OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	半導体ヘテロ接合における二次元電子ガスの電気的特性およびデバイス応用に関する研究
Author(s)	佐々, 誠彦
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1073
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【60】

氏名・(本籍)	佐々誠彦
学位の種類	工学博士
学位記番号	第8854号
学位授与の日付	平成元年9月22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	**半導体ヘテロ接合における二次元電子ガスの電気的特性およびデバイス応用に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 浜口 智尋 (副査) 教授 輿地 斐男　教授 吉野 勝美　教授 冷水 佐壽

論文内容の要旨

本論文は，半導体ヘテロ接合における二次元電子ガスの電気的特性およびデバイス応用に関する研究の成果をまとめたもので，6章から構成されている。

第1章では，化合物半導体およびそのヘテロ構造を利用したデバイスの歴史的な背景を概観し，本研究の目的と意義について述べている。

第2章ではGaAs／N－AlGaAs系のダブルヘテロ構造における二次元電子ガスの状態を明らかにするために，二次元電子状態のセルフコンシステントな計算を行っている。そしてこの計算を進め，反転型界面におけるSi原子のだれが約60A程度であることを示している。さらにダブルヘテロ構造においては単一ヘテロ構造に比べて2～3倍高い二次元電子ガス濃度が得られることを示し，高い電流駆動能力を持つHEMT素子が実現できることを示している。

第3章では超格子構造を利用して二次元電子濃度を増大させることを検討している。はじめにGaAs／AlAs超格子構造のバンド構造を評価し，プレーナ・ドーピングの併用による超格子構造の最適化により深い不純物準位の形成を伴うことなく高濃度の二次元電子ガス層ができることを示している。そしてHEMTおよび単一量子井戸構造を利用したデバイスへの応用例について示している。

第4章ではGaAs／N－InAlAs系に比べ，より優れた電子の輸送特性を有すると予測されるInGaAs／InAlAs系ヘテロ構造に関して検討している。二次元電子系の電子状態を計算し，従来のGaAs／N－AlGaAs系に対して3～4倍高い二次元電子濃度が得られることを示し，それを実験的に確認している。さらにデバイス応用上重要な高電界での輸送特性を評価し，従来系と比較して，室温・低温ともに優れた輸送特性を有し，HEMT応用上優れた材料系であることを示している。

第5章ではチャネル層としてInP基板に格子整合するものよりInAsの組成の大きいInGaAsを用いた歪み層チャネルInGaAs／N－InAlAs構造を利用し，二次元電子ガスの電気的特性をさらに改善することを試みている。その結果，歪みの効果により移動度および二次元電子ガス濃度はともに増加することを示し，電子濃度については歪みの影響を考慮した計算により実験結果が良く説明できることを示している。また本構造では電子の飽和速度の増加により，デバイス特性が改善されることを明らかにしている。

第6章では本研究による成果をまとめ結論としている。

論文の審査結果の要旨

本論文はヘテロ構造を利用した電子デバイスとして代表的なＨＥＭＴにおける二次元電子ガスの電子輸送特性を調べ，素子構造，材料構成，プロセスの最適化により高速電子デバイスの実現を可能にしたもので，主な研究成果は以下の通りである。

(1) GaAs／N－AlGaAs系ヘテロ接合で良質な反転型界面の形成できない理由が，結晶成長時におけるSi不純物の表面側へのだれによることを明らかにしている。ダブルヘテロ構造にすることにより，二次元電子密度を従来のＨＥＭＴの2～3倍とすることが可能であることを示し，高周波電力増幅用素子を試作しその有効性を示している。

(2) GaAs／AlAs超格子を電子供給層とする場合，$(GaAs)_7$／$(AlAs)_5$超格子にプレーナ・ドープする方法が最も優れていることを明らかにしている。また，これを電子供給層として用いたＨＥＭＴを試作し，高い電流密度が得られることを確認している。

(3) ＨＥＭＴ用ヘテロ接合結晶としてInGaAs／InAlAs系がGaAs／AlGaAs系よりも，電子供給能力，高電界特性，障壁を越えての実空間遷移による電子の損失などの点でより優れていることを明らかにし，遮断周波数が従来のＨＥＭＴに比べ約50%改善されることを明らかにしている。

(4) InGaAs／N－InAlAs系ＨＥＭＴのチャネル層InGaAsに，よりInAs組成の高い歪み層を導入する方法を提案し，その最適化により二次元電子ガスの濃度をより高くし，伝達コンダクタンスが従来のＨＥＭＴに比べ2倍以上高くできることを実証し，高性能ＨＥＭＴの実現が可能であることを示している。

以上のように，本論文は，ヘテロ構造素子として最も重要視されているＨＥＭＴの二次元電子ガスの電子輸送現象を明らかにするとともに電子デバイスとして実用化するために必要な材料，構造，プロセスの最適化を確立するとともに，素子を試作し，その有効性を実証し，高速電子デバイスの分野の発展に大きな貢献をもたらしている。よって本論文は，博士論文として価値あるものと認める。