

溶質供給チョクラルスキー法とGaInSbバルク混晶の成長に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡邊, 明佳 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1211">http://hdl.handle.net/10297/1211</a>

氏名・(本籍)	渡 邊 明 佳 (静岡県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 117 号
学位授与の日付	平成 7 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学専攻
学位論文題目	溶質供給チョクラスキー法とGaInSbバルク混晶の成長に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授	熊 川 征 司	
	教授	畑 中 義 式	教授 藤 安 洋
	教授	助 川 徳 三	助教授 田 中 昭
	助教授	早 川 泰 弘	

## 論 文 内 容 の 要 旨

現在、混晶デバイスは格子定数の定まった化合物基板上への構築を強いられている。格子定数を任意に制御できる混晶基板を製作することができれば、これをデバイス製作に供給することによって格子整合下のデバイス作製が可能になるため、使用できる混晶組成領域の拡大や、新構造のデバイス設計への応用などにより、デバイス分野の飛躍的な発展が期待できる。

本研究は、均一組成のバルク混晶成長法である溶質供給チョクラスキー(CZ)法を改良することにより、赤外領域の光デバイス基板材料として不可欠なGaInSbバルク混晶の成長を目的として行なったものである。

バルク混晶の成長において最も重大な問題は、混晶を構成する成分がそれぞれ異なる偏析係数を持っており、成長と共に成長溶液および成長混晶の組成が変化してしまうことである。したがって基板材料として不可欠な均一組成のバルク混晶を得るためには、成長溶液組成を一定化する組成制御技術が必要である。溶質供給CZ法は、成長溶液と共存させた溶質固相原料の溶解により溶液組成を一定化し、この溶液からCZモードの成長を行なうバルク混晶成長技術である。

まず、本研究では均一組成でかつ高品質な混晶を溶質供給CZ法によって得るためには、成長溶液組成の一定化のための平衡性と、安定な引上げ成長のための非平衡性が必要であることを見いだした。そして、これらの二つの溶液状態の同時実現が、溶液部分を小孔を持つ隔壁によって成長側と供給側に

二分し、供給側溶液に溶け込んだ溶質原料の成長側溶液への流入を抑制することによって、飽和(平衡)と未飽和(非平衡)な溶液の共存が可能になることを示した。

この隔壁の効果を確認し、また成長条件を確認するために、混晶系と似た性質を持ちGaSb種子結晶の格子整合下で成長が可能な、Ga-Sb溶液からの成長実験を行なった。これにより、溶液成長に特有の組成的過冷却の発生が、種子結晶を高速回転させて、成長界面直下の溶媒拡散層を薄くすることにより除去できることを確かめた。そして溶質供給CZ法により、一定温度の下でGa-Sb溶液から均一径で良好なGaSbバルク結晶を得ることができた。このことは、溶質原料が供給されたことにより、成長期間中の溶液濃度が常に一定に保たれ、隔壁によって飽和と未飽和溶液の共存状態が実現できたことを示している。さらに、小孔のサイズや数によって溶質原料の供給量が律速されることも確かめた。

以上の実験に基づいてGaInSbバルク混晶の成長実験を行なった。GaSb種子結晶を用いた場合、初期成長組成がInSb分率7% (格子不整0.42%) を越えると、格子不整合により成長混晶が多結晶化することが分かったので、この多結晶化の起きない組成範囲で、溶質供給CZ法によりGaInSb成長を行ないInSb分率3.2%で均一組成の良好なバルク混晶を得ることができた。これにより、溶質供給CZ法の溶液部分に隔壁を設けることによって、均一組成で良好なバルク混晶の成長が実現できた。InSb分率のより高い混晶を得るために、GaSb種子結晶に得られた混晶を種子結晶として用いることによって、格子不整合が多結晶化を起こさない格子不整0.42%以内の範囲で、InSb濃度の高い混晶成長を繰り返す多段成長を、前述のように改良した溶質供給CZ法によって行なった。GaSb種子結晶に格子不整が約0.2%でInSb分率の高い混晶を三段階繰り返して成長した結果、ヘテロ成長したことによる成長混晶の多結晶化も生じることなく、成長順に4%、7%、10%で均一組成の良好なバルク混晶が得られた。このGaInSbバルク混晶は市販のⅢ-V族化合物半導体基板と同等の転位密度を有しており高品質であった。さらにその転位は面内で均一に分布しており、径方向の組成分布の均一性と考え合わせると、得られた成長混晶は基板材料として必要な面内均一性を持っていることが分かった

以上のように溶質供給CZ法の溶液部に隔壁を設けることによって、均一組成が高品質なバルク混晶が得られることがわかった。また、GaSb種子結晶には格子不整合のため、直接得ることができないようなInSb分率の高い混晶も、多段成長を行なうことによって、均一組成で良好に得ることができた。以上のように溶質供給CZ法によって任意組成でかつ均一なバルク混晶を成長できることを示した。

## 論文審査結果の要旨

本論文は全7章から成る。第1章の序論は背景及び目的である。混晶の性質を最大限に発揮するデバイスを開発するには、デバイス設計に合致した基板が必要不可欠であり、格子定数を制御した混晶基板の実現が望まれている。本研究は、均一組成のバルク混晶引上げ技術として開発された溶質供給チョクラスキー(CZ)法を改良し、溶質供給下での安定した成長を可能にすること、この技術を用いて赤外領域のデバイス材料として重要なGaInSb混晶のバルク結晶を成長させることを目的としている。

第2章は、均一組成のGaInSb混晶成長の困難さの原因と、これを解決するための溶質供給CZ法の原理の説明である。即ち、組成変化がGaSb成分の大きな偏析係数に起因すること、従って成長中に混晶組成を一定に保つためにはGaSb成分の供給が不可欠であること、この条件は成長溶液とGaSb固相との共存で実現可能であること等を論じている。更に、従来の成長系においては、対流による溶質の低温域種結晶部への輸送が大きな過飽和を発生させるために、過剰核形成等による不安定成長が誘発されることを指摘し、その改良の必要性を述べている。

第3章では、上記不安定成長を避けるために、成長溶液部を未飽和状態に保ちながら、成長速度と溶質供給速度との平衡を図ることを提案している。この成長条件を実現させるために、成長用坩堝として、溶液部を成長溶液部と原料溶液部に分割し、それらを小孔で連結した新しい構造を考案している。この小孔によって溶質供給速度が律速でき、最適溶質濃度分布が実現し得る。

第4章は成長実験のための装置、手順の説明である。

第5章では、混晶の引上げ成長に必要な知見を得るために、Ga-Sb二元系溶液からのGaSb結晶引上げ成長を行っている。この実験で、種結晶の高速回転が組成的過冷却の除去に有効であること、溶質の供給速度が小孔の設計によって期待通りに制御できること等を確認している。

第6章では最初に、GaSb種結晶を用いてGaInSb混晶を引上げている。その結果、InSb成分が7モル%までの混晶であれば均一組成のバルク結晶が安定に成長できること、これを越えると種結晶との格子不整の為に多結晶となることを明らかにしている。さらに、高InSb成分の混晶を得るために、単結晶成長したバルク混晶を次の種結晶とする多段階成長実験を試み、三段階でInSb成分が10モル%の混晶を成長させることに成功している。それ故、この操作の繰り返しで任意組成のバルク混晶成長が可能であると結論している。第7章は全体の総括である。

以上のように、均一かつ任意組成を持つ混晶バルク結晶の引上げが可能となったことの意味は大きい。成長原理が他の混晶系にも適用し得るので、今後の混晶エレクトロニクス分野を始め、電子科学の進展に寄与するところ大であると言える。審査の結果、本論文は博士(工学)の学位を与えるに十分な内容を有するものと認定する。