

# 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等の研究開発を行っています。

### 窒化物超伝導量子ビットの開発

#### アルミ量子ビット

**課題:**

- 超伝導臨界温度  $T_c \sim 1$  K
- アモルファス酸化膜  $\text{AlO}_x$  に生じる2準位系 (TLS) のデコヒーレンス源としての懸念

**メリット:**

- 超伝導  $T_c \sim 16$  K
- Epitaxial成長 → 比較的少ないTLS
- 半導体集積回路技術との整合性大、
- 将来的に大規模集積化・量産化可能

納め蒸着法によるアルミ (Al) のジョセフソン接合 (JJ)

(Source: IBM)

窒化物Transmon (東大野口研との共同研究)

エピタキシャル成長による窒化物ジョセフソン接合

[Z. Wang et al., APL (2013)]

結晶成長させた窒化物超伝導量子ビットのコヒーレンス時間向上 [Paper in preparation (2026)]

#### 全窒化物量子ビット

窒化物Transmon (東大野口研との共同研究)

エピタキシャル成長による窒化物ジョセフソン接合

[Z. Wang et al., APL (2013)]

結晶成長させた窒化物超伝導量子ビットのコヒーレンス時間向上 [Paper in preparation (2026)]

#### $\pi$ 量子ビット

(東北大学, NTTとの共同研究)

超伝導体(S)  $\pi$ -接合 ジョセフソン接合(JJ)  $\pi$ -磁束量子ビット

強磁性体(F)  $\Psi(x)$

S/F/S接合 ( $\pi$ -接合) では、左右の超伝導体の波動関数 $\Psi$ に180度( $\pi$ )の位相差がつく。

磁束量子ビット

$\Phi_0/2$ の磁場で最適動作点

$\pi$ -磁束量子ビット [Commun. Mater. 5, 21 (2024)]

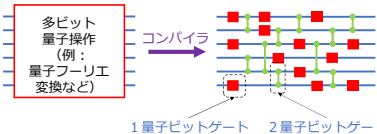
ゼロ磁場で最適動作点

■ 磁束量子ビットのゼロ磁場で最適動作に成功 → 外部磁束バイアス不要、配線の大幅な簡略化

### 量子ゲートシーケンスの探索

量子計算: 1量子ビットゲート・2量子ビットゲートの組合せにより実装される (量子ゲートシーケンス)

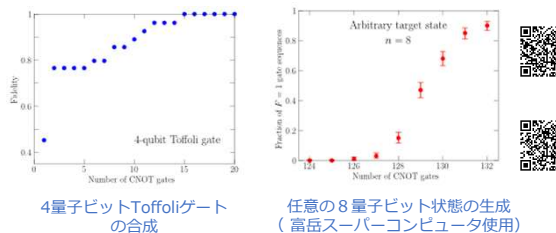
Phys. Rev. A 109, 052605 (2024)



- 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。



## 特徴

- 窒化物等を用いた新しい超伝導量子ビット
- 量子ゲートシーケンス探索により、量子アルゴリズムの実装を最適化する新しい方法を提案

## ユースケース

- 集積化に適した量子ビット
- 大規模超伝導量子回路 (含: 量子コンピュータ)
- 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)

## 今後の展開

- 従来技術 (アルミ量子ビット回路) との差別化
- 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

【お問合せ先】

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 寺井 弘高  
Mail : terai@nict.go.jp

NICTオープンハウス2026

Copyright © 2026 NICT All Rights Reserved.