

量子アニーリングにおける単位格子間接続用量子ビットの動作検討

Investigation of the Connection Qubit for the Superconducting Circuit in the Quantum Annealing

産総研¹, 横浜国大² ○才田大輔¹, 日高睦夫¹, 牧瀬圭正¹, 平山文紀¹, 山梨裕希²

AIST.¹, YNU², °D. Saida¹, M. Hidaka¹, K. Makise¹, F. Hirayama¹, and Y. Yamanashi²,

E-mail: saida.daisuke@aist.go.jp

我々は、超伝導磁束量子ビットを用いて、アプリケーションに応じた量子アニーリング回路とその 2.5 次元実装技術について研究開発をしている[1-3]. この手法の特徴は、問題ハミルトニアンをそのまま回路へ実装することによって高い計算精度で解を得ることができるという点である. これまでに、回路を拡張する際の元となる単位格子の動作を実証してきた[1,3]. この技術を応用して拡張性のある量子アニーリング回路を実現するためには、エラーが発生しないように単位格子間を接続する必要がある. 従来の可変結合器による接続では、単位格子間を接続する際の距離の制約とエラー発生の方において課題があった. 可変結合器では自己インダクタンスの大きさによって結合階調が律速されるため、単位格子間を量子ビットで接続する方法を検討し、シミュレーションと 10 mK の実験を行った.

Figure 1(a)は、単位格子間を接続するための Connection Qubit (CQ)の動作を模擬する 3 量子ビットのデモ回路である. エラーが発生しない CQ の設計条件を回路シミュレーションで検討した. 超伝導配線を 4 層有する Nb/AlOx/Nb のジョセフソン接合のプロセス($J_c = 1 \mu\text{A}/\mu\text{m}^2$)を利用して、同回路構成の素子を CRAVITY で作製した. Figure 1(b)は、3 量子ビットの系を試作し、10 mK で状態 1 を連続的に発生させる動作を行った時の実験結果である. CQ を介して、量子ビット間でエラーを起こすことなく同じ状態が実現されていることを確認した.

References [1] D. Saida et al., IEEE Trans. Quant. Eng., 2 (2021) 3103508. [2] 才田大輔他, 秋季応物, 13a-S101-4 (2021), [3] 才田大輔他, 秋季応物, 13a-S101-5 (2021).

謝辞 この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである. 本研究費の一部は、NEC 冠ラボの協力を得て行われた. 本研究に使用されたデバイスは、(国研)産業技術総合研究所の超伝導クリーンルーム CRAVITY において作製された.

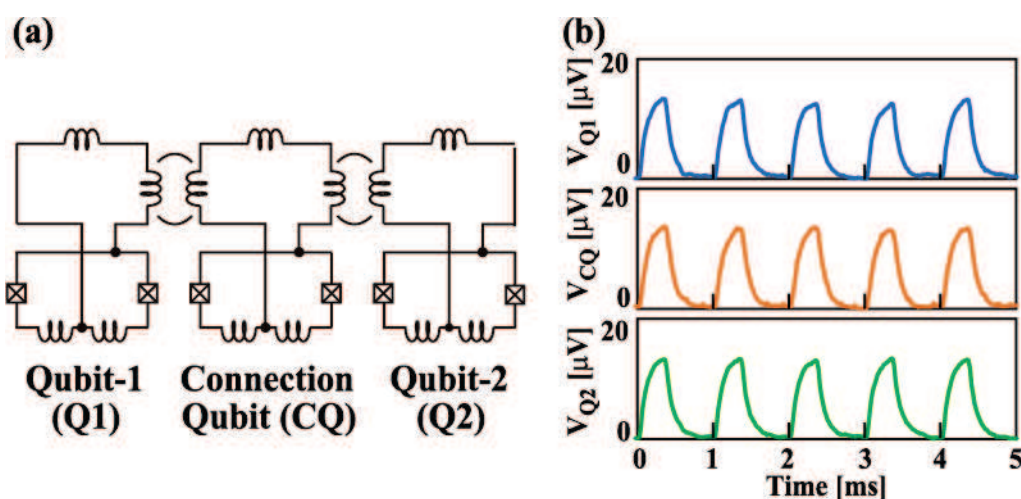


Figure 1(a)単位格子間を接続するための Connection Qubit (CQ)の動作を模擬する 3 量子ビットのデモ回路. Qubit-1 と Qubit-2 は同じ状態をとる. (b)Qubit-1 の状態が Qubit-2 に現れるかを確認した 10 mK での実験結果. V_{Q1} , V_{CQ} , V_{Q2} は、各々、Qubit-1, CQ, Qubit-2 に接続した読出し SQUID の出力信号であり、量子ビットが状態 1 であることを捉えている.