

報告番号 ※ 甲第1105号

主論文の要旨

題名 InP の結晶成長に関する研究

氏名 朴 康 司

主論文の要旨

報告番号 ※甲第1105号 氏名 朴康司

本論文は、Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体の一つであるInPの結晶成長に関する基礎的研究をまとめたものである。以下の各章において、従来の研究成果と問題点にふれながら、新たにこの研究で明らかにされたこと、及び今後の課題について述べた。

本論文は8つの章から成っている。第1章では、従来のInP結晶成長に関する研究にふれながら本研究の目的を明らかにし、第2章では、温度勾配凝固法によるInPのバルク結晶の合成について述べた。つづいて、第3章及び第4章では、それぞれInPのLPE成長表面波模様の実験的及び理論的解析を行なった。第5章ではInP基板の熱処理効果について第6章では液相エッチングについて述べた。加えて第7章ではInP LPE成長層の電気的性質を調べ、最後の第8章では、本研究のすべてを総括した。以下、各章の内容を簡単に紹介する。

第1章 序論

本章では、InPのⅢ-Ⅴ族化合物半導体に占める位置とその工学的応用、並びに従来のInP結晶成長法について述べ、併せて本研究の位置づけと目的を明らかにした。

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	朴 康 司
------	-----	---	----	-------

第2章 温度勾配凝固法によるInPの結晶成長

本章では、温度勾配凝固法を用い、化学量論的組成から若干ずれた溶液からのInPバルク結晶の作製に関して述べた。この方法の特徴は、まず低りん圧下（数気圧）で合成を行なうために成長温度を下げることができ、結晶中への不純物混入を少なくできることにある。更に低圧下で成長させるために、アンフル管等の爆発の危険がほとんどなくなることである。この方法によりInPの結晶を作製した結果、次のことが明らかになった。

低りん圧下で成長させても十分大きな単結晶領域をもったバルク結晶が得られ、結晶の電気的性質も市販のものとは比べそん色がない。インゴット全域にわたりInPの合成を行なうためには、成長速度が3 mm/hr以下でなければならぬ。インジウムとりんのチャージ量のほとんどがInP結晶に合成できるため、LEC法に対する多結晶原料製造法としても効率が良い。

第3章 液相成長表面の波模様 - 実験的アプローチ

本章では、Ⅲ-V族化合物半導体のLPE成長表面に現われる波模様の性質を、InPのLPE成長を通して実験的に明らかにした。従来、LPE成長表面の研究については、各研究者により材料や実験条件がまちまちであるため、波

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	村康司
------	-----	---	----	-----

模様が種々の実験パラメータによってどのように変わるのかについての系統的な実験がなされなかった。本研究においては、縦型及び横型のLPE成長装置を用いて、過飽和度や基板の面方位等を変化させての実験を行なった。その結果、LPE成長表面に現われる波の性質として次のことが明らかになった。

波模様は縦型や横型のような成長装置によらず一般的に見出される。波は(111)もしくは(100)低指数面から若干傾いた表面に現われ、波面は面の傾き方向に直角である。成長は波面ばかりでなく波の至る所で起こり、波の波長は面の傾きには強く依存しない。波長は過飽和度が大きくなる程短くなる。基板の傾きを大きくすると、波模様は突起模様へと変化する。液相エッチングでは波模様は現われない。

第4章 液相成長表面の波模様 — 実験と理論との比較

本章では、LPE成長表面に現われる波模様の理論的解析を試み、第3章で得られた波模様の実験的性質との比較検討を行なった。理論的解析はMorphological Stability理論をLPE系に適用し、初期の摂動として低指数面から傾いた基板表面上に現われる無数のステップを考え、このステップが成長条件によってどのように変化するかを理論的に明らかにした。その結果、第3章で見出された実験事

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	朴 康 司
------	-----	---	----	-------

実は、ここで展開された理論によりすべて矛盾なく説明されることが分かった。

第5章 InP基板の熱処理効果

本章では、LPE成長過程以前の昇温及び飽和過程において基板の受ける熱処理効果を実験的に考察した。水素ガス雰囲気中で熱処理実験を行なった場合、熱処理温度が650°C以上で基板表面の損傷は激しくなる傾向がみられた。この熱処理効果を少なくするために、本研究では、雰囲気ガスとして水素とアルゴンの混合ガスを用いての熱処理実験を行なった。その結果、熱処理温度が700°Cの場合、熱エッチング量を $\frac{1}{3}$ に抑えることが出来ることを見出した。

第6章 InPの液相エッチング

本章では、液相エッチング実験を系統的に行なうとともに、従来あまり知られていないインジウム溶液中のリンの拡散係数を算定した。エッチング実験は未飽和溶液を用い、 ΔT (エッチング温度と溶液飽和温度の差)及び時間を変化させて行なった。各エッチング表面の詳細な観察の結果、次のことが明らかになった。

エッチング表面は ΔT が大きい程、またエッチング時間

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	朴 康 司
------	-----	---	----	-------

が長い程平坦になる。InP基板の熱処理効果を取り除き、表面を平らにするためには ΔT を 10°C 以上にし、10分間もしくはそれ以上エッチングを行なう必要がある。エッチング表面と成長表面とはマクロ的にもミクロ的にも全く異なる。

更に、一次元及び二次元LPE系に対して数値解析を行ない、エッチング量のデータと比較検討することによって、インジウム中のリンの拡散係数を算定した。その結果、拡散係数は、 650°C で $4\sim 6\times 10^{-4}\text{ cm}^2/\text{sec}$ の値をとることが結論づけられた。

第7章 InP LPE成長層の電気的性質

本章では、InP LPE成長層の電気的性質が実験条件によりどのように変わるのかを明らかにした。まず、インジウムメルトを長時間水素雰囲気中でBakingした後LPE成長を行なった場合、InP成長層の電気的性質が著しく改善された。更に、この方法によって、低キャリア濃度で低温における移動度の高い結晶が再現性よく作られ得ることを示した。次に、成長温度を変化させた場合($600\sim 700^{\circ}\text{C}$)、成長温度の上昇につれてキャリア濃度が低下し、移動度が上昇する傾向が見出された。ここで得られた結晶のキャリア濃度は、低いもので $1.0\times 10^{15}\text{ cm}^{-3}$ (77°K)、移動度は高いもので $42300\text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{sec}$ (77°K)であった。この電気

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	朴 康 司
<p data-bbox="189 427 1188 533">的特性は、現在スライドボート法で作られた結晶のうちでは最も良好なものである。</p> <p data-bbox="458 609 728 654">第8章 総括</p> <p data-bbox="189 701 1188 807">本章では、本論文全体を通しての総括を行ない、各章に述べられた主な結果を簡潔に要約した。</p>				