



Title	GaAsの放射線損傷に関する研究
Author(s)	鄭, 萬佑
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33809">https://hdl.handle.net/11094/33809</a>
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

氏名・(本籍)	ちよんぐ 鄭	ま 萬	ぬ 佑
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	6 5 0 0	号
学位授与の日付	昭和 59 年 3 月 26 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の放射線損傷に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄		
	教授 木下 仁志	教授 藤井 克彦	教授 山中千代衛
	教授 鈴木 胖	教授 黒田 英三	教授 横山 昌弘
	教授 中井 貞雄	教授 中井 順吉	教授 藤田 広志

## 論文内容の要旨

本論文はその固有の特性の為に半導体材料として、電子工業において特に重要視されている GaAs 単結晶の格子欠陥についての研究をまとめたものであり、5 章からなっている。

### 第 1 章 序 論

本研究で扱う放射線(電子・中性子・ $\gamma$ 線)損傷を定義し、従来の研究を概観するとともに放射線損傷効果を検討するための基礎となる主な照射欠陥の導入機構を概説し、放射線損傷の電氣的及び光学的特性に及ぼす効果の解析方法を導出して示している。

### 第 2 章 電氣的特性の放射線損傷効果

n 型 GaAs に放射線を照射することにより導入される格子欠陥についてホール効果、電気抵抗及び移動度の測定から照射線量効果、温度依存性、焼鈍の振舞い等を調べ、導入された欠陥の挙動を明らかにしている。照射により導入される As 空孔は  $E_c - 0.112\text{eV}$  の準位をもつ 1 価のドナであり、 $0.025\text{eV}$  準位は 2 価のドナであると推論している。77 K の照射により導入される弧立の Ga 空孔は 250 K の焼鈍で消滅し、室温照射では Ga 空孔はほとんど単独には存在せず複合欠陥を作るとを推定している。77 K 照射をすると、250 K (ステージ I) と 500 K (ステージ II) の 2 つの段階で焼鈍するが、ステージ I の焼鈍の活性化エネルギーは約  $1.5\text{eV}$  と見積っている。欠陥導入率は電子線に対し  $4n/\phi_e = 1\text{cm}^{-1}$ 、 $\gamma$  線に対しては  $4n/\phi_{ph} = 8.6 \times 10^{-3}\text{cm}^{-1}$  を得ている。初回の照射後 600 K で焼鈍し、これを 77 K で再照射すると初回の照射の場合の 2 倍以上もの大きい散断面積を得ている。250 K よりやや低い温度で移動度の逆焼鈍を観察している。この現象は初回の照射後 600 K で焼鈍を行っても照射損傷の残留効果があり、これが 250 K よりやや低い温度で残留複合欠陥の組み替え等をするためであると推論している。

### 第3章 フォトルミネッセンスの放射線損傷効果

照射GaAs単結晶のフォトルミネッセンスの測定から得た結果を述べている。77 Kで電子線照射したSiドープn型GaAs及び、p型GaAsに対するフォトルミネッセンスの観測から約500 Kの焼鈍処理により、As空孔とAs位置のSi不純物原子との複合欠陥中心が形成されることを示している。C原子は電子線照射後、600 K以上の温度での焼鈍により、As空孔と会合して置換型不純物原子に変わることがフォトルミネッセンスとキャリア濃度の焼鈍特性から示している。SiドープGaAs及びTeドープGaAsにCuを熱拡散した時及び放射線を照射した時のフォトルミネッセンスの観測から、1.29 eVの発光中心及び1.33 eVの発光中心に対する従来のモデルに再検討の余地のあることを述べている。

### 第4章 光電導特性の放射線損傷効果

室温で高エネルギーの電子線照射をしたn型GaAsに対する定常光電導特性の測定から得た $E_c - 1.13$  eVの中心はフォトルミネッセンスのkiller中心の1つになっていると推定している。又、過渡光電導の減衰時定数の測定から $E_c - 0.027$  eVの正孔捕獲準位を見出している。

### 第5章 結 論

本研究の成果を総括的にまとめ、この成果の電子工業に対する貢献について述べている。

## 論 文 の 審 査 結 果 の 要 旨

ガリウム砒素(GaAs)単結晶はⅢ-Ⅴ族化合物半導体材料の中でオプトエレクトロニクス素子、高周波電子素子として最も広く用いられているが、最近、人工衛星用の太陽電池材料としてその耐放射線性、高光電変換率などの点から注目されている。

本論文はこのような背景の下にn型GaAs単結晶に高エネルギーの $\gamma$ 線、電子線、中性子線等を照射し、放射線損傷とその焼鈍過程を基礎的に究明した結果を述べたもので多くの成果を得ているがその主なものを要約すると、

- (i) Si及びSnをドープしたn型GaAs単結晶に室温及び液体窒素温度で $\gamma$ 線、電子線等を照射し、固有抵抗、ホール効果の測定からキャリア濃度と電子移動度の照射効果とその焼鈍について調べている。その結果キャリア数の減少から見た欠陥の導入率は実験範囲の全線量にわたってほぼ一定の値を示すが低温(不純物散乱領域)での移動度の逆数の変化は線量に対して直線的でなく2段ないし3段の折線で近似されることを見出し、これを複合欠陥やクラスター形成によるキャリア散乱断面積の変化によるとしている。
- (ii) キャリア密度の温度依存性から放射線によって深さ0.112 eV、0.025 eV及び0.006 eVの欠陥準位が導入されることを明らかにし、前2者がそれぞれ砒素空孔及びガリウム空孔に帰因することを推論している。また照射試料の電子移動度の低温度の温度(T)依存性が普通のイオン化不純物散乱から期待される $T^{3/2}$ に比例せず $T^3$ に比例することを見出している。
- (iii) 放射線によるキャリア濃度と移動度逆数の減少の焼鈍は250 KのステージⅠと500 KのステージⅡ

で起ることを見出し、前者はガリウム空孔の消失に、後者は砒素空孔の消失によることを種々の実験的根拠から提案している。

- (iv) フォトルミネッセンス・スペクトルの4つのピーク A (1.5 eV), B (1.47 eV), C (1.4 eV), D (1.2 eV) についての放射線照射と焼鈍の効果調べに対応する各欠陥の構造に検討を加えている。これらの発光ピーク強度は放射線照射による非輻射再結合中心の導入によって一様に減少するが 500 K でのステージ II の焼鈍によってほとんど照射前の値まで回復すること、また C ピークのみはこの焼鈍で照射前の値よりも増大することを見出している。種々の実験的根拠から C ピークは砒素空孔と Si 不純物の複合欠陥であることを推論している。
- (v) GaAs 中に含まれる炭素及び銅に関連するフォトルミネッセンス・ピークの照射及び焼鈍過程を明らかにしている。

以上述べたように本論文はガリウム砒素単結晶の放射線効果の基礎機構に関する多くの新知見を含み、半導体工学に寄与する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。