

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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
- ◆個別課題名 :
- ◆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
- ◆実施機関 : 株式会社デンソー、国立大学法人東北大学電気通信研究機構、国立大学法人東北大学大学院工学研究科、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
- ◆研究開発期間 : 平成28年度から平成30年度 (3年間)
- ◆研究開発予算 : 総額 600百万円 (平成28年度 200百万円)

2. 研究開発の目標

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。

3. 研究開発の成果

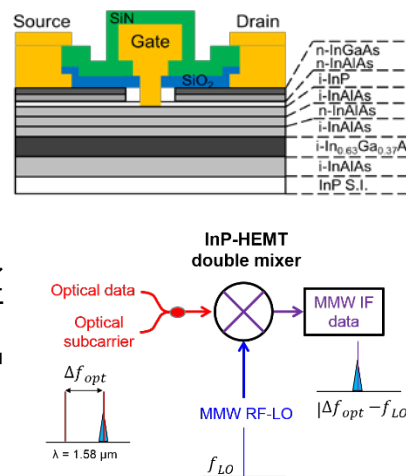
研究項目1 : キャリアコンバータ要素技術の研究開発

1-1. 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)

研究開発目標

1-1-1 キャリアコンバータ応用を目的としてInP系化合物半導体高電子移動度トランジスタ(HEMT)を試作する。

1-1-2 40Gbpsまでの1.55 μm 帯高速ASK(NRZ)変調光データ信号と、光サブキャリア信号とを混合入力してフォトミキシングを実行し、同時にミリ波帯LO信号入力とのダブルミキシングによって光データ信号を中間周波数(IF)帯に下方変換する信号処理を、試作したInP系HEMTを用いて原理検証実験を実施し、フィージビリティを確認する。



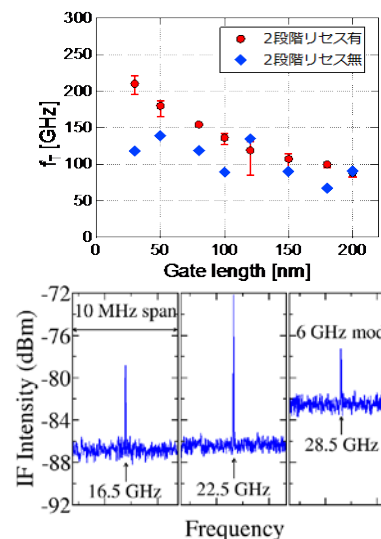
研究開発成果1-1-1

・ゲート長30-200nm、2段階リセスを導入したInP-HEMTを試作を行った。遮断周波数は最大で $f_T > 200$ GHzであった。

研究開発成果1-1-2

・試作したInP-HEMTを用いて、10 Gbps級に相当するASK変調光データ信号を差周波数112.5 GHzの光サブキャリア信号と混合入力し、さらに90GHz LO信号ゲート入力とのダブルミキシングすることにより、搬送周波数22.5 GHzのIFデータ信号へ周波数下方変換することに成功した。

研究開発成果

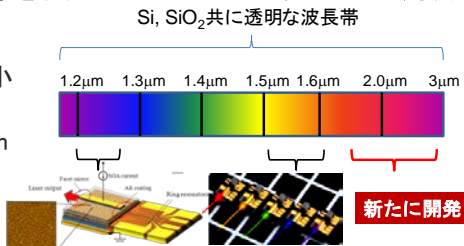


1-2. キャリアコンバータ用光源デバイスの研究開発 (国立大学法人東北大学大学院工学研究科)

研究開発目標

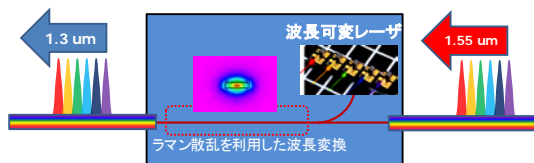
光キャリアコンバータの要素デバイスとなる様々な波長帯で動作する広波長帯域可変レーザの実現と非線形光学効果を利用したシームレスな光キャリア周波数変換の実証

1-2-1シリコンフォトニクスを用いた超小型波長可変レーザの開発
すでに開発している1.3 μm帯、1.5 μm帯波長可変レーザの広帯域化と2 μm帯波長可変レーザの開発



1-2-2シリコンの非線形光学効果を利用した波長変換技術の開発

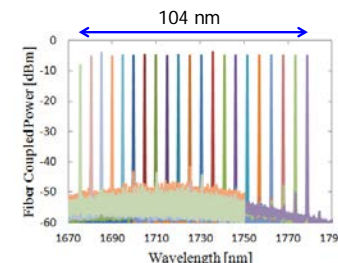
シリコンの非線形光学効果の一つであるラマン散乱を利用した1.3 μm帯と1.5 μm帯相互の波長変換の実現



研究開発成果

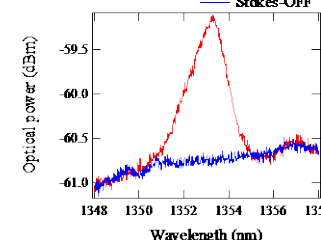
研究開発成果1-2-1

・波長可変レーザで出力できる波長範囲を拡大するためにシリコンフォトニクスを用いた波長可変フィルタ構造を設計、試作した。1.3 μm帯、1.5 μm帯、1.7 μm帯において波長可変範囲100 nmを有する波長可変レーザの動作実証に成功した。



研究開発成果1-2-2

・シリコン細線光導波路の非線形光学効果を利用する事でC帯-O帯間を相互に0.1%程度の効率で波長変換できることを実証した。



1-3. 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)

研究開発目標

高精度OAMモード多重用高精度マルチプレクサ/デマルチプレクサの研究開発

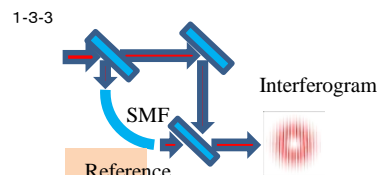
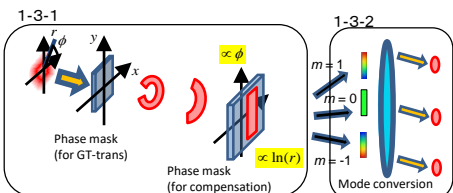
1-3-1 OAMモード分解素子(OAMソーター)の開発

1-3-2 分解光渦 — 単一モードファイバ間の結合光学系の開発

- ・ OAMモード数4以上をサポートする、高精度OAMモード分解/合成素子の開発(挿入損失20%以下,隣接モード間のクロストーク-15dB以下を目標)

1-3-3 小型高精度OAMモード分解スペクトル測定装置の開発

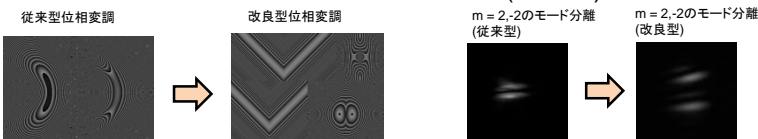
- ・ 1-3-1,1-3-2を高精度に構築するための小型高精度評価装置の開発。



研究開発成果

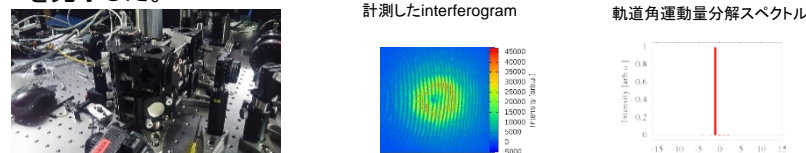
1-3-1 OAMモード分解素子(OAMソーター)の開発

数値計算及び液晶空間光変調器を用いた実証実験により課題抽出が完了した。それに基づいた改良型位相変調の設計がほぼ完了、さらに性能向上のための新規光学素子を考案した(試作中)。



1-3-3 小型高精度OAMモード分解スペクトル測定装置の開発

OAMモード分解スペクトル装置の設計・試作・動作確認を行い、課題抽出を完了した。



1-4. 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)

研究開発目標

低駆動電圧 W帯(75~110GHz)光変調モジュールの実現

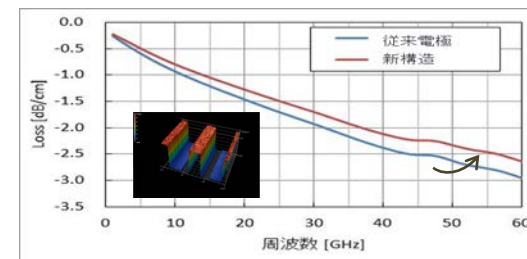
最終目標 : 固定ドライバによって110GHz駆動が可能なレベルの低駆動電圧化

<28年度目標>

- ・ 導体損失を低減可能な電極構造の設計および電極形成技術の開発
- ・ W帯/高温環境下におけるモジュール性能の検証と課題抽出



研究開発成果



<成果>

- ・ 低損失電極の設計およびその形成技術を開発し、帯域改善の見込みを得た
- ・ 究極的な光2トーン信号品質を阻害する現象を見出し、要因を明確化した

研究項目2 : キャリアコンバータの環境耐性実装技術の研究開発

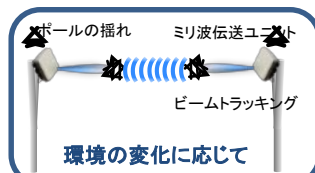
2-1. ビーム制御機能つきミリ波伝送ユニットの研究開発(日本電気株式会社)

研究開発目標

環境耐性を有するビーム制御機能つきミリ波ユニットの実現

- キャリア周波数 : 71GHz~86GHz
- 通信速度 : 1Gbps以上
- チャネル帯域幅 : 250MHz~1GHz
- 送信距離 : 500m以上
- ビーム方向可変範囲方向 : $\pm 5^\circ$ 以上(方位角, 仰角方向)

本研究開発にてミリ波ビーム制御の要素技術を確立し、将来的には伝送容量のさらなる拡大、ビーム方向可変範囲の拡大を目指す。



研究開発成果

課題2-1-1 ビーム制御機能つきMMICの開発

- SiGe 半導体プロセスを用いた基本回路素子の試作を行い、今後の設計に必要なパラメータ抽出を行った。

課題2-1-2 ミリ波モジュールの開発

- 4サブアレイからなるアンテナを試作し、位相制御によるビームステアリングの基本特性を取得した。

課題2-1-3 アンテナ放射部の開発

- プリント基板及び金属板積層による放射素子を試作し、基本特性を取得し、次年度への課題を抽出した。

課題2-1-4 ビーム制御アルゴリズムの開発

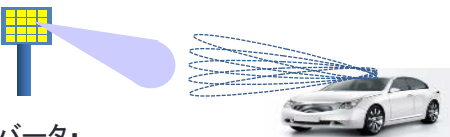
- 環境測定を実施し、風速とポールの振動、受信特性に関する基礎データを取得した。

2-2. 自動車実証システムの研究開発(株式会社デンソー)

研究開発目標

完全自動運転時代における大容量・低遅延通信の効果把握、高い環境耐性を有するデバイスの検証

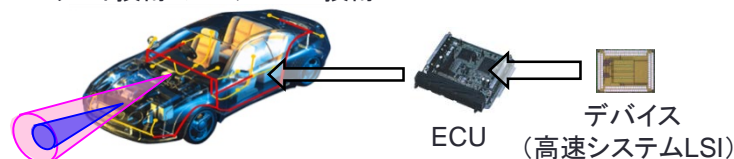
2-2-1 高速移動する車載側アンテナの
ビームステアリング制御技術
小型アンテナ設計技術



2-2-2 車載環境に対する キャリアコンバータ・
ユニットの特性把握 及び 改善



2-2-3 自動運転の分散コンピューティングからみた課題抽出、
ゲートウェイ技術・システムLSI技術



研究開発成果

研究開発成果2-2-1

- ・インフラと車両間の80GHz帯無線通信を想定し、安定した通信実現に必要なビーム制御角(距離30m以上で20°以下、30m以内で20°以上)を導出した。
- ・10Gbps無線通信車載時の課題抽出に向け、網走テストコース市街地路で実証試験する実験系を決定した。(17年7月予定)

研究開発成果2-2-2(キャリアの直接変換技術)

- ・本年度実証実験が可能なデバイス間の相互接続(24GHz)を行い、キャリアコンバータユニットの基本動作検証を行った。
- ・結果、得られた特性から課題抽出を行い、次年度へ繋げる改善点を得ることが出来た。

研究開発成果2-2-3

- ・従来は困難だった超高速デジタル回路技術(データ復調や情報処理)を小型・低消費電力で実現する課題抽出として、2-2-2(キャリアの直接変換技術)と比較を行い、基本構成を提案した。
- ・そのIC要素技術のひとつとして、オールデジタル時間領域処理型ADC-TAD技術による高速化と低電力化同時達成に向け基本アーキテクチャを提案出来た。

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
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	4 (4)	0 (0)	1 (1)	23 (23)	0 (0)	2 (2)	1 (1)

研究成果発表会等の開催に関しては特に無し

5. 今後の研究開発計画

1-1. 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)

- ・プラズモニック・ナノアンテナと光吸収層の導入によるフォトミキシング変換効率向上の効果を検証する。
- ・チャネル内二次元電子プラズモンの非線形整流効果の導入によるフォトミキシング変換効率向上の効果を検証する。

1-2. キャリアコンバータ用光源デバイスの研究開発(国立大学法人東北大学大学院工学研究科)

1-2-1 シリコンフォトニクスを用いた超小型波長可変レーザの開発

- ・1.7 μm 帯波長可変レーザの開発において得られた知見を活用して2 μm 帯波長可変レーザの広波長帯域化を進める。
- ・シリコン細線への直接通電加熱を用いた高速位相シフタ構造を波長可変レーザに装荷し100 μs 以下の高速な波長切り替え動作を実証する。

1-2-2 シリコンの非線形光学効果を利用した波長変換技術の開発

- ・C帯-O帯間の波長変換の原理を検証し、位相整合条件の最適化を行う事で波長変換効率を数%程度まで上昇させる。

1-3. 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)

- ・OAMソーター及び精度向上用の追加素子の設計を進めた上で透過型OAMソーターの試作を行う。4モード以上での動作を実証する。
- ・分解光渦—単一モードファイバ間の結合光学系について、数値計算及び液晶光変調器等を用いた実証実験により最適化設計を行う。
- ・試作したOAMモード分解スペクトル計測装置について、可搬かつ10cmx10cm程度の小型化を実現する。

1-4. 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)

- ・28年度に得られた設計と電極形成技術を活かしてミリ波帯変調器を試作し、半波長電圧4V以下(@30GHz)を実現する
- ・70~80GHz帯の周波数応答性を精密に評価し、キャリアコンバージョンシステムに適用するための課題を明らかにする

2-1. 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)

- ・サブアレイ数を増やしたミリ波モジュールを試作及び、アンテナ素子との接続方法の検討を実施し、大規模ミリ波アレイアンテナの特性を明らかにする。
- ・伝搬環境実験において更なるデータを収集し、ミリ波伝送ユニットへの要求仕様をさらに明確にする

2-2. 自動車実証システムの研究開発(株式会社デンソー)

- ・80GHz帯無線通信システムを路上機及び車載機として用いた実証システムを構築し、高速大容量通信を実現するための課題導出を行う。
- ・28年度に抽出された課題/改善方法を元に、80GHz帯への対応へ向け委託者/連携受託者と改善を進める。
- ・従来型の回路の実機作成と、H28年度の成果をさらに応用した超高速信号処理回路システムの理論検討とシミュレーションを行い、それらのS/N, 遅延, 接続数などについて性能の比較の見解出しを行う。