



Title	Improved Device Structures and Circuit Applications of Resonant-Tunneling Hot Electron Transistors (RHETs)
Author(s)	森, 俊彦
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40450">https://hdl.handle.net/11094/40450</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> 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	森 俊彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 6 4 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 6 月 27 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	Improved Device Structures and Circuit Applications of Resonant-Tunneling Hot Electron Transistors (RHETs) (共鳴トンネルホットエレクトロントランジスタ (RHET) の素子構造の改善と回路応用に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 濱 口 智 尋 (副査) 教 授 吉 野 勝 美    教 授 尾 浦 憲 治 郎    教 授 西 原 浩 教 授 森 田 清 三

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、量子効果の一つである共鳴トンネル効果を用いた量子化機能素子の先駆けである共鳴トンネルホットエレクトロントランジスタ RHET (Resonant-tunneling Hot Electron Transistor) の実用化の可能性を確かめることを目的として行なわれた研究に関して、特に、RHET の特性の評価とそれに基づく素子構造の改善、および、素子数を低減できる論理回路および記憶回路の開発について、現在までの研究成果および経過について述べたもので、5章より構成されている。

第1章では本研究の背景を述べている。LSI は、素子の微細化と集積規模の拡大により発展してきたが、集積規模の拡大のスピードは素子の微細化のスピードを上回り、チップサイズの拡大を招いており、早晚、素子間の配線が速度や歩留まりを律則するであろうと言われている。この問題に対して、素子の機能性を上げ、素子数、素子間の配線を減らすことが一つの解決策であり、RHET の研究の意義がここにあることを述べている。

第2章では高速 RHET 開発のために行った、RHET の評価、特に高周波特性の評価と、素子構造の改善について述べている。RHET の速度を律則する大きな要因は、共鳴トンネルバリアの応答時間と、コレクタバリアの走行時間であることを明らかにし、共鳴トンネルバリアの応答時間短縮のために歪み共鳴トンネルバリアを、コレクタバリアの走行時間短縮のために2層構造コレクタバリアを提案している。また、これらの構造の採用に加えて、寄生容量、抵抗の低減のために、セルフライン構造を採用し、試作した RHET において、最大遮断周波数として 121 GHz を得たことを述べている。また、低温で高周波特性の評価が可能な低温ウエハプローバの開発について述べている。

第3章では最初に行った通常 RHET の論理回路応用の結果について述べている。RHET の負性微分特性を巧みに利用した回路形式を提案し、トランジスタ数の低減が図れることを述べている。また、量子化機能素子と呼ばれる素子で初めてのモノリシック回路の試作について述べている。しかし、この回路形式では抵抗で論理を取るため、全素子数の低減は十分ではなく、また動作速度の面で不利であり、また、記憶回路での素子数低減がなされない問題点があることを述べている。

第4章では第3章で明らかになった問題点を解決するために提案したマルチエミッタ RHET とその回路応用につ

いて述べている。マルチエミッタ RHET は、ベース電極を持たないかわりに複数のエミッタ電極を持つ構造をしており、プロセスの簡略化が可能であること、素子設計の自由度が上がることを述べている。また、マルチエミッタ RHET では、複数のエミッタに与えた電圧の比較機能を有し、この機能を利用した一致回路では一桁の素子数低減がはかれること、また、多入力 NOR 回路が容易に作れることなど、論理回路において大幅な素子数低減がはかれることを述べている。また、エミッタが2つのダブルエミッタ RHET 1つで構成される SRAM セルを提案し、大規模記憶回路応用が可能であることを述べている。また、これらの回路の試作について述べている。

第5章では本研究による成果をまとめ結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

RHET は、量子効果の一つである共鳴トンネル効果を用いた量子化機能素子の先駆けであり、従来のトランジスタに比べ、機能性が高いトランジスタであり、その多機能性により、回路における素子数の低減がはかれ、LSI の集積規模拡大に伴う配線問題を解決できる可能性を持った素子であるが、その実用化に対しては、特性の改善と、高い機能性を有効に発揮できる回路の開発は必須である。本研究は、RHET の特性の改善の為に、RHET の特性の測定評価、特に高周波特性の測定評価を行い、それらを超高速 RHET および回路の設計に応用した成果をまとめたものである。また、RHET に適した回路形式の提案、試作を行い、さらには、新しい構造のマルチエミッタ RHET の提案とそれに適した回路形式の提案、試作を行い、RHET を用いることで素子数の低減がはかれることを示したもので、その主な成果は以下の通りである。

- (1) RHET の評価、特に高周波特性の評価を行い、RHET の速度を律則する大きな要因が、共鳴トンネルバリアの応答時間と、コレクタバリアの走行時間であることを明らかにしている。そして、共鳴トンネルバリアの応答時間短縮のために歪み共鳴トンネルバリアを、コレクタバリアの走行時間短縮のために2層構造コレクタバリアを提案している。
- (2) これらの構造の採用に加え、寄生容量、抵抗の低減のために、セルフアライン構造を採用して試作した RHET において、77K における最大遮断周波数として、超高速トランジスタと呼ぶに値する121 GHz を得ている。
- (3) これら低温での高周波特性の評価やあとで述べる回路の動作評価のために、低温ウェハプロセッサの開発を行い、低温測定技術の発展に寄与している。
- (4) RHET の負性微分特性を巧みに利用した回路形式を提案し、トランジスタ数の低減が図れることを示し、さらに量子化機能素子と呼ばれる素子で初めてモノリシック回路の試作を行い、原理通り動くことを示している。
- (5) さらに、ベース電極を持たないかわりに複数のエミッタ電極を持つ構造のマルチエミッタ RHET の提案を行い、プロセスの簡略化が可能であること、素子設計の自由度が上がることを示している。また、マルチエミッタ RHET の持つ複数のエミッタに与えた入力電圧の比較機能を利用した論理回路の提案、試作を行い、論理回路において1桁の素子数低減がはかれることを示している。また、エミッタが2つのダブルエミッタ RHET 1つで構成される SRAM セルを提案、試作し、大規模記憶回路応用が可能であることを示している。また、実際、これらの回路の試作を行い原理確認を行っている。

以上のように、本論文は新しい原理に基づくトランジスタである RHET の特性の評価、特に高周波特性の評価を行い、それに基づいて素子構造の改善をはかり、超高速素子と呼べるレベル、また回路試作が可能なレベルまで特性の改善をはかった。また、RHET に適した回路形式の提案、試作を行い、さらには、新しい構造のマルチエミッタ RHET の提案とそれに適した回路形式の提案、試作を行い、論理回路、記憶回路ともに素子数の低減がはかれ、LSI における配線問題を解決できる可能性を示し、LSI 発展の一つの方向性を示したことから、電子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。