

デジタル混晶 SMART (InN)₁/(GaN)₄ の低 NH₃ 分圧 MOVPE プロセス

Digital Alloy SMART (InN)₁/(GaN)₄ Grown by Low NH₃ Partial Pressure MOVPE

千葉大 C-SGIR¹, 工学院大² ○草部 一秀¹, 吉川 明彦^{1,2}

C-SGIR, Chiba University¹, and Kogakuin University² ○K. Kusakabe¹ and A. Yoshikawa^{1,2}

E-mail: kusakabe@faculty.chiba-u.jp

【はじめに】 InGaN系混晶のMOVPE成長には、高V/III比($\sim 10^4$)および高い反応炉圧が好適とされ、NH₃分圧増大がInN分解・脱離を抑制するためと平衡論から理解される。ところが、我々が提案している(InN)_m/(GaN)_nデジタル混晶(SMART)^[1]のMOVPEプロセスでは、その常識的概念は覆され「低いNH₃分圧」もプロセス条件に適用されうる。これは、SMARTプロセスでは成長表面に特異な強い吸着を利用するために、「吸着・脱離・結晶化の表面非平衡ダイナミクス」の影響が顕著に反映されることに起因している。

本研究では、低NH₃分圧下成長表面での1分子層(ML)InNのMOVPEプロセスの理解を目的とし、分光エリプソメトリ(SE)による“その場”観察から(InN)₁/(GaN)₄の成長表面ダイナミクスについて議論する。

【実験・結果】試料の成長・表面観察はMOVPE独自反応炉(2"-GaN成長効率=3400 μm/mol)で行った。SMART (InN)₁/(GaN)₄成長時にはFig.1(a)に示す成長シーケンスを用い、基板温度770 °C・N₂雰囲気・最少NH₃流量一定の下、反応炉全圧を減圧化することでNH₃分圧(P_{NH3})を低減させた。Fig.1(b)にはP_{NH3}を変化させた際の(InN)₁/(GaN)₄成長表面状態を、擬誘電関数虚部の変化量($\Delta\epsilon_2$)でプロットしているが、P_{NH3}減少に伴う $\Delta\epsilon_2$ 増大、すなわち正味のInN堆積厚が増大されていることが明瞭に示されている。この現象の物理描像には、第1に「表面In-N bond分解反応およびIn脱離の抑制」によるもので、NH₃によるIn-N分解のないMBEで見出されている自己飽和層厚InN= 2 ML ($\Delta\epsilon_2 = 1.6$)に近い表面ダイナミクスが期待通り現れたと考えられる。さらに第2に、反応炉全圧の低減がガスフローに影響したことも考えられる。気相中の原料輸送を妨げる「TMIn:NH₃アダクトの重合反応が抑制」され、InN成長効率が増加したこと、もしくは、境界層形状が変わり、「淀み層での原料拡散が促進」されたことが挙げられる。このように、低NH₃分圧(低V/III比・減圧)下でも、InGaN-MOVPEプロセスの好適条件窓が存在することが示唆される。

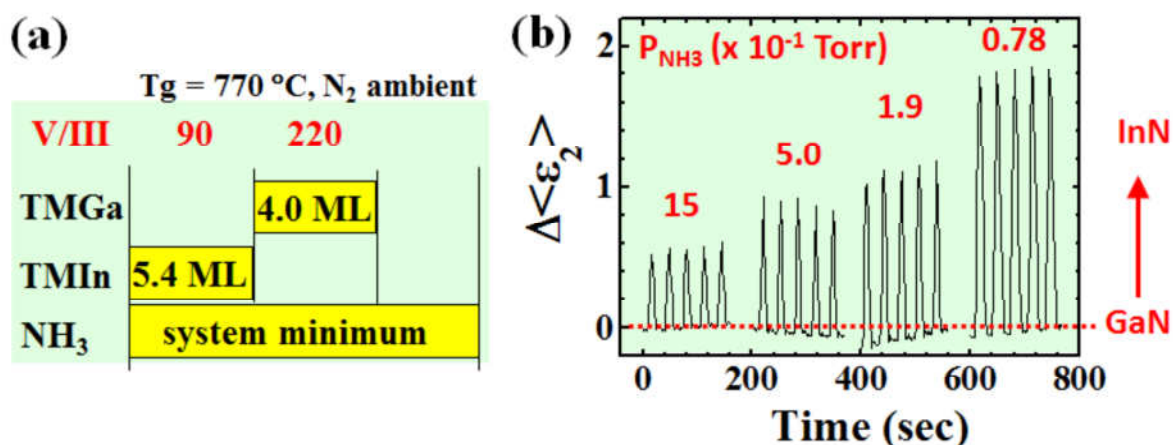


Fig.1 SMART (InN)₁/(GaN)₄ MOVPE 成長における (a) 原料供給シーケンス、および (b) 正味の InN 堆積厚に対応する擬誘電関数虚部の変化量($\Delta\epsilon_2$)の時間推移を示す。SE 分光波長は $\lambda=381$ nm である。

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤(A) (23246056)および JST-ALCA の援助を受けた。

[1] K. Kusakabe and A. Yoshikawa, Proc. SPIE **8986**, 89861B-(1-10) (2014).