

平成 27 年度研究開発成果概要書

課 題 名 : 量子もつれ中継技術に関する研究開発

採 択 番 号 : 158 ウ 01

個別課題名 : 課題ウ 超伝導技術に基づく多ビット量子もつれ制御と光インターフェース 技術

副 題 : 量子中継ノードにおける量子演算回路と量子トランスデューサの研究開発

(1) 研究開発の目的

量子中継システム構成に必要とされる量子中継ノード上での量子もつれ制御および配信技術について、超伝導量子回路技術を核とした方式を開発し、基盤技術を確立する。また超伝導量子回路と光量子ネットワークとの接点となる量子トランスデューサの要素技術を実現する。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 27 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

国立大学法人東京大学<幹事者>、日本電信電話(株)、国立大学法人東京医科歯科大学、国立大学法人横浜国立大学

(4) 研究開発予算(契約額)

総額 176 百万円(平成 26 年度 31 百万円)

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題ウ-1 超伝導量子回路を用いた量子もつれ制御および配信技術の開発

ウ-1-1... 超伝導量子回路を用いたマイクロ波光子もつれ制御技術(東大)

ウ-1-2... 超伝導共振器を用いた量子ビット間もつれ制御技術(NTT)

ウ-1-3... 超伝導量子回路における量子もつれ制御理論(東京医歯大)

課題ウ-2 超伝導量子回路と異種量子メディア間の量子トランスデューサ技術の開発

ウ-2-1... マイクロ波-光量子トランスデューサ技術(東大)

ウ-2-2... 超伝導量子ビットとスピン集団の間の量子トランスデューサ技術(NTT)

ウ-2-3... エネルギースケールの異なる量子系間の量子トランスデューサ理論(東京医歯大)

ウ-2-4... スピンと超伝導量子ビットの間の量子メディア変換技術(横国大)

(6) これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	47	7
	その他研究発表	374	70
	プレスリリース・報道	23	15
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

- (1) 超伝導量子ビットと共振器とが分散的に結合した系において、波形整形されたマイクロ波単一光子のオンデマンド生成を実証した。また同様な系を用いて、マイクロ波伝搬光子の量子非破壊測定方式を提案・実証した。
- (2) 超伝導量子ビットに共振器が二つ結合した系を用いた、マイクロ波光子の連続モニタリングの理論を論文にまとめた。マイクロ波光子周波数量子ビットと超伝導量子ビットとの間で決定論的に動作する量子状態交換ゲートや最大量子もつれ生成ゲートを構成する方法を理論的に明らかにし、それを用いて複数の超伝導量子ビットの間に量子もつれを生成可能であることを示した。また、弱コヒーレント光パルスを用いて、マイクロ波光子と超伝導量子ビットとの間の量子状態交換を実証する方法を提案した。
- (3) 約 5000 個の磁束量子ビットと結合した超伝導共振器のマイクロ波透過測定を行い、透過スペクトルの外部磁場依存性に量子ビットとの結合を示唆する共鳴周波数のシフトを観測、シミュレーションによる再現に成功した。
- (4) 超伝導・ダイヤモンドハイブリッド系の真空ラビ振動を観測し、磁場を印加することで、ハイブリッド系の寿命が延びることを示した。
- (5) 新しい量子メモリ候補としての Er:YSO 結晶中の電子スピン集団に対して、超伝導量子干渉計(SQUID)を用いて電子スピン偏極の測定に成功した。ダイヤモンド中の NV スピン集団に対しては、SQUID を用いた電子スピン共鳴の測定に成功した。
- (6) 量子トランスデューサ技術へ向けたもうひとつの候補として、SiNx 薄膜を用いたナノメカニカル素子の実験を行った。SiNx 薄膜をマイクロ波共振器と結合した系で、エレクトロメカニクス系を構築した。希釈冷凍機中でのマイクロ波のサイドバンド冷却実験において、薄膜の固有振動モードの平均フォノン占有数を 1 以下まで下げること成功した。さらに、パラメトリック駆動によりマイクロ波共振器モードと機械振動モードの間の強結合を実現し、また、SiNx 薄膜中の2つの固有振動モード間のパラメトリック制御を実証した。
- (7) マイクロ波光子とダイヤモンド中の NV 中心の持つ単一電子/核スピンとの間でコヒーレントな結合を実現し、単一光子から単一核スピンへの量子メディア変換を実証した。結合効率が低くても決定論的な量子メディア変換ができるよう量子テレポーテーションの原理を利用した。超伝導量子回路と整合性の高いマイクロ波によるデジタルコヒーレント幾何学量子制御技術を開発した。