

GaAsSb/GaAs (001) における Sb 偏析が格子緩和初期に及ぼす影響の評価

Evaluation of Sb segregation on GaAsSb / GaAs (001) at the initial stage of lattice relaxation

¹宮崎大学大学院工学研究科, ²量子科学技術研究開発機構

○前田 健佑¹, 久保 幸士朗¹, 河野 将大¹, 佐々木 拓生², 高橋 正光², 鈴木 秀俊¹

¹University of Miyazaki, ²National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

K. Maeda¹, K. Kubo¹, M. Kawano¹, T. Sasaki², M. Takahashi², H. Suzuki¹

Email: hk16038@student.miyazaki-u.ac.jp

1. はじめに

格子不整合系 III-V 族多接合太陽電池は、歪み緩和により活性層に貫通転位が伝搬することで変換効率が低くなることが問題となっている。III、V 族元素が中心に存在する転位をそれぞれ α 、 β 転位と呼び、それぞれ [110]、 $[\bar{1}10]$ 方向の歪みを緩和させる。これまでに、III-III'-V 型および III-V-V' 型混晶である InGaAs/GaAs(001) と GaAsSb/GaAs(001) の歪み緩和過程のその場測定を行い、組成や成長温度が格子緩和に及ぼす影響について評価が行われてきた^[1,2]。より格子緩和過程を明らかにするためには、結晶成長の初期過程において成長に影響を及ぼす要因について理解する必要がある。格子緩和以外に成長初期に起こる特有の現象として偏析が挙げられるが、偏析と格子緩和の関連は詳しく解明されていない。よって本研究では、組成が同程度で成長温度が異なるの 2 つの GaAsSb/GaAs(001) を、3 次元逆格子マッピング (Three Dimensional-Reciprocal Space Mapping: 3D-RSM) を用いてその場で評価することで GaAsSb/GaAs(001) の成長において Sb 偏析が格子緩和に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

本研究では SPring-8 の BL11XU の分子線エピタキシー (MBE) と X 線回折計を直接組み合わせた装置を用いた。GaAs(001) 基板上に GaAsSb 薄膜を作製し、004 回折点近傍を 3D-RSM その場測定を用いて評価した。成長温度を 520、560°C とし、その他の条件は固定して成長を行った。Sb 組成は 6.0% ± 0.5% とした。測定した 3D-RSM の例を図 1 に示す。成長が進むにつれ、Sb 偏析や格子緩和の影響により、GaAsSb の Bragg ピークの [001] 方向は変化する。また、GaAsSb の Bragg ピーク近傍にサテライトピークが観察される。これは [110] 方向と $[\bar{1}10]$ 方向に発生しており、それぞれ α 、 β 転位に起因する。膜厚の増加に対する GaAsSb の 004 回折点での Bragg ピーク位置の変化を測定し、偏析計算モデルのシミュレーション結果と比較することで、成長初期における Sb 偏析の影響を評価した。ここで、Muraki の偏析モデル^[3]を用い、Sb 組成比 x_0 と偏析係数 R を算出した。また、 α および β 転位の形成をサテライトピークにより評価し、それぞれの転位量が大きく増加した膜厚をそれぞれ d_α 、 d_β とした。

3. 実験結果と考察

成長中その場 3D-RSM で得られた GaAsSb の 004 Bragg ピーク位置の膜厚に対する変化を図 2 に示す。また、各転位が増加する膜厚 d_α 、 d_β も図 2 中に示した。シミュレーションとの比較から、成長温度 520°C では $x_0=5.6\%$ 、 $R=0.94$ 、560°C において $x_0=5.8\%$ 、 $R=0.92$ となった。つまり、成長温度 560°C の方が偏析係数が小さく、Sb がより薄い膜厚で膜中に取りこまれていた。一方、 d_α 、 d_β 共に、560°C の方が小さい。Sb 偏析の偏析係数の違いから、転位の増加タイミングに差が生じたのではないかと考えられる。 d_α と d_β の発生膜厚差はそれぞれ 520 と 560°C で 23.2 と 24.3 nm となり、560°C で転位挙動の異方性が大きかった。また、560°C では、膜厚約 60 nm 以降で測定した Bragg ピーク位置がシミュレーションから明確に外れるが、520°C の場合は差が小さかった。Sb 偏析の傾向の違いが格子緩和に及ぼす影響の詳細に関しては、講演会で議論する。

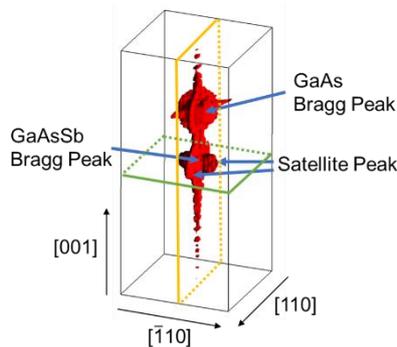


Fig.1 Typical 3D-RSM around 004 of GaAsSb grown on GaAs(001).

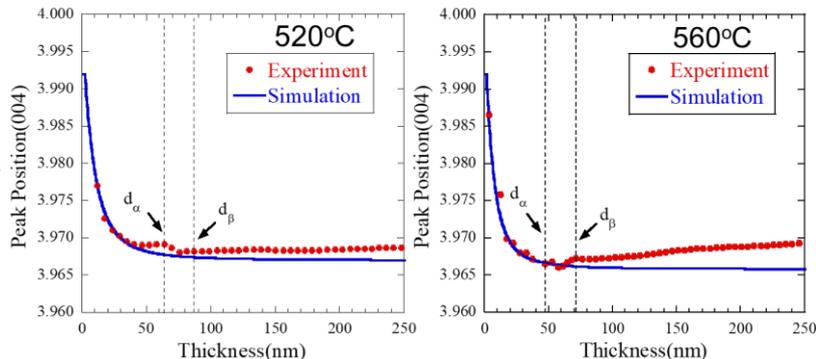


Fig.2 Variation of the position of GaAsSb Bragg peaks and change in peak position estimated by calculation using segregation coefficient.

4. 参考文献

- [1] H. Suzuki, *et al.*: Appl. Phys. Lett. **97**, 041906 (2010)
- [2] K. Kubo, *et al.*, 2019年応用物理学会春季学術講演会
- [3] K. Muraki, *et al.*: Appl Phys. Lett. **61**, 557 (1992)