

ホットウォール法による $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 結晶成長 Growth of $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ by Hot Wall Epitaxy

静大電研 中村慎吾, Pachamuthu Jayavel, 小山忠信, 熊川征司, 早川泰弘
Research Institute of Electronics Shizuoka Univ., Shingo Nakamura, Pachamuthu Jayavel,
Tadanobu Koyama, Masashi Kumagawa and Yasuhiro Hayakawa

$\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ ternary layers were grown on GaAs(001) substrate by hot wall epitaxy. When increasing As reservoir temperature, the growth rate decreased from 1.1 to 0.5 $\mu\text{m/hr}$. It is found that three dimensional growth has been observed due to large lattice mismatch between the substrate and the ternary layers. By increasing As reservoir temperature from 220 to 280°C, the compositional ratio (x) of $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ layers can be controlled in the range between 0.02 and 0.81.

はじめに

InAsSb は III-V 族混晶半導体の中では最も小さいバンドギャップを持つ結晶であり, 3.5~12 μm の波長領域で動作する光デバイス材料である. また, 高移動度の結晶であることから, ホール素子などの磁気デバイスへの応用も可能である.

本研究では, 気相成長法の中でも高蒸気圧物質の成長に適したホットウォールエピタキシー(HWE)法を用いて $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ を成長させ, 蒸発源の温度を制御することでその組成を制御した.

実験方法

原料として In, Sb, As の金属単体を準備し, Fig. 1 に示す石英アンブルにセットした. 成長基板として GaAs(001)基板を準備し, アセトン, エタノール, イオン交換水による超音波洗浄後, $3\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ により 60°C, 90 秒間のエッチングを行い, 水による洗浄の後, N_2 により乾燥させ HWE 装置に配置した.

基板温度 500°C, In ソース温度 780°C, Sb リザーバ温度 470°C に固定し, As リザーバ温度を 220~280°C と変化させ, それぞれ 2 時間の成長を行った. 段差計により成長層の厚さを測定することで成長速度を得た. 走査型電子顕微鏡(SEM)により表面モロロジーを観察した. X 線回折(XRD)測定により, 成長層の結晶性を評価し, 得られた回折ピークからベガード則を用い組成を計算した.

実験結果

段差計より得られた成長層の厚さから成長速度は約 1.1~0.5 $\mu\text{m/hr}$ と変化しており As リザーバ温度が上昇するにつれ成長速度が遅くなる傾向が観察された. Fig. 2 に示す SEM 像から, 成長表面が層状に成長していないことがわかる. これは基板と成長層の格子不整合率が約 7~14% と大きいために S-K 型の成長をしたためと思われる. Fig. 3 は XRD 測定の結果である. $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}(400)$ からの回折ピークが As リザーバ温度の上昇に伴い高角度側へ移動していることから, 成長層の As 組成が増加していることがわかる. $x=0.02\sim 0.81$ の $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ が得られた. XRD 強度より As 組成が最も小さいときに結晶性が最も良いことがわかった. また, As 組成が増加するにつれ回折強度は弱くなり, $x=0.6$ を越えたあたりから強度が強くなる傾向が見られた.

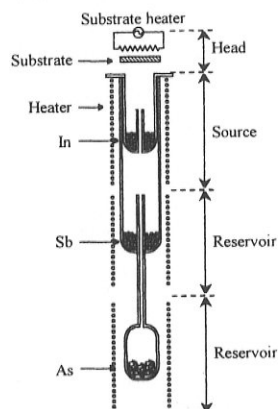


Fig. 1 Schematic diagram of HWE ampoule.

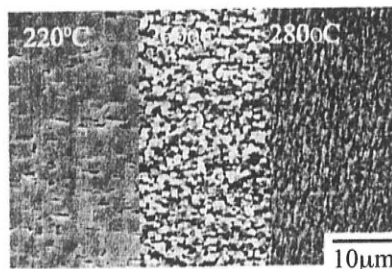


Fig. 2 SEM images of surface morphologies of grown layers for different As temperature.

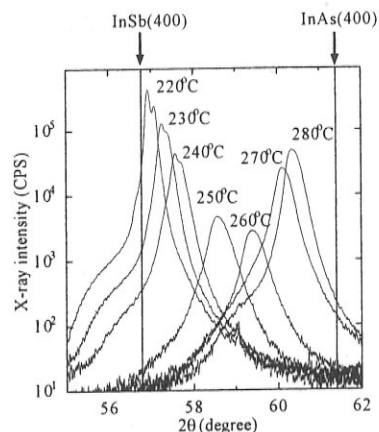


Fig. 3 XRD spectrum of grown layers for different As temperature.