

## ミリ波デバイスの集積化技術に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2020-05-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 酒井, 啓之 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/10901">http://hdl.handle.net/10098/10901</a>

## 博士論文内容の要旨

専攻名.....総合創成工学専攻.....

分野名.....電子システム分野.....

氏名.....酒井 啓之.....

### 1 論文題目（英文の場合は、和訳を付記すること）

.....ミリ波デバイスの集積化技術に関する研究.....

### 2 要 旨（和文 2,000 字程度又は英文 800 語程度にまとめること。）

.....本論文はサイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させた人間中心の社会(Society5.0)をいち早く実現することを目指し、IoT(Internet of Things)進化の鍵となる高感度センサ、大容量通信のための広帯域化技術の一つであるミリ波デバイスの集積化技術についての研究をまとめたものである。様々な半導体材料からなるミリ波デバイスについて、その性能を維持したまま実装・回路化し、小型で低コストのミリ波集積回路を実現することを目的とした。

.....ミリ波帯(30GHz~300GHz)は広帯域を有することからバックボーンの大容量通信、高感度の軍事用レーダなど早くから研究開発が進められてきたが、ミリ波システムを民生用途で広く普及させるには装置の小型化・低コスト化を実現する実用化技術が不可欠である。特に半導体デバイスの究極性能を駆使する必要があるミリ波システムでは、トランジスタの性能向上もさることながら、トランジスタの性能を損なうことなく実用的な形で小型・低コストのミリ波回路・装置へといかに集積化できるかが課題となっていた。

.....本論文では様々な半導体からなるミリ波デバイスとその集積化技術について、低コスト化や量産性向上など実用化・事業化に重点をおいて実施した研究をまとめた。

.....はじめに GaAs 系化合物半導体を用いたミリ波デバイスを取り上げ、ヘテロ接合電界効果トランジスタ(HFET)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)の代表的な2種類のトランジスタについて、筆者らが開発したT型ゲート、L型ベース等の独自の構造・プロセスに基づく高性能で均一性に優れた実用的なデバイス技術について述べた。さらに、最近のファウンドリ(受託生産)技術を用いて HFET、HBT それぞれのデバイスによるミリ波 MMIC(Monolithic Microwave IC)を設計・試作し、実用的な準ミリ波車載レー

専攻名	総合創成工学 専攻	分野名	電子システム分野	氏名	酒井 啓之
<p>ダモジュールにまで仕上げた。</p> <p>次に近年注目を浴びているワイドギャップ半導体 GaN を用いたミリ波デバイスに着目、低コストサファイア基板を用いた受信低雑音 MMIC をレーザドリルによるビア加工プロセスを用いて実現し、さらにこのビアを用いた新しいチップサイズパッケージを提案した。また低コスト Si 基板を用いた送信用高出力トランジスタを試作し、セラミック基板による整合回路と合わせて送信モジュールに集積化した。</p> <p>また、ミリ波デバイスの新しい集積化技術として、低コストの Si 基板上にこれら化合物半導体を集積してミリ波 IC の高性能化と低コスト化を同時に実現する新しいコンセプトのミリ波 IC(MFIC: Millimeter-wave Flip-Chip IC)を提案し、その基本性能を実証した。半導体プロセスで作製した Si 基板上の薄膜マイクロストリップ線路に MBB(Micro Bump Bonding)でミリ波トランジスタをフリップチップ実装することにより、低コスト化と設計自由度の向上を実現、ミリ波 IC の新しい形を提案できた。さらにマイクロストリップ線路の伝送損失を低減するために、BCB(Benzocyclobuten)誘電材料を用いる同技術の進化形についても示した。本研究で開発した Si 基板上の低損失マイクロストリップ線路技術は後の Si を用いたミリ波 IC に応用されることとなった。</p> <p>さらに、Si デバイスによる MMIC の最大の課題であった伝送線路の損失をこの MFIC で開発した BCB 誘電体による低損失線路技術を導入することで解決し、SiGe や CMOS を用いた Si の高性能ミリ波 MMIC を実現した。MMIC を実装した際に生じる伝送線路の特性変化を防止する IMSL(Inverted Microstrip Line)を用いた新しいチップサイズパッケージ構造も提案した。Si MMIC の残る課題である受動回路の小型化については、波長短縮が可能な Slow-wave 線路構造の導入を検討し、電磁界シミュレーションを用いて様々な構造の考察を行い、基本的な設計指針を得た。</p> <p>最後に、これらのミリ波デバイスの集積化技術の具体的な応用アプリケーションとして、ミリ波 GaN デバイスを用いてミリ波通信機を試作し、長距離通信の実証実験を行った。さらに、新しい応用アプリケーションとしてミリ波レーダを用いた非接触心拍センシング技術を取り上げ、高感度スペクトラム拡散レーダを実際に試作し、独自の心拍抽出アルゴリズムを用いて、離れたところから心電計と同等の精度で心拍間隔をセンシングすることに成功した。さらに、ミリ波 CMOS による集積回路技術を駆使して、小型で実用的な 79GHz 帯レーダセンサを実現した。</p> <p>本論文で述べたミリ波デバイスの集積化技術により、センサを始めとするミリ波装置・応用システム・サービスが広く民生に普及し、IoT 技術を進化させて Society5.0 の実現を加速することが期待できる。</p>					