

Title	超高速通信のための半導体回路の設計とその応用に関する研究
Author(s)	重松, 寿生
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48844
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	しげまつひさを 重松寿生
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21584 号
学位授与年月日	平成 19 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	超高速通信のための半導体回路の設計とその応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岡村 康行 (副査) 教授 北川 勝浩 教授 永妻 忠夫

論文内容の要旨

本論文は超高速通信を実現するための半導体デバイスおよび半導体回路の研究についてまとめたものである。前半に化合物半導体デバイスとそれを用いた超高速光通信のための超広帯域半導体増幅器回路の研究について述べ、後半、CMOS にこの高周波技術を展開し得られた超高速光通信およびミリ波回路の研究成果を述べるとともにその応用の可能性についても述べる。

第 1 章では本研究の背景および目的について述べる。光通信の大容量化および無線通信の高速化（高周波化）が必要であることを説き、ミリ波におよぶ高い周波数帯で動作する半導体デバイスおよび回路を実現することが本研究の目的であることを述べる。

第 2 章では HEMT、HBT、MOS に代表される高速デバイス技術について述べる。

第 3 章では 40-Gb/s LiNbO₃ 変調器駆動回路について述べる。従来の集中定数増幅器より分布定数増幅器が広帯域化に適した回路構成であるということを説く。光通信に適用できる利得平坦性を持った分布定数増幅器の実現手法について述べる。

第 4 章では 40-Gb/s 前置増幅回路について述べる。入力段を集中定数増幅器、後段を分布定数増幅器としたハイブリッド構成で低入力インピーダンス、広帯域化を図る手法を提案する。

第 5 章ではミリ波帯回路の低価格化を実現する手段として期待される CMOS を用いてミリ波回路を実現するための要素技術の検討を行う。Si 基板上での配線技術について述べ、最適な配線構造を提案する。続いてこの配線構造と Line-Reflect-Line (LRL) 法により高精度に真性 CMOS トランジスタパラメータを取得する方法について述べる。

第 6 章では CMOS を使用した超高速・ミリ波回路について述べる。まず 0.18- μ m CMOS を用いて試作した 27、40-GHz 帯の狭帯域増幅器、50 GHz を超える電圧制御発振器、40-Gb/s 分布定数増幅器の設計・試作結果について述べ、結論付けを行う。

論文審査の結果の要旨

高度情報化社会の到来により通信システムは多様化し、一度に多量の情報が送れるシステムの構築が望まれるようになってきている。そのため有線・無線通信システムは高速化が図られ、前者では光ファイバを用いた光通信システムの波長分割多重化が、また後者では搬送波周波数の高周波化と共に多元接続方式が注目されている。これらの実現にはミリ波帯まで動作可能となる小型な超広帯域半導体増幅器や変調器駆動回路、制御発振器などが必須である。本論文は、化合物半導体の高速応答性およびシリコンの高電界領域での電子飽和速度特性の高速性に着目した超高速半導体回路についての研究成果をまとめたものである。

本論文ではまず、有線・無線通信システムにおける高周波化の意義およびそのために超高速半導体回路の実現が重要であることを述べ、高電子移動度電界効果トランジスタ (HEMT) ならびに相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) の有効性を指摘している。具体的な回路として超高速光通信システムに用いる 40 Gbps 動作ニオブ酸リチウム光変調器用駆動回路を取り上げ、そのための回路設計手法を述べている。このような広帯域特性を実現するために、LC 整合回路を利用した分布型増幅器の必要性を述べ、ガリウム・ヒ素 HEMT を用い、提案設計手法に基づいた試作素子によりその有効性を確認している。さらに、光通信システムにおいて受信側フロントエンドに用いる前置増幅器を取り上げ、集中定数型増幅器と分布型増幅器を併用した回路構成を提案し、インジウム燐 HEMT を用いて作製し、回路構成の有効性を確認している。ついで CMOS 回路を利用した超高速素子設計を行っている。そのために、回路パラメータの抽出、伝送線路の損失、基板容量などの問題点を、ラインー反射ーライン校正法、薄膜マイクロストリップ線路による低損失化、新しい回路モデル・シミュレーション手法の提案により解決を図り、その有効性を確認している。さらにまた新たな分布型増幅器、挟帯域増幅器、電圧制御発振器の設計手法を提案し、最高遮断周波数 58 GHz、最大発振周波数 84 GHz のトランジスタを作製している。これは CMOS をベースとした増幅器では、これまで報告されているなかで最も広帯域な動作である。同様の手法により動作周波数が 27 GHz、40 GHz の挟帯域増幅器を実現し、CMOS 増幅器では最高の出力電力 14 dBm、10.4 dBm をそれぞれ得ている。これより、提案手法がミリ波帯 CMOS 回路設計手法として有効であることを確認している。

以上のように、本論文は、超高速半導体回路設計手法を確立し、超高速通信システムの発展に大きく寄与するものであり、博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認める。