

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 GaN系真空マイクロフォトンクス技術による無線通信用ハイパワーテラヘルツ波発生に関する研究開発
- ◆受託者 (大)九州大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、(大)東海国立大学機構、(株)Photo electron Soul、(大)大阪大学、(学)早稲田大学
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和5年度(3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95百万円(令和3年度19百万円)

2. 研究開発の目標

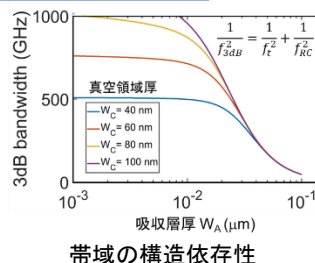
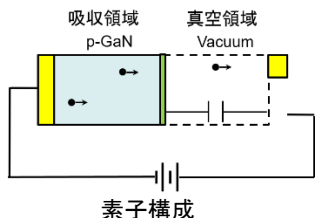
通信用光電変換デバイスとしては初となるGaN系材料での光電子を空間に放出・走行させる新たな光電変換デバイス構造を提案し、従来の概念を打ち破るハイパワーテラヘルツ波送信器の原理確認動作を令和5年度までに実現する。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1: 真空マイクロフォトンクスデバイス設計技術

研究開発目標

周波数応答特性のシミュレーション環境を構築し300-GHz級の周波数応答を確認



研究開発成果

研究開発項目1-a) 真空マイクロフォトンクスデバイスグランドデザイン

300GHz帯平面スロットアンテナの1THz動作へのスケールダウン、実際のデバイス構造と融合させた等価回路シミュレーションと電磁界シミュレーションによる最適設計を完了。

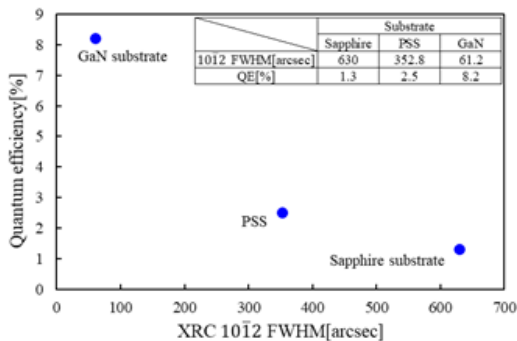
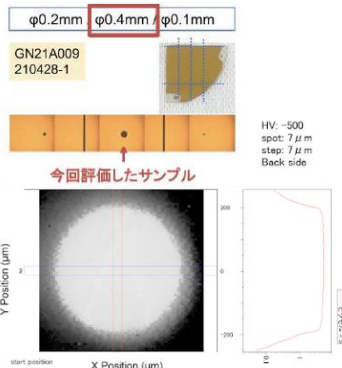
研究開発項目1-b) 真空マイクロフォトンクスデバイス構造設計技術

光電変換素子の周波数応答特性のシミュレーション環境構築。吸収層厚及び真空領域厚依存性を解析し、300GHz超級の周波数応答を確認。真空中の空間電荷効果による出力飽和を含んだテラヘルツ波出力をモデル化し、テラヘルツ波出力の放射効率依存性を解析。

研究開発項目2: GaN系真空マイクロフォトンクスデバイス実現技術

マイクロカソード内での量子効率、バルク基板と同程度面内の量子効率の均一性を確認

転位の減少とともに、量子効率の増加を確認



パターン化した領域での量子効率

量子効率とX線ロッキングカーブの相関図

研究開発項目2-a) GaN系真空マイクロフォトンクスデバイス製造技術

デバイス構造内での空間構造を形成するためのプロセス基本技術を開発。Sapphire基板上のInGaN表面にミクロンオーダーのマイクロフォトンクス光電子面を形成、フォトンクス性能を評価し、InGaNマイクロフォトンクスからの均一な光電子放出を確認。

研究開発項目2-b) フォトンクス用GaN系材料技術

フォトンクス用窒化物半導体材料として、In組成20%程度のInGaN:Mgサンプルをpss-Sapphire基板およびGaN基板上へ作製。10枚程度のサンプルの作製を完了するとともに、InGaN膜厚と転位の影響に関する量子効率への影響を調査。

研究開発項目2-c) フォトンクスの性能評価及び機能性表面技術

フォトンクス半導体材料上の負の電子親和力状態の表面(機能性表面)に対して、放出面マイクロ化のサンプルを作成、フォトンクス性能評価装置を用いて清浄・機能性表面化の条件出しを実施。フォトンクス性能評価装置への半導体表面の清浄化技術導入として、機能性表面の阻害要因である炭素化合物除去の酸素プラズマクリーナーの組込みを完了。

研究開発項目2-d) ミリ波・テラヘルツ波応用システムと社会実装技術

当該研究開発で試作するデバイスを用いたミリ波・テラヘルツ信号発生システムの開発に先駆け、短波長(波長: ~400nm)動作の光信号生成・変調システムの構成を調査。ドローン搭載型レーダへの応用を想定し、計測時間の短縮化の実験的検討を実施。

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)	3 (3)	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。

(1) GaN系研究会での研究発表を通じて異分野間交流が促進

2021年12月16日 加藤和利、GaNコンソーシアム 光デバイスWG 講演会、「GaN系超高速光電変換デバイス」

(2) 著名研究者で構成するアドバイザー委員会を設置

アドバイザー委員

- ◆ 目黒 多加志 教授 (東京理科大学)
- ◆ 石川 史太郎 准教授 (愛媛大学)
- ◆ 片山 竜二 教授 (大阪大学)
- ◆ 石橋 忠夫 氏 (Wave Packets社代表、IEEEフェロー、応用物理学会フェロー、電子情報通信学会フェロー)

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1 真空マイクロフォトンクスデバイス設計技術の研究開発

自由空間電子走行領域を備えた光電変換デバイスの設計・評価

- ◆ GaN系半導体フォトカソード材料の電子親和力の状態を勘案した、新たなバンドエンジニアリングに基づいたデバイスのモデリングとシミュレーション法を確立する
- ◆ 試作構造における周波数応答および出力を見積もり、解析モデルの高度化による出力特性を定量的に予測する
- ◆ 吸収層構造改良による特性改善を進め、InGaAs系光電変換素子に対する優位点を定量的に明らかにする

400nm帯フォトミキシング光源の構築

- ◆ 狭線幅400nm帯二光波光源の生成技術を確立する

研究開発項目2 GaN系真空マイクロフォトンクスデバイス実現技術の研究開発

光電変換デバイス構造の試作と最適化

- ◆ 真空マイクロフォトンクス光電変換デバイスの要素技術である光電効果を検証するためのプロトタイプ構造を作成し、エミッター構造を最適化する
- ◆ ギャップ構造で形成された真空空間における電子の自由走行性能を確認し、デバイス構造設計と構造最適化を推し進める
- ◆ 電子を引き出すためのゲートや、MIS構造化することで、放射効率の増大を狙う

フォトカソードの作製と材料の最適化

- ◆ 要求仕様を満たす半導体フォトカソード材料の設計と作製、評価結果の設計へのフィードバックから最適な半導体材料条件を見出す
- ◆ 半導体フォトカソードの真空フォトンクスデバイス化に必要な構造と半導体材料の条件を擦り合わせてインテグレーション可能な半導体フォトカソードを実現する
- ◆ 半導体フォトカソード表面の負の電子親和力状態の活性化手法および真空フォトンクスデバイス化に向けた擦り合わせ・インテグレーション技術を確立する

真空マイクロフォトンクスデバイスを用いたシステム開発

- ◆ 実現したデバイスを用い、従来技術よりも2桁以上の出力の光電変換デバイスがもたらす、新たなミリ波・テラヘルツ応用システムを開発し、早期の社会実装を目指す