

Si 基板上 GaN 成長の応力に対する AlGaN 中間層の組成・膜厚の影響

Effect of content and thickness of AlGaN interlayer on strain of GaN on Si substrate

東大院工¹、東大先端研² ○中原 拓也¹、出浦 桃子¹、百瀬 健¹、中野 義昭¹、
杉山 正和²、霜垣 幸浩¹

Univ. of Tokyo ○T. Nakahara, M. Deura, T. Momose, M. Sugiyama, Y. Nakano, and Y. Shimogaki

E-mail: nakahara@dpe.mm.t.u-tokyo.ac.jp

GaN の成長基板として Si が期待されているが、両者の格子定数や熱膨張係数の差から、GaN 成長層の高品質化には課題が多い。これに対し Fig. 1 に示すように、AlN や AlGaN の中間層や緩衝層により GaN 層に圧縮応力を印加して冷却中のクラック発生を防ぐ手法が有効である[1]。我々はこれまでに AlN 中間層について検討し、表面平坦性が GaN 層への圧縮応力印加にもっとも影響する因子であり、高温成長が望ましいことを見出した[2]。しかし GaN/AlN 界面での転位発生により印加できる応力に限界があることから、今回は AlGaN 中間層について、その組成および膜厚が GaN 層の圧縮応力に与える影響を実験・シミュレーション両方の観点から調べた。

AlN バッファ層を製膜した Si(111)基板上に、MOVPE で Fig. 1 の積層構造を成長した。成長温度はすべて 1100 °C、全圧は GaN がテンプレート層・成長層ともに 200 mbar、AlGaN 中間層が 50 mbar とした。STR Japan 社のひずみ解析シミュレーションソフト STREEM を用いて、Fig. 1 の積層構造成長時の結晶内のひずみや転位密度の経時変化が、AlGaN の組成や膜厚によってどのように変化するかを調べた。なお、成長中の GaN 層には大きな圧縮ひずみが一定して印加されることが望ましい。Fig. 2 に、異なる Al 組成の AlGaN 中間層を厚さ 12 nm に固定して用いた場合の、GaN 層に生じるひずみの経時変化を示す。Al 組成が大きいほど GaN 層との格子定数差が大きくなるため、成長開始直後に GaN 層にかかる圧縮ひずみは大きい。しかし初期ひずみが 3300 ppm を超える場合は、数十 nm 成長の間に GaN/AlGaN 界面にミスフィット転位が発生し 3300 ppm に収束する。発生するミスフィット転位は Al 組成が高いほど多いため、GaN 層成長にともなう圧縮ひずみの減少が速いことが分かる。ここで、初期ひずみ、または収束したひずみの値を MAX、GaN 層 1200 nm 成長時点でのひずみを MIN とし、これらの値の Al 組成依存性を Fig. 3 に示す。中間層が 12 nm の場合、Al 組成 0.4 の AlGaN がもっとも大きな圧縮ひずみが 1200 nm 成長時までかかることが分かる。一方、各 Al 組成において中間層膜厚を変化させると、高 Al 組成ほど最適膜厚が小さくなることが分かった。しかし、実験から求めた最適膜厚は計算による予測よりも大きかった。これは、AlGaN が緩和する臨界膜厚が計算と実験で異なる、計算で考慮していない界面の平坦性・組成急峻性が影響する、などに起因すると考えられる。

[1] A. Dadgar *et al.*, J. Cryst. Growth **297** (2006) 279.

[2] 中原他、第 78 回秋季応物、8p-A301-7 (2017).

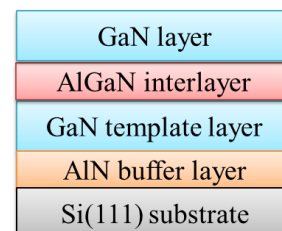


Fig. 1 Schematic of sample structure.

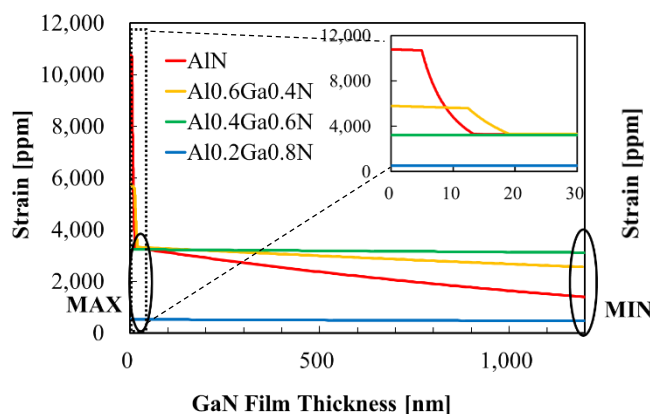


Fig. 2 Calculated transients of strain of GaN layer on 12-nm-thick AlGaN interlayer with different Al content. Inset is the magnification of the initial GaN growth stage.

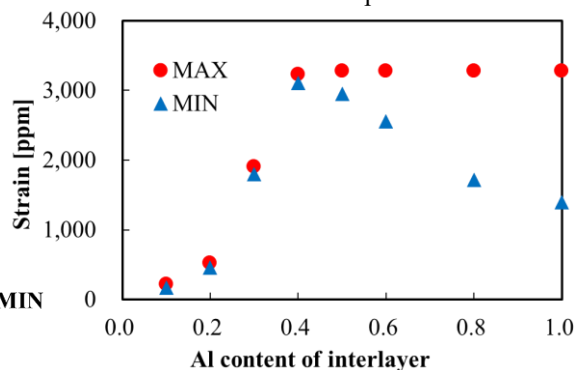


Fig. 3 Dependence of maximum and minimum strain of GaN layer on Al content of AlGaN interlayer extracted from Fig. 2.