

オンチップ量子光源がエンタングルメントを生成

独ライプニッツ大ハノーファー校の研究者らは最近、蘭トウエンテ大およびスタートアップ企業の蘭クイックス・クワンタム社(QuiX Quantum)の同僚と協働し、量子技術を阻む最も根本的な障害の1つである、スケーラビリティ(拡張性)の欠如に取り組んだ。

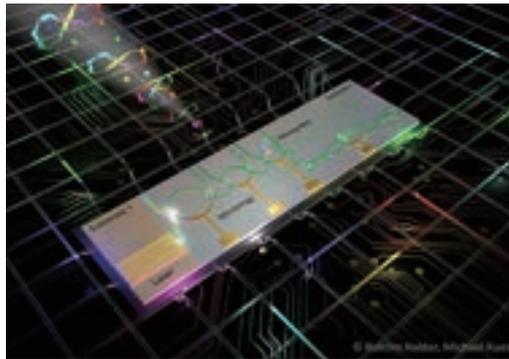
これまでは、データ処理や通信用のオンチップベースの量子フォトニックシステムは、外付けのかさばるレーザーシステム(通常は靴箱ほどの大きさ)によって駆動され、棚上のフォトニック量子チップの横に置かれていた。非常に望ましくないことに、これではスケーラビリティと応用範囲が制限されてしまう。

「量子通信には、エネルギー効率が高く、完全にチップ規模の量子源が必要だ。これにより、量子インターネットノード用の多数のトランシーバーをスケーラブルに作成できるようになる」と、ライプニッツ大ハノーファー校フォトニクス研究所のミヒヤエル・クエス所長(Michael Kues)は述べる。「量子計算を行うためには、想定される量子アクセラレータが効率的であり、かつデータセンターの形式に準拠している必要がある」。

オンチップ量子光源の設計

同研究チームは、スケーラビリティに対処するため、周波数もつれ量子ビット状態として使用できる光子を放出する、電気励起レーザーを集積したフォトニック量子光源をチップ上に設計した(図を参照)。

同研究チームは、どのようにしてこの設計を成功させたのだろうか。レーザー共



エンタングル光子を生成するオンチップ量子光源の技巧的なレンダリング

振器、チューナブルなノイズ抑制フィルター(マイクロリング/導波路)、エンタングル光子のパラメトリック量子光源をチップ上に配置して、実現したのだ。

興味深いことに、同チームのハイブリッドチップ設計では、2つの異なる半導体材料を組み合わせている。リン化インジウムのレーザー光が、残りの領域である窒化シリコンのチップに伝送される。チップ内には、導波路と3つの非線形マイクロリング共振回路が搭載され、ノイズ抑制フィルターとして機能する。レーザー光が3番目のマイクロリングを抜けると、一対のエンタングル光子が生成される。

同チームは、ノイズの影響を受けやすい量子ビットに対処するフィルターを設計することに注力し、それが功を奏した。なぜなら、このチップにはノイズが全く存在しないのである。「この過程での最大の課題の1つは、集積デバイスの中で利得媒質とパラメトリック光源の間にフィルターを組み込むことだった」と、クエス所長は言う。

同チームの設計はまた、極低温システムを使用せずに、量子光源のサイズを1000分の1以上に縮小することを可

能にしている。

おそらく、同研究の最も素晴らしい側面は、チップのコンパクトさ(1ユーロ硬貨より小さい)で、扱いやすいことだろう。「このチップには、以前なら大きなテーブル上にあったものすべてを搭載しており、ほぼ完璧なエンタングル状態が生成される」と、クエス所長は述べる。「ユーザーはただスイッチを入れるだけで、余分な部品も不要で、安定性の問題もなく、レーザー光をカップリングするのに何時間も苦勞することもない」。

このチップは、「量子コンピュータや量子インターネットに必要な卓越した効率性と品質性」を実証している、と同所長は補足する。

同研究チームは今、集積化されたスケーラブルな量子光源の安定性を実証した。「次のステップは、この光源を量子通信などの応用に使用したり、データ処理用途でさらに拡張したりすることだ」と、クエス所長は言う。「もう1つの課題は、製造技術の向上だ。このハイブリッドチップの組み合わせ方法を改善し、大量生産を可能にすることで」。(Sally Cole Johnson)