

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18201018

研究課題名 (和文) 超伝導人工原子を用いた量子物理

研究課題名 (英文) Quantum Physics using Superconducting Artificial Atoms

研究代表者 仙場 浩一 (SEMBA KOUICHI)

NTT 物性科学基礎研究所 量子電子物性研究部 主幹研究員

研究者番号：50393773

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノ構造科学

キーワード：量子情報

1. 研究計画の概要

超伝導人工原子を用いることにより通常の原子を用いた量子光学実験では到達不可能な条件下での量子物理実験の実施、および超伝導人工原子技術をナノメカニクス加工技術と組み合わせることにより、量子レベルでのナノ構造体の振動量子 検出・制御 や、新たな量子情報担体の可能性を追求すること。

2. 研究の進捗状況

【A: 超伝導人工原子を用いた量子物理】(1)緩和時間の精密測定より、コヒーレンス時間を決める最大の要因はエネルギー緩和(人工原子からの光子の誘導放出)であることが判明した④。この知見をもとに、測定系の高周波ノイズを削減し、コヒーレンス時間を約 30 倍の $3\mu\text{s}$ まで伸ばすことに成功した。(2)非古典的な光子状態生成(数状態生成を目指して):真空ラビ実験②のパルス列をコヒーレンス時間内に複数回用いることによって、超伝導人工原子から LC 共振器へ光子を1個ずつ送り込む実験を行ない、LC 回路中にサブポアソン分布に従う非古典的な光子状態を生成することに成功した(投稿準備中)。(3)JBA 高速測定系の整備:超伝導伝送線路共振器と SQUID を用いたジョセフソン分岐増幅(JBA)現象を用いた読み出し動作の原理確認実験に成功した①。【B: 超伝導人工原子ナノメカ結合系】(1)超伝導人工原子ナノメカ結合系の調節可能な相互作用スキームおよび、超伝導磁束量子ビットの一边を両持ち梁構造にしたローレンツ相互作用による冷却スキームを提案した。(2)デルフト大との共同研究により、Nb 製 SQUID 回路の一边が両持ち梁構造の系で標準量子限界の 36 倍の微小変位振動検出に成功した③。(①～④):5. 代表的な研究成果記載の文献)

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

研究成果の公表という点で今後の仕事が残っているが2つの研究目的【A:超伝導人工原子を用いた量子物理】【B:超伝導ナノメカ結合系】双方とも当初の研究目的を概ね達成。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度は、研究課題【A:超伝導人工原子を用いた量子物理】に重点化し、複数の超伝導人工原子が強結合状態にあるマイクロ波光子を介してエンタングルした状態の操作の実現、ジョセフソン分岐増幅(JBA)測定を用いた重ね合わせ状態の射影測定、量子相関測定と量子非破壊測定の実現へ向けて研究リソースを傾注する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 14 件)

①K. Semba, J. Johansson, K. Kakuyanagi,H. Nakano, S. Saito, H. Tanaka and

H. Takayanagi, Quantum State Control, Entanglement, and Readout of the Josephson Persistent-Current Qubit, Quantum Information Processing, 有, 8, 2009,199-215

②仙場浩一、齋藤志郎、角柳孝輔、中ノ勇人、超電導回路で共振器量子電磁力学実験が可能に! ‘ジョセフソンCavity-QED’, 日本物理学会誌, 有, 1月号, 2009, 37-41

③S.Etaki, M.Poot, I.Mahboob, K.Onomitsu, H.Yamaguchi, and H. S. van der Zant, Motion detection of a micromechanical resonator

embedded in a dc-SQUID, Nature Physics, 有, 4, 2008, 785-788

④ K.Kakuyanagi, T.Meno, S.Saito, H.Nakano, K.Semba, H.Takayanagi, F.Deppe, A.Shnirman, Dephasing of a Superconducting Flux Qubit, Physical Review Letters, 有, 98, 2007, 047004

[学会発表] (計 33 件)

① K.Semba, Quantum control of the flux qubit coupled to microwave photon system. Int. Conference on Solid State Quantum Information, 2008.12.3-6, SNS-Pisa, Italy. (Invited talk).

[図書] (計 1 件)

著者名: F. Wilhelm and K. Semba

出版者名: World Scientific Pub Co Inc., New Jersey, 2006 ISBN981-256-473-X.

書名: Physical Realizations of Quantum Computing

発行年: 2006

ページ数: pp. 38-107

[産業財産権]

○ 出願状況 (計 2 件)

名称: 特許「素子状態読み出し装置、方法、および透過型ジョセフソン共振回路」

発明者: 角柳孝輔, 仙場浩一

権利者: 日本電信電話株式会社

種類: 特願

番号: 2007-212733

出願年月日: H19 年 8 月 17 日

国内外の別: 国内

○ 取得状況 (計 3 件)

名称: 素子状態読み出し装置、方法、および透過型ジョセフソン共振回路

発明者: 角柳孝輔, 仙場浩一

権利者: 日本電信電話株式会社

種類: 特開 2009-49631

番号: P2009-49631A

取得年月日: 平成 21 年 3 月 5 日

国内外の別: 国内