

光量子回路につながるダイヤモンド集積 シングルフォトンディテクタ

米ハーバード大の研究者はダイヤモンドナノフォトニクスを開発している。ダイヤモンド欠陥中心から出る光を生成、操作、検出することで、より優れた、一段と高帯域の超伝導ナノワイヤシングルフォトンディテクタ(SNSPD)を設計する。これは集積量子光回路の構築に使える⁽¹⁾。

ダイヤモンドの広い光透過率、広いバンドギャップ、大きなカー非線形性、高屈折率により、ダイヤモンドは、非線形周波数変換、量子情報処理、および他の新しいナノフォトニクスアプリケーションにとって極めて魅力的な材料である。

ダイヤモンド導波路 SNSPD

従来のSNSPDは、極薄膜に描き込んだ4nm～8nm厚のナノワイヤで構成されている。ワイヤが入力フォトンを受取る時、形成される小さな抵抗ホットスポットが電圧パルスを生じ、それが増幅され、計測される。他のシングルフォトンディテクタと比べて、SNSPDは一般に検出効率が優れており、低ダークカウント、低タイミングジッタであり、改善されたカウントレートに対するフォトン感度が高い。

直接検出のために、ダイヤモンド欠陥中心からの発光をSNSPDに導く目的で研究チームは、独立の三角形構造を直接ダイヤモンド基板にエッチングすることによってダイヤモンド導波路を作製した。利用したのは、傾斜エッチング製法である。この製法を利用することで細い構造が、わずかに拡張した導波路を周期間隔で支持している。

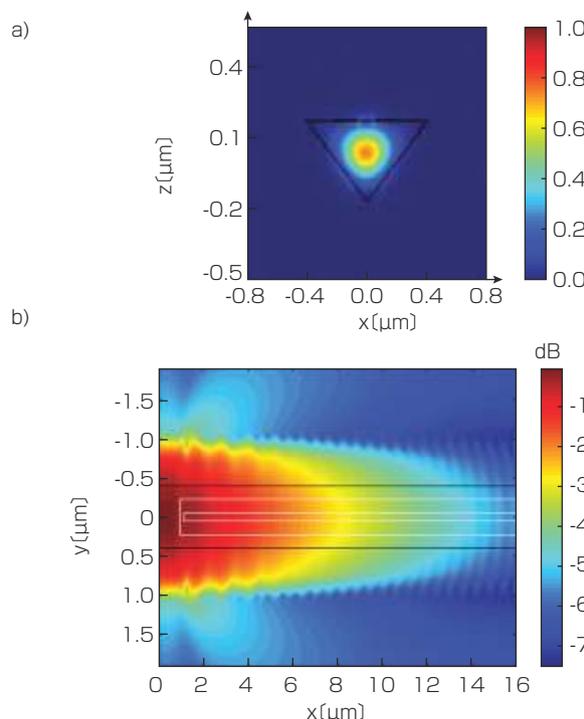


図1 ダイヤモンド導波路における光モードの規格化電界分布(a)、伝搬方向に沿ったSNSPDデバイス(伝搬強度のログ標示)の吸収特性(b)。これらはFDTDシミュレーションで得たものであり、白い線は、10.5nm厚超伝導ナノワイヤを示している。(提供:ハーバード大)

導波路は、一辺が約500nmの正三角形で、窒素またはシリコンの空孔が埋め込まれており、照射をSNSPDに導くようになっている。

ダイヤモンドカラーセンター蛍光が導波路の三角形横断面に閉じ込められ、この蛍光の99%以上がSNSPD材料の最初の15μmで吸収されることを、有限差分時間領域法(FDTD)シミュレーションは示している(図1)。

705nmの光による導波路照射は、ワイドフォトンカウンティング動作レートを示している。4.2K度および10.5nmの超伝導体厚さによりSNSPDの完全飽和カウントレートに達していないが、吸収されたシングルフォトンに対するディテクタの感度はまだ残っている。

「光ドメインで動作する量子的光・物

質の相互作用は、量子情報処理と量子通信のアプリケーションにとって重要である」とハーバード大応用物理学ポスドク研究者、ヘイグ・アティキアン氏(Haig Atikian)は言う。「こうしたシステムの実現で、フォトンの効率的な生成、操作、検出は、真に拡張性のあるプラットフォーム実現への重要なステップである。このアプローチにより、欠陥色中心をベースにしたダイヤモンド量子光回路のモノリシックで拡張性のある集積が可能になる」。

(Gail Overton)

参考文献

- (1) H. A. Atikian et al., "Novel fabrication of diamond nanophotonics coupled to single-photon detectors," SPIE Newsroom (Mar. 22, 2017); <https://goo.gl/goK19M>.