

## 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
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和6年度(4年間)
- ◆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290百万円(令和4年度213百万円)

## 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

90 HB

90 HB

SPH

LD PD

シリコンフォトニクス光集積回路

光変調器駆動回路

光受信電流増幅回路

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0.2Vcm以下の低電圧変調および100Gbaud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、252Gbps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100Gbaud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、高速動作のSPHに適用した。

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。

100Gbaud高速光変調 高性能半導体ナノハイブリッドによる252Gbps信号波形

革新的EOポリマー SiO<sub>2</sub>

Al(S) W<sub>2</sub> W<sub>1</sub> Al(G)

P-Si Si Si P-Si

BOX R C R

Si substrate

☆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電調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(0.2Vcm)・100Gbaud高速動作を実現し、データセンタ向けOバンド波長帯で世界最高性能(0.35Vcm)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
3 (2)	0 (0)	11 (7)	34 (26)	4 (3)	2 (2)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1)産学官連携のための研究開発運営会議を開催

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

(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。

今後、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する。また、OIFを中心とした国際標準化活動を継続し、標準化採択を実現する。

5. 今後の研究開発計画

Beyond 5Gにおける高速・大容量通信に向けて、SPH技術でチャンネル当たり100Gbaud以上の高速光信号伝送を実現し、高効率なEOポリマーとSiハイブリッド技術によって、高速光トランシーバの低消費電力化に貢献する。将来的に、多並列化した大容量データ伝送技術を活用し、100テラビット級の超高速伝送技術の開発につなげることが目標となる。

研究開発するSPHが持つデバイス性能の最終目標は、以下の通りである。

- 動作波長 : C帯およびO帯
- シンボルレート : 100Gbaud
- 損失 : 1dB以下
- 動作電圧 : 1Vpp台
- 信号精度 : 誤り率 $10^{-5}$ 未満

目標の達成と社会実装協力企業による実用化への移行に向けて、「高効率SPHの研究開発」では、材料とデバイスの両側面からSPHの高速化を進める。特にRF動作特性の向上は重要である。このため「高性能半導体応用SPHの研究開発」を進め、Siでは原理的に困難なデバイス特性の制限を解決し、SPHに應用する。100Gbaudを超える高速変調では、FFE及びDFEの信号補正技術の活用は必須である。「100Gbaud変調解析の研究開発」では、大容量の信号処理に対応するイコライザ機能を活用して、高精度な高速信号伝送を実証する。