

令和 3 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 03601
研究開発課題名 空間並列チャンネル伝送に向けた垂直入射型ナノハイブリッド光変調器・受信器の研究開発
副 題

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、最先端のナノハイブリッド基盤技術を活用することで、2次元アレイ化が可能な垂直入射型の光変調器とコヒーレント受信器の実現を目指す。有機/無機、誘電体/金属を融合したナノフォトニック構造を駆使することで、垂直入射型にも関わらず十分な効率を達成し、高密度集積化を図る。これにより、これまで長距離メトロ・コア網を主としてきた大容量空間多重光送受信器の小型化、低コスト化、低消費電力化を推し進め、Beyond 5G の光アクセス網において大量に必要となるテラビット級光トランシーバを実現するための基盤技術を確立することを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人東京大学<代表研究者>
浜松ホトニクス株式会社
株式会社 KDDI 総合研究所
国立大学法人静岡大学

(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 129 百万円 (令和 3 年度 49 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 ナノハイブリッド光送受信素子開発

- 1-a) 垂直入射型光変調器・受信器の開発 (国立大学法人東京大学)
- 1-b) プラズモニック偏光フィルタ技術の開発 (国立大学法人静岡大学)
- 1-c) 大面積・高集積化技術の開発 (浜松ホトニクス株式会社)

研究開発項目 2 空間並列コヒーレント伝送システム実証

- 2-a) 垂直入射型コヒーレント受信器実証 (国立大学法人東京大学)
- 2-b) 空間並列コヒーレント伝送システム実証 (株式会社 KDDI 総合研究所)

(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	0	0
	その他研究発表	2	2
	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	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：ナノハイブリッド光送受信素子開発

1-a) 垂直入射型光変調器・受信器の開発 (国立大学法人東京大学)

垂直入射型変調器の設計を行い、周期構造の最適化により 100 以上の Q 値が 1300~1600nm の広い波長域で達成できることを実証した。また、高速変調を行うための電極構造の設計を完成させた。受信器に関しては、まず、金属ナノワイヤグリッド偏光子の最適設計を行い、1dB 以下の受信感度ペナルティに相当する 80%以上の偏波間透過率差が 1500~1600nm において達成できることを確認した。また、原理検証用素子の設計・試作を完成し、評価を開始した。

1-b) プラズモニック偏光フィルタ技術の開発 (国立大学法人静岡大学)

近赤外光センサの高速化・高感度化のため、金回折格子構造 on InP 系での近赤外光領域における表面プラズモン共鳴励起について解析した。解析手法として有限差分時間領域法を適用した。解析モデルを組み、金回折格子の周期依存性を調べた。構造周期が 1450nm のとき、波長 1.55 μ m に表面プラズモン共鳴由来の反射ディップが得られることを明らかにした。また、近赤外分光感度特性計測評価に向けて近赤外光照射光学系を一部構築した。

1-c) 大面積・高集積化技術の開発 (浜松ホトニクス株式会社)

ナノインプリント手法によるサブ波長グレーティング形成のため、マスターモールドの作製、樹脂レジストの選定、圧力・温度・UV 照射等のナノインプリント条件を最適化することで、所望サイズの樹脂レジスト転写を実現した。また、垂直入射型光変調器用 SOQ 基板に、Si サブ波長グレーティング構造を形成するエッチング条件出しを進めた。加えて、EO ポリマーの最適なポーリング条件を見出すための環境を構築した。

研究開発項目 2 空間並列コヒーレント伝送システム実証

2-a) 垂直入射型コヒーレント受信器実証 (国立大学法人東京大学)

垂直入射型受信器を用いた高速コヒーレントシステムの検証を行うための実験評価系を整備した。信号光と局所光を偏波ビームスプリッタにより多重し、1/4 波長板により両直交偏波状態に変換した後に素子に垂直に入射する光学系を構築した。さらに、4 つの受光素子から高速な光電流信号を取り出すための RF プロブと、それを固定するための治具を用意した。また、高速システム実験に向けて必要となる測定装置の選定を進めた。

2-b) 空間並列コヒーレント伝送システム実証 (株式会社 KDDI 総合研究所)

マルチコアファイバを用いた空間並列化の手法の検討の具体化を行うべく、標準外径マルチコアファイバに接続可能な、受信器構成についての検討を行った。具体的には、クラッド外径 125 μ m、コア数 4、コア間隔 40 μ m として、これに適合する受信器構成の検討を行った。また、単一チャネル 25Gbps 以上の QPSK 信号受信のための実験系立ち上げ及び、物品手配を完了させた。さらに低消費電力 DSP の実現に向けた、注入同期を利用したコア間同期型のコヒーレント受信システムについての検討も行った。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 1：ナノハイブリッド光送受信素子開発

1-a) 垂直入射型光変調器・受信器の開発 (国立大学法人東京大学)

変調器に関しては、前年度からの数値解析を継続し、帯域 20GHz 以上の垂直入射型強度、及び、位相変調器の実現可能性を実証する。さらに、電気光学ポリマーの充填プロセス、ポーリング条件の最適化等を行い、基盤プロセス技術を確立する。受信器に関しては、前年度に試作した金属ナノワイヤグリッド偏光子を用いた垂直入射型ホモダイン受信器の評価を進め、IQ 信号が抽出できることを実証する。

1-b) プラズモニック偏光フィルタ技術の開発 (国立大学法人静岡大学)

前年度の解析結果を基に、金回折格子の構造周期 1450nm を基準として回折格子のデューティ比、および厚さについて、近赤外波長 1.55 μ m に対する感度が最大となる構造パラメータを探索する。シミュレーションにより最適化した金回折格子構造を電子線リソグラフィのリフトオフプロセスにより試作する。並行して、近赤外分光感度特性評価のための近赤外光照射光学系を構築する。

1-c) 大面積・高集積化技術の開発 (浜松ホトニクス株式会社)

前年度の成果に基づいてナノインプリント法により垂直入射型光変調器用 SOQ 基板上に、所望サイズのサブ波長グレーティングパターンが転写可能なことを確認する。また、Si エッチング条件の最適化を進めることで、垂直性の高いサブ波長グレーティングを形成する。同時に、グレーティング溝部への EO ポリマーの良好な埋め込みを実現する。最終的に上記のデバイス作製技術を用いて垂直入射型光変調器を作製する。

研究開発項目 2 空間並列コヒーレント伝送システム実証

2-a) 垂直入射型コヒーレント受信器実証 (国立大学法人東京大学)

前年度に立ち上げた実験系を使用し、原理検証用に試作した垂直入射型コヒーレント受信器の高速システム実験を行う。本方式の有効性を検証するために、まずは、単一偏波、単一チャネルを用い、10GBd 以上のコヒーレント信号が受信できることを実証する。これにより、垂直入射型の高速コヒーレント受信器を実証する。

2-b) 空間並列コヒーレント伝送システム実証 (株式会社 KDDI 総合研究所)

研究開発項目 1-a) で開発した素子を用いて、空間並列伝送を行うための検証を開始し、単一偏波、単一チャネルあたり 25Gbps 以上の QPSK 信号が受信できることを確認する。さらに波長依存性を計測し、本素子を用いた 4 波長以上 WDM システムへの、スケーラビリティを確認する。また回路規模削減・低消費電力化のための新規信号処理技術に関する基礎検討を行う。