

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 超低消費電力・大容量データ伝送を実現する革新的EOポリマー/Siハイブリッド変調技術の研究開発
- ◆受託者 国立大学法人徳島大学、国立大学法人九州大学、公立大学法人会津大学（～2023年9月）
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和5年度（3年間）
- ◆研究開発予算（契約額） 令和3年度から令和5年度までの総額367百万円（令和5年度77百万円）

2. 研究開発の目標

Beyond 5Gを支える超大容量・低遅延情報通信を実現するために、革新的な材料・デバイス開発による10Tbps級の超低消費電力トランシーバが必要。本研究開発では、革新的高性能電気光学(EO)ポリマーとシリコンのナノハイブリッド技術を融合することで超高速・低消費電力光変調技術を開発する。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1:集積小型SPH技術の研究開発

超低電力・大容量光ネットワーク Beyond5G 無線通信社会

100Gbaud ハイブリッドEO ポリマー

SiPh 90 HB

LD PD

光変調器駆動回路

光受信電流増幅回路

シリコンフォトニクス光集積回路

光変調器駆動回路

研究開発項目1-a: 高効率SPHの研究開発

SPHの実用的な小型高速トランシーバへの実装に向けて、高効率EOポリマーとシリコンフォトニクス技術を融合した小型で集積可能な光変調デバイス技術が有望。

- 本研究開発項目では、変調器—光導波路ハイブリッド化した光変調器を作製し、**動作電圧が0.6Vppの低電圧変調で100Gbaud以上の高速変調動作に成功した。**

研究開発項目1-b: 高性能半導体応用SPHの研究開発

超高速のSPHを実現するため広帯域化技術の開発が必要。

- 本研究開発項目では、シリコンに代わる化合物半導体光導波路技術を応用して、**世界で初めてInP薄膜高性能半導体とEOポリマーとのハイブリッド化に成功し、実用的な素子構造で204Gbpsの世界最高レベルの高速電気信号伝送を実証した。**

研究開発項目1-c: 100Gbaud変調解析の研究開発

チャンネル当たり240Gbit/sを超える超高速光信号生成と光伝送技術では、高精度なFFE及びDFEの信号補正技術が不可欠。

- 本研究開発項目では、OOKとPAM4信号に適用可能な**畳み込みニューラルネットワークと自己補正プログラムを開発し、240GbpsにおいてQ値20dBを実証した。**

Beyond5Gが普及する2030年には、光ファイバ網および移動（無線）通信の大容量化が加速。情報通信のシームレス化・大容量化と共に、カーボンニュートラルに向けた低消費電力化が重要。

革新的EOポリマー SiO₂

Al(S) W₂ Si W₁ Al(G) P⁺-Si P⁻-Si BOX R C R Si substrate

140Gbaud高速光変調 高性能半導体ナノハイブリッドによる204Gbps信号波形

☆10テラビット級超高速伝送技術に貢献

研究開発成果:EOポリマーとシリコン及び半導体光デバイスの融合

Beyond5Gを支える超大容量・低遅延情報通信を実現するには、10Tbps級の低消費電力トランシーバが必要となる。EOポリマーの高性能光変調技術とシリコンフォトニクス技術を融合した革新的光調変デバイス技術の開発を実施。

- 従来の無機・半導体デバイス技術では困難な、**低電圧変調動作(0.1Vcm)・100Gbaud以上の高速動作を実現し、データセンタ向けOバンド波長帯で超高速信号伝送(240Gbit/s)を実証。**
- InP薄膜高性能半導体とEOポリマーとのハイブリッド化に世界で初めて成功し、世界最高レベルの高速化と低電力化を実現。**
- 超高速光信号生成が期待できるSPHを開発し、**AIアルゴリズムを適用したFFE及びDFEによる高速信号伝送を実証。**

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

| 国内出願 | 外国出願 | 研究論文 | その他研究発表 | 標準化提案・採択 | プレスリリース 報道 | 展示会 | 受賞・表彰 |
|----------|----------|-----------|------------|-----------|---------------|----------|----------|
| 4 (1) | 1 (1) | 14 (3) | 52 (18) | 12 (7) | 2 (0) | 0 (0) | 0 (0) |

(1) 産学官連携のための研究開発運営会議を開催 ※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
 本研究開発実施者(大学)と材料・デバイス実用化を目指す社会実装協力者が一堂に会し、最新の研究成果を紹介するとともに、内外の動向分析と戦略立案を議論。特に、成果紹介は守秘義務対象とし、学会ではできない徹底した議論を推進。

- 2022年3月25日 第1回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向および社会実装に向けた信頼性等技術課題を議論
- 2022年6月14日 第2回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向および国際標準化戦略について議論
- 2022年9月30日 第3回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向、国際学会(ECOC2022)の技術動向、100Gbaud光トランシーバ開発方針を議論
- 2023年1月27日 第4回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向、データセンター向け光トランシーバの技術動向、研究開発方針を議論
- 2023年5月19日 第5回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向、国際学会(OFC2023)の技術動向、100Gbaud光トランシーバ開発方針を議論
- 2023年8月1日 第6回研究開発運営会議：OIF国際標準化動向、データセンター向け光トランシーバの技術動向、研究開発方針を議論

(2) 国際標準化のための研究開発運営会議を開催
 デバイス技術の国際標準化に関連してOIFの最新の動向調査結果を議論するとともに、今後の国際標準化に対応するための戦略立案を議論。本研究開発技術内容の位置づけを確認するとともに、今後の予測される技術動向についても議論した。

研究開発会議はリエゾンアシスタントの谷教授、外部有識者、社会実装協力者に加えて、フォトニックネットワーク事業者に参加頂き、社会実装の加速および光トランシーバとしての国際標準化を推進した。また、OIFを中心とした国際標準化活動を継続し、標準化採択を検討した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

SPHの製品化に向けた展開は、標準化に沿った形で段階的に開発を進める必要がある。最終的なSPHを実装した製品は、シリコンフォトニクス光集積回路を搭載した集積光トランシーバである。2024年頃にまず、5G市場でEOポリマー技術の波及効果を得るため、1Tb/s級動作をさせるため電気回路を含めた総合的な高周波設計、SPHを適切に動作させるための制御回路の搭載などを実施する。詳細設計、試作、特性評価を行うとともに、変調器部分以外も含めた送受信器としての信頼性評価や、量産性、製造性改善などを実施する。実用化に向けた実装の目安としては400G-800G向けに業界標準化団体であるOIF(Optical Internet-working Forum)で議論されているIC-TROSA(Integrated Coherent Transmit-Receive Optical Sub Assembly)サイズの30x15x6.5mmを考え、1Tb/s動作可能なQSFP級の小型光トランシーバへの搭載技術を開発する。製品実用化を進める社会実装者は、SPHを実装した小型光トランシーバのため電源回路やデジタル信号処理回路の高密度実装技術開発、光集積回路とデジタル信号処理回路間の高周波実装技術および信号処理回路のイコライザを用いた特性補償技術開発、またトランシーバ全体の制御回路や制御ファームウェアの開発を行う。試作による実機確認を行うとともに、顧客へのサンプル提供や評価フィードバックをもとに最終仕様を確定する。

さらに、本課題の超高速・低消費電力の光変調技術は、実用的な光トランシーバ技術へ応用することで、B5Gで必要な「超高速・大容量化を実現する技術」および「超低消費電力を実現する技術」を実現する。超高速・大容量データ伝送のコアとなる光変調技術について、10テラビット級の光トランシーバを実現し、将来的にマルチコアファイバを用いた空間光多重光伝送技術と組み合わせることにより、100テラビット級の超高速伝送技術を開発し、電磁波のさらなる有効利用に貢献する。