

「量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出」

平成15年度採択研究代表者

清水 富士夫

(NTT物性科学基礎研究所 リサーチプロフェッサー)

「中性原子を使った量子演算システムの開発」

1. 研究実施の概要

工学的に意味のある量子情報処理システムができるかどうかは、一般的な量子演算回路の可能性、および量子光伝送路との結合の可能性にかかっている。種々の方式の中で、中性原子は最も有望なものの一つであることは明らかである。それにもかかわらず、NMRやイオンを使った量子演算に後れをとっている理由は、中性原子をアトムチップ上に固定した場合の非弾性衝突過程の問題、個々の原子を任意の場所に固定することの難しさ、単一原子検出の困難、2原子間相互作用を位相のオーダーで制御することの難しさ、などいくつかの基本的な問題を解決する必要があるためである。現在、これらの問題に対する最良の解決方法は確定していないため、我々が持っているレーザー冷却技術およびボーズ凝縮技術などに対する経験と資産、研究遂行のために我々が現在持っている人的資源の許す範囲でできる限り広い範囲の試みをするべきと考える。取り扱う原子種でいえば、NTTおよび東大のルビジウム、電通大のルビジウムとネオン、熊本大のナトリウムが対象になる。また、量子情報演算の初期状態を作るためにはボーズ凝縮体から始めるのが最もよいと考えられる。ルビジウム原子のボーズ凝縮はNTT、東大、電通大で2年以上の経験があり、15年度は量子演算素子開発の目的にあったボーズ凝縮体を作ることに大部分の努力が向けられた。また、磁気光学トラップ中の古典的な極低温ルビジウム原子気体を使ってコヒーレント光とのカップリング、1 qubit演算の基礎的なテストなども行った。さらに、量子情報処理演算に最適な方法について、2重光格子を用いた具体的な理論的検討を行った。

2. 研究実施体制

NTT-電通大グループ

- ① 研究分担グループ長：清水 富士夫 (NTT物性基礎研、リサーチプロフェッサー)
- ② 研究項目：アルカリ金属および希ガス原子を使った量子演算システムの開発。
 - (1) 超電導原子チップの製作とその特性の研究
 - (2) 2 qubit演算のための原子-原子相互作用の研究
 - (3) 原子ローディングおよび運動制御の研究
 - (4) 原

子チップを用いた量子演算素子の開発（5）光格子を用いた量子演算回路の開発

東大駒場グループ

- ① 研究分担グループ長：久我 隆宏（東京大学大学院総合文化研究科、教授）
- ② 研究項目：原子ボーズ凝縮体と光双極子ポテンシャルを使った原子量子回路の開発。（1）エバネッセント波による冷却原子の運動制御（2）光微小共振器を使った原子-光-原子間のコヒーレント相互作用による量子情報処理（3）光双極子力ポテンシャルを空間位相変調器により実時間で変形させることによる冷却原子の運動制御

熊本大グループ

- ① 研究分担グループ長：光永 正治（熊本大学理学部、教授）
- ② 研究項目：ナトリウム原子を用いた量子干渉効果に基づく量子メモリーの研究。
（1） Λ 型3準位系を2光波で励起することにより生じる量子干渉効果を用いた量子メモリー