

令和 3 年度研究開発成果概要書

採択番号 00901

研究開発課題名 超低雑音信号発生技術に基づく 300GHz 帯多値無線通信に関する研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、フォトニクス技術を用いた 300GHz 帯の超低雑音信号発生技術を基に、光電変換器(単一走行キャリアフォトダイオード:UTC-PD)ならびに受信器(フェルミレベル制御バリアダイオード:FMBD)の高性能化を進め、マイクロ波帯と同程度の多値化を可能とする無線システムの実現を目指す。具体的には、RF 帯域幅 40GHz を利用し、256QAM 多値変調によって >200Gbit/s/dm を実現し、伝送実験において通信距離 200m を目標とする。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人大阪大学<代表研究者>

IMRA AMERICA, INC.

国立大学法人九州大学

国立大学法人東京大学

学校法人北里研究所

(4) 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 523 百万円(令和 3 年度 107 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 多値通信システム技術の開発

研究開発項目 1-a) 超低雑音送信システム (大阪大学)

研究開発項目 1-b) 高感度受信システム (大阪大学)

研究開発項目 2 光源技術の研究開発

研究開発項目 2-a) 超低雑音マイクロ光コム発振器 (イムラ アメリカ)

研究開発項目 3 送信フロントエンド技術の開発

研究開発項目 3-a) 高出力フォトダイオード (九州大学)

研究開発項目 3-b) 広帯域 3 次元アレー型アンテナ (東京大学)

研究開発項目 4 受信フロントエンド技術の開発

研究開発項目 4-a) 高感度テラヘルツ波検出器 (北里大学)

(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	12	12
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	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：多値通信システム技術の開発（大阪大学）

研究開発項目 1-a) 超低雑音送信システム

研究開発項目 2 で開発される光源のプロトタイプと従来の UTC-PD を組み合わせ、上記の性能を実現するに十分な雑音性能の送信システムを開発するとともに、今後の性能向上に向けた課題を明らかにした。

研究開発項目 1-b) 高感度受信システム

従来の UTC-PD とショットキーバリアダイオード(SBD)受信器をそれぞれ送受信フロントエンドに用い、イムラ アメリカが開発中のレーザ光源（マイクロ光コムとブリルアン光源）を用いることにより、16QAM で 72Gbit/s (18Gbaud)、32QAM で 80Gbit/s (16Gbaud) の目標性能を達成した。

研究開発項目 2：光源技術（イムラ アメリカ）

2-a) 超低雑音マイクロ光コム発振器

これまで開発してきた超低雑音マイクロ光コムのテラヘルツ無線通信での実力を把握するため、大阪大学と協業で通信実験を実施。光源には、低位相雑音だけでなく、振幅強度ノイズ比 60dB 以上が必要である知見を得た。マイクロ光コムの光をレーザダイオードに注入し波長ロックする技術を開発し、実際の通信システムで必要な出力パワー 100mW において振幅強度ノイズ比:60dB を得ることに成功した。

研究開発項目 3：送信フロントエンド技術の開発（九州大学・東京大学）

4×4 アレーテラヘルツ波送信フロントエンドの構成要素である、SiC 上 UTC-PD およびテラヘルツ TOSA の設計を完了した。また 3 次元 4×4 導波管アレーの構造設計と、その構成要素である単体導波管の作製と特性評価を行った。

研究開発項目 3-a) 高出力フォトダイオード

SiC 上 UTC-PD の 300GHz 帯テラヘルツ波発生の見込みを得た。従来型モジュール比 1/4 の体積の 300GHz 帯同軸型導波管モジュールの設計を行った。

研究開発項目 3-b) 広帯域 3 次元アレー型アンテナ

広帯域型 3 次元アレー型アンテナの構造設計を行い、UV 光硬化樹脂を用いた 3D プリンタ (RECILS) で造形できることを確認した。また、RECILS で造形したストレート導波管構造にめっきを施した WR-3 導波管 (1 インチ) を作製し、市販の金属導波管と同程度の挿入損失が得られること確認した。

研究開発項目 4：受信フロントエンド技術（北里大学）

研究開発項目 4-a) 高感度テラヘルツ波検出器

SiC 基板貼付け技術を用いた導波管入力型検出器モジュール実現のため、エピウエハの成長、SiC 基板との接合プロセス、素子作製プロセス、及び評価系の構築を進めると共に、モジュール筐体の作製を行った。また、予備検討で作製した SiC 基板貼付け型 FMBD により、300GHz 帯ヘテロダイン検波において、FMBD としてこれまでで最も低い雑音等価電力（NEP、 3×10^{-19} W/Hz）を実現した。これにより、従来技術と比べダイナミックレンジを 10dB 以上拡大した。

(8) 今後の研究開発計画

300GHz 帯を使用し、RF 帯域: 30GHz~40GHz、ベースバンド帯域: 15GHz~20GHz、IF 帯域（ヘテロダイン方式の場合）: 30GHz~40GHz において、変調方式 32QAM~256QAM で、シングルチャネルあたりの伝送速度を段階的に増加させ、最終的に 200Gbit/s を達成する。さらに、送信電力を増やし、受信器（FMBD）を高感度化することにより、通信距離として 200m を達成する。

これらを実現するための要素技術の開発として、送受信システムにおける非線形性の補償、光源の小型化と長期安定化、フォトダイオードの高出力化、同アレーによる電力合成、アンテナの高利得化、受信器の小型化（I/Q 受信器）等を進める。特に、FMBD に続き、フォトダイオードを放熱性に優れた SiC 基板上に形成し、さらに実用的な小型モジュールに実装する。