

窒化物四元混晶 AlGaInN の MOVPE 成長における InN モル分率の制御

Control of InN Mole Fraction in MOVPE Growth of AlGaInN

名大院工¹, 名大 IMASS², 名大 D センター³, 名大 IAR⁴○山田 悠斗¹, 隈部 岳瑠¹, 渡邊 浩崇², 新田 州吾², 本田 善央^{2,3,4}, 天野 浩^{2,3,4}{Grad. Sch. Eng.¹, IMASS², D Center³, IAR⁴} Nagoya Univ.○Yuto Yamada¹, Takeru Kumabe¹, Hirotaka Watanabe², Shugo Nitta²,Yoshio Honda^{2,3,4}, and Hiroshi Amano^{2,3,4}E-mail: yamada.yuto.i0@s.mail.nagoya-u.ac.jp

[背景・目的] 窒化物四元混晶 AlGaInN は, AlN モル分率(以下, Al 組成)及び InN モル分率(以下, In 組成)を独立に制御することで, バンドギャップ, 分極, 格子定数等の物性値を自在に変化させることができ, 様々な光・電子デバイスへの応用が期待されている. 特に, GaN に格子整合させたまま, 他の物性値を変化させる組成の実現が可能であり, 三元混晶において問題となる臨界膜厚による構造の制約を受けない. しかしながら, AlN, GaN, InN のそれぞれについて, 成長温度をはじめとした最適な結晶成長条件は大きく異なる. そのため, 高品質な結晶の実現はもちろん, 組成の制御に関しても, 複雑な結晶成長条件から選択する必要がある. 特に, 原料気相比のみならず, 成長温度等にも敏感な In 組成の制御は課題である[1]. 我々は, トリメチルアルミニウム(TMA)のⅢ族気相比と固相中への In の取り込みに着目し, 組成変化の傾向を得た[2]. 結果, In 組成は, 成長温度に加え, Al 組成・成長レートに強い影響を受けることが示唆された. そこで本研究では, 厳密な組成制御を目的として, 成長レートを変化させた時の組成変化に着目し, より詳細な影響を検討したので報告する.

[実験方法] MOVPE 法を用いて, c面サファイア基板上に UID-GaN 及び AlGaInN を成長させた. AlGaInN において, 750–845 °Cの各成長温度に対し, ①TMA 気相比(10–50 %)②総Ⅲ族原料供給量(各原料気相比: 一定, TMA 気相比: 50 %)を変更することで, 成長レートを変化させた. このとき, NH₃ 供給量, 成長圧力(440 hPa)は一定である. ラザフォード後方散乱分光法(RBS), 及びエネルギー分散型 X 線分光法(EDX)により組成, X 線回折による ω -2 θ スキャンから膜厚を評価した.

[実験結果と考察] Fig. 1 に示すように, 総Ⅲ族原料供給量の増加に従って, 2.5 nm/min から 15.8 nm/min へと成長レートが上昇した(成長温度: 810 °C). Fig. 2 に総Ⅲ族原料供給量を変化させたときの成長レートに対する In 組成依存性を示す. 750–810 °Cで成長させた全サンプルについて, 成長レートの上昇に伴い, In 組成が増加する傾向が得られた. この傾向は, InGaN と同様であり, 成長レートの上昇に伴い, In の脱離前に固相に取り込まれる効果が顕著になることに起因すると考えられる[3]. さらに, 15.8 nm/min の高成長レート領域において, 750, 775 °Cで成長させた両サンプルの In 組成は漸近し, これらは下地である GaN に格子整合する組成(Al:50 %, In:12 %)に近かった. これは, AlGaInN と GaN の間の a 軸格子定数差に起因する歪みエネルギーを緩和するように In 組成が変化している可能性を示唆している. 750 °Cで成長させたサンプルの成長レートに対する In 組成増加の割合は, 他の成長温度のサンプル(775, 810 °C)に比べ小さく, このことから, 組成に対する歪みエネルギーの影響が示唆される. よって, これらの成長レート及び歪みエネルギーが In 組成に与える影響についての検討は, AlGaInN の組成制御に向けた重要な指針となる.

[謝辞] 本研究は, 科研費 23K26559 の助成を受けたものである.

[参考文献] [1] B. Reuters *et al.*, J. Electron. Mater. 42, 5, 826 (2013). [2] Y. Yamada *et al.*, ICMOVPE2024 abstract, PS-1.7, 36 (2024). [3] S. Keller *et al.*, Appl. Phys. Lett. 68 (22), 27 (1996).

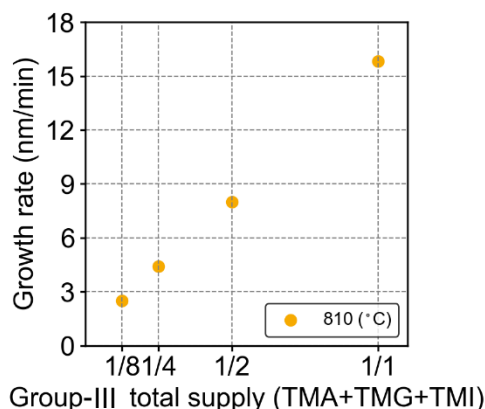


Fig. 1 Growth rate and group-III total supply ((TMA/(TMA+TMG+TMI):50 %)

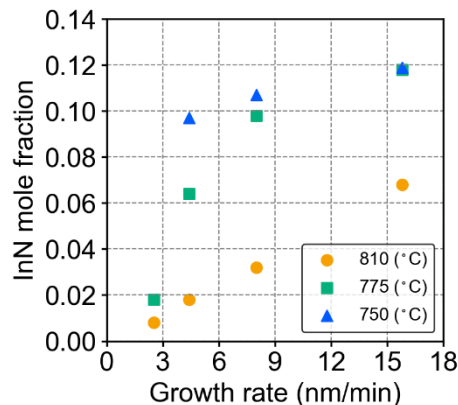


Fig. 2 InN mole fraction and growth rate ((TMA/(TMA+TMG+TMI):50 %)