

令和3年度研究開発成果概要書

採択番号 01301

研究開発課題名 Beyond 5G 超高速・超大容量無線通信システムのためのヘテロジニアス光電子融合技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

光ファイバネットワークで使用される近赤外光データと、B5Gで使用されるサブテラヘルツ～テラヘルツ無線データとのシームレスかつ低遅延・超低消費電力な相互変換機能を実現する、光-B5G無線間キャリア変換/データコンバータ技術を研究開発する。

(2) 研究開発期間

令和3年度から令和6年度(4年間)

(3) 受託者

国立大学法人東北大学<代表研究者>  
パナソニック株式会社  
浜松ホトニクス株式会社  
住友大阪セメント株式会社  
学校法人早稲田大学

(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600百万円(令和3年度254百万円)  
※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 光ファイバB5G無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システムの研究開発  
1-a) 光ファイバB5G無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス基盤技術の研究開発(国立大学法人東北大学)  
1-b) 光ファイバB5G無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システム化技術の研究開発(パナソニック株式会社)  
1-c) 光ファイバB5G無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス量産化技術の研究開発(浜松ホトニクス株式会社)  
研究開発項目2 B5G無線-光ファイバ通信変換用光データ生成デバイス・システムの研究開発  
2-a) B5G用超高速1低電圧駆動光変調器の研究開発(住友大阪セメント株式会社)  
2-b) B5G用ヘテロジニアス光集積回路基盤技術の研究開発(学校法人早稲田大学)

(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	1	1
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	1	1
	その他研究発表	17	17
	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	1	1

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目 1 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システムの研究開発

#### 1-a) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス基盤技術の研究開発 (国立大学法人東北大学)

InP 系 UTC-PD 上部集積 HEMT ダブルミキサに関して、入力光サブキャリア信号の高強度化によって、120 GHz 帯無線信号の中間周波数帯への変換に対して変換利得を -43 dB まで向上させることに成功した。また、光データ信号から中間周波数帯への周波数帯下方変換実験のための測定系の構築と動作確認を完了した。テストベッド開発に向けては、300 GHz 帯ダブルミキシング測定系の構築を進めた。グラフェン FET ダブルミキサに関しては、500 GHz 帯以上のダブルミキシング動作の実現に必要な FET 基本性能（直流トランスファー特性、高周波特性）に対する要求条件を定めるとともに、その特性を安定して実現できるデバイスプロセス技術の検討を行った。その結果、ゲート絶縁膜をナノメートルオーダの精度で安定に製膜・堆積できるプロセス装置導入を伴うゲートスタックプロセス技術の改良が不可欠であるとの結論に至り、2022 年度上半期の導入を目途として試作計画を具体化した。

#### 1-b) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システム化技術の研究開発 (パナソニック株式会社)

UTC-PD 上部集積 HEMT への光入力方式として、(a) デバイス基板裏面からの光入射、(b) 表面からの入射、(c) 側面からの入射のそれぞれに対し、光結合損失のシミュレーションおよび実測評価に必要な技術について情報収集ならびに調査、それぞれの評価方法の構想設計を行い、シミュレータおよび評価装置の構築に着手した。評価装置の信号発生部、計測部の導入は完了し、また、シミュレータへ入力するデバイスの実測値、設計値を入手し光学モデル作成に着手し、第二年次のシミュレーションおよび実測評価方法の確立に向けて準備を整えた。

#### 1-c) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス量産化技術の研究開発 (浜松ホトニクス株式会社)

B5G に使用される高速な光と無線信号の変換を実現するダブルミキサデバイスの量産化技術確立のため、東北大学からデバイスプロセスの技術移管を実施した。そこで得られた知見をもとに、当該機関（浜松ホトニクス）での試作プロセス設計、ならびにエッチング条件確認などのプロセス予備実験を開始するとともに、電子ビーム描画装置およびステッパ描画装置の選定を完了した。また、量産試作のフィードバックを円滑に実施できるよう、東北大学の評価システムを参考に基本特性部分の評価系を設計した。構成機器の具体的なスペックを確定し、機器の導入と性能確認を実施した。

### 研究開発項目 2 B5G 無線—光ファイバ通信変換用光データ生成デバイス・システムの研究開発

#### 2-a) B5G 用超高速低電圧駆動光変調器の研究開発（住友大阪セメント株式会社）

LN 小型変調器開発に必要な微細導波路形成について検討し、LN 薄膜を用いたリッジ導波路を試作した。試作した直線導波路を用い、SiPh 光回路の異種材料間の接合予備試験を実施し、結合損失および位置ずれトレランスを評価する測定系の立ち上げを完了した。予備試験から抽出した接合課題を設計にフィードバックし、光変調器導波路の再設計を実施した。

#### 2-b) B5G 用ヘテロジニアス光集積回路基盤技術の研究開発（学校法人早稲田大学）

光源に関しては、量子ドット DFB レーザについて、簡易な作製方法を提案及び作製し、100 °C の高温環境下においてシングルモード発振する事に成功した。化合物光増幅チップと SiPh 波長可変フィルタを接合したヘテロジニアス波長可変レーザの良好な発振特性および波長制御性を実証した。さらにヘテロジニアスチップの多レーン化に向けて、SiPh 光回路による 8ch 多段 MZI 波長フィルタ及び 4ch AWG の設計を完了し、外部ファブでの加工を開始した。またヘテロジニアスチップの高スループット受動接合装置を設計し作製に着手した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 1 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システムの研究開発

1-a) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス基盤技術の研究開発  
(国立大学法人東北大学)

InP 系 UTC-PD 上部集積 HEMT ダブルミキサに関して、UTC-PD 層構造の改善によって変換利得向上を図るとともに、40 Gbaud 級の NRZ ASK 変調光データ信号の 120 GHz 帯無線周波数 (IF 周波数 40 GHz) への周波数下方変換の実証実験を行ない、デバイスのフィージビリティを検証する。並行して、300 GHz 帯動作に向けて、チャンネル内二次元プラズモンを活用する二重回折格子ゲート構造の同ダブルミキサへの導入を進める。グラフェン FET に関しては、500 GHz 帯動作の実証実験を行ない、課題抽出を行なう。

1-b) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・システム化技術の研究開発  
(パナソニック株式会社)

システム化技術開発において、それぞれの光入力方式・集光系実装方式の組み合わせ (結合光学系) によって、入力光と光アクティブ領域との合わせずれによる結合損失の増大度、および量産化のしやすさが異なると予想されることから、今後、それらを総合的に判断し、光結合損失が最小限に抑えられると同時に量産化に適した組み合わせの選定を行なう。

1-c) 光ファイバ B5G 無線通信変換用ダブルミキシングデバイス・プロセス量産化技術の研究開発  
(浜松ホトニクス株式会社)

試作プロセスにて少量のデバイスサンプルを試作し、評価を行う。そして試作結果を反映した量産プロセス設計を行い、ウエハレベルでのプロセスを実施することで歩留まり評価を行う。基礎特性の評価については、令和 3 年度に設計した評価系を組み上げ、B5G 帯の信号の受信動作を確認する。さらに、実デバイスを使ったダブルミキシングの動作を確認し、製作した評価系の性能を検証する。

研究開発項目 2 B5G 無線—光ファイバ通信変換用光データ生成デバイス・システムの研究開発

2-a) B5G 用超高速低電圧駆動光変調器の研究開発 (住友大阪セメント株式会社)

LN 小型変調器を開発するため、令和 3 年度に開発した微細導波路形成技術を用いて、伝送速度 70 Gbaud、 $V_{\pi}6V$  の強度変調器 (単一マッハツェンダー型光干渉計) を開発し、最終目標達成のための課題抽出を行う。

2-b) B5G 用ヘテロジニアス光集積回路基盤技術の研究開発 (学校法人早稲田大学)

SiPh 回路と半導体光源 (LD+SOA) 及び LN 導波路とのヘテロジニアス集積化を実施し、低結合損失化のための課題抽出を行う。得られた結果から低結合損失スポットサイズコンバータを設計、試作する。量子ドットレーザの 100°C 以上高温単一波長動作を検討し、最終目標達成のための課題抽出を行う。