

Title	イオン注入による GaAs 超高速トランジスタの能動層および分離層形成に関する研究
Author(s)	山崎, 肇
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/37712
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	山崎 肇
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 10104 号
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 18 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	イオン注入による GaAs 超高速トランジスタの能動層および分離層形成に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 蒲生 健次 (副査) 教授 浜川 圭弘 教授 小林 猛 教授 奥山 雅則

論文内容の要旨

本論文は、GaAs L S I の大規模化、高速化を図るため、イオン注入技術による能動層の形成、および分離層の形成に関する研究についてまとめたものである。

角度スキャンイオン注入による面チャネリングとシャドウ効果に起因する能動層の不均一性を改善するため、平行スキャン注入装置を試作し、直径 80mm の周辺で外側への開き角が垂直方向で 0.18 度、水平方向で 0.3 度とチャリングの臨界角のおよそ 1/10 以下にでき、従来の角度スキャンの場合の開き角の約 1/5 ~ 1/8 と改善し、3 インチ径で初めて平行スキャンを実現した。そして均一能動層を形成できることを容量-電圧測定および F E T の閾値電圧の測定より実証した。また能動層の薄層化に対処するためイオン電流量の減少を抑えた低エネルギー化の改良も行った。半絶縁性 GaAs 結晶基板に Si イオンを注入した場合の電気的特性について、注入条件および結晶品質に対する依存性を明らかにした。Si の拡散係数 ($D = 3 \times 10^{-15} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$) が十分小さく、L S S 理論で近似できること、また Si 注入層の活性化に関連し、表面空乏層の効果を解析し、表面空乏層の影響の結果として見かけの活性化率 (η) は約 24 パーセント小さく、残留アクセプタ密度 (N_{res}) は約 $3 - 4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 多く測定されていることを算出した。GaAs 中のクロム濃度と活性化率、 N_{res} 、移動度の関係を明らかにした。次いで、平行スキャンによる均一能動層を持った F E T による基板結晶の評価を通して、H B, L E C - GaAs 結晶と F E T の V_{th} との関係を示し、GaAs L S I 用結晶として In 添加 L E C - GaAs が優れていることを確認した。

低エネルギー注入、隣共注入および分子イオン注入と短時間アニール法により高濃度薄層化を実現した。この技術を、N T T で開発した S A I N T (Self Aligned Implantation for N⁺ -layer

Technology) FET製作に適用し、FETの諸パラメーターの改善が素子特性を向上させることを検証し、実用性を示した。すなわち本方法により、 $0.3\mu\text{m}$ ゲート長素子で最高発振周波数が53GHzと高性能を実現した。さらに $0.1\mu\text{m}$ の微細ゲート長素子では、遮断周波数90.8GHz、最高発振周波数78GHzと大幅な性能向上が実現できた。これらの素子はデジタル用、およびアナログ用として実用に供され、F-10G光伝送方式用素子として導入が予定されている。

さらにGaAsMESFETより高速性が期待されているGaAsHBTの高性能化、長時間安定性の向上を図るため酸素イオン注入による接合および素子間分離層形成の検討を行った。まず酸素の1価および2価イオンの取り出し法を確立した。そしてGaAsHBTで使用する高濃度のpおよびn型不純物層に酸素イオン注入し、 $500\text{-}550^\circ\text{C}$ のアニールにより $10^8\text{-}10^9\Omega/\square$ の高抵抗層が得られること、またこの高抵抗層の 200°C での長時間安定性試験の結果、今まで用いられていたプロトン注入層では200時間しか高抵抗値を維持できないのに対し、酸素注入による抵抗層では10000時間以上高抵抗値を安定に維持することを明らかにした。さらに酸素注入高抵抗層の安定化機構について層抵抗の温度依存性から検討した。

この酸素注入分離層を微細なエミッタ面積($S=0.7\mu\text{m}\times 1.4\mu\text{m}$)を持つHBTに適用し、実用レベルである電流増幅率($\beta=40$)を実現し、LSI化への見通しを得た。

論文審査の結果の要旨

本論文は、GaAs大規模集積回路(LSI)の製作に必要な、イオン注入法を用いた超高速トランジスタの能動層および分離層の形成技術に関する研究の成果をまとめたものである。LSIを実現するためには、結晶の均一性およびプロセスの均一性が重要となる。そこで、主要プロセスである能動層の形成に必要なイオン注入技術について、ウェハ面内でトランジスタの閾値電圧がバラつく原因は面チャンネル効果であることを明らかにし、イオン注入装置のビーム走査法を改良し、不均一性はビームを平行に走査して注入することにより無くせることを初めて実証した。また能動層の形成に必要な低濃度注入の場合は、Crによる残留アクセプタの影響が大きくなり、ドーピング効率が低下することを見出し、Cr濃度の低い基板を用いる必要があるなどMESFET製作に必要な重要な基礎データを得ている。さらに、高速化のために、低エネルギーイオン注入特性を調べ、薄層能動層を形成して素子の応答速度を大幅に向上した。これにより次世代の光伝送用素子として導入が予定されている高性能デバイスを実現した。

分離層の形成については、酸素イオン注入を行い、注入層の抵抗と熱安定性を調べ、 200°C においてプロトン注入により作製した高抵抗層は、200時間しか高抵抗を維持出来ないのに対して、一万時間以上高抵抗を安定に維持できることを実証している。これを応用して、集積化に適した微細エミッタを持つGaAsヘテロバイポーラ素子を試作し、初期の目標値を越える電流増幅率を得てLSIのための分離層形成技術として有用であることを示した。

本論文は、イオン注入特性、注入効果の不均一性の原因とその解決法を示し、さらにその方法に基づいて素子を試作し、イオン注入技術の GaAs L S I 製作技術としての実用性を実証したものであり、工学上有用な成果を得ている。よって博士（工学）論文として価値あるものと認める。