

超伝導受動線路を用いたパルス駆動型超伝導メモリの開発

Development of Pulse-Driven Superconductor Memory with Passive Transmission Lines

名大院工¹, JST さきがけ², ○竹下 雄登¹, 長谷川 大輝¹, Li Feng¹,

佐野 京佑¹, 田中 雅光¹, 山下 太郎^{1,2}, 藤巻 朗¹

Nagoya Univ.¹, JST PRESTO², ○Yuto Takeshita¹, Daiki Hasegawa¹, Li Feng¹,

Kyosuke Sano¹, Masamitsu Tanaka¹, Taro Yamashita^{1,2}, and Akira Fujimaki¹

E-mail: takeshita@super.nuee.nagoya-u.ac.jp

背景 単一磁束量子(SFQ)回路は、パルス駆動型の論理回路で、高速かつ低消費電力な回路として注目されている。現在の SFQ 回路の実用化に向けた課題として、その高速動作性・低消費電力性に追従する超伝導メモリの不在があげられる。我々は、このような超伝導メモリの実現に向けて π 位相シフト磁性ジョセフソン接合(π 接合[1])を導入したパルス駆動型の超伝導メモリを提案している。パルス駆動によって、従来のメモリの動作速度のボトルネックであった CR 時定数や L/R 時定数による制限がなくなり、高速動作可能な超伝導メモリが実現できる。

本研究で用いるパルス駆動型超伝導メモリの基本構造を担うのが、 π 接合と通常の 0 接合によって構成される超伝導ループである 0- π SQUID である。これまでの研究で、0- π SQUID のもつ 2 つの安定状態によってメモリセルを実現できることや、0- π SQUID の LI_c 積を制御することによって SFQ パルスなどの微弱な信号でも書き換えが可能であることを数値解析的に示してきた。

本研究では、パルス駆動メモリ実証の次なるステップとして、メモリセルの内部状態の書き換えを実験的に検証することを目指している。

作製 このパルス駆動型超伝導メモリを作製するにあたり、同一チップ上に 0 接合と π 接合を作り分ける必要がある。そこで我々は、集積回路として実績のある Nb4 層プロセス(HSTP)[2]で作製されたチップ上に π 接合を作製するプロセス[3]を用いてメモリの作製を行った。

本研究では、0- π SQUID の代わりに、0-0- π SQUID を基本構造とする超伝導メモリを作製した。また、そのうちの 1 つの 0 接合は DC-SQUID に置き換えてあり、 I_{word} によって DC-SQUID を変調することによって DC-SQUID の臨界電流値を変化させ、超伝導メモリ本体の LI_c 積が可変となるように設計してある。

まず、Fig. 1 に設計値によるシミュレーション結果を示す。 I_{bit} に入力される電流の向きは実線と点線の円でそれぞれ異なり、 I_{bit} と I_{word} が同時に入力されたとき、それぞれの電流の向きに対応する状態へと変化している。また、 I_{read} が入力されたとき、内部状態に応じて出力が変化し、状態を検知できていることがわかる。超伝導メモリに電圧パルスを入力する方法として、今回は双方向に電圧パルスを入力可能な PTL(Passive Transmission Line)を設計し、それを用いた。

講演では、作製されたデバイスの測定結果につ

いて議論する。

謝辞 本研究は、特別推進研究(18H05211)及び科研費(JP19H05615)の支援を受けて実施したものである。本研究で利用した回路の一部は、産業技術総合研究所(AIST)の CRAVITY において制作された。

参考文献

- [1] V.V.Ryazanov *et al.*, Phys. Rev. Lett., vol. 86, pp. 2427-2430, 2001.
- [2] 日高 睦夫, 永沢 秀一:「低温超伝導デバイス作製プロセスと今後の展望」低温工学 52 巻 5 号 2017
- [3] 第 80 回応用物理学会秋季学術応援会, 長谷川 *et al.*, 20p-C213-2, 2019.

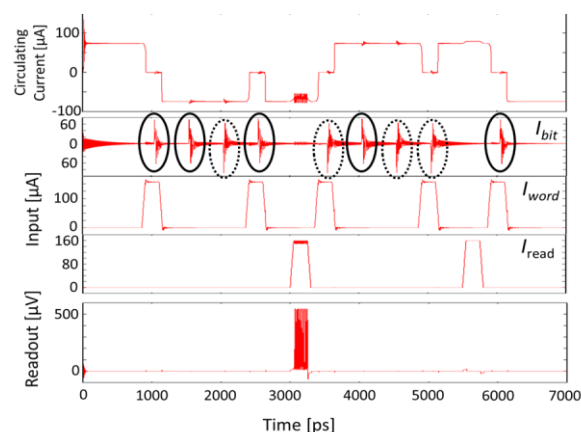


Fig.1 Simulation result of memory

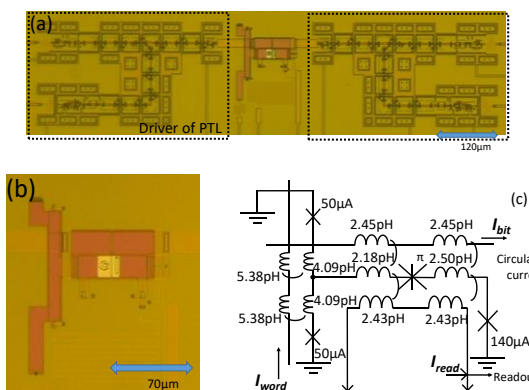


Fig.2 (a) the memory cell with bipolar PTL driver (b) the memory cell (c) the schematic diagram of memory cell