

微小 Josephson 接合列の輻射検出器としての利用性の評価

Applicability of small Josephson Junction Arrays as Radiation Detectors

電気通信大学情報理工学部基盤理工学専攻

鈴木 俊貴, Kanyolo Godwill Mbiti, 西垣 宏志, 水柿 義直, 島田 宏

Univ. Electro-Communications

Toshiki Suzuki, Godwill Mbiti Kanyolo, Hiroshi Nishigaki, Yoshinao Mizugaki, and Hiroshi Shimada

E-mail: suz@inaho.uec.ac.jp

微小 Josephson 接合列においてはその特有の電気伝導特性として Coulomb 閉塞が生じるが、マイクロ波を照射すると Coulomb 閉塞電圧幅がマイクロ波のパワーに応じて単調に縮小することを我々は実験的に見出しており、その感度は $10^7 \mu\text{V}/\mu\text{W}$ 程度と高い[1, 2]。一方、同じく微小 Josephson 接合からなる超伝導単一トランジスタ(SSET)については、様々なトンネル過程に伴いエネルギーの輻射が生じていることが知られている[3]。

本研究では、マイクロ波のソースとして SSET 素子を用い、微小 Josephson 接合列を同一 Si 基板上に配置して、SSET 素子からの輻射に伴う接合列の Coulomb 閉塞幅 V_{CB} の変化を観測し、その輻射検出器としての利用性の評価を行った。

Fig. 1 は、測定素子の概要図である。SSET と微小 Josephson 接合列は、特別な結合構造なしに $2 \mu\text{m}$ 離れて配置しており、後者については磁場印加によって Coulomb 閉塞幅を可変できるように dc-SQUID 構造を採用した。接合はいずれも Al/AIO_x/Al で作製した。測定では、微小 Josephson 接合列を $I_{\text{SQUID}} = 5 \text{ pA}$ で電流バイアスした際の電圧 V_{SQUID} を Coulomb 閉塞幅とみなした。測定は簡易型の希釈冷凍機を用いて 75 mK 程度の温度で行った。

Fig. 2(a) は、SSET のゲート変調における I - V 特性の変化を示し、Fig 2(b) は同時に測定した V_{SQUID} の変化 ΔV_{CB} を示している。Fig. 2(b) から SSET のゲート変調における I_{SSET} の変化が、 V_{SQUID} の変化に対応していることがわかる。SSET から交流 Josephson 効果にともなう輻射が発生することは先行研究で確認されており[3]、本研究ではゲート変調に伴う SSET の電磁波輻射の変化を微小 Josephson 接合列の Coulomb 閉塞領域の縮小幅によって検出できることを実験的に示した。これは微小 Josephson 接合列が輻射検出器として機能することを示し、応用が期待される。

[1] Saxon Liou, C. C. Chang, and W. Kuo, Euro. Phys. Lett. **108**, 67003 (2014).

[2] G. M. Kanyolo 他, 日本物理学会 2016 秋季大会講演 13aBH-11.

[3] P.-M. Billangeon, F. Pierre, H. Bouchiat, and R. Deblock, Phys. Rev. Lett. **98**, 216802 (2007).

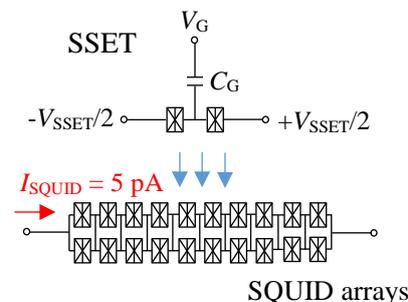


Fig. 1 Schematic diagram of our measurement device

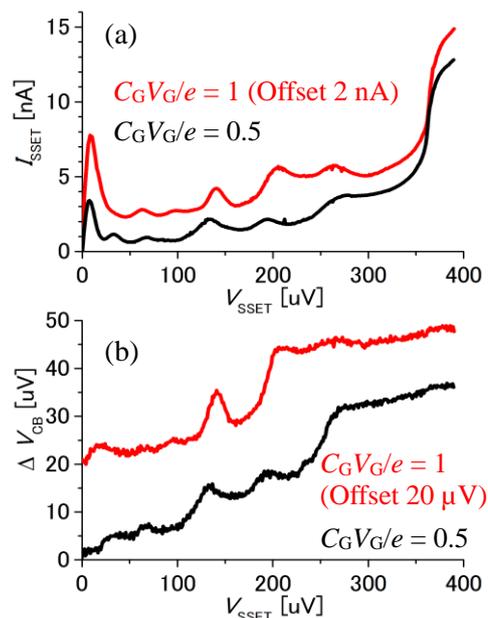


Fig. 2 (a) I - V characteristics of SSET
(b) The response of SQUID array to SSET radiation (ΔV_{CB} vs. V_{SSET})