

OVPE法による高速厚膜GaN結晶成長

High growth-rate and thick GaN growth by oxide vapor phase epitaxy method
 阪大院工¹, パナソニック(株)², 阪大レーザー研³, 伊藤忠プラスチックス(株)⁴, (株)創晶應心⁵

○宇佐美茂佳¹, 清水歩¹, 今西正幸¹, 滝野淳一², 隅智亮², 岡山芳央², 丸山美帆子¹, 吉村政志³,
 秦雅彦⁴, 伊勢村雅士⁵, 森勇介¹

Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.¹, Panasonic Corporation², ILE, Osaka Univ.³, Itochu Plastics Inc.⁴,
 Soshu-Ohshin Inc.⁵, ○S. Usami¹, A. Shimizu¹, M. Imanishi¹, J. Takino², T. Sumi², Y. Okayama²,
 M. Maruyama¹, M. Yoshimura³, M. Hata⁴, M. Isemura⁵, and Y. Mori¹
 E-mail: usami@eei.eng.osaka-u.ac.jp

【背景】Ga₂OをGa源として用いるOxide Vapor Phase Epitaxy (OVPE) 法では、高Ga₂O分圧下において多結晶を生じやすく、高速成長レートでの厚膜を得られない課題があった。これまで我々は多結晶の要因として、気相中で生成する結晶核に着目し、成長温度の高温化によって~200 μm/hの高速成長を達成してきた[1]。しかしながら、高温化のみでは経時的な多結晶生成を完全に抑制できず、0.5 mm厚以上の単結晶を得ることは困難であった。そこで、本研究では多結晶を根絶すべく、さらなる気相核発生の抑制が可能な成長ウィンドウを熱力学計算より推定し、実機へ適用することで高速成長レートでの厚膜結晶成長の実証を試みた。

【実験】まず、核生成はGa₂Oの過飽和比 (Ga₂Oの供給分圧/平衡分圧 (PoGa₂O / PeGa₂O)) を低くすることで抑制可能であるため[2]、成長駆動力である過飽和量 (PoGa₂O - PeGa₂O) を保ちつつ低過飽和比となる成長ウィンドウを探索した。計算は高温の1300℃雰囲気において、H₂分圧を0.4 atm固定とし、Ga₂O分圧およびNH₃分圧を変化させて過飽和比および過飽和量を算出した。次に、熱力学計算より導き出された成長領域を実際の育成炉に適用し、多結晶生成を抑制して厚膜成長が可能となるかを検証した。育成結晶の多結晶量は点在する多結晶が基板を覆う面積割合をSEM観察から評価し、結晶品質はXRC半値幅より評価した。

【結果と考察】Fig. 1に熱力学計算より求めた過飽和比および過飽和量のカラーマップを示す。Fig. 1より、低過飽和比と高過飽和量を両立するためにはNH₃分圧を減少させ、Ga₂O分圧を上昇させればよいことがわかる (図中A点からB点への移行)。この結果をもとに実機において成長ウィンドウを探索したところ、従来条件からNH₃分圧を1/10以下に下げ、Ga₂O分圧約2倍上昇させた極端に過飽和比の低い領域 (超低核生成頻度条件) において多結晶を抑制しつつ、~200 μm/hで高速成長が可能な領域が存在した。導き出された超低核生成頻度条件と従来条件の成長時間に対する多結晶量および成長膜厚の比較をFig. 2に示す。超低核生成頻度条件において多結晶を抑制しつつ厚膜成長可能であることが示され、最大膜厚809 μmかつほぼ多結晶フリーのGaN結晶を得ることに成功した。現在の最大成長膜厚は装置のGa供給能力に律速されており、装置原料部の改良でさらなる厚膜成長も可能である。また、002回折のXRC半値幅は93 arcsecと種基板と同程度の結晶品質を維持していた。本条件においても微量の多結晶が観察されたが、種基板とOVPE層界面から発生した貫通大ピットや炉内飛来物が原因と考えられ、初期条件や装置構造の最適化によって多結晶ゼロも達成可能と考えられる。ゆえに、本研究から導き出された超低核生成頻度条件は、OVPE法において高速厚膜成長を達成可能とする成長領域と言える。

【参考文献】[1] 清水歩 他, 第82回秋季応物, 11a-N101-8 (2021). [2] J. Takino *et al.* JJAP 58, SC1043 (2019).

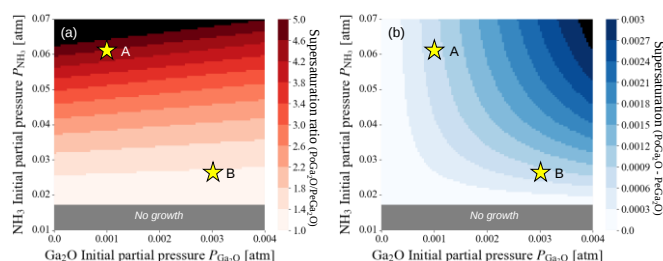


Figure 1. The colormap of (a) supersaturation ratio and (b) degree of supersaturation. H₂ partial pressure and growth temperature are 0.4 atm and 1300°C, respectively.

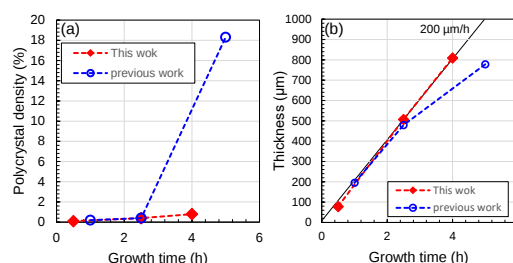


Figure 2. Dependence of (a) polycrystal density and (b) thickness on growth time. Red and blue dotted line denote the ultra-low supersaturation ratio and previous work, respectively.

【謝辞】本研究は環境省「GaN技術による脱炭素社会・ライフスタイル先導イノベーション事業」の委託および、JSPS 科研費 (基盤研究A) JP20H00352の助成を受け実施された。