

|         |                  |
|---------|------------------|
| 氏名      | 片岡啓介             |
|         | かた おか けい すけ      |
| 学位の種類   | 工学博士             |
| 学位記番号   | 論工博第321号         |
| 学位授与の日付 | 昭和45年1月23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  | エサキダイオード対論理回路の研究 |

論文調査委員 (主査) 教授 前田憲一 教授 木嶋 昭 教授 清野 武

### 論文内容の要旨

本論文はエサキダイオード2個を1対として接続したいわゆるエサキダイオード対を論理回路素子として見た場合の解析と、この素子をもって実際の機器を構成した場合の諸特性の研究について述べたものであって、10章よりなっている。

第1章総論ではエサキダイオードの発明よりその回路への応用にいたる今日までの内外の諸研究を略述し、著者の研究の歴史的背景を明らかにしている。

第2章では論理回路の具備すべき諸条件にてらして、エサキダイオードを用いる回路の利害損失を概観し、超高速スイッチング素子としてエサキダイオード対回路が最適であることを述べ、これを研究する上に特に重点を置くべき問題を説明している。

第3章ではまず固定バイアス2線式無接地形の対回路を新しく提案することを述べ、これについて詳細な回路的解析を行っている。その方法は電流電圧特性の最初の正特性、つぎの負特性、さらに最後の正特性をそれぞれ直線で表現する折線特性近似を用い、基本式の誘導とこれの数値計算を行うことである。さらに本方式で容易に実現可能となった否定論理における信号の分流を評価し、またこの回路の不均衡電流を解析し、最悪時設計法による回路負荷の選定、計算機による動作解析などを行なっている。励振周波数は30 MHz、3拍として特性のばらつき、回路、電源の不均衡による対回路の不均衡への寄与を具体的に求めている。

第4章ではエサキダイオードのピーク電流、ピーク電圧、接合容量、および電源の変動を考慮して不均衡電流を求める関係式を誘導し、特性、回路素子および電源電圧に許容される偏差を明らかにした。それによるとピーク電流、電源電圧、ピーク電圧の3者の影響が4:2:1でピーク電流の偏差が最もきびしいことになる。以上の検討は最悪時設計法によるもので、結果がきびしきに過ぎるおそれがあるとして、各要素に固有のパラメータが統計的に分布するとして許容偏差を統計的に取扱ったが、最も重要なピーク電流についてはあまり大幅な緩和が得られないことを見出した。

第5章ではこの回路素子を多入力、多出力かつ多段に接続するとき、近接素子と1段隔った素子からの逆結合電流の影響を検討している。いずれの場合も逆結合電流の大きさを計算し、実際の回路による測定値と比較してその解析方法の妥当性を確かめ、これより逆結合電流の正方向電流に対する比率に関するピーク電流の不均衡の許容値を求めている。

第6章では出力回路および励振回路について検討している。これは第3章の解析の延長として、出力端子から見た対回路のインピーダンス、励振回路から見たインピーダンスを解析的に求め、マーク対スペース比の許容限界、励振電圧位相変動の影響、対回路の励振線の影響などを明らかにし、特にこの回路では励振線が比較的長くなっても悪影響が少ないことを示した。さらに最適励振条件を検討し、バイアス値の最適値を明らかにした。

第7章ではエサキダイオードを多数使用するという見地から、接合許容対ピーク電流、接合許容量対ピーク電圧の分布を実際の多数のダイオードについて測定し、これらのものをもって対回路を構成した場合に生ずる不平衡電流のある一定値を基準として回路の良否を選別することを研究している。一々実測することは実際的でないので、素子の特性値から計算機によって不平衡電流を計算して選別する方法をとったが、その結果は総数の約70%の対回路が合格している。この研究からエサキダイオード特性のばらつき原因が製造時のドーピングの不均一性に基因すること、ピーク電流をそろえるために行うエッチングによって容量がばらつくこと、ドーピングが大きくとピーク電圧が大きいものは容量が小さくなることなどを明らかにしている。

第8章では30MHzを励振周波数とするエサキダイオード対論理回路をモジュール化することについて述べている。著者の新しい提案である固定バイアス2線式無接地エサキダイオード対回路の基生回路の部品と使用条件を定め、これを集合して1個のモジュールを作り、これを126個実装した後に、不平衡電流に着目して測定を行なった。この場合各種の要因についてしらべた結果、励振電圧の位相の変動が、3拍励振方法において特に悪い影響を及ぼすことを見出している。

第9章ではこの論理回路をある機器の一部として用いる場合の実際の機能を確認するため、デルタ変調器とPCM変調器を組立ててこれの特性をしらべている。このデルタ変調器をPCM変調器と組合せ、その動作を正弦波信号の変調と復調によって測定し、満足な結果が得られることを示している。最後にこの回路の信頼性について述べ、信頼性がエサキダイオードの特性の時間変動にかかっているため、これが本質的に小さいことから、信頼性についても問題は少ないと結論している。

## 論文審査の結果の要旨

エサキダイオードはその急速なスイッチング特性のために高速論理回路素子として早くから注目され、多くの研究が発表されているが、これを用いた無安定回路、単安定回路、双安定回路、ハイブリッド回路などを検討した後、著者は対回路を採用することを考え、固定バイアス2線式無接地地形対回路を新しく提案した。これによって従来この種回路で困難を感じていた論理的否定の機能を容易に実現し得ることが1つの特長といえる。

研究は2つに大別され、その一つは著者の新しい形式が論理基本ゲートとして作用する場合の詳細な理

論解析と計算機シミュレーションによる検討を行なったこと、その2は実際の装置を組立ててその機能を確認するため、アナログ信号をこの対回路によるデルタ変調器によって変調し、さらにこれを対回路による論理回路を通して PCM に変換する実験を行なったことである。

前者の主要部分は第3章から第7章までに記述されているが、各要素の特性に許容される偏差の求め方とその実際値、近接ないし次段との結合を生ずる逆結合電流とこれを一定比率におさえるための条件、励振線の影響やバイアスの最適値などについて詳細な検討を行ない数多くの具体的条件を明らかにしている。また素子の選別において計算機を利用するという新しい手段を試み、その結果からエサキダイオードの製造方法に対して貴重な判断資料を提供したことは注目すべき副次的成果といえよう。さらに後者、すなわち実際の機器の一部としてデジタル変調器を組立てて著者の回路の有用性を立証している。この対回路は大型機器全体をまかなうことは不適であるが、小形、中形の部分的機器として利用するとき真価を発揮することが立証されたものと思われ、この成果に達するまでの著者の研究結果は学術上、工業上寄与するところすくなくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。