

【助成 38 -09】

シリコンフォトニクスを用いて、世界初となるチップスケールの
光パルス位相測定器の実現を目指す

研究者 宇都宮大学工学部 助教 近藤 圭祐

〔研究の概要〕

近年、レーザー加工や光周波数コム、LiDAR など、光短パルスの産業・学術応用が広がっている。短パルス発生器、増幅器、ならびにそれらを用いた装置の開発、維持、校正には短パルス測定器が必要である。短パルスの時間的特性を詳細に知るためには、パルスの振幅と位相を測定することが望まれる。既存のパルス振幅・位相測定器は自由光学系から成り、大型、精密なアライメントが必要、機械的に脆弱、低感度であり、使い勝手のよい機器とはいえない。本研究ではシリコンフォトニクス技術を用いて、チップサイズのパルス振幅・位相測定器の実現を目指す。これは、シリコン導波路の Sagnac ループ内に非線形光検出器アレイが集積された構造をもつ集積型光相関器と、マイクロリングなどの集積型波長フィルタで構成される。提案デバイスは小型ゆえに、軽量、堅牢、高感度で、取り回しがよく、場所を選ばない光パルス測定を可能にすると期待される。

〔研究経過および成果〕

本研究提案の光パルス振幅・位相測定器では、シリコン導波路の Sagnac ループ内に非線形光検出器アレイが集積された構造をもつ集積型光相関器を用いるが、これはパルス幅の測定レンジがあまり広くないという課題があった。これを解決するために、図 1 に示すような、長さの異なる非線形光検出器アレイをもつ光相関器を複数集積したデバイスを製作した。ここでの光検出器はシリコン導波路上に形成した pn フォトダイオードである。これは通信波長帯の光に対しては二光子吸収による電流を検出するので、非線形光検出器として動作する。測定パルスはシリコン導波路を伝搬し、光路切替スイッチによりいずれかの光相分岐されたパルスは光検出器アレイの両端から同時に入射される。すると、交差するパルスの自己相関が導波路に沿った二光子吸収電流の分布として現れ、これを光検出器アレイで計測すると相関

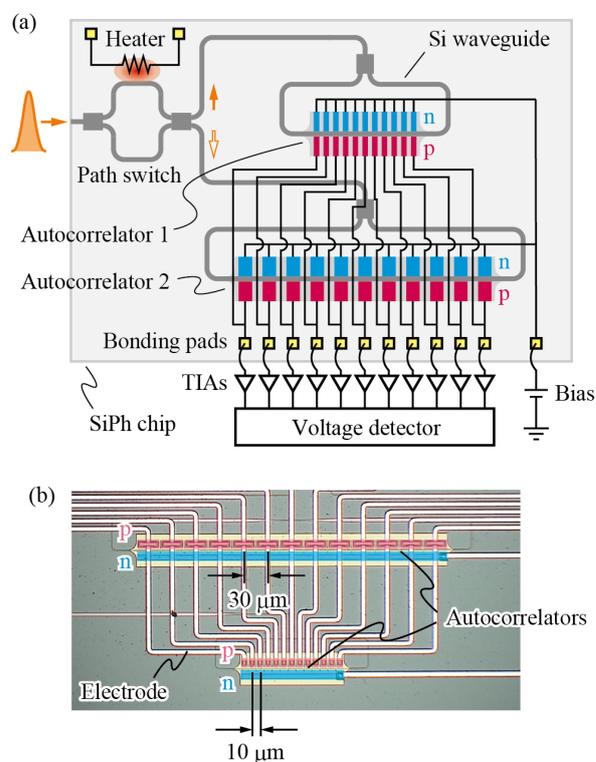


図 1 パルス幅測定レンジ切替機能を備えたオンチップ光相関計。(a) 模式図。(b) 製作したデバイスの上面写真。

関器に導波させられる。その後、ループの入り口で二波形が得られる。パルス幅の測定レンジは光検出器アレイの全長で決まるため、長さの異なる光検出器アレイを集積し、これらを光路スイッチで切り替えることで測定レンジの拡大を実現した。光検出器アレイから並列に出力される電流を読み出して相関波形をビデオレートで表示するための電子回路を設計し、プリント基板回路 (PCB) 上に集積した。

図 2 に示すように、光相関計チップを同 PCB 上に実装し、ここにレンズドファイバを用いて測定パルスを入射して相関波形を測定した。図 3 は製作したデバイスで測定された相関波形である。長さが同じパルス測定したが、光路スイッチを切り替えることで見かけのパルス幅が変化するため、測定レンジの切り替えができていたと確認できた。今回は原理実証のために、光検出器アレイの要素数を 11、アレイ全長の数を 2 つだけとして製作したが、これらを増やすことは容易であるため、測定レンジのさらなる拡大が可能である。

光パルスの振幅と位相を測定するためには、先のオンチップ光相関器の Sagnac ループの片経路に波長可変フィルタを導入してパルスの特定の波長を通過させ、この通過波長を走査しながら、相関波形を計測する必要がある。この波長可変フィルタとして、シリコンチップに集積可能なマイクロリングフィルタを設計した。図 4 にその CAD 設計図を示す。白い線がシリコン導波路である。特定の波長のみがリング導波路で共振し、通過していくため、波長フィルタとなる。これと一緒に集積したマイクロヒータでシリコンの屈折率を温調することで、通過波長の走査を行う。今後、これと光相関チップを組み合わせることで、チップスケールパルス振幅・位相測定器の実証に取り組む。

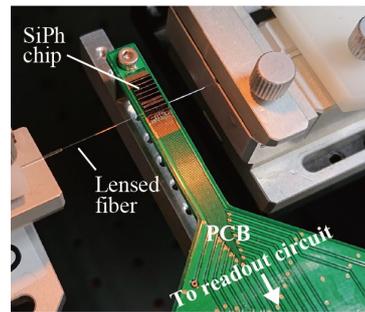


図 2 PCB に集積した光相関計チップ。

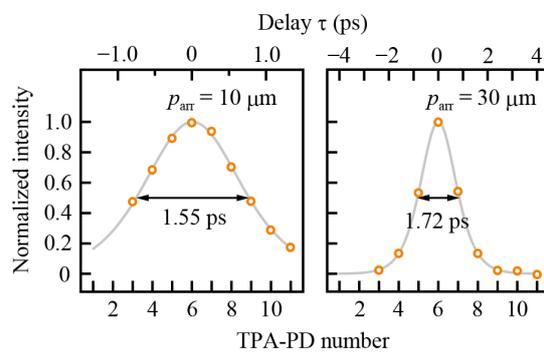


図 3 製作したデバイスで測定された相関波形。 p_{arr} は光検出器アレイのアレイピッチ。

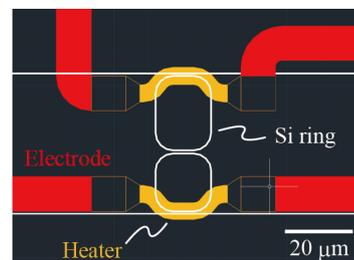


図 4 マイクロリングフィルタの CAD 設計。

〔発表論文〕

1. K. Kondo and H. Oshima, Ultracompact autocorrelator with pulse-width-range switch function integrated on a silicon photonic chip, *26th Microoptics Conference*, no. N-1, Sep. 2021.
2. 大嶋, 近藤, 二光子吸収フォトダイオードアレイ付き導波路型光相関計のパルス幅測定レンジ切り替え機能の実証, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, no. 11a-N207-9, 2021 年 9 月.