

氏名	くず はら まさ あき 葛 原 正 明
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2456 号
学位授与の日付	平 成 3 年 3 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	イオン注入 GaAs の活性化熱処理に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 佐々木昭夫 教授 松波弘之 教授 藤田茂夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、GaAs 集積回路の高性能化を目的とし、イオン注入をした GaAs 結晶の表面保護技術および注入原子活性化熱処理技術に関する研究の成果をまとめたもので、全体の構成は 9 章からなっている。

第 1 章では、本研究の背景として、GaAs 集積回路の作製工程において、イオン注入をした n 型不純物に対する熱処理条件と活性化特性を解明することの重要性について述べている。

第 2 章では、GaAs イオン注入層の活性化熱処理方法を、その処理時間の長さによって 3 つに分類し、各々について特徴を明らかにしている。また、活性化熱処理において、熱処理保護膜として要求される必要条件を論じている。

第 3 章では、活性化熱処理に使用する SiO_xN_y 保護膜の形成方法および形成した膜の特性について述べている。まず、膜組成と屈折率の関係が理論曲線とよく一致することを確認し、次に、安定に熱処理ができる保護膜の臨界膜厚について議論している。

第 4 章では、電気炉を用いた熱処理において、Si イオン注入 GaAs 層で、高い活性化率を得るためには、屈折率が約 1.75 をもつ SiO_xN_y 保護膜が有用であることを示している。また、 SiO_xN_y 保護膜を用いた場合には、基板面内での活性化特性の均一化を図る上で大きな長所となることを指摘している。

第 5 章では、 SiO_xN_y 保護膜を用いて電気炉熱処理した GaAs 層について、保護膜と GaAs との界面反応や、GaAs 結晶中に導入されている深い準位についての評価結果を得ている。保護膜の違いによる Si イオン注入層の活性化率の変動要因として、熱処理時に生じる Ga 原子の外部拡散が重要な役割を果たすことを明らかにしている。

第 6 章では、短時間熱処理法を用いて活性化した Si イオン注入 GaAs 層の電気的特性について論じている。まず、短時間熱処理を用いて形成した n 型 GaAs 動作層が、高濃度で急峻なキャリア濃度分布をもつことを示している。次に、短時間熱処理を用いて形成した n 型動作層上に試作した GaAs 金属-半導体電界効果トランジスタの評価結果を示し、高い相互コンダクタンスをもつ良好なトランジスタ特性が実現できることを実証している。

第7章では、短時間熱処理時に GaAs 結晶中に導入される固有な深い準位の存在について議論している。この深い準位の成因が As 空孔と As アンチサイト欠陥の複合体に関係している可能性を指摘している。また、この深い準位の発生量は、最高でも 10^{15} cm^{-3} 程度であり、デバイスへの応用上は問題とならないことを指摘している。

第8章では、短時間熱処理を用いて形成したイオン注入による高濃度 n 型 GaAs 層の電気的特性について論じている。S イオン注入層の活性化では、拡散性の S 原子の再分布が短時間熱処理により効果的に抑制できることを明らかにしている。一方、Si や Sn の IV 族不純物の活性化には、 SiO_xN_y 保護膜を用いた短時間熱処理が有効であることを示し、電子濃度として 10^{19} cm^{-3} に迫る高い電子濃度が実現できることを示している。併せて、この高電子濃度層を非合金化抵抗性接触形成に応用した結果についても言及している。

第9章は結論であり、本研究において得られた結果を総括するとともに、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

イオン注入技術を利用する GaAs 集積回路の性能を向上するためには、注入不純物の活性化熱処理技術の確立は極めて重要かつ緊急な検討課題である。本論文は、こうした検討課題に対応できる新しい表面保護技術および熱処理技術に関して行われた研究成果をまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

1. Si イオン注入 GaAs 層において高い活性化率を得るためには、約1.75の屈折率をもつ SiO_xN_y 保護膜が有用であることを見いだした。
2. 保護膜の違いによる Si イオン注入 GaAs 層の活性化率の変動要因として、熱処理時に生じる Ga 原子の外部拡散が重要な役割を果たすことを明らかにした。
3. 短時間熱処理を用いて形成した n 型 GaAs 動作層が高濃度で急峻なキャリア濃度分布をもつことを示し、さらにこの n 型動作層を用いた金属-半導体電界効果トランジスタを試作した結果、従来より高い相互コンダクタンスをもつ良好なトランジスタ特性が得られることを実証した。
4. 短時間熱処理時に発生する固有の深い準位の量は、最高でも 10^{15} cm^{-3} 程度であり、デバイスへの応用上は問題とならないことを指摘した。
5. SiO_xN_y 保護膜を用いた短時間熱処理により、電子濃度として 10^{19} cm^{-3} の極めて高い電子濃度をもつ高濃度 n 型 GaAs 層が実現できた。この高電子濃度層が非合金化抵抗性接触に応用できることを示した。

以上、要するに本論文は GaAs 集積回路の高速化および大規模集積化に対応できる新しい表面保護技術や熱処理技術の研究とそれらの実用化に関する研究について述べたものであり、その成果は学術上、応用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成3年2月15日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。