

InP 基板上引張歪 GaAsSb と InGaAs の膜厚増加による結晶性劣化の比較

Comparison of thickness-dependence of structural degradation in tensile-strained GaAsSb and InGaAs layers grown on InP substrates

日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所¹, 東京大学²

○満原 学¹, 星 拓也¹, 杉山 弘樹¹, 後藤 高寛², 竹中 充², 高木 信一²

NTT Device Technology Labs., NTT Corporation¹, The University of Tokyo²

○M. Mitsuhashi¹, T. Hoshi¹, H. Sugiyama¹, T. Gotow², M. Takenaka², and S. Takagi²

E-mail: mitsuhashi.manabu@lab.ntt.co.jp

【はじめに】 InP 上の InGaAs/GaAsSb ヘテロ接合を用いたトンネル FET において、オン電流を増加させるには界面において組成とドーピング濃度を急峻に変化させることが必要であり[1]、そのためには平坦な成長表面が必要になる。一方、オフ電流の低減では、トンネル接合やその近傍の層のバンドギャップを大きくすることが有効である。InGaAs と GaAsSb は、組成を変えて格子定数を小さくすることによりバンドギャップを大きくできるが、この場合、結晶には引張歪が加わる。引張歪 InGaAs では、平坦な表面を維持した成長が困難なことが知られている[2,3]。一方、引張歪 GaAsSb の成長に関する報告はほとんどない。今回、我々は InP 上に引張歪 GaAsSb と InGaAs を成長し、その膜厚による結晶性の変化を調べたので報告する。

【成長方法と試料構造】 試料は、TMIn, TEGa, AsH₃, PH₃, TDMASb を原料とする MOMBE を使い、InP (100) 基板上に基板温度 500°C で成長した。InGaAs と GaAsSb は、それぞれ約 1% の引張歪が加わる条件で原料供給量を固定し、成長時間の増減により膜厚を変化させた。試料表面には、膜厚~3 nm の InP を成長した。結晶性の評価には、主として[400]反射を用いた X 線回折(XRD)測定と表面の AFM 観察を用いた。

【結果】 Fig. 1(a), (b)に InGaAs と GaAsSb の膜厚を変えた試料の XRD パターンを示す。膜厚は、XRD パターンまたは成長時間から求めた概算値である。膜厚増加に対し、InGaAs ではピーク形状がほとんど変化しないのに対し、GaAsSb ではピークが鋭くなり、明瞭なフリンジピークが見られた。これは、GaAsSb は InGaAs に比べて、膜厚増加による格子面間隔の変化が小さく、また、表面の平坦性が良いことを示している。Fig. 2(a), (b)は、InGaAs [t~21 nm] と GaAsSb [t~22 nm] を成長した試料の表面の AFM 像を示している。InGaAs の場合、表面に起伏の大きな凹凸が見られるのに対して、GaAsSb の表面はほぼ平坦である。Fig. 3 は、InGaAs と GaAsSb の膜厚増加による表面粗さの RMS 値の変化を示したものである。InGaAs では膜厚が 20 nm を超えた付近から急激な表面粗れが起きるが、GaAsSb では良好な平坦性が維持される。以上の結果より、引張歪 GaAsSb は膜厚を増加させても、トンネル FET に応用可能な平坦性を維持できることが分かった。

【考察】 GaAsSb の成長表面には多数の Sb が存在する。圧縮歪 InGaAs の成長表面における Sb には、III 族原子の migration を抑制する効果 (surfactant 効果) があることが知られている[4, 5]。上記結果の要因の 1 つには、成長表面に Sb があることで起伏が大きくなる前に Ga が結晶内に取り込まれることが考えられる。

【謝辞】 本研究は、JST-CREST (JPMJCR1332) の支援を受けて実施した。

<参考文献> [1] T. Gotow, *et al.*, JAP **122** (2017) 174503. [2] T. Okada, *et al.*, JAP **81** (1997) 2185. [3] A. Ponchet, *et al.*, JCG **153** (1995) 71. [4] J. Harmand, *et al.*, APL **20** (2004) 3981. [5] T. Sato, *et al.*, APL **87** (2005) 211903.

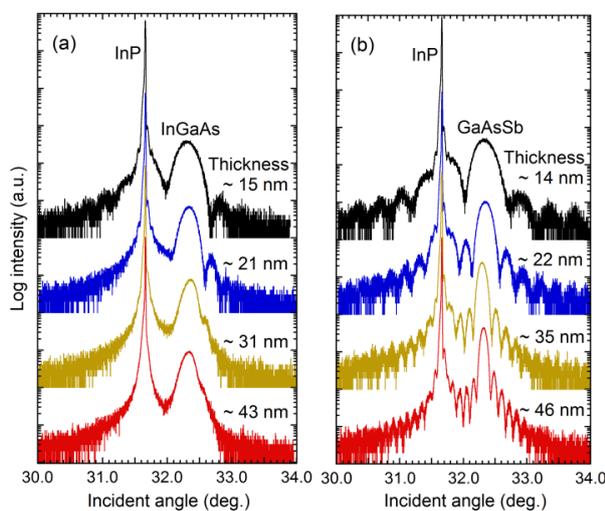


Fig.1. XRD patterns from samples with tensile-strained (a) InGaAs and (b) GaAsSb layers of different thicknesses.

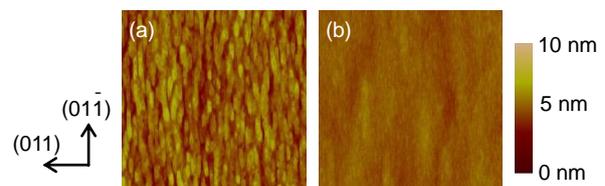


Fig.2. 2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ AFM images of samples with tensile-strained (a) InGaAs [t~21 nm] and (b) GaAsSb [t~22 nm].

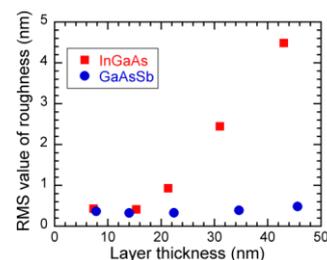


Fig.3. Plots of RMS value of roughness versus layer thickness of tensile-strained InGaAs and GaAsSb.