

C20201129_03_Rochester

[ロチェスタ](#)大学、光駆動量子ネットワーク

University of Rochester と Cornell University の研究者は、量子コンピューティングや量子通信システムの主要素である光子、質量のない光を使い長距離で情報を交換する通信ネットワーク開発に向けて重要な一歩を踏み出した。

研究チームは、磁性材料と半導体材料でできたナノスケールノードを設計。これらは、光子を送受するためにレーザー光を使い、他のノードと情報のやりとりをする。

そのような量子ネットワークの開発は、現在、コンピューティングや通信に利用されているネットワークと比べて高速、効率的な方法で通信、コンピュータし、物体や物質を検出する。量子ネットワークは、量子力学で特徴づけられた光や物質の物理的特性を活用するように設計されている。

研究成果は、*Nature Communications* に発表された。それによると、ノードは、高さわずか 120nm のピラーアレイで構成されている。ピラーは、原子厚の半導体と磁性材料層を含むプラットフォームの一部である。

アレイは、個々のピラーが光子と相互作用できる量子状態の位置マーカーとなるように設計されている。関連する光子はデバイス全体で他の位置と、また他の位置の同様のアレイと相互通信できる。遠隔ネットワークで量子ノードを接続できることは、量子力学の現象、エンタングルメントというコンセプトを利用している。それは、非常に基本的レベルで粒子特性が、サブアトムレベルでどのように接続されるかを説明するものである。

「これは、言ってみれば、一種のレジスタの始まりである。そこでは多様な空間的位置が情報を蓄積し、光子と相互作用できるのである」とロチェスタの量子オプティクス、量子物理学教授、Nick Vamivakas はコメントしている。

量子コンピュータの小型化に向けて

Vamivakas Lab の研究に立脚したそのプロジェクトは、近年いわゆるファンデルワールス(Van der Waals)ヘテロ構造の二セレン化タングステン(WSe₂)を利用してきた。その作業は、シングル光子を作り、あるいは捉えるために、重なり合った原子厚材料層を使う。

新しいデバイスは、下の三ヨウ化クロム(CrI3)光反応層に覆い被さった WSe2 の斬新な配置を利用している。原子厚、12- μm エリア層が触れるところで、CrI3 が WSe2 に電荷を与えて個々のピラーに並行して「ホール」を生成する。

量子物理学では、ホールは電子の欠如として特徴付けられる。各正電荷ホールもそれに関連するバイナリー、ノース/サウス磁気特性を持つ。各々がナノマグネットとなるようにするためである。

そのデバイスがレーザ光を浴びると、さらに反応が生じ、ナノマグネットを個々の光活性スピンアレイにする。これはフォトンを出し、フォトンと相互作用する。古典的情報処理は、0 または 1 の値をもつ bits を扱うが、スピン状態は、0 と 1 の両方を同時にエンコードでき、情報処理力を拡大する。

「超薄、12- μm の CrI3 を使ってホールスピン配向を制御できることで、MRI システムで使われているような巨大磁気コイル外部磁界の必要性を置き換える。これは、単一ホールスピンに基づいた量子コンピュータ小型化に大いに役立つ」と論文の主筆、院生 Arunabh Mukherjee はコメントしている。

遠隔エンタングルメントは、まだ先のことか

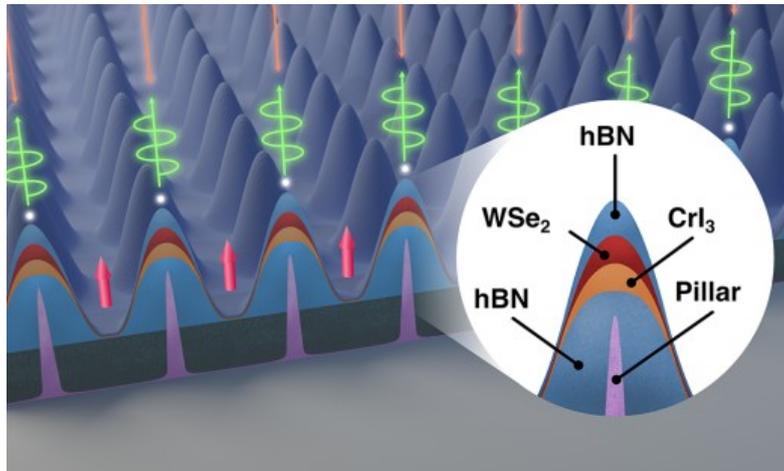
デバイスの作製で研究者は、2 つの大きな課題に直面していた。

1 つは、高反応 CrI3 と連携する不活性環境の実現だった。これは、コーネル大学との協力で動き始めた。「CrI3 に関しては、コーネル大学には多くの専門技術があった。われわれは初めてそれに取り組みだしたので、その面でわれわれは彼らと協調した」(Vamivakas)。例えば、CrI3 の製造は、酸素および湿気劣化を避けるために窒素を満たしたグラブボックスで行われた。

もう一つの課題は、ピラーの適切な構成を決めることだった。これは、個々のピラーに関連するホールとスピンバレーが正しく登録されて最終的に他のノードをリンクすることを保証するためである。

また、その中には、次の大きな課題が存在する。光ファイバで他のノードにフォトン長距離伝送する方法を見つけることである。エンタングルメント特性を維持しながらである。

「われわれはまだ、その種の挙動を押し進めるデバイスを設計していない。それは将来のことである」と Vamivakas はコメントしている。



このイラストはナノスケールノード。各々が高さ 120nm に過ぎない、アレイピラーの 1 つをクローズアップしている。各ピラーは、量子状態の一マーカーとして役立ち、光子と相互作用できる。二セレン化タンゲステン(WSe₂)の新しい配置は、下の三ヨウ化クロム(CrI₃)光反応層に覆い被さっている。原子厚、12- μ m エリア層が触れるところで、CrI₃ が WSe₂ に電荷を与えて個々のピラーに「ホール」を生成する。