OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	InAs系高移動度半導体の電子輸送特性ならびに超伝導接合への応用に関する研究
Author(s)	赤崎, 達志
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3104980
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 28 】

氏名	赤崎達志
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 12020 号
学位授与年月日	平成7年5月31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	InAs系高移動度半導体の電子輸送特性ならびに超伝導接合への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 青木 亮三 教授 白藤 純嗣　教授 平木 昭夫　教授 村上 吉繁

論文内容の要旨

本論文は，トンネル型ジョセフソン素子に代わる，超伝導近接効果による超伝導トランジスタの実現を目的として行われた研究に関して，その実現までの研究成果及び研究経過について述べたもので，8章から構成されている。

第1章では，本研究の背景およびその目的と意義について述べ，さらに本論文の具体的な構成について述べている。

第2章では，超電導トランジスタの基礎となる超電導近接効果理論について概説し，さらに超伝導トランジスタの動作原理について述べている。

第3章では，分子線エピタキシャル法によりp－InAs基板上に成長させたn－InAsエピタキシャル膜の電子輸送特性をHall測定及びShubnikov－de Haas 測定により精密に求めている。

第4章では，n－InAsエピタキシャル膜を用いた超伝導接合の超伝導特性について述べている。n－InAs基板を用いた接合に比べて，超伝導特性の著しい改善が得られたことを示している。またこの系が clean limit とdirty limit の中間領域にあることを理論との比較により明らかにしている。さらに超伝導体／半導体界面條件と超電動特性との関係についても明らかにしている。

第5章では，超伝導トランジスタの実現に向けて，新たに提案したInAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造の電子輸送特性について検討し，この構造が従来構造よりも高い電子輸送特性を有することを，Hall測定，Shubnikov－de Haas 測定及び電子速度－電界特性の評価から実験的に明らかにしている。

第6章では，InAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造を用いた高移動度トランジスタのデバイス特性について述べている。順構造を用いることにより，トランスコンダクタンスおよび電流利得遮断周波数の著しい改善が得られることを示し，この改善が電子速度の増大に起因していることを明らかにしている。さらに逆構造を用いることにより，インパクトイオン化の抑制によるドレインコンダクタンスの改善が得られることを示している。

第7章では，InAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造を用いた超伝導トランジスタの超伝導特性について述べている。まず，MIS 型ゲートを用いてゲート電圧により超伝導電流の制御ができることを示し，その超伝導電流の変化は二次元電子ガスの電子輸送特性を反映しており，clean limit からdirty limit へのクロスオーバーが起こること

を明らかにしている。さらに，HEMT型ゲートを用いることにより，超伝導電流の制御性が増大し，デバイス特性が飛躍的に改造されることを実証している。

第8章では，本研究の総括として前章までに得られた研究結果を要約して述べている。

論文審査の結果の要旨

特殊な回路技術を必要とする二端子トンネル型ジョセフソン素子に代わり，高度に発達した半導体回路技術が利用でき，しかもジョセフソン素子の持つ高速，低消費電力という優れた特性を有する超伝導トランジスタの実現への要請が高まっている。本研究は，超伝導近接効果による超伝導トランジスタ開発を目的とし，その実現のため超伝導近接効果現象の定量的解析と複合積層型の新しい半導体材料の開発を行い，それらを超伝導トランジスタの設計開発に応用したもので，得られた主な成果は次の通りである。

(1) n－InAsエピタキシャル膜を用いた超伝導接合において，pn接合による基板との電気的分離により，IcRn積が約100 倍に増大する特性向上を実現している。

(2) InAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造を新たに提案して，Nb電極とのショットキーバリア発生問題を克服し，さらに極低温における移動度が，従来構造と比べて，約3.5 倍に増大することを可能にしている。

(3) InAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造を用いた高移動度トランジスタを作製し，トランスコンダクタンスおよび電流利得遮断周波数が，従来構造と比べて20～40％改善することを明らかにしている。

(4) InAs層挿入 InAlAs／InGaAs 変調ドープ構造を用いた超伝導トランジスタにおいて，HEMT型ゲート構造の採用により，超伝導電流の制御性を改善し，従来の超伝導トランジスタと比べて，voltage gain が約20倍に増大することを実現している。

以上のように，超電導トランジスタの原型の飛躍的な特性改善が実現されたことは，今後超伝導トランジスタの回路素子への展開に新しい道を開くものと考えられる。よって，本論文は，博士論文として価値あるものと認める。