

InN 加圧 MOVPE 成長における立方晶混入メカニズム

Incorporation Mechanism of c-InN in h-InN

Grown by Pressurized-Reactor MOVPE

九大応研¹, 九大院工², 東北大金研³○ 寒川義裕^{1,2}, 濱田達郎², 木村健司³, 片山竜二³, 松岡隆志³, 柿本浩一^{1,2}RIAM, Kyushu Univ.¹, Kyushu Univ.², IMR, Tohoku Univ.³○ Y. Kangawa^{1,2}, T. Hamada², T. Kimura³, R. Katayama³, T. Matsuoka³, K. Kakimoto^{1,2}

E-mail: kangawa@riam.kyushu-u.ac.jp

高 In 組成 InGaN は緑-赤色 LED 用材料として注目されている. しかし, In 組成が高くなるにつれ材料の分解温度が低下し結晶品質が劣化することが知られている. 高 In 組成 InGaN を高温成長させる技術として加圧 MOVPE 成長が検討されている. 加圧 MOVPE 成長では, 反応管内の圧力上昇により InN の分解が抑制され高温成長が可能になると期待される. 最近の研究により¹⁾, 六方晶 InN (h-InN) 中に立方晶 InN (c-InN) が混入する成長条件が存在することが報告されている. 本研究では, 加圧 MOVPE 成長において h-InN 中に c-InN が混入するメカニズムおよび成長条件を第一原理計算に基づく理論解析手法²⁾を用いて考察する.

InN(000 $\bar{1}$)加圧 MOVPE 成長により, 次の知見が得られている¹⁾; (A) (000 $\bar{1}$)面の 2 次元成長および(1 $\bar{1}$ 00)ファセット面を持つ六角柱状の島状成長が起こるときに h-InN が形成され, (B) (1 $\bar{1}$ 1)ファセット面からなる三角錐台状の島状成長が起こるときに c-InN が混入する. すなわち, 成長中に出現する成長面の方位 (成長モード) が c-InN の混入に関係していると考えられる. この報告を踏まえ, 本研究では成長条件 (温度, 圧力) と各ファセット面の相対的安定性について理論検討を行った. 具体的には, 成長条件とファセット面上で安定な再構成構造との相関 (各面の表面構造状態図) を解析し, 成長モードの考察を行った.

(1 $\bar{1}$ 00), (1 $\bar{1}$ 1)ファセット面における再構成構造の遷移境界をそれぞれ実線 (領域 I-II の境界線) および破線 (領域 II-III の境界線) で示す (図 1). 図中の六角形, 四角形はそれぞれ h-InN および c-InN が出現する成長条件である. 図から, (1 $\bar{1}$ 00)において, In-poor 表面 (4NH₂+4NH 構造) から In-rich 表面 (In monolayer 構造) へと遷移する境界 (領域 I-II の境界) が, 実験による h-InN / c-InN の相境界と良い一致を示すことがわかる. 領域 I では(000 $\bar{1}$)表面の In 被覆率が相対的に高く, 領域 II, III では(1 $\bar{1}$ 00)および(1 $\bar{1}$ 1)ファセット面の In 被覆率が相対的に高くなっている. In 被覆率が相対的に高い面は In の付着係数 (面間拡散) が抑えられ成長が遅くなると考えられる. すなわち, 領域 I では(000 $\bar{1}$)表面が, 領域 II, III ではファセット面が成長中に安定に存在する. ただし, 領域 II, III では(1 $\bar{1}$ 00)と(1 $\bar{1}$ 1)ファセット面は確率的に出現し, 低温・高 In 分圧ほど(1 $\bar{1}$ 1)の出現確率が高くなる. 以上より, 成長表面の再構成構造の遷移に伴い 2 次元成長モード (高温, 低 In 分圧) から(1 $\bar{1}$ 00), (1 $\bar{1}$ 1)ファセット面成長 (島状成長) モード (低温, 高 In 分圧) へと成長モードが徐々に変化し, c-InN が確率的に混入することが示唆された.

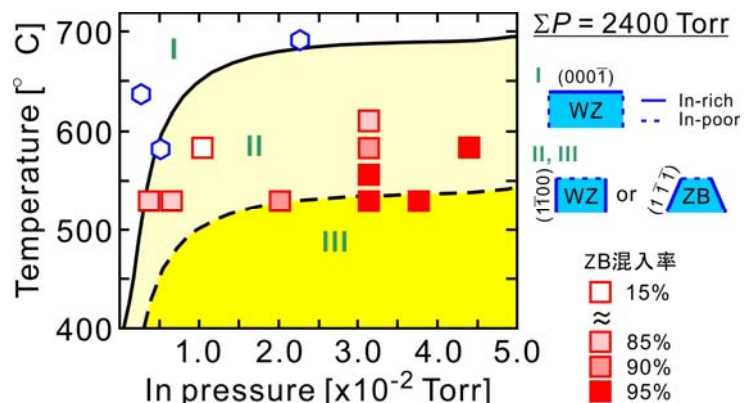


図 1 InN 加圧 MOVPE 成長における表面構造状態図. 六角形, 四角形はそれぞれ h-InN, c-InN の出現条件.

参考文献

1) T. Kimura et al., Phys. Stat. Sol. C **9**, (2012) 654., 2) Y. Kangawa et al., Surf. Sci. **493**, (2001) 178.