



Title	共鳴トンネル現象に於けるキャリア輸送解析法の研究
Author(s)	谷山, 秀昭
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39585
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	谷 山 秀 昭
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 2 8 0 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	共鳴トンネル現象に於けるキャリア輸送解析法の研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 濱口 智尋 教授 吉野 勝美 教授 尾浦憲治郎 教授 西原 浩

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は共鳴トンネル現象におけるキャリア輸送の解析法に関する研究をまとめたもので、本文7章より構成されている。

第1章では、本研究に関する分野における歴史的背景と、現状について概説するとともに、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、トンネル現象の解析手法として、基本方程式のシュレディンガー方程式の計算法、および統計性を考慮したウィグナー関数の計算法を行い、計算誤差と必要メモリを明らかにしている。

第3章では、共鳴トンネルトランジスタの解析手法として、量子力学的分布モデルを考案して、電流の二次元的輸送とそれにとまなう寄生効果を考慮するとともに計算時間の短縮と必要メモリ容量の縮小を達成している。

第4章では、散乱過程の解析手法として、S-Matrix法による現象論的散乱を導入してシュレディンガー方程式との統一的な取り扱いを達成するとともに、より正確な散乱過程の考慮を目的としてモンテカルロ法による高濃度中の電子輸送におけるキャリア間相関の影響を解析している。

第5章では、結合量子井戸共鳴トンネルトランジスタ特性の解明を目的として、量子力学的分布モデルのキャリア輸送モデルの高精度化を行い、ベース電流によって生じるポテンシャルの二次的分布にとまなう共鳴特性の消失のメカニズムを明らかにするとともに、トランジスタ特性の素子サイズ依存性を解析し、本研究による解析手法の有効性を明らかにしている。

第6章では、ヘテロ構造の電子構造を正確に考慮するため、タイトバインディングモデルのS-Matrix法による計算法を考案し、これまで課題となっていた数値安定性を達成し、モデルの適用範囲の拡大を達成している。

第7章では、第2章から第6章までの成果をまとめ、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

量子現象は、素子の微細化および結晶作成技術の進歩とともに現われてきた電子の波動性に基づく現象であり、物理現象として学術的に注目されている。また、これを利用した素子は、新しい動作原理に基づく新機能が期待されること、動作速度の高速化が期待されることから次世代の素子として開発が進められている。中でも、共鳴トンネル現象を利用した素子は室温での動作が確認されており、最近では特に注目されている。この量子現象を利用した素子に対しては、従来手法では考慮されていなかった電子の波動性を考慮した解析手法を新たに考案することが必要となる。

本論文は、上記の共鳴トンネルを利用した素子の特性の数値解析の面から、二次元輸送の考慮、および量子輸送モデルの高精度化に関する一連の研究をまとめたもので、主な成果は以下のとおりである。

- (1) 量子効果の解析手法として、シュレディンガー方程式および統計性を考慮したウィグナー関数による計算法の数値計算上の誤差および方程式の取り扱い上の問題点を明らかにしている。
- (2) トランジスタ中の二次元的輸送を考慮する手法として、分割した領域に対するシュレディンガー方程式による解析を回路的に結合する量子力学的分布モデルを考案し、必要メモリおよび計算時間を減少させることに成功している。
- (3) S-Matrix 法によるシュレディンガー方程式の計算を考案することにより、仮想的な reservoir との間の散乱によってインコヒーレントなトンネル現象をモデル化するとともに、再結合散乱によるベース電流を解析モデルに取り入れることに成功している。
- (4) 共鳴トンネルトランジスタの特性に関し、ベース電流にともなうコレクタ電流の共鳴特性消失メカニズムを明らかにするとともに、本研究による解析手法の有効性を明らかにしている。
- (5) 多バンドを考慮した電子状態計算の高精度化に関して、原子軌道を基にしたタイトバインディングモデルの S-Matrix 法による計算法を考案して、必要メモリを増加することなく計算上の発散を抑制し、計算誤差が大きいため困難であった大きなヘテロ構造に適用することに成功している。

以上のように、本論文は共鳴トンネルを利用した素子の解析手法を確立する上で多くの有用な知見を得ており、半導体工学、電子工学に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。