

専攻		学籍番号		指導教官氏名	
申請者氏名	大山 英 典				

## 論 文 要 旨

論文題目	Siトランジスタの電子線照射損傷とその回復機構に関する研究
------	-------------------------------

(要旨 1,200字以内)

本研究は Siトランジスタの耐放射線強化に必要な基礎的資料を得るために、npn Siトランジスタの電子線照射損傷とその回復機構を調べたものである。以下、論文の概要を説明する。

第1章では、研究を実施するに至った背景と研究の現状を概説しながら、未解決である問題点を明らかにした。また、これらに基づいて研究の目的を明確にすると共に、論文の概要を述べた。

第2章では、試料に用いた npn Siトランジスタや、放射線源に電子線を選定した理由および電子線を照射した電子加速器を説明した。また、Siトランジスタに生じた照射損傷と、その回復過程を評価するために使用した実験装置について解説した。

第3章では、コレクタ領域の電子捕獲準位を DLT S法によって測定し、これらの準位に対応する格子欠陥を同定した。この結果から、電子線の積算照射量が  $10^{12}$  と  $10^{13}$   $e/cm^2$  では、1 価の負の荷電状態を持つ 2 重空孔 ( $V_2^-$ ) が、 $10^{14}$   $e/cm^2$  では、 $V_2^-$  と A 中心 (空孔と酸素の複合欠陥:  $V-O$ ) が、さらに、 $10^{15}$   $e/cm^2$  においては、 $V_2^-$  や  $V-O$  と同時に、E 中心 (空孔と燐の複合欠陥:  $V-P$ ) および 2 価の負の荷電状態を持つ 2 重空孔 ( $V_2^{--}$ ) が形成されることを見い出した。また、格子欠陥の形態が、

照射量によって異なることに注目して、格子欠陥の形成過程を定性的に説明した。この中で、照射量が  $10^{12}$  と  $10^{13}$   $e/cm^2$  の場合、 $V_2^-$  が形成されたのは、格子間 Si による酸素原子の捕獲が、大きく起因していることを明らかにした。同様に、 $V_2^-$  の形成に使用されなかった余剰空孔が、周囲の空孔や酸素および燐原子と結合するために、 $10^{12}$   $e/cm^2$  では  $V-O$  が、 $10^{13}$   $e/cm^2$  では  $V-O$  と  $V-P$  および  $V_2^{--}$  が、順次、形成されることを示した。

第 4 章では、コレクタ電流 ( $I_c$ ) が  $50 \mu A$  以上の電流領域において、電子線照射が電気的特性に及ぼす影響を調べた。これより、この領域では、ベース電流 ( $I_B$ ) が増加すると同時に、 $I_c$  も減少することを見い出した。同様に、 $I_B$  と  $I_c$  の変化が、直流電流増幅率 ( $h_{FE}$ ) の減少をもたらすと共に、電気的特性の劣化が、照射量の増加に伴って顕著になることを示した。また、 $h_{FE}$  の劣化機構を解明するために、熱処理による  $h_{FE}$  と格子欠陥の回復過程を比較した。その結果、 $I_c$  が  $1 mA$  程度の動作領域における  $h_{FE}$  の劣化原因は、照射量によって異なり、 $10^{12}$  と  $10^{13}$   $e/cm^2$  の場合では、 $V_2^-$  はほとんど関与せず、主に表面チャネル電流 ( $I_{sc}$ ) の増加による  $I_B$  の増加が関係することを明らかにした。これに対して、 $10^{14}$  と  $10^{15}$   $e/cm^2$  の場合は、コレクタ領域に注入された電子が、 $V-O$  に捕獲されることに起因する  $I_c$  の減少と、 $I_{sc}$  の増加による  $I_B$  の増加が、共に寄与していることを示した。

第 5 章では、 $V-O$  と  $V-P$  および  $h_{FE}$  の通電による回復過程と、回復に及ぼす電流と電圧の効果を調べた。

ここで、これらの回復が、熱処理に比べて促進され、その促進は、コレクタ波高値とベース・コレクタ間逆方向電圧の増加と共に、顕著になることを明らかにした。また、V-OとV-Pの回復促進は、コレクタ空乏層内の電界からエネルギーを得た注入電子が、格子系にエネルギーを授受するモデルによって説明することができた。同様に、注入電子によるV-Oの回復促進と表面領域の回復が、 $h_{FE}$ の回復促進をもたらしていることを示した。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめた。