

ポリマー光変調器を開発し世界最高速の光データ伝送に成功 -データ爆発時代の通信デバイスを低コスト・省エネルギー化-

九州大学先導物質化学研究所の横山士吉教授の研究グループは、日産化学工業株式会社とともに優れた電気光学特性^{注1}と熱安定性を持つポリマーの開発を、アダマンド並木精密宝石株式会社とともに超高速光変調器^{注2}のモジュール開発を進め、従来技術の無機系光変調器では到達困難な光データ伝送の高速化と低電圧制御に成功しました。

近年の情報通信量の膨大な増加に伴い、通信機器の高性能化と消費電力の大幅な低減が求められています。また、データセンター用の大容量伝送技術でもコスト低減が求められています。ポリマー光変調器は、これらの要求に応える新技術として期待されていますが、熱安定性などの問題で実用化は困難とされてきました。

研究グループは、ポリマー光変調器の熱安定化と光伝送の高速化・省電力化を進め、光伝送実験において伝送速度毎秒 112 ギガビットを達成し、かつ動作電圧を 1.5 ボルトに低減、105°Cでの熱安定性の実現に成功しました。本グループはポリマー光変調器のシリコン光集積技術への応用も目指しており、データセンターや IoT など新しいネットワーク技術の高速化・省電力化・低コスト化につながることが期待できます。

本研究は、科学技術振興機構 研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム（S-Iノベ）」（プログラムオフィサー：宮田清蔵）における研究開発テーマ「フォトニクスポリマーによる先進情報通信技術の開発」の研究課題「ナノハイブリッド電気光学ポリマーを用いた光インターコネクティブデバイス技術の提案」（研究代表機関：宇都宮大学（PM・研究リーダー：杉原興浩教授）、株式会社豊田中央研究所（企業代表機関）、参加機関：九州大学、早稲田大学、アダマンド並木精密宝石株式会社、日産化学工業株式会社ほか、研究期間：平成 22 年 1 月～最長 10 年間）の一環として実施されました。

本成果は、平成 30 年 5 月 15 日（火）午前 6 時（日本時間）に米国で開催の Conference on Laser and Electro-Optics (CLEO 2018) で発表されました。

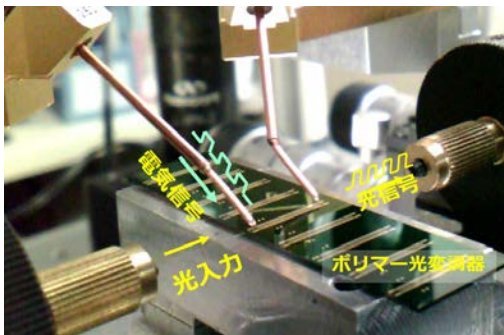


図 1 電気光学ポリマーを使った超高速光変調器。ポリマー光変調器に入力したレーザー光は、高速の電気信号によって変調され、超高速光信号が伝送されます。本成果では、1 秒間に 56 ギガビット 00K、または 112 ギガビット PAM-4 の光信号を発生させることに成功しました。



写真：横山 教授

研究者からひとこと：

ポリマー光変調器は未来の通信デバイス技術として注目されています。今回の成果によって、これまで解決が困難であった熱安定性に関する課題を克服することができました。今後、通信技術を中心に、自動運転、IoT、人工知能など実用的な情報処理技術に向けた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】

- ・データ爆発時代の超高速光通信デバイスとして期待されるポリマー光変調器は、信頼性に課題があった。
- ・新規電気光学ポリマーで光変調器を作製し、超高速光データ伝送に成功。デバイスの熱安定化と低電圧駆動を実現した。
- ・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。

■宮田清蔵 プログラムオフィサーのコメント

本成果は、分子設計に基づく高度な合成化学とシリコン光集積技術を考慮した素子設計を融合することで、超高速光データ伝送に成功した画期的なものです。このポリマーは従来の無機素材より誘電率が低くかつ電気光学効果が大きいので、低電流、低電圧で駆動します。それにより大幅な省エネ効果もたらされます。またポリマーは素子化プロセスが容易なので無機系素子と比べ大幅にコスト削減でき、多くの分野での利用が期待されます。

■背景

イーサネット光伝送規格の総伝送速度は年々増加の傾向にあり、その増加率は過去 20 年間で 400 倍に達しています。この高速伝送を支える光変調のチャネル速度は 2010 年までに 25 ギガビットまで高速化が進み、最先端技術の 100 ギガイーサ^{注3)}では 4~16 チャネルの並列伝送によって伝送容量の増大に寄与しています。さらに次世代の標準技術では 400 ギガイーサの準備も進められており、データセンター用などデータトラフィックの急増に対応する短距離伝送方式とそれを支えるデバイス開発が急務となっています。

このような先端的な光通信デバイスの研究開発の中で、近年、電気光学ポリマー光変調器への期待が国際的に高まっています。すでに開発が進んでいる無機系や半導体系光通信デバイスに比べて、高速性は理論上非常に高いとされ、消費電力や製造コストの観点からも将来の光通信デバイス技術として注目されています。

ポリマー光変調器による超高速の光データ伝送は、これまでも世界的に報告されてきましたが、実用化のためには熱安定性などデバイス信頼性の大幅な向上が必要とされ、産業界からも強く望まれていました。

■内容

本研究グループは、電圧を印加すると光の屈折率が変化する特性を持つ電気光学ポリマーを使った光変調器にいち早く着眼し、高性能電気光学ポリマーの合成と光変調器の作製に取り組んできました。

今回合成した物質は、ニオブ酸リチウムなどの無機結晶に比べて変調速度が 2~3 倍と、高い電気光学特性を持ち、低電圧で光変調できることが分かりました。また、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示唆されており、無機系・半導体系光変調器では到達が困難な超高速レートでのデータ伝送の実現も期待できます。

今回の光伝送実験では、OOK^{注4)}方式で 1 秒間に 56 ギガビットの光信号を発生、PAM-4^{注5)}方式で 1 秒間に 112 ギガビットの光信号を発生することに成功しました。また、動作電圧を 1.5 ボルトに抑えることができました。さらに本グループは、ガラス転移温度が 180℃以上の電気光学ポリマーを合成することに成功し、光変調器の熱安定性についても課題を克服しました。

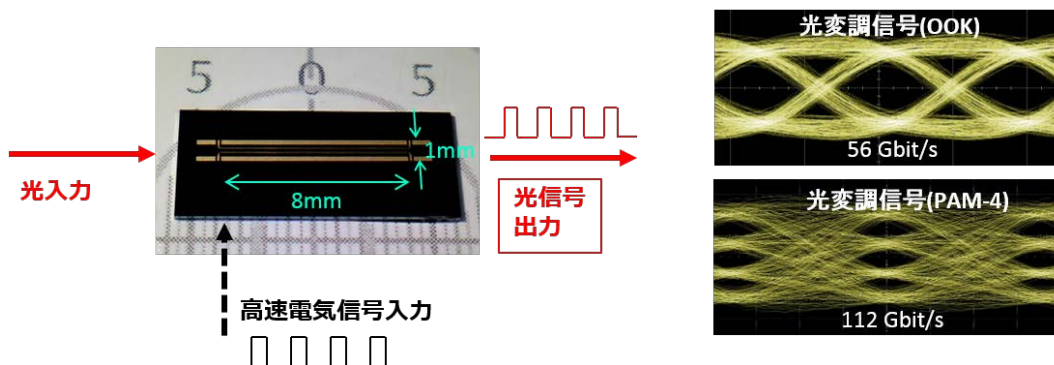


図2 本研究で作製した電気光学ポリマー光変調器の写真と光変調特性(上:OOK、下:PAM-4)。光変調器はシンプルなマッハ・ツェンダ型構造^{注6)}を有しており、電極部分に高速の電気信号を入力することで、光信号に変換し光ファイバーによる伝送やボード内の信号処理に応用することが期待できます。

■今後の展開

本研究の超高速、省電力、熱安定性を兼ね備えたポリマー光変調器の実現は、世界で初めてであり、今後、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に期待できます。

現在の光通信技術において、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。このような方式はデバイス制御が複雑であり、製造コストや消費電力の増加に対する課題も生じています。電気光学ポリマーを用いれば、1 チップで 100 ギガビットを超える高速化も実現可能であることから、本研究グループではさらなる高速変調の実現に向けて研究を進めています。

また、ポリマー光変調器の作製は、簡便な塗布技術でできるため、シリコン光集積技術との融合も可能であり、小型・超高速・低消費電力の新しい光技術の創出も期待されます。

【用語解説】

注 1）電気光学特性：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）ギガイーサ：通信速度がギガビット/秒(ギガは 10 億)のコンピューターネットワーク規格。

注 4）OOK：On-off-keying の略号。電気や光信号の有無(オンとオフ)によりデジタルデータを伝送する変調方式の一種であり、変調の最も単純な方式。

注 5）PAM-4：Pulse-amplitude modulation の略号。4 つの電圧レベルのパルス信号を用いて変調することで、伝送レートを OOK の 2 倍に増やす方式。

注 6）マッハ・ツェンダ型構造：光の干渉特性を利用することで出力光強度を変化させることができる構造。光変調器として広く普及している。

【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@cm.kyushu-u.ac.jp

<JST 事業に関すること>

科学技術振興機構 産学連携展開部 廣田 勝巳

Tel : 03-3238-7682 E-mail : hirota@jst.go.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報室

Tel : 092-802-2130 Fax : 092-802-2139

E-mail : koho@jimukyushu-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@jst.go.jp