

## RF-MBE 法を用いた Metal-rich 条件下での InAlN の成長

### Growth of InAlN using Radio frequency-molecular beam epitaxy

立命館大理工 ○ (M1) 黒田 古都美、毛利 真一郎、荒木 努、名西 憶之

Ritsumeikan Univ., ○ K. Kuroda, S. Mouri, T. Araki, Y. Nanishi

E-mail: re0057sf@ed.ritsumei.ac.jp

#### 【はじめに】

$\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  は、 $\text{InN}$  の本来のバンドギャップが約 0.65 eV であることが明らかにされたことにより、バンドギャップエネルギーを約 0.65 eV~6.2 eV の非常に幅広い範囲で制御できる大変魅力的な混晶半導体として注目されている。さらに  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  上に格子整合する形でヘテロ構造を作製することが可能であるなどの特徴も有している。こうした理由から  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  はさまざまな光・電子デバイスへの応用が期待されている。しかしながら、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  はこのような魅力的な特徴を持つ一方で、 $\text{InN}$  と  $\text{AlN}$  の最適成長条件が大きく異なるため、高品質な膜を成長させることは困難である。そのため、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  に関する研究報告、特に高 In 組成の  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  に関する報告例は少ない[1-3]。我々はこれまで、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  と同様に高品質な結晶成長が難しい  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  に対して、RF-MBE 法による  $\text{InN}$  成長において開発した DERI 法を応用し、Metal-rich 条件下での Ga、In の取り込まれやすさの違いを利用して、窒素プラズマパワー変化による  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  組成制御を実現してきた[4]。そこで本研究では、 $\text{InAlN}$  混晶成長への DERI 法の適用を目的とし、今回は、Metal-rich 条件下での  $\text{InAlN}$  成長について、窒素プラズマパワーを変化させて、混晶組成や結晶性への影響を検討した。

#### 【実験と結果】

RF-MBE 法を用いて、MOCVD 成長 (0001)  $\text{GaN}$ /サファイアテンプレート基板に  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  成長を 1 時間行った。基板温度は 450°C、In セル温度、Al セル温度はそれぞれ 800°C、1000°C と固定し、窒素プラズマパワーを 100~600 W まで変化させ、Metal-rich 条件下での  $\text{InAlN}$  成長を行った。各試料の混晶組成は XRD の  $\omega$ -2 $\theta$  スキャンの結果から見積もった。

Fig. 1 に各  $\text{InAlN}$  薄膜の XRD  $\omega$ -2 $\theta$  スキャン測定の結果を示す。窒素プラズマパワーを 100W から 300W まで増加させることで、 $\text{InAlN}$  の In 組成が 2%、約 23%、約 38%と増加していることがわかる。また今回、Metal-rich 成長後の窒素プラズマ照射によるドロップレット除去プロセスは行っていないため、In メタルからのピークが全ての試料において観察されている。このことは、 $\text{InGaN}$  成長時と同様に、Metal-rich 条件下において In よりも Al が優先的に  $\text{InAlN}$  成長に取り込まれ、余剰の In が成長表面に残っていると考えられる。この余剰 In に対して DERI 法を適用することで、厚膜の  $\text{InAlN}$  成長や  $\text{InAlN}/\text{InN}$  ヘテロ構造の形成が期待できる。

一方、窒素プラズマパワーを 400 W 以上に増加させた場合、 $\text{In}_{0.4}\text{Al}_{0.6}\text{N}$  よりも高 In 組成の  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  は成長せず、相分離を起こしていることが確認された。その他の評価結果の詳細、成長条件最適化の結果については当日報告する。

#### 【参考文献】

- [1] S. Yamaguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **76**, (2000) 876.
- [2] M. Higashiwaki *et al.*, J. Cryst. Growth. **251**, (2003) 494.
- [3] W. Terashima, S.B. Che, Y. Ishitani, and A. Yoshikawa, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, L539 (2006).
- [4] T. Yamaguchi, Y. Nanishi, Phys. Stat. Sol. A **207** (2010), 19.

【謝辞】 謝辞：本研究の一部は、科研費#16H03860, #16H06415, #15H03559 の助成を受けて行われた。

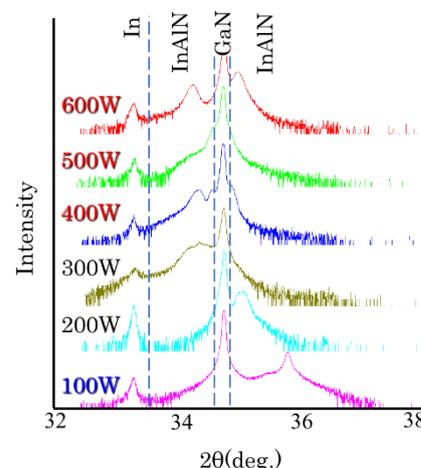


Figure 1 XRD measurement of InAlN