

Si(111) 面上 GaSb ヘテロエピタキシャル薄膜の構造評価

Structural study of high quality heteroepitaxial GaSb thin films grown on Si(111) substrates

長岡技術科学大学 工学部 電気系
豊田英之、神保良夫、内富直隆

アンチモン系化合物半導体 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ は $1.31\sim 1.55\mu\text{m}$ の光通信波長帯をカバーし、InGaPAs 系材料と並ぶ赤外発光材料として注目されている材料である。この材料の Si 基板上へテロエピタキシーの高品質化は、近年注目を集めているシリコンフォトンクスに必要とされる、シリコン上赤外発光素子実現につながることを期待される。

本研究ではこのような背景に基づき、分子線エピタキシー法 (MBE) による Si(111) 面上 GaSb 薄膜の作製とその評価を行った。Si-GaSb 間格子不整合によるミスフィット転位抑制のため、従来用いられてきた AlSb 緩衝層 [1, 2] に代わる新しい試みとして、Sb 吸着 Si(111) 表面 (Sb テンプレート) を使用し、AlSb 緩衝層を使用した薄膜との比較を行なった。

各試料の表面観察において、Si(111) 面の 3 対称性に由来する三角形の特徴的なパターンが観測された。AlSb 緩衝層試料ではこのパターンによる凹凸が顕著である (RMS=14.7 nm) のに対し、Sb テンプレート試料においてはこのような凹凸が低減しており、良好な表面モホロジー (RMS=7.4nm) が得られることが明らかとなった。

GaSb{224} 面に関する ϕ -scan XRD 測定 (図 1) による詳細な結晶構造評価により、作製した GaSb 薄膜は単結晶膜ではなく、Si(111) 基板と同一の結晶方位を持つ領域 (主ドメイン)、及びそれに対して (111) 面に垂直な軸の回りに 180 度回転した領域 (副ドメイン) から構成される 2 ドメイン構造となっていることが明らかとなった。副ドメインは、[111] 方向への閃亜鉛構造結晶成長における積層欠陥 (図 2) により発生していると考えられる。副ドメイン比率は AlSb 緩衝層試料、Sb テンプレート試料においてそれぞれ 31%, 21% となっており、Sb テンプレートには副ドメインの生成 (積層欠陥) を抑制する効果があることが明らかとなった。さらに GaSb, Si 224 逆格子点周辺の逆格子マップ測定より、Sb テンプレートを使用した薄膜はほぼ無歪みであること、RHEED パターン解析より、成長初期には AlSb 緩衝層に類似した 3 次元成長となっており、積層欠陥がこの時点で発生していること等が明らかとなった。

これらの結晶評価により、Sb テンプレートを使用することにより高品質 GaSb/Si ヘテロエピタキシーが可能であることが明らかとなった。さらにこの成膜法では Al 原料が不要となるメリットもあり、赤外光デバイスに使用できるようなシリコン上高品質 GaSb 薄膜につながることを期待される。

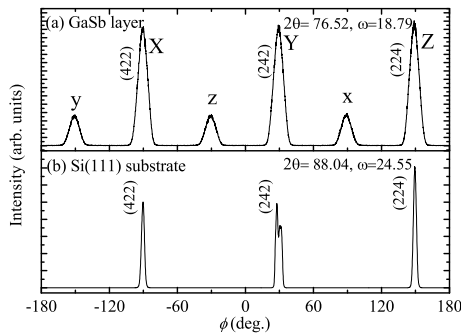


図 1 Sb テンプレートを使用した GaSb 薄膜試料の ϕ -scan XRD パターン。(a) GaSb 薄膜、(b) Si(111) 基板。副ピーク x,y,z は副ドメインの {224} ピークに対応する。

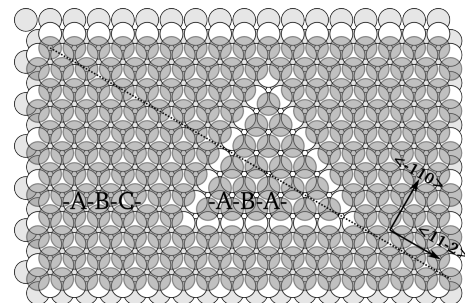


図 2 副ドメイン形成の要因となる積層欠陥の模式図 (V 族原子のみ表示)

[1] K. Akahane *et al.*, J. Cryst. Growth **264** (2004) 21.
[2] G. Balakrishnan *et al.*, Appl. Phys. Lett. **86** (2005) 034105.