

課題番号: GR036
助成額: 163百万円

グリーン・イノベーション

理工系

平成 23 年 2 月 10 日
～平成 26 年 3 月 31 日

ホログラフィックに制御された光ポテンシャルによる大規模2次元 量子計算機の実現

上妻 幹旺 東京工業大学大学院理工学研究科 教授
Mikio Kozuma



専門分野

量子エレクトロ
ニクス

キーワード

ナノ構造科学／ナノ材料・ナノバイオサイエンス／マイクロ・ナノデバイス／物
性I／原子・分子・量子エレクトロニクス／レーザー冷却／縮退中性原子気体

WEB ページ

[http://www.phys.titech.ac.jp/
laboratory/kozuma.html](http://www.phys.titech.ac.jp/laboratory/kozuma.html)

研究背景

ホログラムによって格子状の光ポテンシャルを形成し、原子をトラップすることで、量子ビットを集積化することが可能となる。従来の研究ではアルカリ原子が利用されており、電子性のスピンのもつ大きな磁気モーメントのために、環境磁場を通して原子に刻んだ量子情報が短時間で消失してしまうという問題があった。

研究目的

Yb 原子の基底状態は、電子性のスピンを持たず、核スピンだけを有する。核スピンに由来する磁気モーメントは、電子性スピンに比べ 2000 分の 1 であり、環境磁場の影響を受けにくい。光格子中の個々の Yb 原子を顕微鏡で観察し、状態を制御することで、大規模な量子計算を目指す。

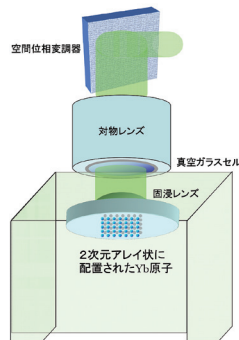
実績

代表論文: Physical Review A, 86, 063615, (2012)
特記事項: 当研究室助教である井上遼太郎氏が第8回日本物理学会若手奨励賞を受賞。当研究室博士課程であるミランダ・マルティン君が手島精一記念研究賞、ならびに優秀修士論文賞を受賞。当研究室修士課程の野口篤史君が同じく優秀修士論文賞を受賞。

研究成果

光で作られた格子中の中性原子を使って 量子計算機を作る!

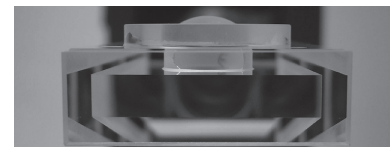
温度 500℃ の高温の Yb 原子ビームからスタートして、レーザーによる減速、冷却、そしてトラップを行い、光学顕微鏡の分解能を向上させる固浸レンズからわずか 1 μm 程度離れた場所で、100nK オーダーの原子集団を 100nm の薄いシートにする。さらに光を使って、原子を基盤の目状に配列させ、原子を量子ビットとして起用することで、量子計算機の実現を目指す。



実験の模式図

固浸レンズ一体型超高真空ガラスセルの 開発に成功!

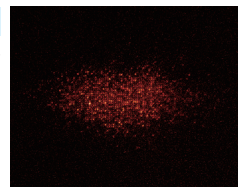
日本の光学メーカーと協力し、常識を超える超高真空セルを開発した。市場に普通に出回っている対物レンズを使用して原子を見ることができるように、固浸レンズとセルが特殊な技術で一体化している。達成された真空度は 1×10^{-11} Torr である!



固浸レンズ一体型超高真空セル

光格子中の原子が見える!

薄いシート状の原子集団に光格子を導入し、原子を基盤の目状にトラップし、それを蛍光顕微鏡によって撮影することに世界で初めて成功した!



光格子中の超低温 Yb 原子の蛍光顕微画像

2030 年の
応用展開

位相ホログラムによって、三角格子、蜂の巣格子、併進対称性をもたず回転対称性だけをもつポテンシャル、などを作れば、超固体の実現、グラフェンのシミュレーション、準結晶

の物理の探索など、幅広い物性研究、材料研究を展開することが可能となる。量子計算以外に、新規材料探索の道が切り開かれるだろう。