

調査報告書 2022年10月発行

シリコンフォトニクス技術と応用の動向 2022

企画・調査・編集

株式会社ふじわらロスタイルドリミテッド

〒101-0031

東京都千代田区東神田 2-8-1 TSR 第2ビル

Tel: 03-5821-3993 Fax: 03-5821-4030

E-mail: info@fujiroth.com

Website: <http://www.fujiroth.com/>

目次

目次

1. エグゼクティブサマリ	1
2. シリコンフォトニクス概要	2
2.1. シリコンフォトニクスとは	2
2.1.1. シリコンフォトニクスプラットフォームの開発 ^[1]	2
2.1.2. シリコンフォトニクスファウンドリのサービス ^[1]	4
2.2. シリコンフォトニクスの論文発表推移	5
2.3. シリコンフォトニクスの応用 ^[3]	6
2.3.1. センシング応用	6
2.4. 光信号伝送の例	8
2.5. Reference	13
3. 日米欧のシリコンフォトニクス研究開発プロジェクト	15
3.1. 日米欧のシリコンフォトニクス研究開発プロジェクト概要	15
3.2. 日本の開発プロジェクト	17
3.2.1. PETRA プロジェクト 実施体制	17
3.2.2. PETRA プロジェクトの進展と成果	19
3.2.3. PETRA 関連特許	23
3.2.3.1. PETRA 出願特許-1	23
3.2.3.2. PETRA 出願特許-2	28
3.2.3.3. PETRA 出願特許-3	33
3.3. PETRA 関連の量子ドットレーザ	39
3.3.1. QD レーザ概要	39
3.3.2. QD レーザ関連特許	40
3.4. 米国の開発状況	48
3.4.1. PIPES Project	48
3.4.2. 主要特許	49
3.4.2.1. AYAR LAB s の出願特許	49
3.4.2.1.1. AYAR LAB s の出願特許-1	49
3.4.2.1.2. AYAR Labs 特許 2	50
3.4.2.1.3. AYAR Labs 特許 3	52
3.4.2.1.4. AYAR Labs 特許 4	54
3.4.2.2. Intel の主要特許	55
3.4.2.2.1. Intel 特許 -1	55
3.4.2.2.2. Intel 特許-2	56
3.4.2.2.3. Intel 特許-3	57
3.4.2.2.4. Intel 特許-4	58
3.4.2.2.5. Intel 特許-5	59
3.4.2.3. Cisco の主要特許	60
3.4.2.3.1. Cisco 特許-1	60
3.4.2.3.2. Cisco 特許-2	61
3.4.2.3.3. Cisco 特許-3	62
3.4.2.3.4. Cisco 特許-4	63
3.5. 欧州の主要特許	65
3.5.1. 欧州の開発動向	65
3.5.2. 欧州主要特許	66
3.5.2.1. IMEC 特許	66
3.5.2.1.1. IMEC 特許-1	66

3.5.2.1.2.	IMEC 特許-2	68
3.5.2.1.3.	IMEC 特許-3	69
4.	広帯域伝送への挑戦	70
4.1.	シリコンフォトニクスチップの世代進化	70
4.2.	主要各社の開発動向	72
4.2.1.	Ayar Labs 次世代シリコンフォトニクスチップセット	72
4.2.2.	UCIe (Universal Chiplet Interconnect Express)	74
4.2.3.	Intel シリコンフォトニクスモジュール	76
5.	Optical Computer、AI Computer	78
5.1.	Computer 進化の全体像	78
5.2.	光コンピュータ開発関連企業、研究機関、大学等	80
5.3.	Electronics-Photonics Hybrid Computer	81
5.3.1.	Optalysys	81
5.3.2.	LIGHTMATTER	82
5.3.3.	Qpisemi AI 2.0 プロセッサ	84
6.	オールフォトニックネットワーク、CPU、FPGA、LiDAR への挑戦	85
6.1.	NTT IOWN 構想 ^[1]	85
6.1.1.	大容量光伝送システム・デバイス技術	85
6.1.2.	光電融合技術	85
6.1.3.	光イジングマシン LASOLV®	86
6.2.	論理素子による CPU、FPGA への挑戦	87
6.2.1.	ψ (プサイ) ゲート論理素子	87
6.2.2.	"ePIXfab" ^[2] による共同研究施設での研究成果	88
6.3.	LiDAR への挑戦	90
6.3.1.	シリコンフォトニクスによる Lidar システム概要	90
6.3.2.	Aeva 4D Lidar ^[3]	90
6.4.	Reference	91
7.	生体センサへの応用	92
7.1.	シリコンフォトニクスの生体センサ応用に於けるメリット	92
7.2.	赤外光ガイド波ナノフォトニックセンサ・デバイスの進展 ^[1]	93
7.3.	赤外ガイド波ナノフォトニック生化学センシングの基礎	94
7.3.1.	PIC ベースのセンサ	95
7.3.1.1.	PIC ベースセンサの動作原理	95
7.3.1.2.	代表的な PIC ベースの光学センサ	96
7.3.1.3.	MZI 干渉計 ^[2]	96
7.3.1.4.	リング共振器トランスデューサ ^[2]	97
7.3.1.5.	Photonic Crystal-Based Sensors (PhC) ^[2]	98
7.3.1.6.	完全なモノリシックフォトチップ ^[2]	99
7.3.2.	シリコンフォトニクススマートセンサの例	99
7.3.2.1.	Rockley Photonics	99
7.3.2.2.	IMEC	101
7.3.3.	Reference	102
8.	その他応用 ^[1]	103
8.1.	Gyroscope	103
8.2.	5G 高速通信技術	103
8.2.1.	Reference	104
9.	市場規模の予測	105
9.1.	市場予測の範囲と概要	105
9.1.1.	データセンタ/通信向けトランシーバ等	106

9.1.2.	バイオセンサ	107
9.1.3.	HPC	108
9.1.4.	LiDAR.....	108
9.1.5.	その他.....	109

図の目次

図 1	フォトニック集積回路プラットフォームの代表的なライブラリ構成要素：生成、配線、処理、検出、変調 ^[1]	2
図 2	オープンアクセスで製造サービスを提供するシリコンフォトニクスファウンダリ ^[1]	3
図 3	AMF の標準的な MPW フローの断面図 ^[1]	4
図 4	UCSB: “Silicon Photonics Integrated Circuits”講演資料 Page3.....	5
図 5	シリコンフォトニクス Photonics Applications	6
図 6	銅と光配線の信号帯域と伝送距離：台湾 TSMC 社講演資料より.....	8
図 7	理化学研究所“富岳”のシステム構成.....	9
図 8	CMOS-Logic 回路線幅の動向：IMEC VZW 社講演資料	11
図 9	日米欧のシリコンフォトニクス開発プロジェクト	15
図 10	PETRA プロジェクトの研究体制：第三期(2022 年 4 月以降)	17
図 11	PETRA：光配線の進展と本プロジェクトの成果	19
図 12	PETRA：光 I/O コアの開発	20
図 13	PETRA：デバイス技術の最終成果	21
図 14	PETRA プロジェクト第 2 期の最終成果	22
図 15	PETRA 特許 1：特許 6420585 号 シリコンフォトニクス変調器の電極構造	23
図 16	PETRA の特許－1：特許 6420585 号の解説図（1）	25
図 17	PETRA の特許－1：特許 6420585 号の解説図（2）	26
図 18	PETRA の特許（2）：特許 6696735 号.....	28
図 19	PETRA の出願特許－2：解説図（1）	31
図 20	PETRA の出願特許－2：解説図（2）	32
図 21	PETRA の出願特許－3：集積レーザ光源、及びこれを用いた光トランシーバ.....	33
図 22	PETRA 出願特許-3 解説図（1）	37
図 23	PETRA 出願特許－3：解説図（2）	38
図 24	QD レーザのコアテクノロジー（同社決算資料より引用）	39
図 25	QD レーザの競合優位性説明資料	39
図 26	量子ドットレーザ特許（1）：NEC 特許 3246444.....	40

図 27	量子ドットレーザ：特許（1） 図 1	43
図 28	量子ドットレーザ特許（1）：図 4, 図 8	44
図 29	富士通・NEC 共同出願のシリコンフォトニクス特許	45
図 30	量子ドットレーザ解説図（2） 富士通・NEC 共同出願特許	47
図 31	AYAR Labs 特許 1	49
図 32	AYAR LABS.特許-(2)	50
図 33	AYAR LABS. 特許-(3)	52
図 34	Ayar Lab 特許-(4)	54
図 35	Intel 特許-(1)	55
図 36	Intel 特許-(2)	56
図 37	Intel 特許-(3)	57
図 38	Intel 特許-(4)	58
図 39	Intel 特許-(5)	59
図 40	Cisco 特許-(1)	60
図 41	Cisco 特許-(2)	61
図 42	Cisco 特許-(3)	62
図 43	Cisco 特許-(4)	63
図 44	Overview of 49 candidate European Partnerships	65
図 45	Photonics21 Work Groups	66
図 46	IMEC VZW 特許-(1)	67
図 47	IMEC VZW 特許- (2)	68
図 48	IMEC VZW 特許-(3)	69
図 49	Number of Components/PIC	70
図 50	シリコンフォトニクスチップの世代進化	71
図 51	Ayar Labs による TeraPHY Optical chipset 接続例	72
図 52	Ayar Labs: TeraPHY™ による波長多重化伝送イメージ	72
図 53	光源と光 I/O チップレットを切り離す TeraPHY	73
図 54	UCIe™ によるチップレット間接続規格	74
図 55	Ayar Labs: TeraPHY, SuperNova の接続イメージ	75
図 56	Intel の 8 波長発信レーザモジュール	76
図 57	Ethernet Switch Evolution	77
図 58	光コンピュータ実現への道のりと展望 1	79
図 59	光コンピュータ実現への道のりと展望 2	79
図 60	NEDO による AI ハードウェア市場の分析	80

図 61	光コンピュータ関連 協力・アライアンス	80
図 62	OPTALYSYS ETILE	82
図 63	Lightmatter Enviser & Passage	83
図 64	Lightmatter: Matrix processing with nanophotonics.....	83
図 65	Qpisemi AI 2.0 プロセッサ	84
図 66	NTT IOWN 構想.....	86
図 67	NTT による光導波路による AND 演算素子	87
図 68	ePIXfab による現状のシリコンフォトニクスプラットフォーム.....	88
図 69	ePIXfab のテーマ別構成企業一覧	89
図 70	Aeva 4D LiDAR	91
図 71	電気化学・QCM・フォトニクス方式のメリットデメリット.....	92
図 72	代表的なオンチップ導波ナノフォトニックセンシングシステム.....	93
図 73	ナノフォトニック生化学センサ	94
図 74	一般的な PIC ベースセンサ	96
図 75	Interferometric PI sensors.....	97
図 76	リング共振器センサの概略図	97
図 77	2D-PhC 導波路	98
図 78	Rockley Patent.....	100
図 79	Rockley による非侵襲型血糖値センサ	101
図 80	IMEC : US11298057 での血液成分分析の詳細	102
図 81	2030 年シリコンフォトニクス市場予測.....	105
図 82	シリコンフォトニクストランシーバ市場シェア推移.....	106

表の目次

表 1	インテルの歴代 CPU 回路線幅	10
表 2	フォトダイオード材料の感度波長帯域.....	12
表 3	CISCO 特許 US10456161B1 の空気シリンダ実効屈折率.....	63
表 4	Ayar Labs: TeraPHY™ によるデータレートと帯域	73

1. エグゼクティブサマリ

シリコンフォトニクスは、2030年の市場が13億ドルになると見積もられ、商業化の成長が期待される。現在はデータセンタを中心に使われ始めている、シリコンフォトニクスによる光電変換チップは、より処理能力が高く低消費電力のデータ転送への扉を開くことになる。シリコンフォトニクスは、世界中で増え続ける帯域幅のニーズに対応することが期待されている。

更に、シリコンフォトニクスは、過去10年間の技術の急速な進歩により、様々な機能的光学部品を製造するための最も現実的な技術プラットフォームの一つとして浮上してきた。

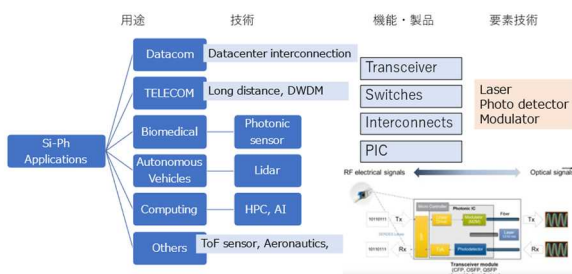
シリコンフォトニクスは、シリコン半導体デバイスの製造に費やされた研究成果を活用し、高い歩留まりと堅牢な加工、そして何より低コストを実現している。また、シリコンは光学材料としても優れており、商業的に重要な赤外波長帯で透明度が高く、大規模なフォトニック集積回路(PIC)のプラットフォームとして適している。

シリコンフォトニクスは、データ通信やテレコムだけではなく、光検出と測距(LIDAR)、ジャイロスコープ、バイオセンサ、HPC(High performance Computing)、分光計などのセンサだけでなく、さまざまなアプリケーションを支援する。例えば、ウェアラブルデバイスに於ける多波長非侵襲グルコース計測などに応用され、数年内にも実用化の可能性が指摘されている。

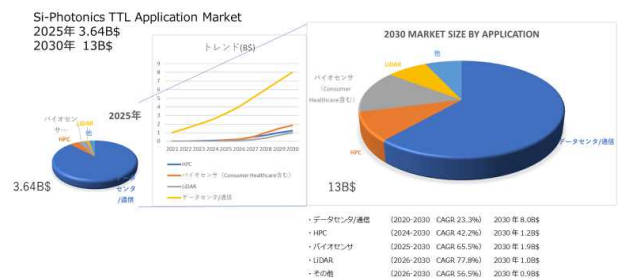
本書では、シリコンフォトニクスの様々なアプリケーションにおけるシリコンフォトニクスの実用化に向けた主な開発動向を、具体的な例を挙げて示している。データセンタにおけるトランシーバに関しては主な特許を挙げて進捗状況を説明している。また、その他のアプリケーションに関しては、主なシリコンフォトニクスの要素技術の解説と主要企業の動向を示した。

大規模な実用化は2030年より先になると思われるアプリケーションもあるが、様々な応用が広がるシリコンフォトニクスの実用化のための検討は遅れないようにしなければならない。そのための全体像の把握に役立つように編集している。

Si-Photonics Applications



Si-Photonics Forecast by Application





シリコンフォトニクス技術と応用の動向 2022

111 ページ

無断禁転載

株式会社ふじわらロスチャイルドリミテッド

2022年10月28日発行

価格 電子ファイルのみ ¥500,000 ハードコピー及び電子ファイル ¥550,000