

| | |
|--------------|---|
| Title | GaAs電界効果トランジスタの高周波特性および雑音特性の向上に関する研究 |
| Author(s) | 中島, 成 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | ETD |
| URL | https://doi.org/10.11501/3110214 |
| DOI | 10.11501/3110214 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

| | |
|---------------|--|
| 氏 名 | なか じま しげる 中 島 成 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 1 2 2 8 2 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 8 年 3 月 5 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 | GaAs 電界効果トランジスタの高周波特性および雑音特性の向上に関する研究 |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教授 白藤 純嗣 教授 青木 亮三 教授 平木 昭夫 教授 中島 尚男 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は GaAs 集積回路の基本素子となるショットキーゲート型電界効果トランジスタ (MESFET) の高周波特性、雑音特性の向上のために行った素子構造および作製技術の開発研究の成果をまとめたもので、本文7章より構成されている。

第1章では、GaAs 電子デバイスの開発の歴史と電子デバイス産業における位置づけを概観し、GaAs MESFET の特性決定要因に関して未解明であった点を要約して本研究の目的と必要性を明らかにしている。

第2章では、単層レジストをダミーゲートとしてソースおよびドレインの低抵抗領域をゲートに対して自己整合的に形成するプロセスを提案し、従来プロセスに比べて工程数が少なく、かつ素子各部の寸法を正確に制御できることを明らかにしている。また、このプロセスを用いて $0.5 \mu\text{m}$ ゲート GaAs MESFET をウェハ面内に均一にかつ再現性よく形成できることを実証している。

第3章では、パルスドーピング活性層の導入によりチャンネルの2次元効果による基板への漏れ電流を抑え、ソース/ドレイン領域を n^+ , n' , n'' と多段階に形成した上、 n^+ , n' 層の下に p 形層を設ける新 LDD (Lightly Doped Drain) 構造によって高不純物濃度ソース/ドレイン低抵抗領域から基板への漏れ電流を抑える方式を考案し、実用上短チャンネル効果のない $0.3 \mu\text{m}$ ゲート GaAs MESFET を実現している。

第4章では、有機金属気相成長法で作製した 100 \AA 厚のパルスドーピング高濃度不純物層のシュブニコフ・ド・ハース振動、電流-電圧特性、ホール効果の測定を行い、V型ポテンシャル内の2次元電子ガスは同一キャリア濃度のバルク結晶に比べ優れた高電界輸送特性を有していることを示している。

第5章では、本研究で開発したプロセスおよび素子構造を適用した GaAs MESFET の高速/高周波特性を調べ、GaAs 高電子移動度トランジスタ (HEMT) を含む他種の素子の特性と比較検討して、MESFET の高速/高周波特性は電子の低電界移動度よりむしろ飽和速度によって支配されていることを明らかにしている。

第6章では、パルスドーピング構造 MESFET の高濃度不純物層の厚みと雑音特性との関係を調べ、不純物層厚を薄くすると雑音特性が向上することを見出し、パルスドーピング高濃度不純物層厚を HEMT の2次元電子ガス層厚と同等の 100

Åにすることにより、ゲート長 $0.3\ \mu\text{m}$ の GaAs MESFET でHEMTと同等の低雑音を実現できることを示している。第7章では、以上の研究成果を総括し本研究の結論を述べるとともに、今後に残された課題について言及している。

論文審査の結果の要旨

GaAsショットキーゲート型電界効果トランジスタ (MESFET) およびそれを基本素子とするマイクロ波モノリシック IC (MMIC) は光通信, 宇宙通信, 衛星放送および移動体通信/携帯電話の分野で低雑音受信器, レーザー駆動回路, RF増幅器, 出力・発振回路に広く使用されており, 情報通信の高度化と共にますます高周波特性, 雑音特性の改善が求められている。本論文は, MMICの基本素子である GaAs MESFET の高周波特性の向上および低雑音化に関する一連の研究の成果をまとめたもので, 主な成果は次の通りである。

- (1) フォトレジスト単層ダミーゲートを用いてソース/ドレイン低抵抗領域をゲートに対して自己整合的に形成するプロセスを開発し, 表面空乏層による寄生抵抗の低減に成功している。
- (2) 厚さ $100\ \text{Å}$ のパルスドープ高不純物濃度層を活性層として用いることにより, 2次元効果から生じる短チャンネル効果の抑制に成功している。
- (3) ソース/ドレイン低抵抗層から基板への漏れ電流は, 従来のLDD (Lightly Doped Drain) 構造に新たに n'' 層をゲート直近に設けると共に n''/n' 層を囲い込むようにp形層を付加した新しいLDD構造によって, 低減できることを示している。
- (4) パルスドープ高不純物濃度層中の電子の輸送特性を種々の手法により調べ, V型1次元ポテンシャル内に形成された2次元電子ガスが同じキャリア密度のバルク結晶の場合に比べて高い低電界電子移動度と高電界飽和速度を持っていることを明らかにしている。
- (5) 本研究で開発された単層ダミーゲート自己整合プロセスを用い, パルスドープ活性層と新LDD構造を持つGaAs MESFET を作製し, ゲート長 $0.3\ \mu\text{m}$ および $0.15\ \mu\text{m}$ の素子でこれまで最も優れているとされているGaAs高電子移動度トランジスタ (HEMT) と同等の高周波特性を達成している。
- (6) HEMTの低雑音特性が極めて薄いチャンネル層に起因しているとの予測に基づき, HEMTと同じ $100\ \text{Å}$ 厚のパルスドープを行い, $0.3\ \mu\text{m}$ ゲート GaAs MESFET でHEMTと同等の低雑音化ができることを実証している。また, 12GHz帯低雑音MMICを試作し, 低雑音特性は必ずしもHEMTだけの特徴ではないことを検証している。

以上のように, 本論文は GaAs MESFET およびMMICの高周波化, 低雑音化を達成する上で重要な多くの知見を得ており, 半導体工学, 通信工学に寄与するところが大きい。よって, 本論文は博士論文として価値あるものと認める。