

令和元年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 18501  
研究開発課題名 : 高い環境耐性を有するキャリアコンバータ技術の研究開発  
副 題 : 5G 時代に対応した大容量・低遅延・シームレスな光/ミリ波変換デバイスの  
開発と実証評価

(1) 研究開発の目的

100Gbps 級の光ネットワークと高周波モバイルネットワークを高効率でシームレスに  
接続することが可能な高い環境耐性を有するキャリアコンバータ技術を開発する。

(2) 研究開発期間

平成 28 年度から令和 2 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

株式会社デンソー <代表研究者>  
国立大学法人東北大学電気通信研究機構  
学校法人早稲田大学  
国立大学法人北海道大学  
住友大阪セメント株式会社  
日本電気株式会社  
株式会社メガチップス

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 1000 百万円 (令和元年度 200 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 : キャリアコンバータ要素技術の研究開発

1. 光電子融合ミキサの研究開発 (国立大学法人東北大学電気通信研究機構)
2. キャリアコンバータ用光源デバイスの研究開発 (学校法人早稲田大学)
3. 高精度 OAM モード多重用高精度マルチプレクサ/デマルチプレクサ  
(国立大学法人北海道大学)
4. 高効率ミリ波帯 E/O 変調モジュールの研究開発 (住友大阪セメント株式会社)

研究開発項目 2 : キャリアコンバータの環境耐性実装技術の研究開発

1. ビーム制御機能つきミリ波伝送ユニットの研究開発 (日本電気株式会社)
2. 自動車実証システムの研究開発 (株式会社デンソー)
3. 車載 LAN 向け光・電気混載ネットワーク対応通信方式の基礎検討、実証  
(株式会社メガチップス)

(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	20	3
	外国出願	9	4
外部発表等	研究論文	5	0
	その他研究発表	110	20
	標準化提案	4	1
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	12	3
	受賞・表彰	3	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：キャリアコンバータ要素技術の研究開発

1. 光電子融合ミキサの研究開発（国立大学法人東北大学電気通信研究機構）

第一に、UTC-PD 上部集積 HEMT に関して、UTC-PD 部のメサ面積の縮小によって出力強度を向上させることを成功した。第二に、上記 UTC-PD 上部集積型 HEMT と TIA 二段のハイブリッド実装に向け、専用デバイスチップとモジュールパッケージの設計を進めた。第三に、ASK 変調光データ信号からミリ波データ信号への直接周波数下方変換実験に関して、W 帯（IF 周波数 92.5 GHz、帯域 17.5 Gbps）をターゲットと定め、ダブルミキシング実験系の拡張を進めた。

2. キャリアコンバータ用光源デバイスの研究開発（学校法人早稲田大学）

シリコン導波路に直接通電加熱位相シフターを装荷した光スイッチにおいて、オーバードライブ制御を用いることで、1 μsec 以下の非常に高速なスイッチング動作に成功した。また、量子ドット SOA を用いた二波長可変レーザーにおいて二波長の差周波に対応したミリ波の観測に成功した。

3. 高精度 OAM モード多重用高精度マルチプレクサ/デマルチプレクサ  
（国立大学法人北海道大学）

偏光における幾何学的位相を利用した OAM ソーターの性能向上のため設計パラメータを見直して試作を進めた。OAM モード逓倍化装置の小型化のためサニャック干渉計型ではなく偏光回折素子を利用した新たな配置を考案し、ほぼ設計通りの性能を発揮することを確認。OAM ソーターと併せてほぼラックマウントサイズに統合可能である見通しを得た。

4. 高効率ミリ波帯 E/O 変調モジュールの研究開発（住友大阪セメント株式会社）

高周波特性で課題であった 60GHz 以上の特性劣化について要因を特定し、シミュレーション等で対応を検討した。その結果、特性劣化の抑制を図る設計を適用し、高周波域までスムーズな特性を有するミリ波帯変調器を実現した。

また、当該特性改善サンプルと、高消費比変調器を他の研究分担者（株式会社デンソー）に提供し、システム特性の改善に貢献した。

研究開発項目2：キャリアコンバータの環境耐性実装技術の研究開発

## 1. ビーム制御機能つきミリ波伝送ユニットの研究開発（日本電気株式会社）

キーデバイスとなる MMIC においては、必要となる回路機能を集積化して、4 系統の送信アンテナの位相を制御する MMIC を試作・評価し、実際にプリント板に表面実装して、アンテナ部を含む動作特性を検証した。アンテナ素子においては、広角にわたって利得低下の少ないビームスキャンができる素子を試作・評価した。さらに、狭ビームにおける 2 次元ステアリングを機械的な追尾実験により、方向調整アルゴリズムが問題なく動作することを検証した。

## 2. 自動車実証システムの研究開発（株式会社デンソー）

### 課題 2-2-1 ビームステアリング制御技術の研究開発

- 前年度の実証実験の結果から出した車載アンテナの要件を満足させるアンテナの構造として、誘電体ホーンアンテナと 0 次アンテナの 2 タイプを提案した。両方ともアンテナ単体での特性は、シミュレーションと試作及び実測で、要件の周波数帯域と側面放射特性を満足することを確認した。誘電体ホーンアンテナは構造関連特許を出願した。

### 課題 2-2-2 実証システムの高信頼性実装技術の研究開発

- 他の研究分担者（住友大阪セメント株式会社）から御提供頂いた 100GHz 対応高消光比変調器にて、E バンドキャリアコンバータ実証実験を行った。受信側について、昨年度は E バンドからダウンコンバート（4GHz 帯）後に光変調器を動作させていたが、今年度は E バンドのまま光変調器を動作させて QPSK/1.1GBaud を実現した。

## 3. 車載 LAN 向け光・電気混載ネットワーク対応通信方式の基礎検討、実証（株式会社メガチップス）

### 課題 2-3-1 モデルベース開発、検証

実用に近い車載 LAN フォーマット及びベースバンド変調として、IEEE802.3ch で規定された PAM4 伝送方式を採用し、PHY モデルを開発した。

電気は、本モデルを用いたシミュレーションにて、メタルハーネス(IEEE802.3ch 準拠 STP)、シングルペアでの 10Gbps 超の電気伝送を検証した。IEEE より入手した S パラメータの上限周波数 7.5GHz を Baud Rate に 13.3Gbps まで評価した範囲では劣化はみられず限界はさらに高いと考えられる。

光は、電気伝送からのシームレスな置き換えを狙い、電気と同一の LAN フォーマット及びベースバンド変調を採用することとした。電気との差分である光モジュール及び光ファイバ部分のモデルを作成し、電気部と合わせたシステムシミュレーション環境を構築し、光での PAM4 伝送を検証した。

### 課題 2-3-2 プロトタイプ（電気）の開発、実機検証

FPGA とディスクリートデバイス（ADC/DAC）で構成するプロトタイプを開発した。これを用いてメタルハーネス（STP）での初期性能評価を実施した。プロトタイプ装置の上限である 2.5Gbps 伝送の範囲では、メタルハーネスの高周波特性劣化部は顕在化する事なくシステム要求である BER $<1e-12$  を満足した。

### 課題 2-3-3 プロトタイプ（光）の開発、実機検証

電気/光変換デバイス、光モジュール、光ファイバからなる光リンク部のプロトタイプを構築し、初期性能評価を実施した。NRZ 方式での信号波形を取得し、2-3-1 で開発した光モデルとの整合性を確認した。