



Title	砒化ガリウム結晶の電氣的性質に及ぼす不純物の効果に関する研究
Author(s)	三木, 秀二郎
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31328
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

[34]

氏名・(本籍)	三 木 秀 二 郎
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 3 1 7 5 号
学位授与の日付	昭和 49 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	砒化ガリウム結晶の電気的性質に及ぼす 不純物の効果に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 (副査) 教授 川辺 和夫 教授 中井 順吉 教授 田村 英雄 教授 稔野 宗次 教授 山中 千代衛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は砒化ガリウム (GaAs) 結晶中の不純物の存在状態, 不純物が電気的特性に及ぼす効果の解明, 非常に純度の高い GaAs 結晶の成長, ガイダイオードの発振効率に及ぼす不純物の効果等に関する研究結果をまとめたものであり, 6章にわけて構成されている。

第1章は, 序論で GaAs 結晶成長に関する研究の沿革に触れると共に, ガンダイオードの開発にあたり高品質 GaAs 結晶の研究の重要性について述べることにより本論文の目的と意義を明確にした。

第2章においては, エピタキシャル結晶の基板として使用する高濃度 GaAs バルク単結晶に含まれる析出物について検討した。GaAs 中の Te の微量分析を行い結晶中の Te 濃度とキャリア濃度との対応を求めると共に, 赤外顕微鏡, X線マイクロアナライザー, 電子顕微鏡等で析出物の存在状態を解明し GaTe が形成されていることを示した。また赤外線透過率の測定により微小部のキャリア濃度変化を求め, 結晶成長条件との対応を示した。

第3章においては, 高純度の液相エピタキシャル結晶を得るための条件について検討した。結晶成長時の雰囲気の高純度および Ga_2O_3 のドーピング実験から, 液相エピタキシャル結晶では酸素が浅い準位のドナーとして働き, 結晶の電気的性質に大きな影響を及ぼすことを示した。原料の加熱処理ならびに結晶成長時の酸素の混入を防止した結果, キャリア濃度 $3.7 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$, 77°K の移動度 $244,000 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{S}$ の非常に純度の高いエピタキシャル結晶が得られることを述べた。

第4章においては, Ga-AsCl₃-H₂ 法を用いて成長させた気相エピタキシャル結晶中の不純物と結晶の電気的性質および光学的性質との関連について述べた。気相エピタキシャル結晶では, Si による汚染が激しいことを示すと共に, 熱力学計算を行い, Si 源として GaAs 基板中に含まれる Si

の他に石英反応管中の Si があることを示した。ついでホールミネッセンスおよびホットキャパシタンスの測定結果と結晶成長条件を対応させ Si 以外に Cu と As 空孔とが関与していることを示した。

第5章においては、ガンダイオードの発振効率を理論的に求め、10GHz 帯ではキャリア濃度が $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ のとき発振効率が最大になることを導いた。一方磁気抵抗効果法を用いて実験的に求めた最適のキャリア濃度は理論値と良く一致することを示した。また種々のキャリア濃度分布と発振効率の関係について検討し、高抵抗層を含む結晶は、発振効率が低いことを示した。

第6章においては、本論文の結論を総括して述べた。

論文の審査結果の要旨

本論文はマイクロ波固体発振素子として、最近広く使われているガンダイオードの材料としての GaAs 単結晶の成長方法とその欠陥の関係及びガンダイオードの電気特性とこれらの欠陥の関係を X 線回析、X 線マイクロ・アナライザー、赤外顕微鏡、赤外吸収、ホール効果などの実験手段を使用して実験的に追求したものである。

その結果多くの有用な新知見を得ているが、その二、三をあげると例えば

- (i) 液相エピタキシャル法による結晶成長では、不純物酸素が浅いトラップ準位を作ることがガンダイオードの電気的特性に大きく影響する。
- (ii) 気相エピタキシャル法による結晶成長では基板とエピタキシャル層の界面に高抵抗層ができることがガンダイオードの特性を変化させる。容量バイアス特性、ホット・ルミネッセンス等からこの層が不純物 Si によることが明らかになった。

この Si は、基板からの不純物拡散以外にも石英管とキャリア・ガスとの化学反応によって生じることが熱力学的考察から論じた。

以上のように本論文は GaAs 単結晶の成長と格子欠陥制御の上で幾多の重要な知見を得て居り、その成果は、半導体工学の分野に貢献する所が大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものであると認める。