

InGaSb 均一組成結晶成長のための成長速度測定 Measurement of growth rate for growth of InGaSb crystal with uniform composition

静大電研 村上倫章, 小山忠信, 早川泰弘

Research Institute of Electronics Shizuoka Univ., Noriaki Murakami, Tadanobu Koyama and Yasuhiro Hayakawa

To grow InGaSb bulk crystals with uniform composition, the relationship between the composition and growth rate were measured. The samples was GaSb(seed)/InSb/GaSb(feed) sandwich structure and Te impurity was doped in the InSb. Thermal pulses were introduced during growth to form the Te striations. Experimental results indicated that lack of GaSb(feed) caused the decrease of growth rate and the increase of In composition. By adjusting the cooling rate, In_{0.03}Ga_{0.97}Sb homogeneous crystal were grown.

はじめに

InGaSb は組成比によって格子定数とバンドギャップを制御できる。また、融点が 712°C 以下と低く、電力の制限された宇宙実験試料として適した材料である。しかし、偏析現象のために成長に伴い組成が変化するという問題がある。

本研究では、熱パルス成長中に導入することで、意図的に不純物濃度縞を形成し、縞の間隔から成長速度を測定した。組成分布と成長速度の関係を調べ、その結果を用いて均一組成結晶成長を行った。

実験方法

Fig. 1 に実験アンプルの構造及び電気炉の温度分布を示す。温度勾配をつけた電気炉に GaSb(seed)/InSb/GaSb(feed) サンドイッチ構造試料を挿入し、成長中に不足する GaSb を InGaSb 溶液中に供給することで均一組成の InGaSb 結晶成長実験を行った。結晶は直径 9mm の円柱型であり、長さは GaSb が 25mm, InSb が 4mm とした。この試料を BN 管に入れ、さらに酸化を妨げるために石英管へ真空封入した。

温度上昇後、融点の低い InSb が融解した後、上下の GaSb が溶解し InGaSb を形成した。その後、低温の GaSb(seed) 上に InGaSb が成長するとともに、高温側の GaSb(feed) が溶液中に溶解した。結晶成長中に、試料を高温側へ 10mm 移動させることで温度を 6°C 上昇させた後、1 分保持し、その後元の位置へと移動させることで成長結晶中に不純物濃度縞を導入した。この操作を一定時間間隔で行なった。長手方向に切断した断面において Te 不純物濃度縞の間隔を測定することで成長速度を得た。また、電子線プローブマイクロアナリシス法で組成分析し、成長速度変化と組成比変化の関係を調べた。

実験結果

断面において明瞭に縞が観察された。縞の形状から、結晶成長界面は成長方向にして凹状であることがわかった。Fig. 2 は成長速度と In 組成比の関係を示している。成長速度が減少する部分では In 組成比が急激に増加していた。これは、GaSb(feed) が完全に溶解したために原料供給が停止し、成長速度が減少したと考えられる。縞の間隔から求めた成長速度より、成長界面を一定温度に保つ電気炉の冷却速度を計算し、その結果 Fig. 3 に示すように冷却速度 0.15°C/hr の時に均一組成の In_{0.03}Ga_{0.97}Sb 結晶を成長させ得た。

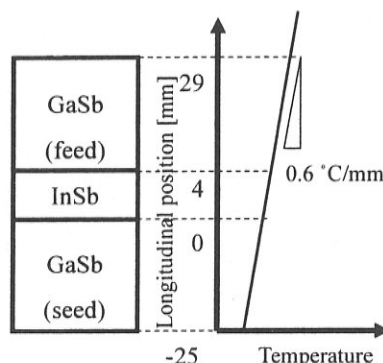


Fig. 1 Sample configuration and temperature distribution.

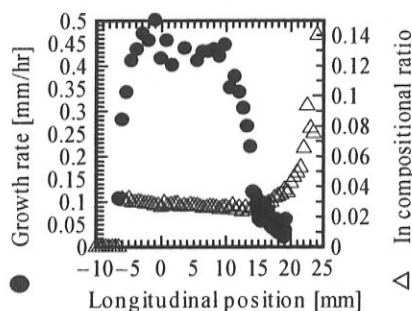


Fig. 2 Growth rate and In compositional profiles along the growth direction.

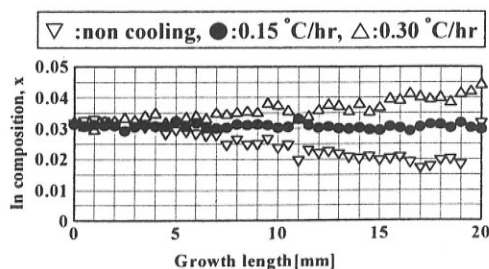


Fig. 3 In compositional profiles along the growth direction at different cooling rate.