

超伝導ナノ細線の電場応答特性のシミュレーション

Numerical study on the electric field response of superconducting nanowires

○田口 真彦^{1,2}、都倉 康弘²、川畑 史郎¹ (1.産総研ナノエレ、2.筑波大数理物質)

○Masahiko Taguchi^{1,2}, Yasuhiro Tokura², Shiro Kawabata¹ (1.AIST, 2.Univ. of Tsukuba)

E-mail: taguchi-masahiko@aist.go.jp

ジョセフソン接合 (JJ) は磁場下で干渉パターンを示し、敏感な磁場応答を有する。特に、超伝導ループと2つの JJ からなるバイアス電流下における超伝導量子干渉デバイス (SQUID) は、ループの存在により2つの点で単一 JJ より有利な機能を有する。1つ目は周回電流の存在により2つの JJ から発生する電圧が干渉し、結果的に単一 JJ より高精度な磁場検出が可能になる。2つ目は磁場を検出する面積を大きくできる点である。SQUID の動作能率は3つのグラフ (バイアス電流-発生電圧曲線、発生電圧-印加磁束曲線、エネルギー分解能-無次元インダクタンス曲線) で評価できる。これらのグラフにより JJ と超伝導ループの方程式を特徴付ける3つのパラメーターの最適値を議論できる[1]。

今回我々は、JJ に双対な超伝導ナノ細線の電場応答特性を報告する。超伝導ナノ細線は電場に敏感な素子であり、特に超伝導ナノ細線を超伝導電極で直列接合したバイアス電圧下における双対 SQUID は、2つの超伝導ナノ細線から発生する電流が干渉し、高感度な電場応答が期待できる。また、超伝導電極は SQUID のときの超伝導ループに対応し、電荷を検出する面積を大きくできる。バイアス電圧下での超伝導ナノ細線は、Resistively- and Inductively- Shunted Junction model で記述できる。ここで JJ のときには位相差の時間微分と電圧を結ぶ関係式は、今回は電荷の時間微分と電流を結ぶ関係式に置き換えられる。また、周回電流に対応するものは浮遊電圧となり、JJ のときのフラキソイドの量子化条件は電荷の保存則に対応する。[2]ではこのような超伝導ナノ細線を直列につないだ双対 SQUID を定式化し、実験的に上記の SQUID のときの動作能率を表すグラフに対応するもののいくつかを測定している[2]。しかし、まだ系統的なシミュレーション評価は行われていない。我々は SQUID のときのシミュレーションをもとに、図1の双対 SQUID の動作能率を特徴づける3つのグラフを現実的な実験値に基づきシミュレーションした結果を報告する。

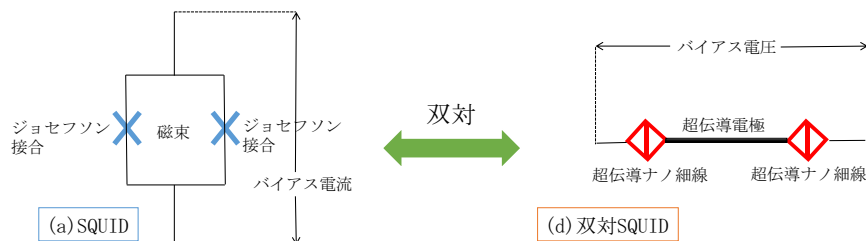


図1: (a) SQUIDと(b) 双対SQUID

参考文献: [1] The SQUID Handbook Vol. 1, John Clark and Alex I. Braginski, WILEY-VCH (2004).

[2] T. T. Hongisto and A. B. Zorin, Phys. Rev. Lett. 108, 097001 (2012).