

自由エネルギー表式を用いた GaN(0001)基板上における InGaN 薄膜の成長様式に関する理論的解析

Theoretical investigations for growth modes of InGaN thin films on GaN(0001) substrate

三重大院工, °永井勝也, 秋山亨, アブドルムイツブラディプト, 中村浩次, 伊藤智徳

Mie Univ., °K. Nagai, T. Akiyama, A.-M. Pradipto, K. Nakamura, and T. Ito

E-mail: 419M613@m.mie-u.ac.jp

はじめに III 族窒化物半導体およびその混晶は、III 族元素の組成比の変化に伴いバンドギャップを 0.7~6.2 eV の領域において変化させることができ、赤外から可視光、深紫外における領域の発光波長をカバーすることができるため、光デバイスへの応用が期待されている。特に、量子ドット(QD)を用いた高効率な発光デバイス開発が注目を浴びており、分子線エピタキシー(MBE)法を用いて自己組織的に 3 次元島を形成させる方法では、GaN(0001)基板上に InN および InGaN を成長させるとぬれ層を形成した後に 3 次元島が形成される Stranski-Krastanow(SK)成長が報告されている[1-3]。これまでに我々は、AlN 基板上における GaN および AlGaN 薄膜において{1103}ファセットから成る六角錐台型の 3 次元島の形成に注目し、その成長様式について自由エネルギー表式を用いて表面エネルギーと成長様式の関係性を明らかにした[4,5]。本研究では、GaN(0001)基板上における InN および InGaN 薄膜の成長様式を自由エネルギーを用いて評価し、成長条件と成長様式との関係性を議論する。

結果および考察 Fig. 1 は自由エネルギー表式[6]から得られた GaN 基板上の InN 薄膜における 2 次元転位成長(2D-MD)および MBE 成長における 3 次元島の密度およびサイズ[7]を仮定した場合での 3 次元島成長(3D-coherent)との境界を、InN(0001)の表面エネルギー γ_{0001} および{1103}ファセットの表面エネルギー γ_{1103} と γ_{0001} との比 $\kappa = \gamma_{1103}/\gamma_{0001}$ の関数として表したものである。この図から、 $\kappa > 1$ の時、つまり InN(0001)の表面エネルギーより InN(1103)の表面エネルギーが高い場合において 2D-MD の方が有利であるのに対して、InN(0001)の表面エネルギーより InN(1103)の表面エネルギーが低い場合では 3D-coherent の方が有利であることがわかる。また In 過剰(In-rich)条件においては 2D-MD が進行することが分かる。この結果は Ng らによる報告[1]とも定性的に一致しており、(0001)面とファセットとの相対的安定性に依存して成長様式が変化することが示唆される。講演では、InGaN 薄膜の成長様式についても議論する。

参考文献 [1] Y. F. Ng *et al.*, Appl. Phys. Lett. **81**, 3960 (2002). [2] S. Ploch *et al.*, Phys. Status. Solidi C **6**, 574 (2009). [3] C. Adelmann *et al.*, Appl. Phys. Lett. **76**, 1570 (2000). [4] S. Tsumuki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SC1009 (2019). [4] 積木 他、第 66 回応用物理学会春季学術講演会 11a-PB4-6 (2019). [6] K. Shiraishi *et al.*, J. Cryst. Growth **237**, 206 (2002). [7] Y. G. Cao *et al.*, Phys. Rev. B **68**, 161304 (2003).

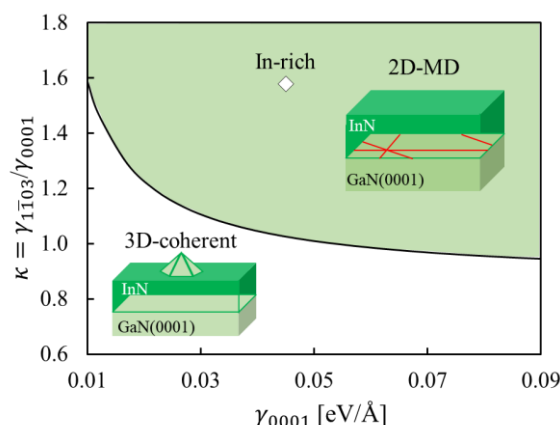


Fig. 1. Calculated growth mode boundary between 2D-MD and 3D-coherent as functions of γ_{0001} and κ . Diamond corresponds to surface energies of InN under In-rich condition. Schematics of 2D-MD and 3D-SK are also shown.