

## S20200730\_01 [Columbia](#)

[2D材料](#)で光の位相を制御する新方法を発見

コロンビア大学の研究チームは、原子厚の材料を使い、振幅を変えることなく、光の位相を操作する。パワーロス是非常に少なく、LiDAR、フェーズドアレイ、光スイッチング、量子および光ニューラルネットワークなどのアプリケーションが可能になる。

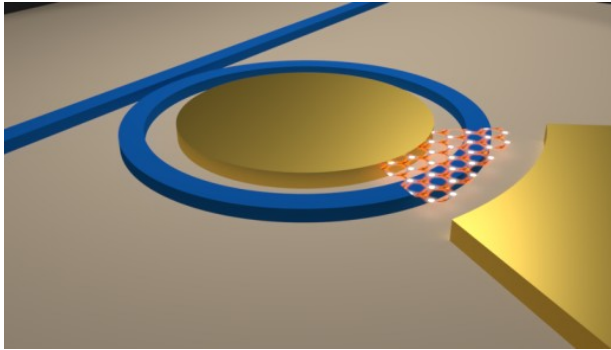


図1 導波路上の半導体2D材料の低損失光キャビティに基づいた集積マイクロリング共振器。

ナノスケールの光操作、つまりナノフォトニクスは、重要な研究分野になっている。研究者が、増え続ける情報処理と通信に応える方法を探そうとしているからである。ナノメートルスケールで光を制御、操作する能力は、多くのアプリケーションにつながる。データ通信、イメージング、測距、センシング、分光学、量子および神経回路などである(例えば、LiDAR、高速VOD)。

今日、シリコンは好まれる集積フォトニクスプラットフォームとなっている。通信波長に透明であり、電気光学変調や熱光学変調能力があり、既存の半導体製造技術に適合しているからである。しかし、シリコンナノフォトニクスは、光データ通信、フェーズドアレイ、LiDAR、量子回路や神経回路の分野で大きく前進したものの、これらのシステムの大規模フォトニクス集積には2つの主要な懸念がある。拡大を続ける光帯域需要、シリコンの高い電力消費である。

既存のバルクシリコン位相変調器は、光信号の位相を変えることはできるが、このプロセスは高い光損失(電気光学変調)か、あるいは高い消費電力(熱光学変調)のいずれかの犠牲を払う。コロンビア大学の研究チームは、2D材料を使って光の位相を制御する新しい方法を発見した、と発表した。これは原子厚材料、 $\sim 0.8$  nmである。極めて低い消費電力、その振幅を変えることもない。

この新しい研究は、**Nature Photonics** に発表された。研究者は、パッシブシリコン導波路にその薄い材料を置くだけで、既存のシリコン位相変調器と同程度の強さで光位相を変えることができる。しかし、光損失と消費電力は遥かに少ない。

「光コヒレント通信の位相変調は、拡張が課題となっている。位相変化に関連する光損失が高いからである。われわれは、位相だけを変えられる材料を見つけた。光技術の帯域を拡張する別の道を獲得したのである」と研究リーダー、**Michal Lipson** は話している。

遷移金属二カルコゲナイド(TMDs)のような半導体 2D 材料の光学特性は、その励起子共鳴付近に自由キャリア注入(ドーピング)で飛躍的に変わることが知られている。しかし、これら励起子共鳴から遠く離れた通信波長での光特性に対するドーピング効果についてはほとんど知られていない。ここではその材料は透明であり、したがってフォトニック回路で利用できる。

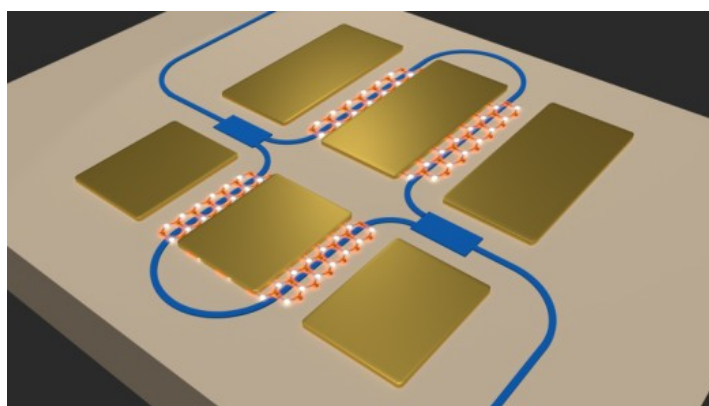


図 2 SiN 干渉計の両アームの TMDs など半導体モノレイヤの集積光干渉計の図。これらオンチップ光干渉計を使い、モノレイヤの電気光学的特性を高精度にプローブできる。

研究チームは、低損失 SiN 光キャビティ上に半導体モノレイヤを集積し、イオン性液体を使ってモノレイヤをドーピングすることで TMDs の電気光学応答をプローブし、ドーピングによる大きな位相変化を観察した。一方、そのリングキャビティの伝送応答における光損失の変化は最小だった。ドーピング誘起位相変化は、モノレイヤ(単層)TMDs の吸収変化に対して、約 125 であり、これは Si および、III-V on Si を含む Si 光変調器で普通に利用される材料で観察されたものよりも大幅高い。同時に、挿入損失は無視できるほどである。

「これら薄いモノレイヤで強力な電気屈折率変化を観察したのはわれわれが初めてで

ある。低損失 SiN-TMD 複合導波路プラットフォームを使うことでわれわれは、純粋な光位相変調を示した。この導波路プラットフォームでは導波路の光モードがモノレイヤと相互作用している。したがって、Si 導波路上にこれらモノレイヤを置くだけで、われわれは同じ桁で位相を変化される、しかし消費電力は 10000 倍低い。これはフォトニック回路の拡張、低電力 LiDAR に非常に励みになる。

研究チームはその強力な電界屈折率効果に内在する物理的メカニズムの徹底的な調査と理解向上を引き続き行う。チームは現在、その低損失、低消費電力位相変調を利用して、従来の位相シフタを置き換えようとしている。したがって、光フォーズドアレイ、ニューラルおよび量子回路などの大規模アプリケーションで消費電力が下がる。