

ポリマー光変調器の高効率化に成功し世界最高速の光データ伝送を更新 -データセンターの大規模化に向けた光送信技術の応用に期待-

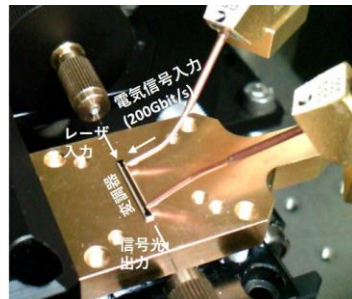
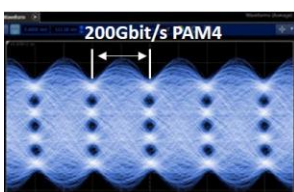
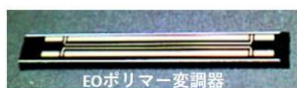
九州大学先端物質化学研究所の横山士吉教授と呂國偉博士らの研究グループは、電気光学ポリマー^{注1}を用いた超高速光変調器^{注2}を開発し、毎秒 200 ギガビットの世界最高速の光データ伝送に成功しました。同グループは、これまでも毎秒 100 ギガビットの高速光変調の検討を進めてきましたが、今回の研究成果では、さらに 2 倍の高速性を実現することができました。また、日産化学株式会社と共同で実用化に向けた電気光学ポリマーの開発にも取り組み、100℃以上の高温環境下でも安定に動作するデバイス信頼性を確認することもできました。

近年の情報通信量の急激な増加に対応するため、最先端のデータセンター技術ではハードウェアの高性能・小型化が望まれています。一方、通信に関わる消費電力は大幅に増加する傾向にあり、省エネルギー化も強く求められています。ポリマーを応用した光変調器は、従来の無機・半導体系光変調器に比べて高速性や消費電力などの点で優れており、世界的なデバイス開発競争の中でも期待が集まっています。

本研究グループは、科学技術振興機構（JST）戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）のもと、国際産学連携による高効率ポリマー光変調器の研究開発を進め、連携先のドイツチーム（カールスルーエ工科大学、ファンガード オートメーション有限会社）とシリコン光技術を融合したシリコン・ポリマーハイブリッド光変調器の開発を進めています。今回の日本チームによる研究成果では、光信号伝送のデータレートが毎秒 200 ギガビットの世界最高速に到達し、信頼性試験で 100℃以上の高温時にもエラー信号が発生しないことも確認され、ポリマー光変調器の高速化と信頼性を大幅に高めることに成功しました。このような超高速光変調器の応用は、データセンターへの応用など光ネットワークの最先端技術の発展につながることで期待できます。

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）「オプティクス・フォトニクス」（P0 谷田貝豊彦）における研究課題「高性能電気光学ポリマーを使った高効率シリコン光デバイス（JPMJSC1807）」の一環として実施されました。

本成果は、令和 2 年 8 月 24 日（月）（日本時間）に Nature Communications に掲載されます。



図

電気光学ポリマーを使った超高速光変調器。ポリマー光変調器に入力したレーザー光は、高速の電気信号によって変調され、超高速光信号が伝送されます。本成果では、1 秒間に 200 ギガビット PAM-4^{注3} 光信号を発生させることに成功しました。



写真:横山 教授

研究者からひとこと：

ポリマー光変調器の実用化技術はテラビット級イーサネットの実現に向けて産業界からも注目されています。今回は、ポリマー光変調器による超高速光データ伝送の実証と信頼性の向上にもつながる成果を得ることができました。データセンターへの応用の他、自動運転、IoT、人工知能など多様な情報処理技術に活用可能なポリマー光通信デバイスの研究を進めていきます。

【ポイント】

- イーサネットの情報トラフィックの増加が進む一方で、通信技術を支えるハードウェアの低消費電力化が強く望まれている。
- 光変調器は光データ伝送のキーデバイスであり、高速化と低消費電力化が可能なポリマー変調器の実用化に期待が集まっている。
- 信頼性の高いポリマー変調器を実現するため材料開発を進め、超高速光データ伝送と安定動作に成功。
- 省エネルギーや低コスト化が望まれる通信デバイス分野での利用が期待される。

■背景

イーサネット光伝送規格^{注4}の総伝送速度は年々増加の傾向にあり、ロードマップでは 2025 年までに 800 ギガビットイーサネット^{注5}から 1.6 テラビットイーサネットのリンクスピードの到達が示されています。この増加予想は、現在実用化が進む 400GbE のさらに数倍以上に匹敵します。世界的に通信トラフィックの増加が進む中で、効率的な情報処理が可能なデータセンターの役割はますます重要になり、その大規模化も進んでいます。データセンターではデータ処理能力の強化が重要となりますが、同時にハードウェアの高密度化に伴い機器の消費電力や空調管理に関わる電力の急増は大きな問題となっています。今後、ますます厳しくなる電力管理に対して、超高速、低消費電力、および低コストを兼ね備えた光通信技術を創成するためには、既存技術の延長のみならず革新材料を使った新デバイスの開発と実用化の推進が重要となります。

近年、先端的な光通信デバイスの研究開発の中で、ポリマーを応用した光デバイス技術への期待が国際的に高まっています。光変調器の開発では電気光学ポリマーの高い電気光学変換効率と周波数応答性に着眼したデバイス研究も進み、優れた研究成果が世界のいくつかの研究グループから報告されてきました。本研究グループもこれまで解決が困難とされてきたデバイス信頼性に関して、耐久性や信頼性に優れた材料開発や光変調器の高性能化の研究を進めてきました。

■内容

今回開発したポリマー光変調器は、高い熱安定性を持っており、110°Cの高温環境下でも高速光信号を安定に発生することができます。高周波応答性に関しては、70 ギガヘルツに近い帯域特性を持ちますが、電気光学ポリマーは理論的に 100 ギガヘルツ(ギガは 10 億)以上の応答特性を持つことが予測されており、今後さらなる帯域拡大が期待できます。光データ伝送実験では、最高で毎秒 200 ギガビットの信号発生に成功し、ビットエラー解析からも信号エラーがないことを確認しました。さらにデバイス動作電圧は 1.3 ボルトと低く、1 ビット当たりの消費電力に換算すると 42 フェムトジュールの極微小の消費電力特性であることも分かりました。これまでも無機・半導体(ニオブ酸リチウム、シリコン、インジウムリンなど)を応用した光変調デバイスの高性能化が進んでいますが、より優れた高周波応答特性、高速信号特性、消費電力特性、および熱安定性を兼ね備えたポリマー変調器を実現しました。

■今後の展開

- 200 ギガビット超の光データ伝送が可能なポリマー変調器は、データセンターなどの大容量情報処理・通信技術への応用が期待できます。
- 現在の光データ伝送技術で 100 ギガビットを超える光信号の発生は、複数の光変調チップを並列で用いた(25 ギガビット×4 台など)伝送方式が用いられています。今回の成果は 1 チップで 200 ギガビットの信号を発生できることから、並列化によって 800 ギガビットさらには 1.6 テラビットのリンクスピードへ拡張することも可能となります。
- ポリマーとシリコン光集積技術との融合は、光変調器の小型化・集積化が可能であることからデータセンターの高密度化にも対応でき、新しい光技術・産業の創出も期待されます。

【用語解説】

注 1) 電気光学ポリマー

物質に電圧を印加すると光の屈折率が変わる現象を電気光学効果という。そのような物質の性質を電気光学特性という。ポリマー系の電気光学材料は、高速性、加工性、低コストといった利点から期待されている。

注 2) 光変調器

電気光学効果などを使って高速の電気信号を光信号に変換するデバイス。

注 3) PAM-4

Pulse-amplitude modulation (4 値パルス振幅変調) の略号。代表的なデジタル通信の On-off-Keying の信号は 2 値で伝送している。PAM-4 の信号では、4 つの電圧レベルのパルス信号 (4 値) を用いることで、伝送レートを 2 倍に増やすことができる。

注 4) イーサネット光伝送規格

光ファイバネットワークの国際的な通信規格。2017 年には最大伝送速度が 400 ギガビット/秒の規格が策定。

注 5) ギガビットイーサネット (GbE)

通信速度がギガビット/秒 (ギガは 10 億) の信号ネットワーク規格。テラビットイーサネットはさらに 3 桁高い高速性を示す。

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

九州大学 先導物質化学研究所 教授 横山 士吉

Tel : 092-583-7834 Fax : 092-583-7838

E-mail : s_yokoyama[at]cm.kyushu-u.ac.jp

<JST 事業に関すること>

科学技術振興機構 国際部

Tel : 03-5214-7375

E-mail : jointge[at]jst.go.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報室

E-mail : koho[at]jimu.kyushu-u.ac.jp

科学技術振興機構 広報課

Tel : 03-5214-8404 Fax : 03-5214-8432

E-mail : jstkoho[at]jst.go.jp