

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 : 高度自動運転に向けた大容量車載光ネットワーク基盤技術の研究開発
- ◆副題 : 多機能光集積回路を利用した高信頼大容量車載光ネットワークの研究開発
- ◆受託者 : 学校法人慶應義塾、古河電気工業(株)、(株)メガチップス、国立大学法人東京大学、国立大学法人大阪大学
- ◆研究開発期間 令和2年度～令和5年度 (4年間)
- ◆研究開発予算 (契約額) 令和2年度から令和5年度までの総額640百万円 (令和5年度160百万円)

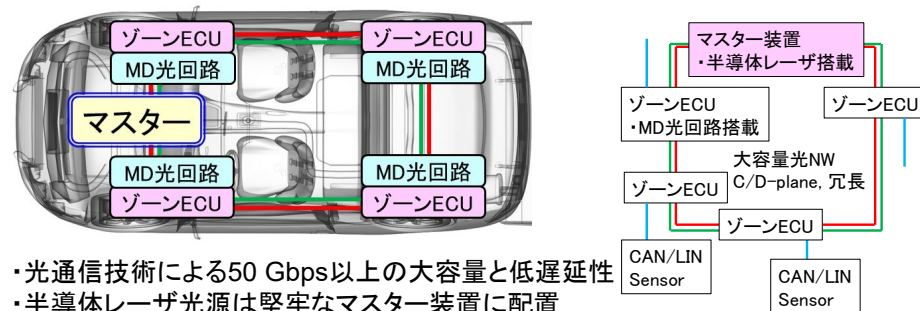
2. 研究開発の目標

・50 Gbps以上の伝送容量を有し、100 Gbps以上の容量に拡張可能な車載光ネットワークを実現する。シリコンフォトニクスプラットフォームに新規の構造を導入し、低損失かつ高速変調可能な車載用光回路を実現する。また、ゾーン分割型で冗長性を有し、装置間の伝送容量を可変とする。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1: 車載光通信装置の開発

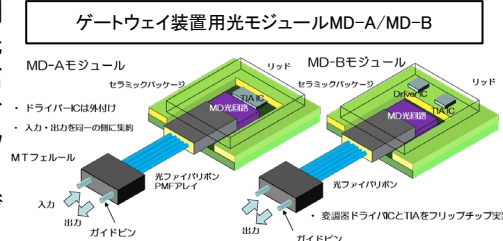
プロジェクト名: SiPhON (Silicon Photonics-based in-vehicle Optical Network)



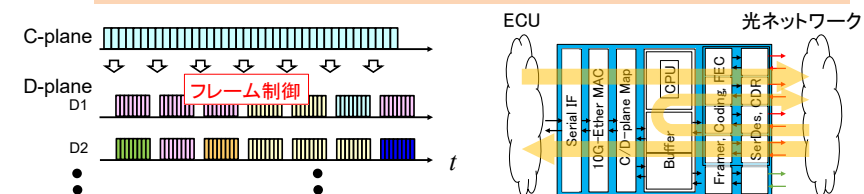
- ・光通信技術による50 Gbps以上の大容量と低遅延性
- ・半導体レーザ光源は堅牢なマスター装置に配置
- ・経路冗長構成による高信頼設計
- ・シリコンフォトニクス技術による集積化、低消費電力化、低コスト化

研究開発項目1: 車載光通信装置の開発

- ・マスターシリコン光回路について、低損失なリング構成でバックアップ切り替え可能な回路を試作した。MD光回路は、厚膜シリコンフォトニクス上に実装できる高速光変調器を提案し、素子の試作と20Gbps変調動作実証に成功した。
- ・マスター装置用シリフト変調器光モジュールを開発し、25Gbps以上の動作を達成した。
- ・ゲートウェイ装置用光モジュール2種を開発し、MD-A(変調器・光受信器集積MD光回路とTIA ICを実装)で14Gbpsでの送受信動作を確認した。MD-Bはバイアスティ付きドライバIC、TIA ICをパッケージにフリップチップ実装し、小型化を実証した。
- ・マスター、ゲートウェイ装置(MD-A)間で10Gbpsエラーフリー伝送を達成した。
- ・安定したSiPhON通信に必要な電気物理層信号処理(装置間同期、Listen/Talk/Thru切替制御、誤り訂正等)の全てをFPGAに実装した通信検証機を開発。MD光回路と接続して、SiPhON光通信を実証した。



研究開発項目2: 車載光ネットワーク通信方式の開発



- ・フレームスイッチングによる帯域可変、省電力伝送
- ・Ethernetに準じたインタフェースによる後方互換性確保と低コスト化

研究開発項目2: 車載光ネットワーク通信方式の開発

- ・SiPhON車載基幹NWとECU側のEthernet NWとを繋ぐブリッジ機構の信号処理方式を確立。これをFPGAに実装し、Ethernet-SiPhON間通信を実機実証した。
- ・車載光ネットワークのシステム故障率を導出し、100Gbpsの容量においてMTTFが50年以上となることを示した。
- ・自動運転レベル4以上のセントラル&ゾーンアーキテクチャの車両を想定し、SiPhON高速光ネットワークを適用した車載情報処理のモデルを提案した。民生Ethernet上で10GigE 4KカメラやCAN-Ethernet ゲートウェイ下のセンサ類のデータの伝送を検証した。

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
8 (2)	3 (0)	1 (1)	45 (14)	0 (0)	0 (0)	6 (1)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- ・2022 URSI-Japan Radio Science Meeting、光産業技術振興協会 フォトニックデバイス・応用技術研究会において招待講演を行った。電子情報通信学会コミュニケーションシステム研究会において特別招待講演を行った。
- ・マスター光回路に関して、2件の特許（1件PCT）出願をして、各国移行を進めている。
- ・厚膜シリコンフォトニクス偏波分離器に関して、海外展開を想定し国内出願に加えてPCT出願を行った。厚膜シリコンフォトニクス高速変調器に関して、トップカンファレンスであるECOCにおいて口頭発表を行った。
- ・マスタ装置、スレーブ装置で構成される時分割通信の光通信ネットワークに関連して、外国出願を2024年2月に行った。
- ・人とクルマのテクノロジー展には、2022年と2023年に出席し、車体メーカーや電装メーカーだけでなく幅広くSiPhON技術を広報した。また、光通信関連の会議においても出席した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

（計画）

本研究の成果では、光変調器の多段の直列接続により高速通信が可能であることが実証できた。実用化に向けては変調器の損失低減、温度特性改善が必要であると認識し、改良研究を継続する。また、標準化に向けては、システム方式と光部品の両面での活動を検討する。製品化については、車載光通信が50Gbps以上の帯域を必要とする2035年ころを目標に、2030年でのサンプル提供を目指す。光ファイバと電源線の複合光ハーネスに関する知財はEMCの点で光の特長を活かす最適事例であり、権利化してグローバルな事業展開に活用する。

シリコンフォトニクスのファイバ接続に関する特許は、年内に各国移行を終えて、関連企業との協業を検討する。厚膜シリコンフォトニクスに集積可能な高速光変調器と偏波分離器については、ファウンダリ（VTT）と協力しながら、実用化に向けた開発を進めている。素子の試作と評価を繰り返すことで性能向上を図り、PDKに組み込まれるように開発を進める。データセンター用の低コスト光トランシーバやセンシングなど、幅広い用途が期待される。

本研究開発で検討した高速通信用途の電気信号処理技術を広く通信全般のASIC製品へ適用することを検討し、当該分野での製品競争力強化を狙う。

国内外の車両メーカーでもSiPhONの机上評価が可能となるように、作成したシミュレーターを公開している。現状は動作手順をすべて記載しているが、解説の追加、方式の改良などを反映させ、国内外に展開していく。

(展望)

自動車業界では交通事故の低減、人手不足の解消等を実現する自動運転車の実用化を目指している。想定される自動運転レベル4とレベル5車両の合計の販売台数は、2030年に1530万台さらに2035年では4200万台と予測されている。その時期の車載通信アーキテクチャはセントラル&ゾーンに移行し、高速な光通信が利用されると考える。

車載光通信の標準化は、2023年にIEEE 802.3cz石英マルチモード光ファイバによる25-50Gbpsの伝送で規格発行されており、また、ISOでは石英マルチモード光ファイバ、光コネクタに関する規格(ISO24581)が2024年に発行される予定である。国内OEM各社では車載光通信への関心が高まりつつあり、Jasparを中心に調査、検討が始まったところである。実車両では、2024年現在では100~1000Mbpsの電気伝送の車載Ethernet(100BASE-T1,1000BASE-T1)が一部の先進的な車両に適用され始めたところであり、2030年では10Gb/s程度の規格が適用される可能性がある。電気伝送では高速化に伴うEMCの課題がクローズアップされつつあり、光通信適用によるEMC性能の向上への期待が高まってくると考えられる。

本研究開発で車載基幹通信ネットワーク向けに検討した電気信号処理技術を車載以外の通信用途に適用先を広げ、社会実装を進めていく。

本研究開発では、大学院の学生、ポスドクが研究員として述べ11名参画した。既に修了した学生もいるが、情報通信分野での今後の活躍が期待される。