

量子ビット読み出しのためのトンネルダイオードを 利用したマイクロ波発信装置

沖縄科学技術大学院大学 量子ダイナミクスユニット
ポスドク研究員 川上 恵里加



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY

沖縄科学技術大学院大学

研究背景

量子コンピュータ

- 量子ビットを利用することで、既存のコンピューターが苦手とする複雑な問題を処理することが可能

※従来のビットは、ONかOFFのどちらかの状態をとるのに対し、量子ビットは同時に複数の状態をとりうる

人類の情報技術の歴史



© Deutsche Fotothek

活版印刷



© Alessandro Nassiri

現在のコンピュータ



インターネット



量子コンピュータ

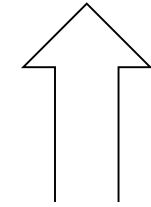
量子コンピュータ実用化への課題

量子

コンピュータの実用化

処理可能量子ビット数

多数



処理可能な量子ビット数を大幅に増加させる技術開発が必要



少数

第4段階：誤り訂正論理量子ビットを1000以上実現
(17000物理量子ビットが必要)

第3段階：論理量子ビットでの量子制御の実現

第2段階：量子誤り訂正の実現(物理的量子ビット~100個)

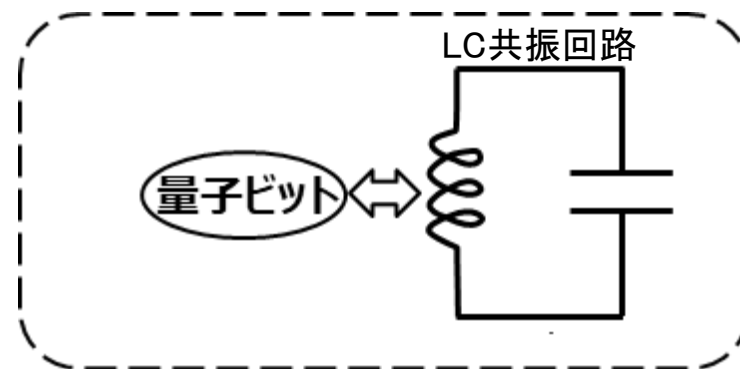
第1段階：物理的量子ビットでの量子制御の実現

現在

従来の量子ビット読み出しの原理

入力 (マイクロ波):
 $A \sin(2\pi f t)$

出力(マイクロ波):
 $A' \sin(2\pi f t)$



量子ビット状態により
出力振幅が異なる

$$A' = A_0 \text{ ならば } |0\rangle$$

$$A' = A_1 \text{ ならば } |1\rangle$$

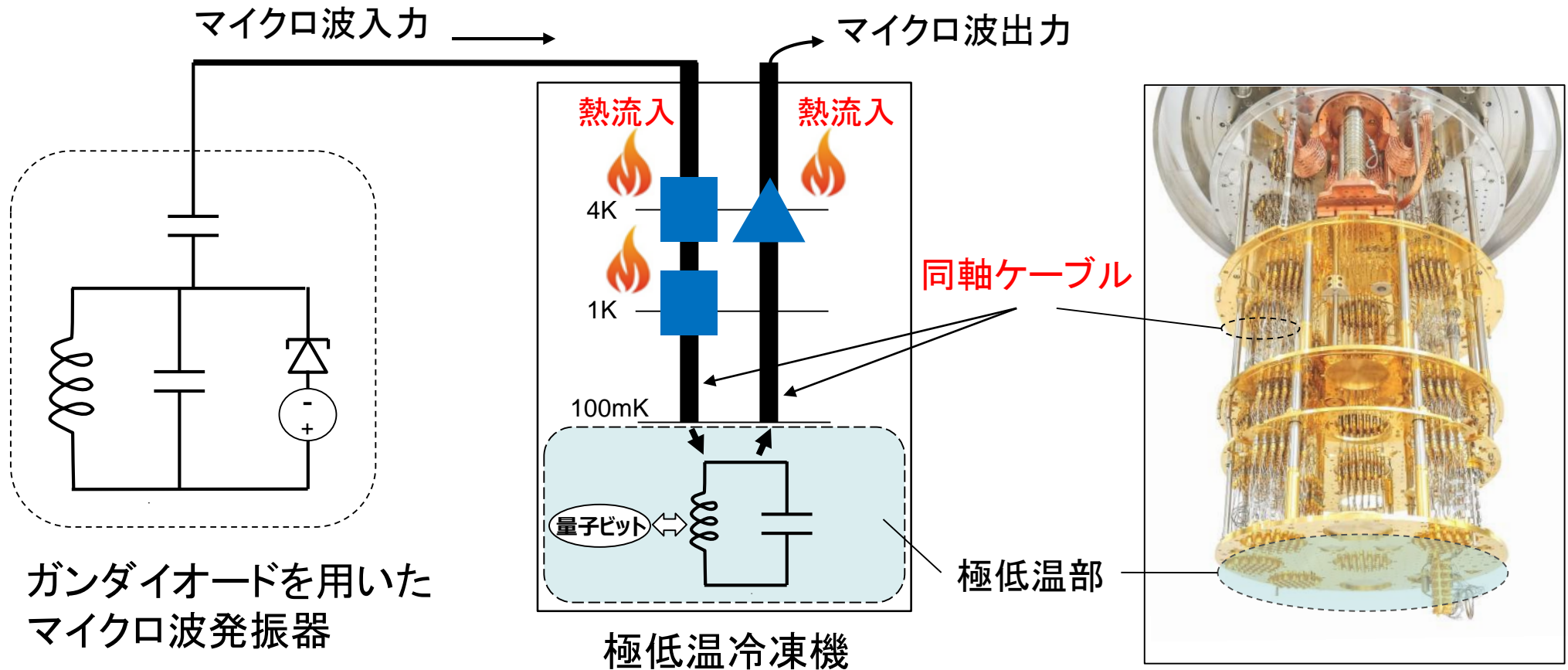
量子ビットとLC共振回路をカップリング

* 量子ビットの状態を維持するには極低温下に置かなければならない

従来の量子ビット読み出しとその問題点

室温のマイクロ波発振器と極低温の量子ビットを同軸ケーブルでつながなければならない

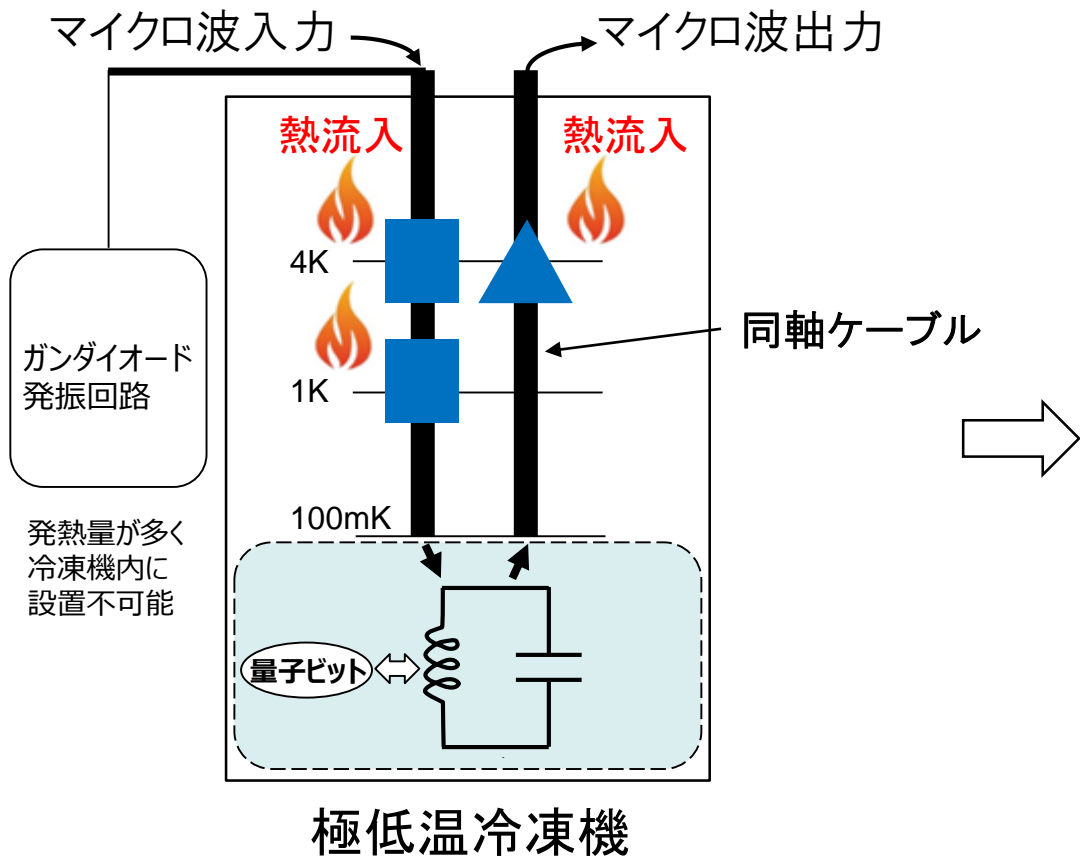
→同軸ケーブルによる熱流入と同軸ケーブルの配線スペースが多量子ビット化の障害



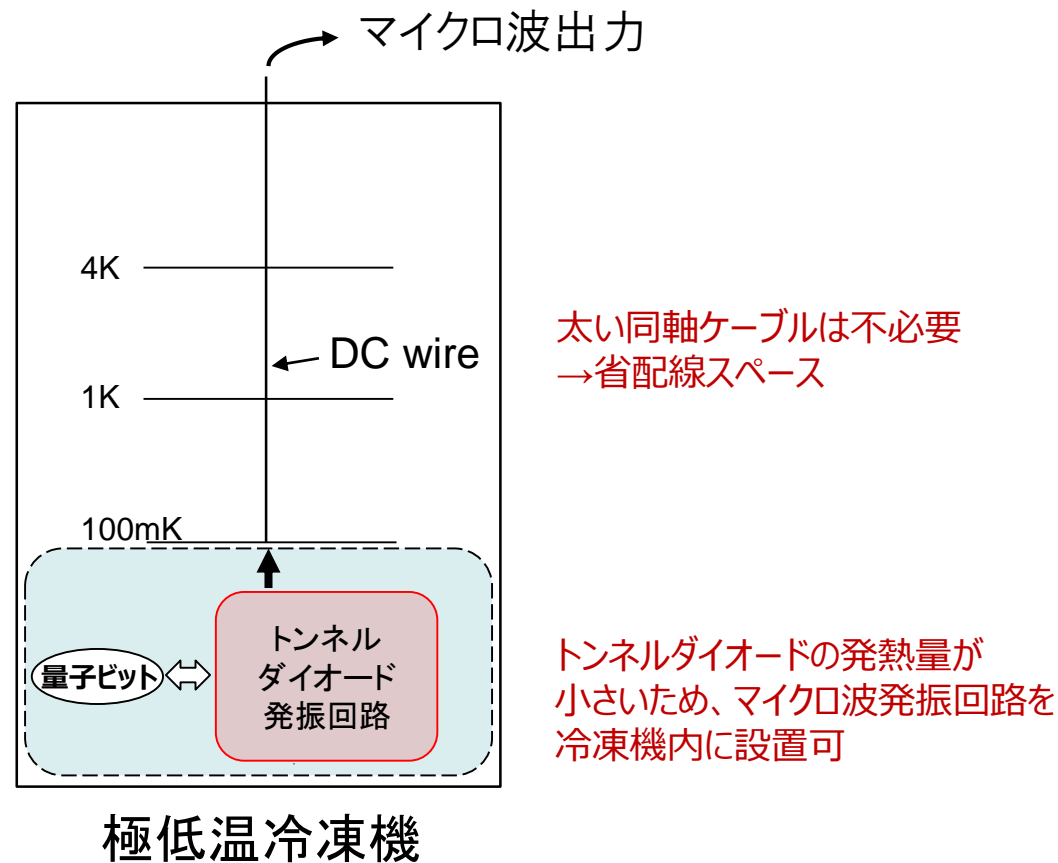
写真：BlueforsのHPより引用
<https://bluefors.com/seekers-video-on-universal-quantum-computer/>

トンネルダイオードを用いたマイクロ波発振回路による 量子ビット読み出し

従来技術



本技術



トンネルダイオードを用いたマイクロ波発振回路による 量子ビット読み出し

従来技術



1 cable

☹️ 量子ビット数を増やす
のが困難

本技術



>20 cables inside

☺️ 量子ビットを増やすの
に適している

写真: Delft circuit HPより引用
<https://delft-circuits.com/product-overview/>

実用化に向けた課題

- 市販されているもので最も発熱量の低いトンネルダイオード（BD-6）を用いて、マイクロ波発振装置を作り、低温(50 mK)~室温での動作を確認
- 量子ビットの読み出しに使えるか（周波数の安定性、ノイズレベルなど） 検証中

作製回路の一例



トンネルダイオード

企業への期待

1. **トンネルダイオード製造技術を持つ企業との共同研究**
 - さらに**キャパシタンスが小さく、発熱量が小さい**トンネルダイオードを製造出来る企業を探している
2. **マイクロ波発振器開発技術を持つ企業との共同研究**
 - 発振回路の周波数安定性、外部ノイズの除去について協力いただきたい

また、量子コンピューター分野への展開を考えている企業には、量子コンピューターへの応用を目的とした低温動作可能なマイクロ波発振器を開発すれば、新たな市場を開拓することが可能である。

特許

Patent

- 発明の名称 : トンネルダイオードを使った量子ビット読み出し
原題「Qubit State Readout Using Tunnel Diodes」
- 出願番号 : 米国仮出願 62/947,313
- 出願人 : 沖縄科学技術大学院大学 (単独)
- 発明者 : 川上 恵里加 (ポスドク研究員)
デニス・コンスタンチノフ Denis Konstantinov (教授)

お問い合わせ先

Contact

沖縄科学技術大学院大学 (OIST)
技術移転セクション

TEL : 098-966-8937
FAX : 098-982-3424
E-mail : tls@oist.jp



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
沖縄科学技術大学院大学