

Nb 多層プロセスを用いて作られた量子アニーリング用の 磁束量子ビットの読み出し回路の検討

Investigation of the readout based on the superconducting flux qubit for quantum annealing
utilizing multi-layered Nb/AlOx/Nb Josephson junction technology

渡瀬 菜里衣¹, 才田 大輔¹, 山梨 裕希²

MDR Inc.¹, Yokohama National University², [°]Narii Watase¹, Daisuke Saida¹, Yuki Yamanashi²

E-mail: watase@mdrft.com

量子コンピュータを用いた機械学習は、従来のノイマン型コンピュータと比較して、高い計算精度が出ると期待されている[1]。量子アニーリング方式において機械学習用途に適した量子ビットの構成を検討すべく、我々は標準的な SQUID で構成される超伝導磁束量子ビットを作製し、量子ビット内の磁束の向きが電圧信号の大小で識別できることを確かめてきた[2]。量子ビット数を拡張して動作させることを考えると、磁束の向きを電圧信号の有無で判断できることが望まれる。そこで、ジョセフソン接合と並列にシャント抵抗が挿入された構造について動作を検証した。

Figure 1(a)は読み出し系の等価回路である。動作特性を SPICE でシミュレーションした結果を Fig. 1(b)に示す。dc-SQUID のしきい値電流 I_{th} は、電流 I_{flux} によって外部から印加した磁束に応じて周期的に変調されている。このような挙動は、シャント抵抗の有無に関わらず同じであった。

4 層の Nb 層と、 $J_c = 2.5 \text{ kA/cm}^2$ である Nb/AlOx/Nb のジョセフソン接合が形成可能なプロセスを用いて、読み出し系がシャント抵抗を有する素子と、有さない素子をそれぞれ CRAVITY で試作した。4.2 K の温度環境下において、SQUID へのバイアス条件を固定して、外部磁束を変えた場合の SQUID の電圧信号を測定した(Fig. 1(c))。適切なバイアス条件に選定することで、外部磁束に対して電圧信号が 2 値化されることが確認できた。また、 $I_{flux} = 453 \mu\text{A}$ に動作点を設定したところ、Qubit の状態に応じた信号を得ることができた。これは読み出し系が、量子ビットの内の磁束の向きを電圧信号の有無で判別できるようになったことを示唆している。

Acknowledge 本研究に使用された回路は、産業技術総合研究所 (AIST) の超伝導クリーンルーム (CRAVITY) において、AIST-STP2 プロセスを用いて作製された。

Reference [1] S. Adachi et al., arXiv:1510.06356. [2] 才田大輔等, 第 79 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-S321-7.

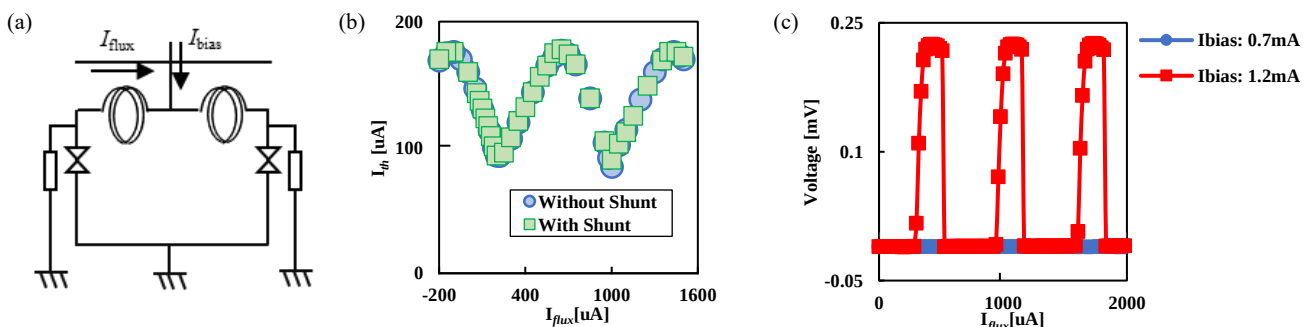


Fig.1 (a)シャント抵抗を有する読み出し系の回路図. (b) dc-SQUID のしきい値電流特性の SPICE シミュレーション. (c)シャント抵抗を有する読み出し系において、4.2K で測定した時の $V-\Phi$ 特性.