

原子層エピタキシー法を用いて意図的に N を制御した GaAsN 膜中の N 分布評価

Evaluation of N distribution in GaAsN films in which N is intentionally controlled using the atomic layer epitaxy method

宮崎大学, [○]高木 俊作, 河野 将大, 中島 凌, 鈴木 秀俊

University of Miyazaki, [○]S. Takagi, M. Kawano, R. Nakajima, H. Suzuki

E-mail: hk17030@student.miyazaki-u.ac.jp

1. はじめに

超高効率四接合型太陽電池の材料として、InGaAsN が注目されている。しかし、N 添加による少数キャリアのライフタイムや移動度の低下などの電気特性の悪化が報告されている。この原因として、N 分布の不均一化が考えられている。そこで我々は GaAsN に注目し、原子層エピタキシー(ALE)法を用いて N 分布を意図的に制御した GaAsN 薄膜の成長を試みている。ALE 法は N 原子を導入する層を 1 原子層単位で制御することが可能であるため N 原子の空間分布を意図的に変化させることが可能である。我々はこれまでに、SI GaAs 基板上に GaAsN 層のみを積層したものと、GaAsN 層 1 層の後に GaAs 層を 3 もしくは 5 原子層を周期的に積層したもの(それぞれ、(1:0), (1:3), (1:5)と表記)を作製し、電気特性の評価を行っている^{2,3)}。本手法により作製した GaAsN/GaAs 超構造は、ある程度想定通りの構造形成を確認できているが、周期が予測と完全に一致してはならず、一層あたりの N 組成のゆらぎや、前後の GaAs 層への拡散が予想されており、詳細な N 分布は不明である。

そこで本研究では、GaAsN 原子層の間に導入する GaAs 層を 0~9 層の間で系統的に変化させた(1:0)から(1:9)の GaAsN/GaAs 超構造を作製し、N 分布の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

ALE 法を用いて GaAsN 1 層と GaAs0~9 原子層を周期的に積層したものを作製した。以降、(1:n) (n は GaAs 原子層の数)と呼ぶ。なお、GaAs(N)は 1 原子層成長あたり Ga,As,(N)原料の順に、それぞれ 6,10,(10)秒間供給し、ページガスとしてそれぞれの間に H₂ を 1 秒間供給した。原料や装置はこれまでと同様である²⁾。作製した GaAsN/GaAs 膜は、X 線回折(XRD)測定を用いて、成長速度、平均 N 組成、超構造の周期を評価した。また、X 線の入射方位によって超格子に起因する回折ピークに変化が見られたため、(1:4)に関しては入射方位角 0~315° の範囲で 45° ずつ回転させて超格子回折を測定した。

3. 実験結果・考察

(1:0)~(1:9)の 1 サイクルあたりの成長速度を図 1 に示す。GaAs 原子層が増えると成長速度が減少する傾向であった。これは、GaAsN と GaAs の 1 サイクルあたりの成長速度が異なっている事を示唆している。そこで GaAsN と GaAs の成長速度をそれぞれ r_N , r_{GA} 、GaAs の総数 n とすると、超構造の平均成長速度 r_{avg} は、 $r_{avg} = (r_N + n \cdot r_{GA})/n$ と表すことができる。この式を用いてフィッティングした結果を図中の青線と表 1 に示す。1 サイクルあたりで GaAsN の方が 0.18 層多く成長している可能性が示された。次に、(1:4)に対して異なる入射方位で超格子回折を測定した結果を図 2 に示す。入射方位によりピーク位置が変化する。これは、基板に対して超構造の傾斜、つまり、GaAsN 層が傾いている可能性を示している。ピーク位置変化から傾斜角と方位を見積もった結果、傾斜角は(001)面から約 0.18°、傾斜方位は $[\bar{1}\bar{1}0]$ であった。

参考文献

- 1) H.Suzuki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 49, 04DP08 (2010).
- 2) M. Kawano, *et al.*, The 6th JSAP Spring Meeting, 11a-S422-6, (2019).
- 3) M.Kawano, *et al.*, 第 15 回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム 日本学術振興会第 175 委員会, PB-24, (2018).

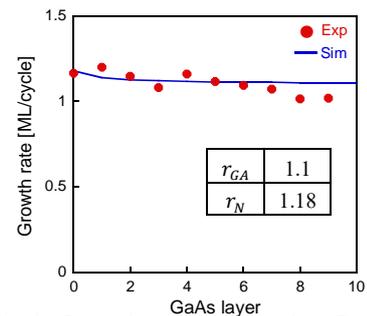


Fig.1 Growth rate when the GaAs layer is changed

Table1 Growth rates of GaAs and GaAsN

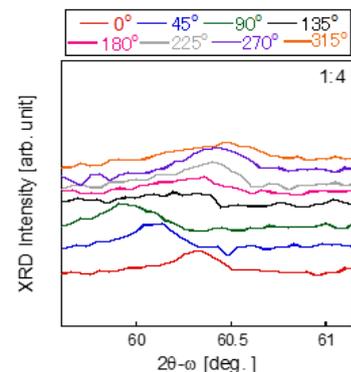


Fig.2 Superlattice diffraction with different incident azimuths