

低ピット密度半極性 r 面 AlGaIn 薄膜の低圧 MOVPE 成長

Low-pressure MOVPE growth of semipolar r -plane AlGaIn films with low pit density

京大院工 ○(D) 赤池 良太, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ. ○Ryota Akaike, Mitsuru Funato, Yoichi Kawakami

E-mail: akaike.ryota.76u@st.kyoto-u.ac.jp

【背景】深紫外光がウイルス不活性化などの応用から注目を集めているが、AlGaIn 系深紫外 LED の効率は低く、量子井戸の効率である内部量子効率は短波長になるにつれて低下するという問題がある。その解決法の 1 つとして半極性面の利用が考えられる。半極性面は極性面である c 面に比べ量子井戸の電界の大きさが小さく、輻射再結合確率を高められる。本研究室では半極性 r 面に着目しており、高品質な量子井戸構造[1]や LED[2]を作製してきた。ここで、半極性 r 面に対して、 c 面に適した成長条件(低圧成長)を適用すると高密度のピットが生じることから、高圧での成長が必要だった[3]。しかし、高圧成長では、気相中での寄生反応による成長レート低下により[4]原料利用効率が悪化する。そこで、今回は低圧下にて低ピット密度の半極性 r 面 AlGaIn 薄膜の成長を試みた。

【実験および結果】 r 面 AlN 基板に AlGaIn 薄膜を有機金属気相成長法で作製した。まず、Al 組成 \sim 0.76 の r 面 AlGaIn を低圧下 (38 Torr) にて成長を行った。モニタ温度、 NH_3 流量は高圧 (200 Torr) での最適条件と同一とした (1200 $^{\circ}\text{C}$, 3 slm)。TMA 流量や TMG 流量は、Al 組成が \sim 0.76、成長レートが \sim 2 $\mu\text{m}/\text{h}$ となるように調節した。成長時間は 30 分とした。V/III 比は 1768 である。すると、低圧下でもピット密度の低い AlGaIn 薄膜を作製することができ、ピットフリー部での表面粗さ RMS (Root Mean Square) は 0.7 nm であった。次に、より短波長の LED 用に、TMG 流量を下げ高 Al 組成化(\sim 0.83)を行った。高 NH_3 流量 (3.5 slm) では表面モフォロジーが悪化した。高 NH_3 流量を 500 sccm (V/III: 315)まで下げるにより表面モフォロジーが改善し、RMS が 0.8 nm の平坦な AlGaIn 薄膜を得ることができた。また、さらなる高 Al 組成(\sim 0.88)の AlGaIn 薄膜は、1250 $^{\circ}\text{C}$ への高温化、 NH_3 流量のさらなる低減 (59 sccm, V/III: 21) かつ成長レートを \sim 0.7 $\mu\text{m}/\text{h}$ に下げることにより平坦な表面を達成できた。(成長時間は 90 分に伸ばした。)これらの r 面 AlGaIn 薄膜の AFM 像を図 1 に示す。ピット密度は、ピットの生成と消滅の競合で決定されると考えられる。低 NH_3 流量または低 Al 組成であるほどピットが生成しにくい。一方、ピットの消滅の観点からは、マイグレーション長を短くする(高 NH_3 流量, 高圧, 高 Al 組成)ことが望ましい。両者の兼ね合いで最適な成長条件が存在するのだと考えている。

[1] S. Ichikawa, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 252102 (2014). [2] R. Akaike, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **11**, 061001 (2018). [3] S. Ichikawa, *et al.* *J. Cryst. Growth* **522** 68 (2019). [4] D. G. Zhao, *et al.* *J. Cryst. Growth* **289** 72 (2006).

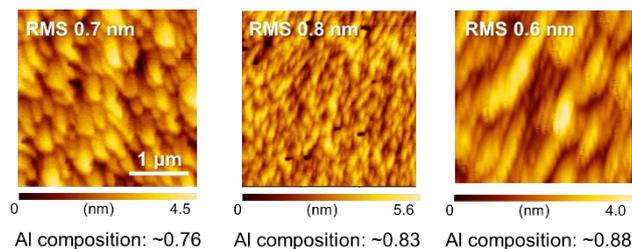


図 1 Fabricated semipolar r -AlGaIn films under the optimal growth conditions