

微小 Josephson 接合列における Bloch 振動と電流プラトー

Bloch Oscillation and Current Plateaus in an Array of Small Josephson Junctions

電通大院 先進理工¹, 電通大院 量子物質²

○出口 智明¹, 鹿取 俊介¹, Srinivas Gandrothula², 水柿 義直¹, 島田 宏¹

Univ. of Electro-Communications, ¹Dept. of Engineering Sci., ²Dept. of Appl. Phys. & Chem.

¹Tomoaki Deguchi, ¹Shunsuke Katori, ²Srinivas Gandrothula, ¹Yoshinao Mizugaki, ¹Hiroshi Shimada

E-mail: shimada@pc.uec.ac.jp

電流バイアスされた微小な Josephson 接合では、Cooper 対のコヒーレントなトンネリングに伴う Bloch 振動と呼ばれる電圧振動が発生することが知られている[1]。外部からこの振動に同調した高周波電流を流すことで、大きな Josephson 接合の Shapiro ステップと双対な電流プラトーが発生することが予想されており[1]、直流電流の計量標準との関連で研究が進められている。近年、ドイツの PTB グループによって、微小 Josephson 接合の一次元配列でも同様な現象が現れ、単一接合よりもより幅広く安定した電流プラトーが現れることが、シミュレーションによって示された[2]。

本講演では、一次元微小 Josephson 接合列と dc-SQUID 列から構成される素子にて観測された電流プラトーについて報告する。

素子のレイアウトは、中央に 20 個の接合からなる一次元 Josephson 接合列を配置し、その両端を 2 対の dc-SQUID 列で挟んだ構造となっている(図 1a)。この dc-SQUID 列は、外部磁場によって接合列の環境インピーダンスを調整することを可能にし、さらに交流 Josephson 効果により高周波電流を発生する機能をもつ。電極材料には Al を用い、素子の作製は電子ビームリソグラフィ及び斜め蒸着法を用いて行った。

実験では、印加磁場によって環境インピーダンスが増加するにつれて、微小 Josephson 接合列の電流-電圧特性に Coulomb 閉塞及び Bloch 振動による負性微分抵抗が観測された(図 2)。さらに、印加磁場 $f = \Phi/\Phi_0$ (Φ は SQUID ループ中の磁束、 Φ_0 は磁束量子) として、 $f \geq 0.41$ において、最大で数十 μV の幅をもつ電流プラトーが観測された(図 2 挿入図)。この電流プラトーは、印加磁場によって変化する SQUID の電流-電圧特性と連動して変化を示すため、SQUID の Josephson 周波数と微小 Josephson 接合の Bloch 振動の同調によるものである可能性がある。

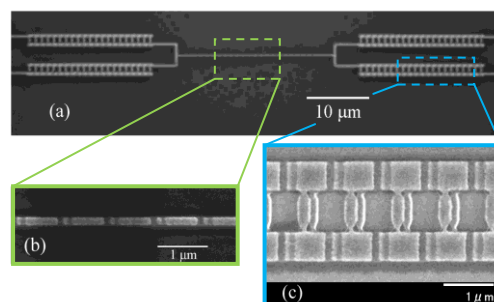


図 1.(a)素子の光学顕微鏡画像。
(b)微小 Josephson 接合列の SEM 像。
(c)dc-SQUID 列の SEM 像。

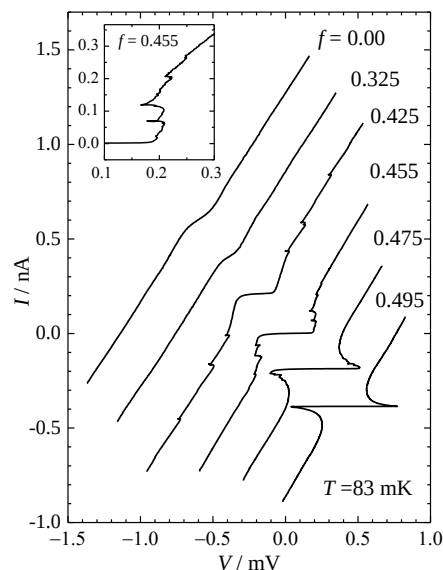


図 2.接合列の I-V 特性。

[1] D. V. Averin and K. K. Likharev, in *Mesoscopic Phenomena in Solids*, ed. B. L. Altshuler and P. A. Webb (Elsevier, Amsterdam 1991) Ch.6.

[2] F. Maibaum, S.V. Lotkhov and A.B. Zorin, *Phys. Rev. B* 84, 174514 (2011).