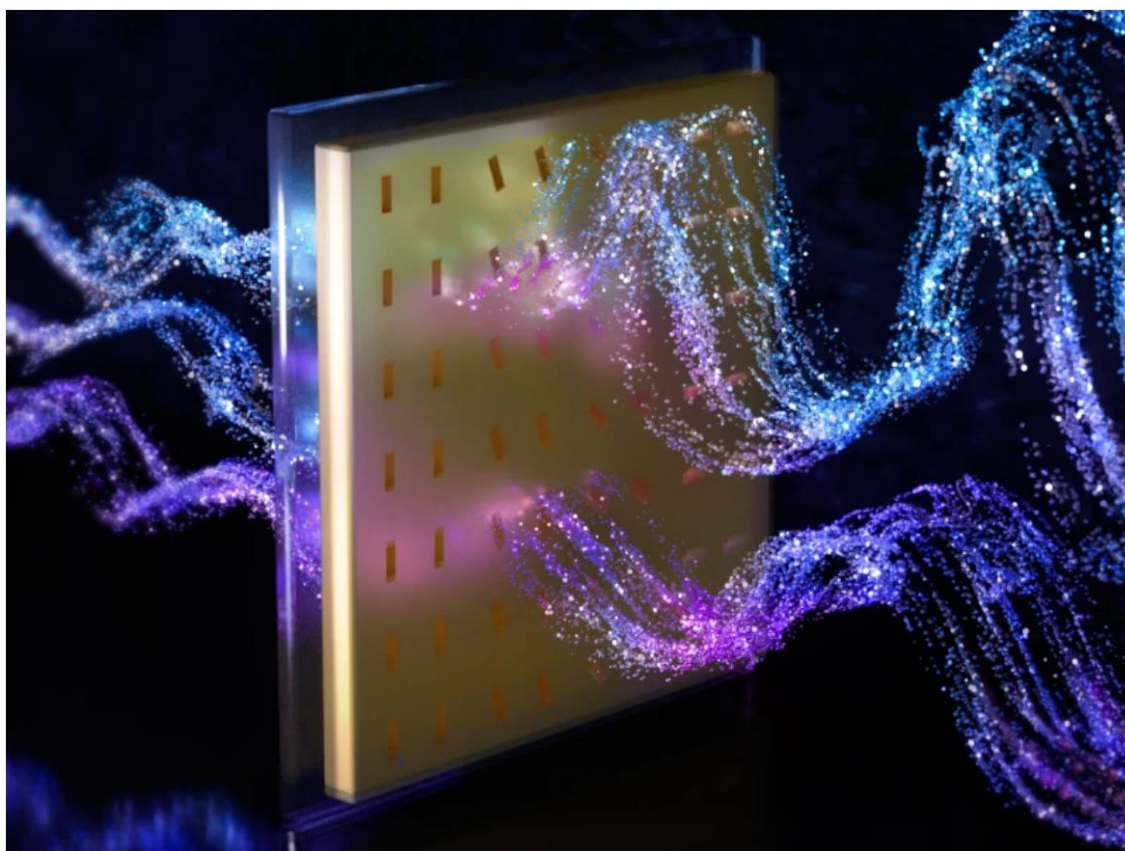


【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

LSU の物理学者らが室温量子材料を初めて開発（米国）

2026 年 7 月 14 日



Nature に掲載された新たな研究成果が、日常的な環境下で動作する量子材料開発の青写真を打ち立てる。

-写真提供: LSU Quantum Photonics Group.

高性能コンピューター、超高セキュリティ通信から先進的エネルギーシステムに至るまで、幅広い技術を変革する可能性を秘める量子材料には主要な障壁がある。

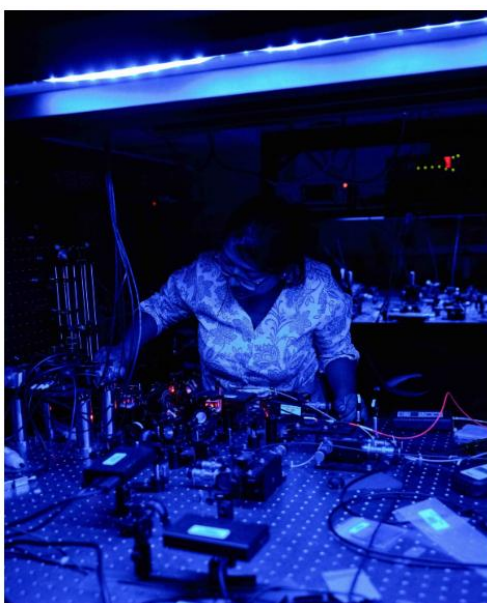
現在知られている量子材料のほぼすべては、絶対零度に近い温度まで冷却されたときにのみ、その驚異的な特性を発揮する。室温下では原子が熱によって絶えず振動し、科学者らの目的とする繊細な量子的挙動を阻害する。これらの振動の抑制には大型の極低温冷凍システムが必要となるため、量子材料は実験室では強力なツールとなるものの、実用化が困難となっている。

ルイジアナ州立大学（LSU）の物理学者らは、科学誌 [Nature](#) に掲載された研究論文で、光の様々な量子状態を識別・輸送できる室温量子材料を初めて開発し、量子材料研究における最大の課題の一つを克服したことを報告している。物理学准教授の Omar S. Magaña-Loaiza 氏が率いる同研究は、全く新しい種類の量子材料を設計するための一般的な原理を創出し、量子コンピューティング、安全な通信、センシング技術、そして先進的エネルギーシステムにおける新たな可能性を切り開くものである。

中国電子科技大学教授で元ポスドク研究員の Chenglong You 氏にとって、最もやりがいを感じた瞬間の一つは、研究チームの型破りなアプローチが理論予測通りにうまく行った時だった。

「このプロジェクトで最も胸が躍ったことは、自然界には存在しない特性を持つ材料を創り出せることがわかったことでした。それがまさに予測通りに機能するのを見た時は、この上なく大きな喜びを感じました」と You 教授は語る。

量子材料をゼロから構築



レーザーを用いた光学系装置を用いることで、研究チームは量子プラズモンメタ結晶の室温下での試験に成功し、量子材料研究における最大障壁の一つである、量子特性の維持のための大型の極低温冷凍装置の必要性の問題を克服した。

-写真提供: Olivia Crowell.

研究チームは、適切な量子特性を持つ天然の材料を探すのではなく、室温量子材料を自ら設計し、創り出した。

ガラスチップに金の薄膜を積層させ、集束イオンビームを用いて金薄膜に数百個の微細なスリットを刻み込んだ。それぞれのスリットは人工原子、すなわちメタ原子として機能する。これらのメタ原子が集まり、人間の髪の毛の幅よりも薄く、自然界には存在しない結晶を形成する。

チップに入射した光は、金の表面を横断してこれらのメタ原子と相互作用する。研究チームは、メタ原子のサイズ、形状と間隔を厳密に制御することで、室温ではこれまで実現できなかった方法で光を操作する材料を開発した。

「プラズモニックメタ結晶におけるメタ原子の分布を制御することで、構造体を通じてさせる量子統計を体系的に決めることができます。つまり、この結晶は、量子状態に対する統計フィルターとして機能するのです」と、先般博士号を取得し、現在 NRC ポスドク研究員として米国国立標準技術研究所(NIST)に所属する Riley B. Dawkins 氏は説明する。

最初のアイデアから最終の実験まで、つまり、理論と材料設計からナノ加工、実験的検証に至るこのプロジェクトのすべての段階は、ルイジアナ州立大学(LSU)の Magaña-Loaiza 量子フォトンクスグループ内で実施された。

しかし、この画期的な成果は、単に新しい材料を創出したことだけではない。その材料によって可能になることである。

量子状態の識別

光の挙動は、それぞれに異なっている。

太陽光、レーザー光や蛍光灯はすべて光子を含んでおり、これらの光子はそれぞれが変動し、相互に作用する。こうした微妙な違いが量子レベルでの光の振る舞いを決定づけるが、それらを識別するには高度な機器、極低温検出器、そして数百万回もの測定が必要であった。

研究チームが開発したメタ結晶は、これを自動的に実行する。光波の色や強度に反応するだけでなく、入射光の微妙な量子的な違いを識別し、それぞれの量子状態を結晶内の異なる経路に沿って誘導する。

さらに、これらの経路は、それぞれの量子状態を定義する固有の特性である統計的性質の変化を最小限に抑えながら、特定の量子状態を材料中に伝播させる

「私たちはこれをロバストな輸送と呼んでいます」と Magaña-Loaiza 准教授は言う。
「これらの量子状態は、情報を運びます。私たちの結晶は、極低温冷却を必要とせず量子状態を識別し、ある地点から別の地点へとしっかりと移動させることができます。これは、実用的な量子技術への扉を開くものです」。

物理学者らは、この集団的な挙動を量子コヒーレンスと呼び、それを維持することは量子情報科学における中心的な課題の一つとなっている。研究者らは、*Nature* に掲載された論文の中で、このメタ結晶を多体システムの量子コヒーレンスに高感度な初の室温量子材料として説明している。

新たな種類の量子材料

この画期的な材料が既存材料とは根本的に異なっているため、研究者らは新しい名称を考案する必要がある、これを量子統計プラズモニックメタ結晶と命名した。

「私にとって、これは単なるプロジェクトではなく、量子技術において全く新しいものを創造するというアイデアに基づいた共同作業でした」と、Magaña-Loaiza 研究室の大学院生の Jannatul Ferdous 氏は言う。「極めて刺激的だったことは、新しい種類の室温量子材料を創出しただけでなく、その振る舞いを理解して制御するための理論の展開でした。このアイデアが実験的に現実のものとなるプロセスを見られたことは、とても素晴らしい体験でした」。

研究者らはまた、このメタ結晶が、半導体の電気伝導性を決定する電子バンド構造に類似した、いわゆる量子統計バンドを自然に形成することを発見した。

メタ原子の配置を設計することで、材料中を変化せずに通過する量子状態や、統計的に変化する量子状態を制御できる。望ましい特性を持つ自然の材料に頼るのではなく、量子状態を予測可能な方法で制御できる材料を意図的に設計できるようになった。

言い換えれば、この研究は、このメタ結晶だけではなく、将来の量子材料を創り出すための設計図を提供するものである。

量子コンピューターからクリーンエネルギーへ

このメタ結晶は室温下で動作するため、そのアプリケーションの可能性の範囲は基礎物理学分野に止まらない。

将来の量子コンピューターでは、大型の極低温冷凍システムに頼ることなく、デリケートな量子情報を伝送するために同じような材料を使用できるようになるかもしれない。同じ原理が、より実用的な量子通信ネットワーク、超高感度センサーや、新興するその他の量子技術をも可能にすることも考えられる。

より少ない損失で材料中に光を通過させられることは、再生可能エネルギーにも恩恵をもたらす可能性がある。

現在の太陽電池では、入射した太陽光の一部が材料内部に閉じ込められ、電気ではなく熱に変換されてしまうため、得られるエネルギー量が減少する。メタ結晶は、より強固な経路に沿って光を導き、損失を抑えながら、材料内部でのより効率的なエネルギーの移動を助けることができるだろう。

Magaña-Loaiza 准教授は、まさにこの点について次に検証する予定である。

研究チームの次のステップでは、メタ結晶を太陽電池に組み込み、太陽光から利用可能な電気への変換量の増加について検証する。これに成功すれば、基礎的な量子物理学に基づくこの発見が、次世代の太陽エネルギー技術を直接的に向上させる可能性を示すものとなるだろう。

本研究は、米国エネルギー省(DOE)基礎エネルギー科学局(BES) 物質科学・工学課(MSE)からの助成金 (DE-SC0021069) を受けて実施された。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米国・レイジアナ州立大学(LSU)の記事 “LSU physicists create first room-temperature quantum material”

(<https://www.lsu.edu/science/news/2026/07/rt-quantum-material.php>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of Luisiana State University)