

氏名（本籍）	友 真 衛	（石川県）
学位の種類	工 学 博 士	
学位記番号	博 甲 第 4 6 3 号	
学位授与年月日	昭 和 62 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当	
審査研究科	工学研究科	
学位論文題目	改良型熱刺激電流（TSC）法による半絶縁性 CaAs 中の欠陥挙動に関する研究	
主 査	筑波大学教授	工学博士 南 日 康 夫
副 査	筑波大学教授	工学博士 川 辺 光 央
副 査	筑波大学教授	工学博士 升 田 公 三
副 査	筑波大学助教授	工学博士 井 口 家 成
副 査	筑波大学助教授	工学博士 長 谷 川 文 夫

論 文 の 要 旨

化合物半導体，中でも GaAs はオプトエレクトロニクス素子や超高速 IC 用材料として注目されている。しかしこれら結晶中には多くの欠陥が存在し，欠陥は素子の特性効率や信頼性を直接支配する。従ってこれらの問題を改善するには欠陥の制御が必要であるが，例えば GaAs 中にどのような欠陥がどれだけ存在しどのように振舞うかについては殆んど解っていない。GaAs 中の欠陥の同定が遅れている主な原因はこれらの欠陥の反応後の複雑な形態を見ているからである。

GaAs 中の欠陥を同定するには先ず反応が起こる前の単純な（新鮮な）欠陥を，そしてそれらの反応過程を観測することが必要である。また，そのための測定法には極低温で使えること，高抵抗試料に適用出来ること，高感度で欠陥準位を観測できることなどが要求される。これまでは以上の要求を満足する欠陥準位測定法がなかった。本研究の目的は第 1 に新鮮な欠陥観測の手段を確立すること，第 2 にその方法を用い，GaAs 中の新鮮な欠陥とその反応過程を観測することである。

本論文は第 1 章で研究の背景と目的について述べ，第 2 章では GaAs 中の欠陥の種類と報告されている深い欠陥準位を概観している。

第3章では a-Si の光疲労効果について行った予備実験を通し、一次欠陥とその反応によって生ずる複合体を区別する方法を論じている。その結果欠陥同定のためには低温で一次欠陥を導入し、反応が起こる前の新鮮な欠陥を観測し、さらに昇温に伴う一次欠陥の反応過程を追跡する方法が有効であることを示している。

第4章では熱刺激電流 (TSC) 法を GaAs 中の新鮮な欠陥準位観測法たらしめるべく行った改良法について記されている。改良の要点は感度を向上させるために電極間距離を短くすること、及び表面漏れ電流の影響を防ぐためにガードリング電極構造を設けることである。

第5章、第6章においては改良型 TSC 法による半絶縁性 GaAs の測定とデータ解析について述べている。試料構造の改良についてはガードリング電極構造によって試料表面の漏れ電流が完全に抑えられていること、電極間距離を短くすることにより感度が大幅に向上したことが明確に示されている。また、感度の向上はキャリアの収集効率の増大 ($\rightarrow 1$) に対応することが明らかにされている。TSC スペクトルに対しても、新たな解析法が提案されている。準位は 10^{11}cm^{-3} 台の濃度まで測定出来ることが示され、従来の TSC 法の検出限界を 1 桁以上、下げることが出来た。これは各種欠陥準位観測法の中で最も低い値である。更に準位のキャリア捕獲断面積をピーク強度の初期化光照射時間依存性から導出する方法が本研究により初めて提案・実証された。例として 2 つの TSC ピークに対する電子捕獲断面積は $2.3 \times 10^{-15} \text{cm}^2$ 、 $1.5 \times 10^{-15} \text{cm}^2$ との値が求められた。また従来の TSC 法では困難とされてきた電子トラップと正孔トラップの分離を初期方法の工夫により行う方法も示されている。一方問題点として、半絶縁性試料に対してはピーク強度が試料中の空間電荷によって影響されることがモデル上での計算との対応から明らかにされている。このため準位濃度は場合によっては 1/4 程度に過少評価される可能性のあることが指摘された。

第7章では改良 TSC 法の特徴を生かし GaAs 中の新鮮な照射欠陥とその反応過程の観測を行った結果について述べられている。33K での γ 線照射により 0.13eV に今回初めて観測された準位が出現すること、またこの準位は 83K 以下の低温で反応し、中間状態を経た後、室温での照射によっても導入される E2 準位 (0.18eV) を生成することが明らかにされた。この結果は E2 準位も含め室温で導入された欠陥は一次欠陥であるとの今迄の仮定を覆すものであり、GaAs 中の欠陥同定の新たな出発点となるものと考えられる。

第8章では本研究で得られた成果と今後の課題についてまとめられている。

審 査 の 要 旨

GaAs などの III-V 族化合物半導体中の深い準位についての研究は、DLTS 法の出現により大きく進歩した。しかし、それは多くの準位の位置、濃度、捕獲断面積のデータを集積しただけ

であり、欠陥の本性すなわち同定についての知見を得るに至らなかった。40年以上に及ぶこの半導体の研究から見て信じられないことであるが、それだけに、本質的に難しいこの“同定”の問題に取り組んだ研究は、一つの重大な手がかりを与えたと言えよう。

すなわち、熱あるいは光励起反応を起こす以前の新鮮な欠陥を、極低温で調べる適切な手段はこれまでに存在しなかった。それを新しく開発するための予備実験にかなりの時間をかけているが、これらは失敗の連続の歴史であり、論文には表れにくい所であろう。中でもPASの研究は、ここでは実を結んでいないが、井口研究室では超伝導と組み合わせ、革新的な手法として世の注目を集めている。

苦心の成果の改良型TSC法は、まさに前記の欠陥同定の尖兵として有用であり、新鮮な一次欠陥と思われる準位を捉えたことは幸運であった。今後は既存の手法によるデータとの比較を行い、同定の作業が始まるであろう。本研究は、今迄の困難だったIII-V族化合物半導体中の欠陥の同定に一つの突破口を開いたことを高く評価する。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。