

17a-E11-7

InAs 薄膜を用いた GaAs (111)A 面上格子緩和 InGaAs の成長

Growth of metamorphic InGaAs on GaAs(111)A using thin InAs layer

物材機構¹, 九大², ミラノビッコカ大³ ◦間野 高明¹, ハヌル^{1,2}, 三石 和貴¹, 黒田 隆^{1,2},
大竹 晃浩¹, カステラーノ アンドレア^{1,3}, サンガイネッティ ステファノ³,
野田 武司¹, 佐久間 芳樹¹, 迫田 和彰¹

NIMS¹, Kyushu Univ.², Univ. Milano Bicocca³ ◦Takaaki Mano¹, Neul Ha^{1,2}, Kazutaka Mitsuishi¹,

Takashi Kuroda^{1,2}, Akihiro Ohtake¹, Andrea Castellano^{1,3}, Stefano Sanguinetti³, Takeshi Noda¹,

Yoshiki Sakuma¹, Kazuaki Sakoda¹

E-mail: MANO.Takaaki@nims.go.jp

イントロ GaAs 基板上的格子緩和 InGa(Al)As 疑似基板成長は、汎用性の高い GaAs 基板上で格子定数差による材料の組み合わせの制約を緩和してヘテロ材料の選択肢の幅を広げることのできる重要な技術である。高品質な疑似基板を形成するためには、結晶成長時に格子不整合を転位導入により界面近くで急峻に緩和させ、さらに貫通転位などの形成を防ぐ事が重要となる。格子不整合の大きな GaAs(111)A 面上の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($1 \geq x \geq 0.5$) 成長では、(111)A 面の特異な性質により界面で格子不整合が急峻に緩和することによりほぼ格子緩和した高品質な InGaAs が結晶成長することが報告されている[1,2]。しかし、In 組成の小さい (=格子不整合が小さい) $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.5 > x$) では、同様の成長機構は生じず高品質な膜成長は困難であった。本研究では、InAs 薄膜を界面に導入する事により GaAs(111)A 面上で高品質な格子緩和 $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ の結晶成長に成功した。

実験方法 試料は、固体ソース分子線エピタキシー装置を用いて GaAs(111)A 基板上に成長した。基板温度 500°C で GaAs バッファー層成長後、基板温度 450°C で InAs を 0~60ML 成長し、続いて $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ を 150nm 成長した。試料特性は RHEED、AFM、TEM、XRD より評価した。

実験結果 GaAs(111)A 上に直接 $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ を成長すると、80nm までは平坦性が保たれたが、その後平坦性は急速に悪化して、150nm 成長後は図 1 (a)に示すように転位に由来すると考えられる大きな起伏が観察された。これに対して、3ML の InAs を界面に導入した試料では、図 1 (b)に示すように平坦な表面が実現された。この構造の断面 TEM 観察を行ったところ、図 2 に示すように 3ML の InAs 層で転位が入る事により急峻な格子緩和が起こり、その上の $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ は高品質に成長されている事が分かった。同試料の 115 面逆格子マッピング測定を行ったところ、図 3 に示すようにほぼ完全に格子緩和した $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ が成長している事が確認された。挿入する InAs 膜を 10ML 以上と厚くした場合においても、格子緩和した比較的平坦な $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ の成長は観察されたが、図 1 (c)のように 200nm 程度の大きさの欠陥に由来すると思われる島構造が形成される事が分かった。そのため、挿入する InAs 膜は 2~5ML が最適値である事が明らかとなった。この膜厚は、InAs/GaAs(111)A 成長の際に面内格子定数が GaAs から InAs へ急激に変化する膜厚に相当し[2]、この遷移状態が $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ の高品質化の鍵となっていることが示唆された。

参考文献

[1] H. Yamaguchi et al., PRB **55**, 1337 (1997). [2] A. Ohtake et al., PRL **84**, 4665 (2000).

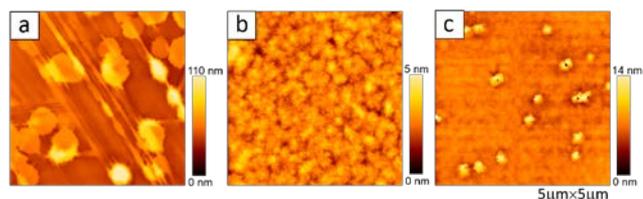


図 1 : $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ の AFM 像 ($5 \times 5 \mu\text{m}^2$)。挿入した InAs の厚さは (a) 0ML、(b) 3ML、(c) 60ML

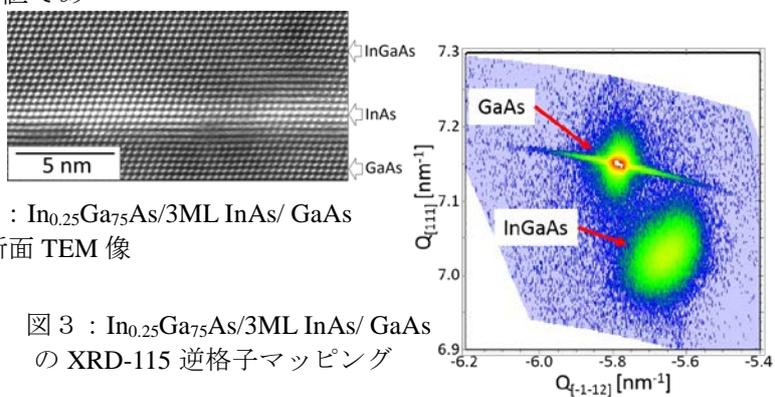


図 2 : $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}/3\text{ML InAs}/\text{GaAs}$ の断面 TEM 像

図 3 : $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}/3\text{ML InAs}/\text{GaAs}$ の XRD-115 逆格子マッピング