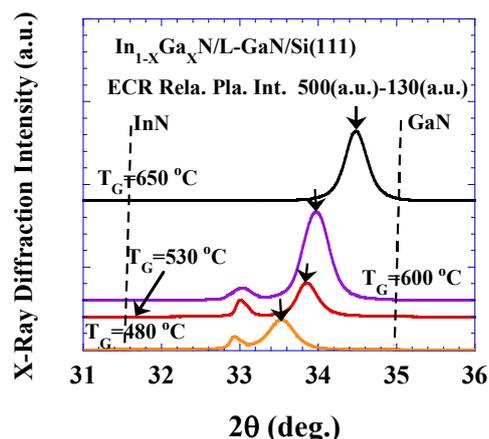


図1 各成長温度で作製した InGaN 混晶薄膜の θ -2 θ の X 線回折スペクトル

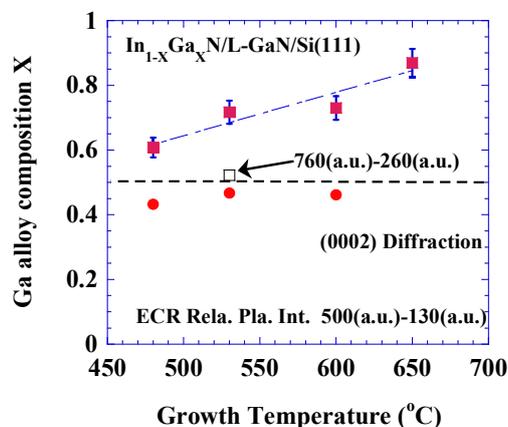


図2 図1の2つの回折ピークの2 θ 値から算出された Ga 組成比 X の成長温度依存性