

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 中性原子を使った 量子演算システムの開発

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)

研究代表者： 清水 富士夫 (電気通信大学 新世代レーザーセンター 共同研究員/日本電信電話株式会社 物性科学基礎研究所 客員教授)

主たる共同研究者：

光永 正治 (熊本大学大学院自然科学研究科 教授)

<Na 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>

久我 隆弘 (東京大学大学院総合文化研究科 教授)

<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>

中川 賢一 (電気通信大学レーザー新世代研究センター 准教授)

<アルカリ原子による量子回路>

3. 研究内容及び成果：

3-1. 研究課題全体の研究内容及び成果

このチームは、NTT、電通大、東大、熊本大からなる体制で、中性原子のノーマル状態やBEC状態を使った多彩な研究を展開した。研究代表者は原子分光の分野で優れた業績を上げてきたベテランであったが、各グループの自立性を尊重しながら、同時に人材育成にも深い配慮をして来た。研究代表者自身が最も困難で挑戦的なテーマに取り組んだ事実は見逃せない。チームの成果の中でも、NTTグループと電通大グループの研究成果は特に優れたものであった。

3-2. NTTグループ(清水富士夫)の研究内容

このグループは、少人数ながら超伝導永久電流を用いて中性原子を閉じ込めるアトムチップの開発を目指し、見事にこれに成功した。雑音の小さな超伝導永久電流で閉じ込められた冷却原子は、量子情報処理におけるバッファメモリ素子、高感度磁気センサーなどへの応用が今後期待される技術である。一方、超伝導アトムチップにおけるBECの達成に関しては、ENSのHarocheのグループが昨年これに成功し、このテーマでの研究は今後、競争の激化が予想される。

3-3. 熊本大グループ(光永正治)の研究内容

このグループは、量子メモリ素子の開発を目指して、Naの原子気体を用いた非線形光学実験の精度の向上とより深い現象の理解に努めた。特に、電磁誘導透過現象の様々な制御技術の開発と量子相関の解明に貢献した。

3-4. 東大グループ(久我隆弘)の研究内容

このグループは、中性原子のBEC凝縮体と光双極子ポテンシャルを用いて様々な量子回路素子を実現することを目指した。特に、光ファイバー端面を加工した微小共振器やSiフォトニック結晶を用いた原子のCavity QEDシステムの開発に熱心に取り組んだ。また、原子BEC凝縮体への情報の書き込み、読み出し技術の開発に取り組んだ。

3-5. 電通大グループ(中川賢一)の研究内容

このグループの成果の内最も重要なものの一つは、原子チップ上でのBECの高速生成というユニークな技術を確立したことである。また、中性原子BEC凝縮体を用いた原子干渉計の開発、特に位相安定化技術においても優れた成果を上げた。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)

このチームからの発表論文数は2件(国内)、27件(国際)、招待講演数は5件(国内)、7件(国際)、特許出願数は7件であった。

主な論文を以下にリストアップする。

1. Hilmar Oberst, Dimitrii Kouznetsov, Kazuko Shimizu, Jun-ichi Fujita and Fujio Shimizu, “Fresnel diffraction mirror for an atomic wave”, Phys. Rev. Lett. 94, 013203 (2005).
2. Y. Yoshikawa, Y. Torii, and T. Kuga, “Superradiant Light Scattering from Thermal Atomic Vapors”, Phys. Rev. Lett. 94, 083602 (2005).
3. T. Mukai, C. Hufnagel, A. Kasper, T. Meno, A. Tsukada, K. Semba, and F. Shimizu, “Persistent Supercurrent Atom Chip”, Phys. Rev. Lett. 98, 260407 (2007).
4. Mark Sadgrove, Munekazu Horikoshi, Tetsuo Sekimura, and Ken'ichi Nakagawa, “Rectified momentum transport for a kicked Bose-Einstein condensate”, Phys. Rev. Lett. 99, 043002 (2007).
5. Munekazu Horikoshi and Ken'ichi Nakagawa, “Suppression of dephasing due to a trapping potential and atom-atom interactions in a trapped-condensate interferometer”, Phys. Rev. Lett. 99, 180401 (2007).
6. Yutaka Yoshikawa, Kazuyuki Nakayama, Yoshio Torii, Takahiro Kuga, “Holographic storage of multiple coherence gratings in a Bose-Einstein condensate”, Phys. Rev. Lett., 99(22), 220407 (2007) .
7. Mark Sadgrove, Sanjay Kumar, and Ken'ichi Nakagawa, “Enhanced factoring with a Bose-Einstein condensate”, Phys. Rev. Lett. 101, 180502(2008).

文献3は超伝導永久電流を用いて冷却原子を固体回路上に閉じ込めることに成功したものである。文献5は、原子BECを用いた干渉計のデコヒーレンス過程の抑圧法の提案と実証実験を示したものである。文献6は原子BECへの情報のコヒーレントな書き込みに関するものである。

4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

このチームの研究テーマは、量子情報処理の分野で最も将来が有望視されている領域の一つである。特にアトムチップの技術は、それ自体の応用もさることながら、固体量子情報処理系のバッファメモリとして固体-原子ハイブリッドシステムの開発の中核となる技術と考えられる。NTTや電通大の研究が今後この方向へ発展していくことが楽しみである。東大グループが取り組んだトラップ原子のCavity QEDシステムは、難しい技術であるが、成功した際のインパクトは大きいテーマである。

今後の発展に期待したい。

4-3. その他の特記事項(受賞歴など)

受賞 なし

以上