

## 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 テラヘルツ帯を用いたBeyond 5G 超高速大容量通信を実現する無線通信技術の研究開発  
研究開発項目1 テラヘルツ帯増幅器一体型アレイアンテナ技術の研究開発
- ◆副題 テラヘルツ波を用いたビーム制御通信システムの研究開発
- ◆受託者 富士通(株)、(学)五島育英会 東京都市大学
- ◆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5年度までの総額792百万円(令和5年度192百万円)

## 2. 研究開発の目標

室内空間において、ユーザーが必要とする大容量データを無線伝送する需要に向けて、従来のマイクロ波やミリ波では不可能な広い帯域を確保できる“テラヘルツ波”を用いたビーム制御通信システムの研究開発を実施する。テラヘルツ帯無線通信における電波の指向性を高めるため、化合物半導体を用いた高出力増幅器とアンテナを3次元異種集積によりアレイ化することで、300GHz帯で動作する増幅器一体型アレイアンテナを開発し、ビーム制御を実現する。

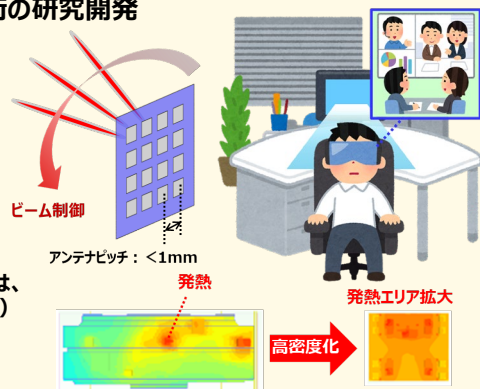
## 3. 研究開発の成果

### 研究開発項目1:テラヘルツ帯増幅器一体型アレイアンテナ技術の研究開発

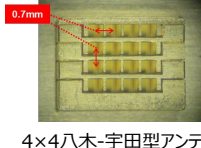
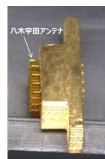
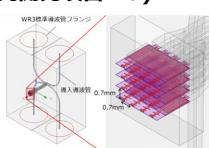
#### 概要

#### 研究開発項目1 テラヘルツ帯増幅器一体型アレイアンテナ技術の研究開発

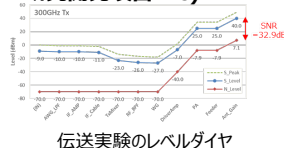
- 高周波化に伴い出力・効率が低下するため、通信距離が縮小、消費電力・発熱が増加  
⇒ 打開策: 化合物半導体増幅器、ビームフォーミング
- 高密度集積により発熱が深刻化
- 放熱構造も検討が必要
- グレーティング・ローブを抑制するには、アンテナピッチは1λ未満 (<1mm)
- PAよりもアンテナが小さくなるため、高密度な集積が必要



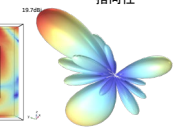
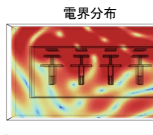
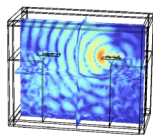
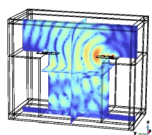
#### 研究開発項目1-a)



#### 研究開発項目1-c)



#### 研究開発項目1-b)



### 研究開発成果

#### 研究開発項目1-a) ビーム制御機能を有する増幅器一体型アレイアンテナ送信モジュールの研究開発

300GHz帯のアレイアンテナにおいて、グレーティング・ローブを抑制可能なアンテナピッチ(<1mm)で多素子を集積するには、モジュールの3次元化が有効。

- 研究開発項目1-b)の検討結果を元にモジュールの3次元化に向けたアンテナとして、小型化と加工性の観点で優れる「八木-宇田型アンテナ」を選定。1×4八木-宇田型アンテナモジュールを試作・評価し、ビーム振り角0、10°において、これまで検討してきた導波管アンテナと同等の利得(>9dBi)が得られることを実証した。
- 上記1×4八木-宇田型アンテナモジュールを4レイヤー積層する立体積層構造/プロセスを確立し、0.7mmピッチの4×4アレイアンテナ構造を実現。本結果を元に、4×4モジュールの設計・試作を完了させるとともに、シミュレーションから最大アンテナ利得16.4 dBが得られることの知見を得た。

#### 研究開発項目1-b) 300GHz帯アレイアンテナの研究開発

- 令和4年度に考案した300GHz帯八木-宇田型アンテナの利得を測定した。金属支柱による反射の影響があるが、シミュレーションにより、同様な特性となることを確認し、測定利得の大きな低下はないことを確認した。
- 300GHz帯アレイアンテナの利得の測定方法に関する検討を行った。電磁界シミュレーションで吸収体の効果、ガラス支柱の影響の検討を行った。ガラス支柱を用いることで利得測定への反射の影響を低減できることがわかった。
- 4×4アレイアンテナのシミュレーションを行った。ビーム角度0°で19.7dBi(材料損失なし)、ビーム角度30°でも19.7dBi(>15dBi)となり、素子指向性でグレーティングローブを抑圧でき、利得の低下は避けられた。

#### 研究開発項目1-c) 増幅器一体型アレイアンテナ送信モジュールを用いた伝送実験

- 令和6年度の伝送実験に向け、令和4年度に構築したアレイアンテナモジュールの初期評価系を元に、実験系のレベルダイヤ検討と部材選定を進めた。

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
4 (1)	3 (2)	0 (0)	27 (13)	2 (1)	0 (0)	6 (4)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

【特許】

国内出願1件、外国出願2件  
 テラヘルツ帯増幅器一体型アンテナモジュールのキーとなる要素技術の権利化を図っている。

【学会・論文・展示会等】

研究発表、標準化提案、展示会展出を積極的に行い、本研究開発の取組・成果を発信。本研究開発の目標としているWPANのみならず、テラヘルツ帯を用いた超高速・大容量無線通信の様々なユースケースへの展開を図っている。

・MWC2024(2024.2.26-2.29, Barcelona)富士通ブースにおいて「300GHz帯アレイアンテナモジュール」を展示



MWC富士通ブースでの6G技術紹介



300GHz帯アレイアンテナモジュール(左)

5. 今後の研究開発計画

令和5年度に実施したモジュールの3次元化に向けたアンテナ選定および立体積層プロセスの検討結果に加え、4×4モジュールに増幅器を搭載する際の発振対策や放熱検討を元に、化合物半導体を用いた高出力増幅器とアンテナを3次元で集積した4×4増幅器一体型アレイアンテナを実現し、令和7年3月の最終目標であるビームスキャン角度±30°におけるEIRP:40dBiを達成するとともに、開発モジュールを用いて伝送実験を行い、伝送速度:100Gbps、通信距離:3mを実証する。