

Title	PHOTOLUMINESCENCE STUDY OF TRANSITION-METAL IMPURITIES IN GaAs
Author(s)	藤原, 康文
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/948">https://hdl.handle.net/11094/948</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名・(本籍)	藤原康文
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 7431 号
学位授与の日付	昭和 61 年 9 月 11 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	GaAs 中の遷移金属不純物に關与したフォトルミネッセンスとその 材料評価への応用
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 難波 進 教授 末田 正 教授 西野 種夫

### 論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学基礎工学部において行ったガリウム砒素 (GaAs) における 3 d 遷移金属不純物に關与したフォトルミネッセンス (PL) とその材料評価への応用に関する一連の研究成果をまとめたもので本文 6 章と謝辞とから成っている。

まず最初に、精密砒素圧制御下での熱処理効果を検討し、クロム (Cr) 添加 GaAs で観測される Cr に關与した鋭い発光線は Cr と砒素空孔からなる複合体に起因することを明らかにした。さらに、Cr 発光線への種々のドナー不純物の添加効果の検討より、Cr とセレン (Se) とからなる複合体に起因する新しい発光線を観測し、そのエネルギー位置の解析にもとずいて、それぞれのドナー不純物が Cr の周りに作る場の強さを議論した。一方、インジウム (In) 添加によっても新しい Cr 発光線が出現することを観測しており、一連のルミネッセンス測定の結果より、それらが In と Cr と砒素空孔 3 者による複合体に起因することを明らかにした。また、それらのエネルギー位置の検討より、In 添加は GaAs 中に 1 % 程度の局所的な格子歪を誘起することを実験的に初めて示した。さらに、先に得られた知見を基にした、PL 法による砒素空孔評価の可能性を明らかにし、得られた砒素空孔の拡散係数を従来の報告例と比較検討した。

次に、ニッケル (Ni) に關与した発光線を種々の Ni 拡散 GaAs において調べた。Ni に關与した発光線強度の深さ方向分布の測定より、試料表面近傍に硫黄 (S) が堆積していることを明らかにした。さらに、バナジウム (V) 添加 GaAs において観測される V に關与した鋭い発光線の時間分解測定結果の解析より、その発光線の起源の同定に成功した。

最後に、Cr-砒素空孔複合体に起因する鋭い発光線の分裂やエネルギー・シフトに注目した新しい残

留応力の評価技術について述べた。さらに、この手法をGaAs上に成長した半導体ヘテロ界面の評価に応用し、その有用性を確認した。

## 論文の審査結果の要旨

GaAs結晶はSi結晶と比べて電子の動きやすさ、つまり電子移動度が数倍（5～6倍）大きいことから、情報処理の高速化をめざした新しいIC用材料として注目されている半導体である。また、半導体レーザや赤外発光ダイオードなど、オプトエレクトロニクスの分野でも中心的役割を果たす地位を占め、大きな潜在需要を擁している。ところで、GaAsは化合物半導体であることからGaやAs原子の化学量論的バランスとか結晶完全性の点ならびに混入する不純物プロセスにおいても、Siのような単元素半導体と比べてはるかに複雑であり、その基礎物性は未知とされる研究課題が山積している。

本論文は、そうした研究課題の中でもIC用基板として大きなニーズのある半絶縁性GaAs結晶の基礎物性に関連して、3d遷移金属不純物に関与したフォトルミネッセンスについて詳細な研究を行った成果をまとめたもので、それぞれの不純物特有の発光スペクトルを発光機構にもとづいて分類し、その起源を明らかにするとともに、その結果の新しい材料評価技術への応用にまで発展させている。

まず、半絶縁性Cr添加GaAsにおいて観測されるCrに関与した鋭い発光線を取り上げ、精密As圧制御下での熱処理効果の検討より、その鋭い発光線がCrとAs空孔からなる複合体に起因することを解明した。さらに、Cr発光線への種々のドナー不純物の添加効果を検討し、複合体に起因する新しい発光線のエネルギー位置の解析にもとづいて、それぞれのドナー不純物がCrの周りに作る結晶場の強さを議論している。また、GaAsの転位密度を減らす技術として知られているIn添加によっても新しいCr発光線が出現することを観測し、それらがInとCrとAs空孔3者による複合体に起因することを明らかにしている。

次いで、Ni拡散GaAsにおいて観測されるNiに関与した鋭い発光線へのドナー不純物の添加効果を調べるとともに、それらの発光線強度の深さ方向分布の測定より、GaAs中に残留していたSがNi拡散中に再分布し試料表面近傍に堆積することを明らかにした。また、半絶縁性GaAsの製造においてCrより熱的に安定な入り方をするVを添加したGaAsについても組織的な実験を行っている。その結果、Vに関与した鋭い発光線を観測し、その時間分解測定の結果よりV発光線の遷移準位を同定している。

最後に、Cr-As空孔複合体に起因する鋭い発光線の分裂やエネルギー・シフトが結晶の軸方向に印加した一軸性応力に極めて敏感に依存して変化することを見出し、この現象を利用した新しい残留応力の高感度評価技術を提案し、一例として、この手法をGaAs上の半導体ヘテロ界面の評価に応用し、その有用性を明らかにしている。

以上述べたように、本研究の成果は新しいIC用基板として利用されつつある遷移金属添加半絶縁性GaAs結晶の基礎物性とその評価技術に貢献するところ大きく、工学博士論文として価値あるものと認める。