

MOVPE 成長 m 面 AlInN/GaN ヘテロ構造における特異構造(2)Singular structures in m -plane AlInN/GaN heterostructures grown by MOVPE (2)九大院工¹, 九大応力研², 名大未来研³, 東北大多元研⁴○稲富悠也¹, 草場 彰¹, 柿本浩一^{1,2}, 寒川義裕^{1,2,3}, 小島一信⁴, 秩父重英^{4,3}Kyushu Univ.¹, RIAM, Kyushu Univ.², ImaSS, Nagoya Univ.³, IMRAM, Tohoku Univ.⁴,○Y. Inatomi¹, A. Kusaba¹, K. Kakimoto^{1,2}, Y. Kangawa^{1,2,3}, K. Kojima⁴, S. F. Chichibu^{4,3}

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

医療、殺菌、浄水などへの応用を目的として深紫外固体光源の開発が盛んに行われている。AlInN 混晶の禁制帯幅波長は赤外から深紫外をカバーし、且つ In 原子の偏析による励起子局在効果が期待できることから深紫外発光素子の材料候補として注目されている。秩父ら[1, 2]は、歪量子井戸での圧電分極電場の影響を回避できること、偏光特性を期待できることなどの理由から、 m 面 GaN 基板上 AlInN エピタキシャル薄膜の成長および光学物性、微細構造などの測定・評価を行っている。本研究では、同結晶中に観察された特異構造の形成メカニズムを解明することを目的として理論解析を行った。

低転位密度 m 面自立 GaN 基板上に MOVPE 成長させた AlInN 薄膜中に、(I)厚さ約 50 nm の疑似格子整合領域、(III)InN モル分率の異なるナノボンド形成領域および(II)その遷移領域が観察されている[1, 2]。また、領域(I)中に In-rich な c 面 (青色▽) と Al-rich な c 面 (赤色▽) が[0001]方向に交互に並ぶ特異的な自然超格子構造が形成されることが報告されている (Fig. 1(a)参照) [3]。この特異構造は、成長中に In の表面偏析が起こること (Al が表面下第 1 層を占有すること) により形成され则认为られる。第一原理計算により Al 原子と In 原子の配列の仕方に依るエネルギー変化を求め、ボルツマン分布則に従って長範囲規則度を解析したところ、成長温度 (630~870 °C) においても優位な規則度が見出された (Fig. 1(b)参照)。一方、Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDS) 分析により (I)、(II)、(III)それぞれの領域の InN モル分率が 0.29~0.30、0.38~0.40、0.39~0.42 と求められている[3]。基板からの格子拘束を考慮した熱力学解析により、一般的な成長温度 650 °C では GaN 基板上の疑似格子整合領域で $x \sim 0.30$ 、格子緩和したバルク状態では $x \sim 0.67$ と予測されており (Fig. 1(c)参照)、実験的に見出された「組成引込現象」を良く再現している。以上のように、 m 面 AlInN/GaN ヘテロエピタキシャル薄膜中に観察された特異構造、すなわち自然超格子および組成変調構造の形成モデルを構築した。

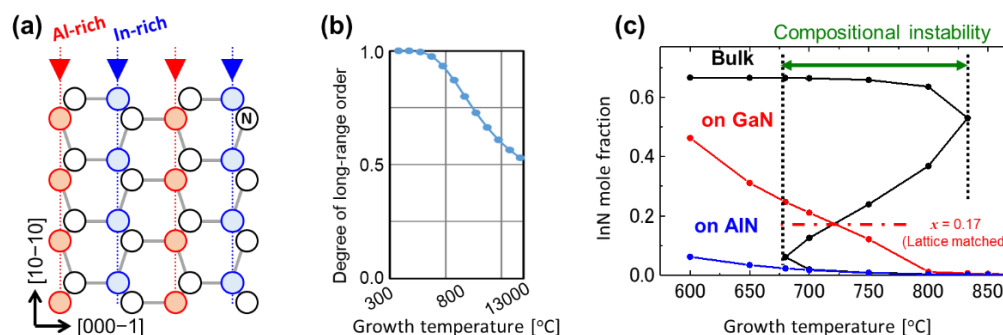


Fig. 1 (a) Schematic of atomic ordering, (b) degree of long-range order and (c) InN mole fraction as a function of growth temperature.

【謝辞】 この研究は「物質・デバイス領域共同研究拠点」の次世代若手共同研究プログラムおよび KAKENHI JP16H06418、JP16H06427 による助成を受けたものです。

【参考文献】 [1] S. F. Chichibu et al., *J. Appl. Phys.* **116**, 213501 (2014). [2] S. F. Chichibu et al., *Adv. Mater.* **29** 1603644 (2017) [3] S. F. Chichibu et al., *E-MRS 2017 Fall Meeting*, P10.2 (Invited).