

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 Beyond5Gに資するワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス技術/回路技術の研究開発
- ◆受託者 株式会社ブロードバンドタワー、国立大学法人東海国立大学機構、国立大学法人名古屋工業大学、三菱電機株式会社
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和6年度(4年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額 268百万円(令和3年度133百万円)

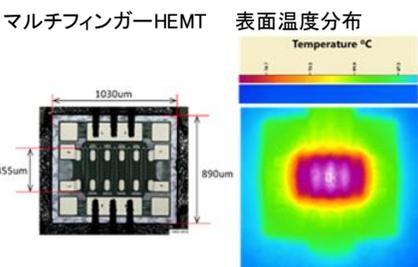
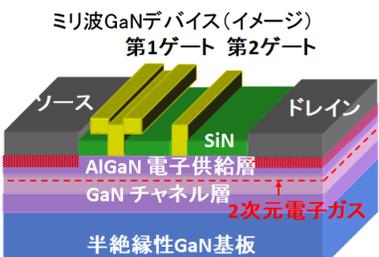
## 2. 研究開発の目標

GaNデバイスの高周波においても高出力な特長を活かしたテラヘルツ帯(30GHz～100GHz→100GHz～300GHz)で動作するワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス、ミリ波帯を用いる広帯域・低歪回路技術、100Gbps通信方式を開発

## 3. 研究開発の成果

### 研究開発項目1:ワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス技術

ミリ波では従来HEMTのフィールドプレート(FP)構造は利得低下に繋がるため適用できない。FP無しで高性能化を図る要素技術を開発する。

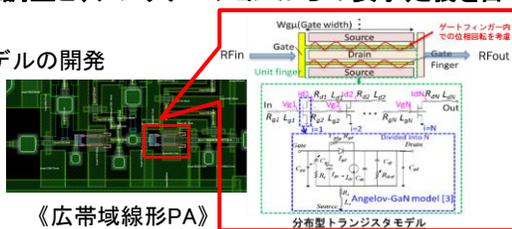


- 高耐圧・大電流ヘテロ構造設計技術
- 150 nm級T型ゲート形成技術
- ミリ波GaN-HEMT設計技術
- 過渡電流・温度特性評価技術

### 研究開発項目2:ワイドバンドギャップ半導体広帯域線形回路技術

テラヘルツ(100～300GHz)帯広帯域線形パワーアンプ(PA)実現に向け、GaNトランジスタモデリング技術の開発、PAの要素回路設計及び概略レイアウトの完了を目標とする。また、Beyond5G社会像調査と、アプリケーションからの要求定義を目標とする。

- テラヘルツ対応分布型トランジスタモデルの開発
- 最大発振周波数の1/2超領域でのPA要素回路の基本設計とレイアウト
- Beyond5Gを視野に入れたユースケースに合わせた通信要件の整理



《広帯域線形PA》

### 研究開発項目1-a):ミリ波GaNプロセス技術

- 高耐圧と大電流の両立を可能にするAlGaIn/GaN系ミリ波HEMT用ヘテロ構造を設計
- 基地局用大型素子にも対応できる要素技術として150 nm級T型ゲートプロセスを開発

### 研究開発項目1-b):ミリ波GaNデバイス技術

- 高精度なSPICEモデルに基づいて微細ゲートGaN-HEMTのミリ波特性を予測
- シミュレーション結果に基づいてミリ波GaN-HEMTのレイアウト設計を完了

### 研究開発項目1-c):ミリ波GaN評価技術

- 過渡的な電気的特性(ドレイン電流の時間変化)、ならびに、微小領域の温度変化が評価できるシステムの動作を確認
- 前者はR4年度の評価に適用できることを確認。後者においては課題の抽出を完了

### 研究開発項目2-a):高出力高効率パワーセル設計技術

- テラヘルツ帯でのトランジスタモデリングに向けて220GHzまでの小信号測定装置導入および、分布型トランジスタモデルのマイクロ波回路シミュレータへの実装を完了
- T-CADを用いた大信号トランジスタモデル構築手法を確立

### 研究開発項目2-b):高帯域線形PA設計技術

- GCPW線路による多段化・カスコード回路設計により、PA要素回路で利得10dB・出力>0.25W(100GHz帯)・比帯域7%超の電気性能を達成、概略レイアウトを完了

### 研究開発項目2-c):100Gbps通信方式の検討

- Beyond5Gで社会実装されるアプリケーションの通信要件の抽出を実施

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

- ・2022年度 電子情報通信学会総合大会(2022/3/15~18)  
「ミリ波GaN パワーアンプにおける $f_{max}/2$  超での設計課題」  
発表者【末松英治、原信二】
- ・2022年度 第69回応用物理学会春季学術講演会(2022/3/22~26)  
「GaN基板上AlGaIn/GaN HEMTの電流コラプスのバッファ層不純物依存性」  
発表者【高橋 英匡、安藤 裕二、分島 彰男、須田 淳】

5. 今後の研究開発計画

○研究開発課題全体の2023年度末の開発目標、計画

・研究開発項目1 ワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス技術

GaN-HEMT増幅器の低歪・広帯域化を実現すべく、電流コラプス小と高耐圧と同時にキャリア閉じ込めを改善したAlGaIn/GaN系などのエピ構造設計技術と $L_g=100\sim 150\text{nm}$ のT型ゲートを形成するプロセス技術を組み合わせることでミリ波GaN-HEMTのスループロセス技術を構築する。設計したGaN-HEMTをこのミリ波GaNプロセスを用いて作製する。作製したGaN-HEMTの評価結果に基づいて、単体デバイスのパラメータを抽出する。上記デバイスパラメータに基づいて、小信号利得3dB以上向上を可能にする新規構造のミリ波GaNデバイスを設計する。また、ミリ波GaN-HEMTのパルスI-V特性、Sパラメータ、大信号入出力特性および微小領域熱分布の評価技術を構築する。

・研究開発項目2 ワイドバンドギャップ半導体広帯域線形回路技術

広帯域線形フロントエンド回路の基盤技術開発を行い、現状帯域の2倍以上の比帯域、隣接チャネル漏洩電力 $< -25.7\text{dB}$ 以下のパワーアンプを試作により実証する。メモリー効果によって変調波の線形性に悪影響を与える電流コラプスや過渡熱応答に関わるデバイスパラメータを織り込んだ等価回路モデルを作成し、300GHz帯までの高出力広帯域線形回路実現に重要な現実的なパラメータ改善指標を研究開発項目1と協力して抽出する。当該年度においては、100GHz~300GHz帯で動作する仮想GaN高周波デバイスモデルの作成とパワーセル設計技術の検証および仮想デバイスモデルを用いたシミュレーションにより300GHz帯パワーアンプの性能予測を行う。また、既存のプロセスにて実現可能な周波数帯にて従来比2倍弱の比帯域を有するアンプを試作実証し、設計手法の効果を確認する。Beyond5G社会像調査を行い、必要とされる通信方式についての調査に加え、6Gも視野に入れた実際に必要とされる通信容量や速度を、ユースケースやユーザ利用用途に合わせ、要求されるスペックを整理し、本共同研究にて開発する技術へ反映する。また、技術動向調査、通信規格動向調査結果から、100Gbps通信実現に向けたPA技術要求事項をまとめる。