

Si 基板上 GaN 成長における AlN 中間層を用いた応力制御メカニズム

Mechanism of Stress Control for GaN Growth on Si using AlN Interlayers

○中原 拓也、鈴木 道洋、出浦 桃子、百瀬 健、杉山 正和、中野 義昭、霜垣 幸浩(東大院工)

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

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

GaN の成長基板には従来サファイアが用いられてきたが、近年では安価で量産性に優れる Si 基板が期待されている。しかし、Si と GaN の格子定数や熱膨張係数の差から、GaN 成長層の結晶品質には改善の余地が残っている。これに対し Fig. 1 に示すように、AlN 中間層を用いて GaN 層に圧縮応力を印加することで、冷却中の成長層のクラック発生を防ぐ手法が提案されている[1]。さらなる結晶の高品質化のためには、応力印加メカニズムの本質的な理解が不可欠である。ここで、GaN 層に大きな圧縮応力を印加するためには、1) AlN 中間層と上下の GaN 層との界面が平坦であること、2) AlN 中間層が格子緩和すること、3) AlN 中間層中への不純物（おもに炉内からの Ga）混入を抑止すること、の 3 点が重要である[2]。我々はこれまでに、成長切替シーケンスの改善により、AlN 中間層下界面の平坦性が 20 倍以上向上し、GaN 層中の圧縮応力が 3 倍程度増加したことを報告した[3]。今回は AlN 中間層の成長温度が、表面平坦性・格子緩和度・不純物混入および GaN 層の圧縮応力に与える影響を調べた。

スパッタで 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。AlN 中間層の厚さは 12 nm とし、成長温度を 800 °C から GaN 層成長と同じ 1100 °C まで変化させた。その場観察した基板反りの時間変化からひずみを算出した。Fig. 2 は AlN 中間層で成長終了した試料の表面 AFM 像である。成長温度が高いほど表面平坦性が良好であることが分かる。一方、これらの試料の格子緩和度および Ga 混入率 (Al 組成) を Table I に示すが、成長温度が高いほど Ga 混入量が増加し、緩和度も低減している。これらの成長温度の異なる AlN 中間層上に成長した GaN 層のひずみを Fig. 3 に示す。AlN 中間層については、平坦性が良好な高温成長の方が引張方向のひずみが大きい。Table I において格子緩和度が小さいことに対応しており、それと比較して Ga 混入の影響は小さいと考えられる。これに対し GaN 層のひずみは、いずれも成長にともなって格子緩和により圧縮方向のひずみが減少している。しかしその減少量は AlN 中間層の成長温度が高い方が小さく、圧縮ひずみがより長く残っている。これは AlN 中間層の平坦性が高く、GaN 層の格子緩和を抑制したためと考えられる。以上より、AlN 中間層表面の平坦性が GaN 層の圧縮応力印加にもっとも大きく影響することが分かった。

- [1] A. Dadgar *et al.*, J. Cryst. Growth **297** (2006) 279.
[2] M. Suzuki *et al.*, J. Cryst. Growth **464** (2017) 148.
[3] 鈴木他、第 76 回秋季応物、13p-1D-23 (2015)。

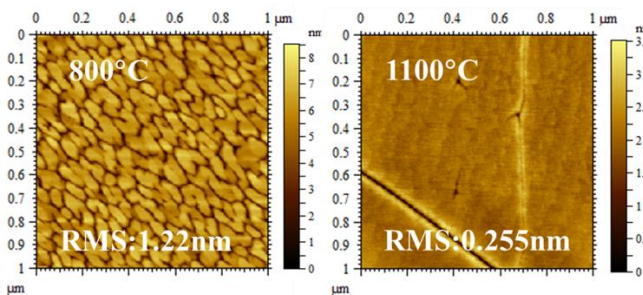


Fig. 2 AFM image for surface of AlN interlayers grown at different temperatures.

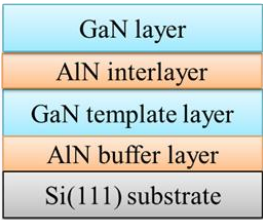


Fig. 1 Schematic of sample structure.

Table I Relaxation ratio and Al content of AlN interlayer.

	800 °C	1100 °C
Relaxation ratio	0.29	0.24
Al content (Al/(Al+Ga))	0.98	0.87

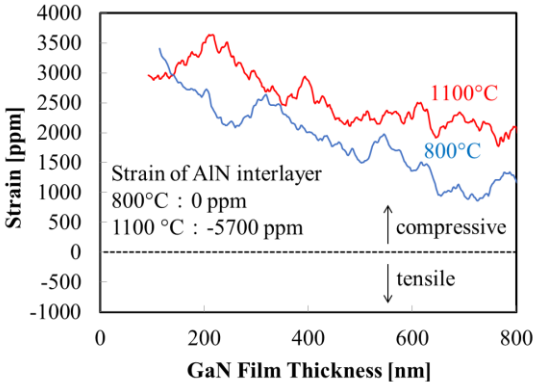


Fig. 3 Transients of strain of GaN layer