

(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高強度化、UTC-PDメサ形状・面積最適化、UTC-PD部テロエピタキシャル層構造最適化および絶縁体格子構造導入によって、120GHz帯無線信号の中間周波数帯への変換に対して-30dB以上の変換利得向上を達成できる見込みを得た。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に関しては、測定系の構築と動作確認を完了した。UTC-PD上部集積HEMTダブルミキサを用いた40Gbps級120GHz帯無線信号の中間周波数帯への変換実験を行い、デバイスで生じる雑音の評価を進めるとともに、実験系で生じる雑音の改善が必要であるなどの課題を抽出した。

グラフェンFETダブルミキサに関しては、課題となっていた絶縁膜積層によるグラフェンチャネルの品質劣化に対し、原子膜堆積法を用いた Al_2O_3 絶縁膜積層の有効性を明らかにした。また、500GHz帯以上のダブルミキシング実現に必須となるTHz検出感度並びに検出応答速度の評価を実施し、10ps級高速応答ならびに0.3mA/W級高感度を同時に実現できることを実証し、高ダブルミキシング変換利得が期待できる見通しを得た。

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
(パナソニックホールディングス株式会社)

UTC-PD上部集積HEMTへの光入力方式として、デバイス基板裏面からの光入射方式を検討し、パッケージ化も含めた光結合損失のシミュレーションを実施。また実測評価に必要な技術について詳細設計を行い、評価環境の構築に取り組んだ。光結合方式のシミュレータは量産化も見越したパッケージの実装及びばらつきも含む損失計算にも対応し目標数値を2年前倒しで達成する結合効率-3dBの設計を見出し、パッケージ試作を行った。また評価環境は単体デバイスのダブルミキシング出力について入射光位置に対する変化も取得可能とし最適な入射方法を評価可能な環境を構築した。加えてパッケージ後の計測にも対応し、試作したモジュールについて前記設計通りの出力が得られる事を確認した。

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)

UTC-PD上部集積HEMTダブルミキサについて、200nmノードでのウェハプロセスを実施し、当該年度の目標である2インチウェハ換算でのデバイス静的特性の歩留まり50%以上を達成した。最終目標である3インチウェハプロセスについても取り組みを開始し、改善すべき課題のある事もわかった。デバイスのミキシング特性については、東北大学が製作したサンプルと同等以上のスペックが得られた。

尚、上記は東北大学が適用している外注エピタキシャルウェハを用いたデバイス試作の結果であるが、内製エピタキシャルウェハを用いたデバイス試作も行い静的特性を確認した。

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)

令和3年度に開発した微細導波路形成技術を用いて、中間目標を超える特性(光帯域67GHz以上、 V_π 5.2V)の強度変調器を開発した。共同受託者(早稲田大学)に本変調器を提供し、ヘテロジニアス光トランスミッターとしての評価を共同で行い、課題を抽出した。LN変調器のさらなる高性能化検討として、スロット構造をはじめ、光閉じ込め効果が異なる構造を各種比較検討した。プロセスの予備検証を経て、有用性の高い構造を選定し、その構造の特性試算を行い、基本設計を完了した。

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に加え、FPレーザについて120°CでCW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、薄膜LN変調器を接合したヘテロジニ

アストラノスミッタにおいて 70 GHz 以上の光帯域を実証した。さらにヘテロジニアスチップの多レーン化に向けた、多段 MZI 波長フィルタの評価を完了し、良好な波長合分波特性を確認した。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、300 GHz 帯無線周波数 (IF 周波数 100 GHz) 動作に向けて、二重回折格子ゲート構造を導入したデバイスの試作・評価を進め、変換利得 -30 dB の達成に向けた課題の抽出を行う。並行して、300 GHz 帯ダブルミキシング測定系に 100 Gbaud 級 NRZ ASK 変調信号生成系を組み込むことでテストベッド構築を完了させ、動作確認を行う。

グラフェン FET ダブルミキサに関しては、我々が過去の実験で桁違いの THz 検出感度向上効果を発見している従来のドレイン端出力に代わるゲート端出力 (ゲートリードアウト) を ADGG-GFET に導入し、THz ダブルミキシングの高感度化に挑む。以上の結果を踏まえて、試作デバイスに対して疑似連続 THz 光源 is-TPG を用いて 500 GHz~THz 帯でのダブルミキシング測定を行い、現行素子レベルにおける変換利得・帯域特性を実験的に明らかにし、さらなる変換利得の向上へ向けた課題を明らかにする。

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

(国立大学法人東北大学)

システム化技術開発において、デバイスへの 120~300 GHz 帯局部発振信号入力の結合強度及び入出力伝送経路も変換効率に大きく影響すると予想されることから、局部発振信号結合の最適なシステム構成を検討する。局部発振信号の結合については電磁界シミュレーションを行い、電磁界結合式を主に低損失の結合方式を検討する。またシステムにおける信号結合並びに伝送路系の損失の評価を行うため、120~300 GHz 帯局部発振信号結合系のパッケージ化を行い、量産化に適した方式の評価・選定を行う。

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)

令和 4 年度に実施した試作を踏まえ、3 インチウェハプロセスで明らかとなった課題について対策を検討し解決に取り組む。その後、最終目標である 150 nm ノードでのデバイス作成および評価を実施し、200nm ノードでの結果と比較検証する。更に、エピタキシャルウェハまで含めた完全国産化を見据えた試作、及び、高周波特性まで含めたデバイス評価が効率よく可能になるよう評価系の改善も実施する。

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)

令和4年度に開発したヘテロジニアス光トランスミッターのさらなる高性能化を行う。伝送速度 100 Gbaud の性能を資する電気/光周波数応答 3 dB 帯域が 70 GHz 以上、 V_{π} 4 V 以下の強度変調器を開発する。

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)

ヘテロジニアスアストラノスミッタの多レーン化のために接合装置の高度化及び波長合分波器の低損失化、温度無依存化に向けた課題抽出を行う。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、また波長可変化に向けて最終目標達成のための課題抽出を行う。