

超伝導回路を使った量子情報処理



概要

将来の情報システムを変革する量子情報処理の実現に向け、窒化物超伝導回路を用いた新型量子ビット、最適量子回路探索法、量子ビットと複数電磁場モードとの深強結合系等の研究開発を行っています。

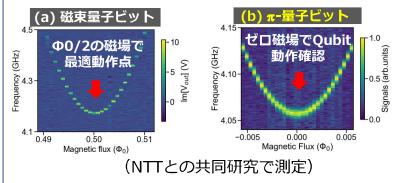
π接合を持つ窒化物超伝導量子ビットの開発



● 作製した量子ビット構造

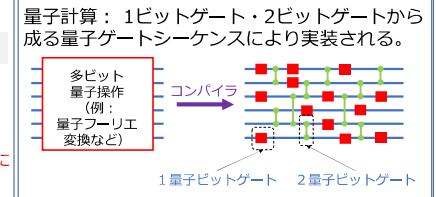


● 量子ビットのエネルギー分光測定



→ π接合によりゼロ磁場で動作する
窒化物磁束量子ビット作製に成功

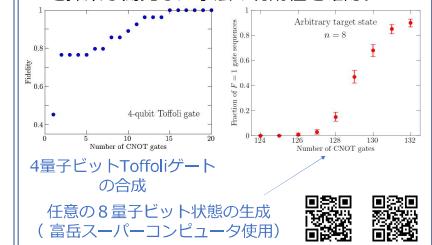
量子ゲートシーケンスの探索



- 背景：考えられる量子ゲートシーケンス数は、量子ビット数に対して指数関数的に増加する。すべてのシーケンスを考慮する場合、わずか6量子ビットにおいて宇宙年齢以上の時間がかかるってしまう。

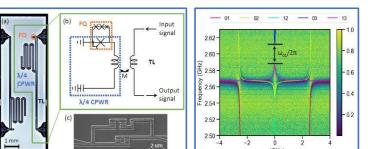
→ 最適量子ゲートシーケンスを効率的に見つける方法を開発 → 計算時間を大幅に短縮

- 複数量子ビットのゲート合成と任意の量子状態生成について、最適ゲートシーケンスを探索し開発した手法の有効性を確認。



量子ビットと複数電磁場モードとの深強結合研究

- 量子ビット（人工原子）と共振器中の複数モード（光子）との非常に強く結合した系を作製し、周波数スペクトルを測定



- 量子ビット周波数（結合なし）: $\Delta_0/2n = 730 \text{ MHz}$
全共振器モードにより縮小した量子ビット周波数: $\omega_{\text{q}}/2\pi = 26 \text{ MHz}$

→ 量子ビット周波数の大きなシフト (Lambシフト) を発見: 96.5 %
(Lambシフト: 原子と電磁場の零点振動との結合により生じる周波数シフト)

- 理論的計算により、量子ビットと共振器高次モード間の結合強度には、下記のような特徴があることを明らかにした。

$$\omega_n \ll \omega_{\text{cf}}: g_n \propto \sqrt{n} g_0, g_n \propto L_c$$

$$\omega_n \gg \omega_{\text{cf}}: g_n \propto \frac{1}{\sqrt{n}} g_0, g_n \text{ は } L_c \text{ と独立}$$

→ 実験での検証、高次のモード応用の検討へ

特徴

- 窒化物等を用いた新しい量子ビット
- 量子アルゴリズムの実装を最適化する新しい方法
- 量子ビットと複数電磁場モードとの深強結合

ユースケース

- 集積化に適した量子ビット
- 量子操作を実現する最小ステップ数量子ゲートシーケンスの効率的な探索
(量子コンピュータのコンパイラ)
- 量子ビットと電磁場との非常に強い結合 (Lambシフト: 96.5 %) を応用した、マイクロ波光子の非破壊個数検出や高次量子過程の効率的な制御

今後の展開

- 大規模超伝導量子コンピュータ
- 最適量子計算への機械学習の応用
- 光子周波数や電磁場モード間の高効率変換

お問い合わせ先

未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 仙場 浩一
Mail : semba@nict.go.jp

NICT オープンハウス 2024

Copyright © 2024 NICT All Rights Reserved.