

熱拡散効果を取り入れた熱援用ナノ構造デバイスモデルの検討

Study on the thermally-assisted nanostructure device model including the heat diffusion effect

名大院工¹, 名城大理工² ○佐野 京佑¹, 鈴木雅斗¹, 丸山晃平¹, 田中雅光¹, 藤巻 朗¹, 井上真澄²

Nagoya Univ.¹, Meijo Univ.², °Kyosuke Sano¹, Masato Suzuki¹, Kohei Maruyama¹,
Masamitsu Tanaka¹, Akira Fujimaki¹, and Masumi Inoue²

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

1. はじめに

近年、熱援用効果を取り入れた超伝導ナノ構造デバイスであるナノクライオトロン (nTron) の提案及び実証がなされた[1]. nTron は、単素子でサブボルトオーダの高電圧・キロオームオーダの高インピーダンスを実現可能であり、半導体素子を直接駆動できるため、本素子による超伝導デバイスと半導体デバイスのハイブリッド化が期待されている [2, 3]. 現在、本デバイスの研究は実験が主体であり、今後の熱援用デバイスの応用のためには、拡散などの熱の効果を取り入れた解析モデルが必要となる。

2. 熱拡散効果を取り入れた解析モデル

今回、nTron の熱拡散効果を取り入れるため図 1 に示すようなモデルを検討した. 常伝導抵抗を意味する R_n に対し、超伝導インダクタンス L_k' を並列に取り付け、熱拡散効果と対応させた. 超伝導-常伝導状態の転移はスイッチ S の開閉により模擬した. 初期状態においては、スイッチ S は閉じており供給されるバイアス電流 I_b はインダクタンス L_k 及び L_k' を通りグラウンドへ流れる. 数 ps 程度のパルス信号の入力を想定し、素早くスイッチ S を開閉する. この時、負荷抵抗 R_L にて観測される常伝導転移時の電圧の立ち上がりは、時定数 L_k/R に依存する. 一方で、超伝導状態に戻る際には、インダクタンス L_k' の影響が現れ、時定数 $(L_k+L_k')/R$ に依存する. その解析結果一例を図 2 に示す. L_k' の付加により負荷抵抗 R_L における出力電圧の立ち下がりがなだらかになっていることが確認できる. 今後は、実際のデバイスの特性を元に本モデルの妥当性とインダクタンス L_k' の値の決定に取り組む.

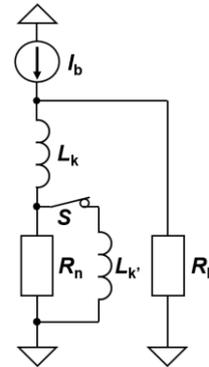


図 1. 熱拡散を模擬した解析モデル
ただし、 $I_b = 100 \mu\text{A}$, $L_k = 5 \text{ nH}$, $L_k' = 1 \mu\text{H}$,
 $R_n = R_L = 10 \text{ k}\Omega$ とした.

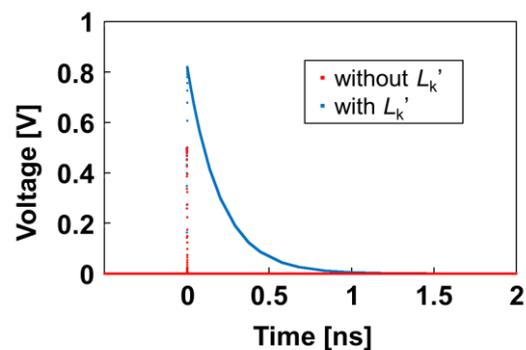


図 2. 出力波形一例

参考文献

- [1] A. N. McCaughan and K. K. Berggren, "Superconducting-Nanowire Three-Terminal Electro thermal Device," *Nano Lett.*, vol.14, pp.5748-5753, 2014.
- [2] Q. Y. Zhao, *et al.* "A nanocryotron comparator can connect single-flux-quantum circuits to conventional electronics," *Supercond. Sci. Technol.*, vol.30, p.044002, 2017.
- [3] M. Tanaka, *et al.* "Josephson-CMOS Hybrid Memory with Nanocryotrons," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol.27, p.1800904, 2017.

謝辞

本研究の一部は科研費 (26220904, 16H02340) の助成を受けて実施したものである.