

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間

- ◆課題名 : 量子もつれ中継技術の研究開発
- ◆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イス技術
- ◆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سدューサの研究開発
- ◆実施機関 : 東京大学・日本電信電話株式会社・東京医科歯科大学・横浜国立大学
- ◆研究開発期間 : 平成23年9月～平成28年3月 (5年間)

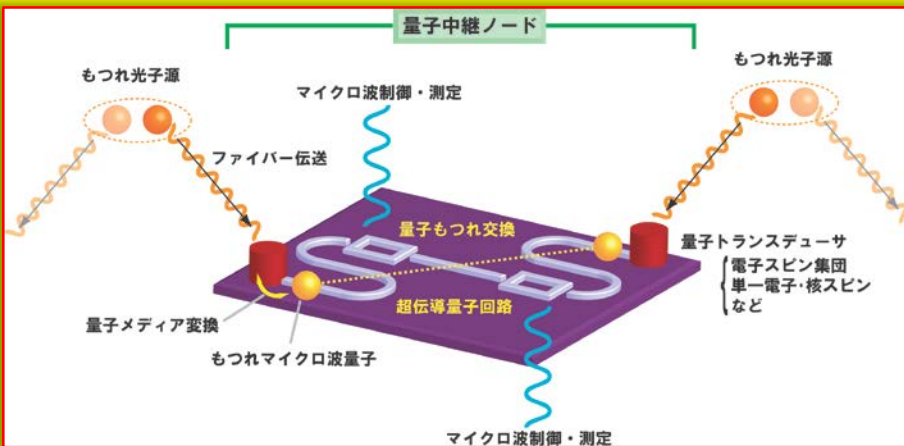
2. 研究開発の目標

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、基盤技術を確認する。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。

3. 研究開発の成果

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

- A 超伝導量子ビットもつれ制御技術
- B 超伝導量子回路上のマイクロ波光子制御・観測技術



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

- C 固体中の集団励起を用いた量子インターフェイス技術
- D 固体中の単一スピンをを用いた量子インターフェイス技術

研究開発成果:A 超伝導量子ビットもつれ制御技術

超伝導量子回路を利用した量子中継ノード上で必要となる量子演算を実行するために、超伝導量子ビット間のもつれを制御することが不可欠。

- 要素技術として、マイクロ波共振器を介した超伝導量子ビット間の量子もつれゲートを実現した。また集積化に適した独自の量子もつれゲート実装方式を考案した。
- 超伝導量子ビットゲートの高精度化を図り、1ビットゲートでは99.9%超の忠実度を実現した。
- 超伝導パラメトリック発振回路を用いた高速高効率な量子ビット読み出し方式の世界初の開発。

研究開発成果:B 超伝導量子回路上のマイクロ波光子制御・観測技術

超伝導回路上の伝搬モードマイクロ波光子の制御・観測技術が未発達。

- 本研究開発では、人工Λ型3準位系を利用したマイクロ波単一光子検出器を提案し、高速動作可能(繰り返し>1 MHz)な高効率(量子効率66%)単一光子検出器を世界に先駆けて実証。
- 伝搬マイクロ波単一光子の生成技術・非破壊測定および量子ビットとの間の量子ゲートも開発。

研究開発成果:C 固体中の集団励起を用いた量子インターフェイス技術

マイクロ波帯で動作する超伝導量子回路と光量子通信ネットワークの融合には、エネルギーの違いを乗り越えて量子情報を媒介する量子インターフェイスが不可欠。

- 本研究開発では、超伝導量子ビットと強磁性体中のマグノン励起のコヒーレントな結合を世界で初めて実証。さらに量子ビットの状態をマグノンの状態へ転写することにも成功。
- マグノンの自由度を介したマイクロ波-光の古典的コヒーレント信号変換にも成功。
- 超伝導共振器モードを介したナノメカニカル素子複数モード強結合を世界で初めて実証。
- 超伝導量子ビットと結合したダイヤモンドNV中心集団を用いた量子メモリの実現。

研究開発成果:D 固体中の単一スピンをを用いた量子インターフェイス技術

量子インターフェイスにおいては伝令つき情報転写による忠実度の確保が重要。

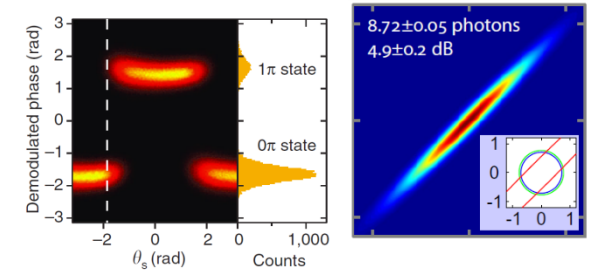
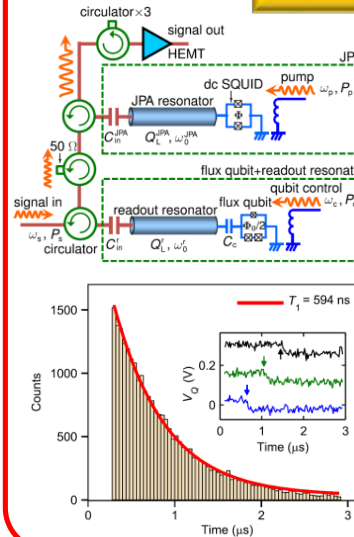
- 本研究開発では、基盤技術として、NV中心のV型3準位系としての性質を利用した、マイクロ波・光両領域における幾何学的量子ビットゲートを世界で初めて実証。さらにこれを用いて、
- 電子スピン・核スピンとマイクロ波・光の間で、量子テレポーテーションに基づいた量子状態転写を世界で初めて実証。

研究開発成果:A
超伝導量子ビットもつれ制御技術

出版準備中

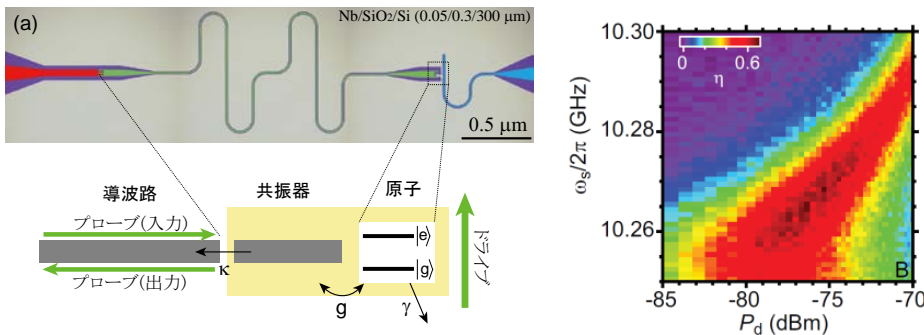
- 超伝導量子ビットの高精度(99.9%)1ビットゲート、量子もつれゲート実現
- 集積化に適した新規量子もつれゲート実装方式考案

研究開発成果:A
超伝導量子ビットもつれ制御技術



- ジョセフソンパラメトリック増幅器(JPA)・発振器を用いた量子ビットの高速(<100 ns) 高効率(>90%)非破壊読み出し実証
- JPAを用いた低雑音電磁場揺らぎ計測実現
- JPAを用いたマイクロ波スクイズド状態の生成

研究開発成果:B
超伝導量子回路上のマイクロ波光子制御・観測技術



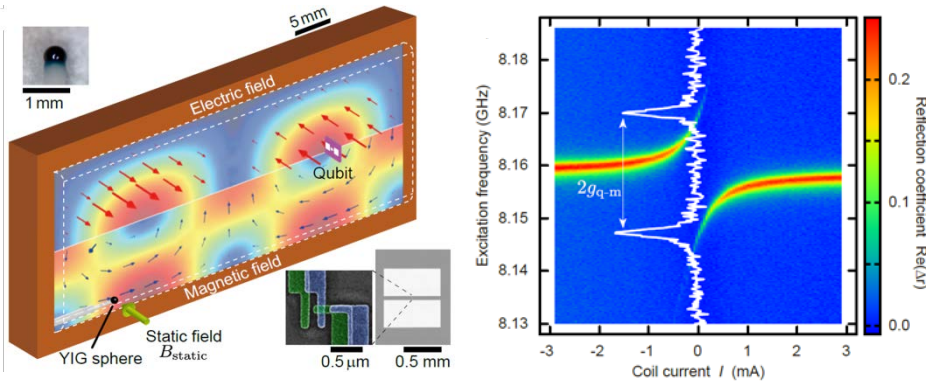
- 駆動された超伝導量子ビットと超伝導共振器からなる人工Λ型3準位系を用いた、マイクロ波単一光子検出器の提案と実証(量子効率66%)
- 高速リセット動作による高繰り返し(>1 MHz)時間ゲート動作
- 連続測定方式も提案

研究開発成果:B
超伝導量子回路上のマイクロ波光子制御・観測技術

出版準備中

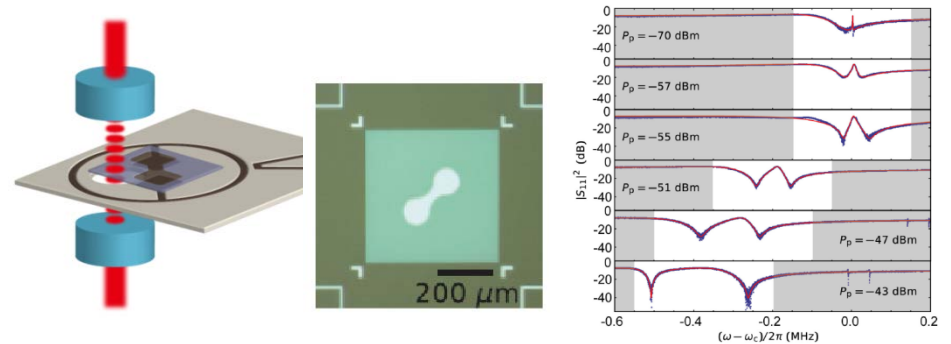
- 超伝導共振器中の量子ビットを用いた、伝搬モード上のマイクロ波単一光子非破壊測定方式の提案と実証
- 伝搬光子と量子ビットのもつれ制御も可能

研究開発成果:C 固体中の集団励起を用いた量子インターフェイス技術



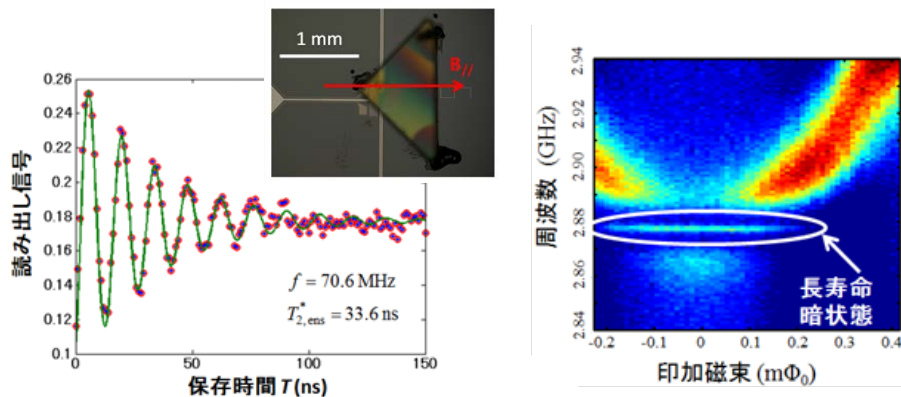
- マイクロ波共振器を介した、強磁性体中のマグノン励起と超伝導量子ビットのコヒーレント結合とそれを用いた状態転写の実現
- マグノン励起を介したマイクロ波-光の双方向コヒーレント変換の実証

研究開発成果:C 固体中の集団励起を用いた量子インターフェイス技術



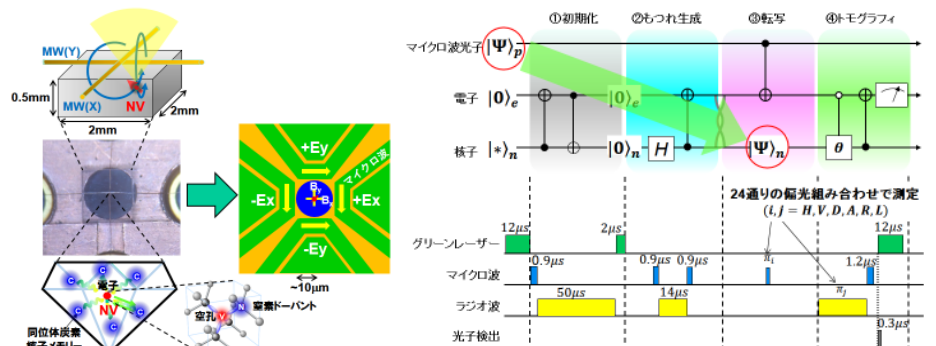
- 窒化シリコン薄膜を用いたオプトエレクトロメカニカル素子を構築し、マイクロ波共振器と機械振動子の強結合および機械振動モードの基底状態付近への冷却を実現
- マイクロ波共振器を介した機械振動モード間の強結合制御の実現

研究開発成果:C 固体中の集団励起を用いた量子インターフェイス技術



- 超伝導量子ビットと結合したダイヤモンドNV中心集団を用いた量子メモリの実現
- 量子ビットと結合したNV中心集団における長寿命暗状態の発見

研究開発成果:D 固体中の単スピンを用いた量子インターフェイス技術



- NV中心のV型3準位系としての性質を利用した、マイクロ波・光両領域における幾何学的量子ビットゲートの実証
- 電子スピン・核スピンとマイクロ波・光の間で、量子テレポーテーションに基づいた量子状態転写の実証

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
量子もつれ中継技術の 研究開発	0 (0)	0 (0)	55 (5)	380 (95)	28 (7)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。