

採 択 番 号 07401

研究開発課題名 マイクロアクチュエータを用いたテラヘルツ帯コヒーレントトランシーバの開拓

(1) 研究開発の目的

テラヘルツ帯を用いた Beyond 5G(B5G) 通信は、未来社会の神経網になるサイバー・フィジカル・システム(CPS)の基盤技術として注目され、Society5.0 の達成のための必要不可欠な技術とされている。本研究開発では、B5G 通信インフラの研究開発、そして普及を加速化する基盤技術として、さらなる高速・大容量・低遅延化、そして低消費電力化を目指したテラヘルツ帯コヒーレントトランシーバについて研究開発を行う。それで、高速移動体との通信時にも、高い信号品質を保ったまま、消費電力を低減できることを示す。また、その低位相雑音、低消費電力特性を活かし、近距離アプリケーションや室内空間における WPAN(Wireless Personal Access Network)通信へ応用できることを確かめる。また、マイクロアクチュエータの活用により、製造誤差による性能劣化を克服できることを明らかにする。

上記を踏まえて、本研究開発技術が今後光・電気融合回路の低電力フロントエンドコア部として適用できること、さらにマイクロアクチュエータ技術の活用が、複数のアンテナエレメントを用いて行う MIMO(Multi-Input Multi-Output)において、必要不可欠であることを示す。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3年間)

(3) 受託者

国立大学法人東京工業大学 <代表研究者>  
国立大学法人広島大学  
学校法人東京理科大学  
独立行政法人国立高等専門学校機構  
マクセル株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度 100 百万円

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 テラヘルツ帯フロントエンドの研究開発

研究開発項目 1-a) システム設計・検証 (国立大学法人東京工業大学・国立大学法人広島大学)

研究開発項目 1-b) モデリング・回路設計 (国立大学法人広島大学・学校法人東京理科大学・国立大学法人東京工業大学・独立行政法人国立高等専門学校機構徳山工業高等専門学校・)

研究開発項目 1-c) 実装設計 (学校法人東京理科大学・国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目 1-d) デモシステム設計 (独立行政法人国立高等専門学校機構徳山工業高等専門学校・国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目 2 マイクロアクチュエータを用いた性能改善手法の研究開発

研究開発項目 2-a) マイクロアクチュエータ (国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目 2-b) レドーム・空間フィルタ・吸収体 (マクセル株式会社・国立大学法人東京工業大学)

研究開発項目 2-c) 統合設計および検証実験（国立大学法人東京工業大学・独立行政法人国立高等専門学校機構徳山工業高等専門学校）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	0	0
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1 テラヘルツ帯フロントエンドの研究開発

研究開発項目 1-a) システム設計・検証

ベンチマークデータや論文検索をベースに従来の文献を調査し、送信部や受信部、そしてチップからアンテナへのトランジション部の性能検討を行った。それをもとにリンクバジェットの検討を行い、必要なアンテナ利得などを導出した。そして、システムシミュレーションソフト（Mathworks 社 Matlab、Cadence AWR）により位相雑音を考慮したシミュレーションを行った。同じく位相雑音の抑制機構に関してもシステムシミュレーションより検証した。

研究開発項目 1-b) モデリング・回路設計

SiGe BiCMOS 用 3 種類の伝送線路の設計、モデリング(RLGC モデル)を行った。そのうち、一つは、マイクロアクチュエータによる回路性能チューニング特性を増大できる構造である。また、その線路をベースにし、回路シミュレーター(Cadence IC06)を用いてパッシブ素子(バラン類)の設計を行った。電力増幅器(PA)と低雑音増幅器(LNA)もトポロジー検討および回路シミュレーションで、最終目標を達成するための性能が得られるかについて検討を行った。

研究開発項目 1-d) デモシステム設計

デモシステム構築に必要な装置、消耗品類を購入し、環境構築を行った。また、購入済みの装置や増幅器などの小物類の性能パラメータ、そしてシステムシミュレーターを用い、リンクバジェット設計を行った。その結果、令和6年度実施予定であるデモシステムの妥当性を検証した。

研究開発項目 2 マイクロアクチュエータを用いた性能改善手法の研究開発

研究開発項目 2-a) マイクロアクチュエータ

さまざまなマイクロアクチュエータ構造に対して、本研究開発に適するものの検討をおこなった。そのうち、小型ギアードモータと送りねじの組み合わせにより、保持電力零の微動駆動を実現できる方式、更なる部品点数の低下、薄型化のため、摩擦と電磁衝撃力で微動駆動するインパクトドライブ方式についてトランシーバモジュールの機械寸法と合わせて詳細検討を行った。また、マイクロアクチュエータ試作のための環境構築(3D プリンタ購入)を行った。

研究開発項目 2-b) レドーム・空間フィルタ・吸収体

レドームなどの構造の電磁界解析のための環境構築を行った(サーバー購入、電磁界シミュレーター確保)。そして、テラヘルツ帯でのモデリングのため、各構造を試作時にベース構造とな

る誘電体の測定を行い、電磁界シミュレーターを用いてモデリングを行った。印刷による周波数選択性表面(FSS)と組み合わせた吸収体構造の設計・試作・測定を行った(実測90%以上吸収帯域:183~465GHz)。また、FSS構造を用いた空間フィルタの設計・試作を行い、低損失レドーム構造の設計も行った。

#### (8) 今後の研究開発計画

##### 研究開発項目1 テラヘルツ帯フロントエンドの研究開発

令和4年度に行ったリンクバジェット、システムシミュレーション、PA(電力増幅器)、LNA(低雑音増幅器)の検討結果をベースに、実際回路設計・試作を行う。令和5年度には、コンポーネントレベルでの設計・検証を行う。また、マイクロアクチュエータによる性能のチューニングが可能な導波管変換器の設計・試作を行う。令和6年度にデモを行うことを目指し、デモシステムの構築を進める。令和6年度は、トランシーバレベル、モジュールレベルの設計・試作を行い、デモシステムを活用し、16QAM 100Gb/s級実験を行う。マイクロアクチュエータによる性能補償、チューニングについても検証する。

##### 研究開発項目2 マイクロアクチュエータを用いた性能改善手法の研究開発

令和4年度に行ったマイクロアクチュエータの検討結果をベースに、令和5年度にはアクチュエータ単体性能の検証のための設計・試作を行う。レドームも令和4年度の空間フィルタ、吸収体試作結果をもとに、設計・試作を行う。そして、それらとハウジングも考慮した統合設計を行う。令和6年度には、統合設計の結果を活用し、トランシーバモジュールに内蔵可能なマイクロアクチュエータを開発し、レドーム・空間フィルタ可動によるセンシング検証しつつ、デモ時に統合実験を行う。