



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	https://hdl.handle.net/11094/948
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

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関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3d遷移金属不純物に関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に関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づいて、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)に関与した発光線を種々のNi拡散GaAsにおいて調べた。Niに関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に関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。