

## III 族極性 InN の MOVPE 成長における結晶成長相図

## The crystal phase diagram in MOVPE growth of III-group-polar InN

NTT 物性研 <sup>○</sup>山下 雄大, <sup>†</sup>熊倉 一英, 平間 一行, 谷保 芳孝NTT BRL, <sup>○</sup>Yudai Yamashita, Kazuhide Kumakura, Kazuyuki Hiram, Yoshitaka Taniyasu

E-mail: yudai.yamashita@ntt.com

**【研究背景】** 窒化インジウム(InN)は  $14000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  と非常に高い理論電子移動度を有し、GaN と混晶化することで太陽光吸収に適したバンドギャップ(0.65 – 3.4 eV)に調整が可能であることから、次世代の高速電子デバイスや太陽光エネルギー変換デバイスへの応用を期待している[1,2]。しかし、InN の MOVPE 成長では高い窒素蒸気圧による InN の分解や In ドロップレットの形成等の問題があり[3]、一般的な成長圧力(減圧-大気圧)の MOVPE 成長では In ドロップレットのない InN 薄膜を形成可能な温度領域が限られている。本研究では、広い成長圧力範囲(減圧-加圧)で成長温度が InN 薄膜の結晶構造・表面状態に及ぼす影響を系統的に調査し、InN の MOVPE 成長における結晶成長相図を作成した。

**【実験】** MOVPE 法により  $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$  基板の上に GaN を形成した後、InN(0001)をエピタキシャル成長した。InN 成長時の圧力( $P$ )は 600 – 1500 hPa、基板温度( $T_G$ )は 380 – 565 °C とし、原料に  $\text{NH}_3$ , TMIIn を用いた(供給 V/III 比 = 8900)。X 線回折測定および光学顕微鏡観察により結晶性を評価した。

**【結果・考察】** 温度と圧力の成長相図を Fig. 1 に示す。 $P = 600 \text{ hPa}$  では  $T_G = 450 - 500 \text{ °C}$  の温度範囲においてのみ In ドロップレットのないウルツ鉱(WZ)構造の InN 薄膜が得られた。成長温度 500 °C 以上では窒素の脱離による InN の分解、440 °C 以下では In の未窒化が In 析出の原因と考えられる。440 °C 以下では、閃亜鉛鉱(ZB)構造の InN も形成していることが分かった。一方 1500 hPa では、 $T_G = 410 - 500 \text{ °C}$  の温度範囲で In ドロップレットのない WZ-InN 薄膜が成長しており、加圧によって、より低温で WZ-InN 薄膜の成長が可能となった。低温で ZB-InN や In ドロップレットの形成を抑制できたのは、実効的な V/III 比が、減圧時よりも N-rich になったため

であると予想される。先行研究では GaN 成長時、TMGa が  $\text{NH}_3$  活性化の触媒として機能することが報告されており[3]、InN の成長においても TMIIn が同様の役割を果たしている可能性が高い。したがって、TMIIn や  $\text{NH}_3$  の分圧増加により、TMIIn の触媒機能や  $\text{NH}_3$  分子自身の衝突頻度が増強され、特に  $\text{NH}_3$  が活性化しづらい成長温度が低い領域において、これらの  $\text{NH}_3$  活性化効果が顕在化したと考えられる。今後は、本研究で示した相図を指針とし、InN および高 In 組成  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  成長の高度化が期待される。

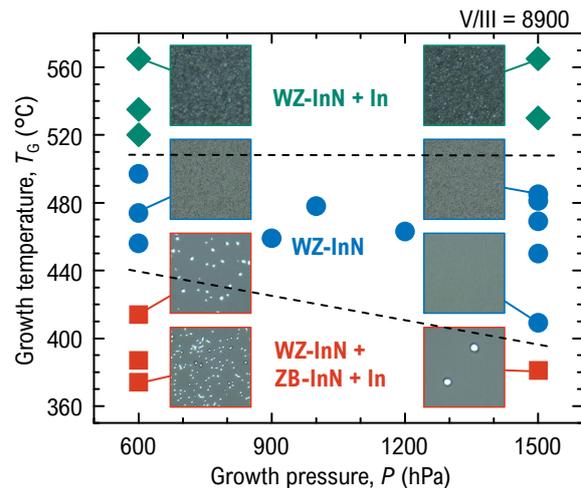


Fig. 1  $T_G$  and  $P$  dependence on growth phase of MOVPE-grown InN. Optical microscope images are also shown.

<sup>†</sup>現所属:北大量集セ, Current address: RCIQE, Hokkaido Univ

[1] J. Wu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **80**, 3967–3969 (2002). [2] V. M. Polyakov and F. Schwierz, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 032101 (2006). [3] T. Matsuoka, *Int. J. Optomechatronics* **9**, 1–8 (2015). [4] D. Yahara *et al.*, *The 69<sup>th</sup> JSAP Fall meeting*, 25p-E203-15 (2022).