

マイクロ波 SQUID マルチプレクサのチャネル間漏話

Crosstalk between Channels in Microwave SQUID Multiplexer

○平山 文紀¹、入松川 知也^{1,2}、佐々木 仁¹、佐藤 昭¹、山森 弘毅¹、永沢 秀一¹、福田 大治¹、
日高 睦夫¹、佐藤 泰¹、神代 暁¹、大野 雅史²、高橋 浩之²(1. 産総研、2. 東大工)

○F. Hirayama¹, T. Irimatsugawa^{1,2}, H. Sasaki¹, A. Sato¹, H. Yamamori¹, S. Nagasawa¹, D. Fukuda¹
M. Hidaka¹, Y. Sato¹, S. Kohjiro¹, M. Ohno², H. Takahashi² (1. AIST, 2. The Univ. of Tokyo)

E-mail: f.hirayama@aist.go.jp

はじめに 極低温環境に置かれた超伝導転移端検出器からの信号を周波数分割多重化して読み出す回路として、rf SQUID のインダクタンス変化を共振周波数 f_R の変化として測定するマイクロ波 SQUID システムを開発している。前回、出力線形化のためのランプ磁束変調回路を含む室温デジタル回路ユニットを構築し、4 K 環境の SQUID チップを用いて行った試験結果を報告した。その際、数 Φ_0 (磁束量子)相当の dc 電流信号入力に対し数 $m\Phi_0$ 程度の直線性誤差と隣接チャネルへの漏話が発生することが明らかになった[1]。今回この漏話の詳細な挙動、および漏話がランプ磁束変調方式において直線性誤差の発生原因となることを実験的に調べたので報告する。

実験・結果 実験は NbN 共振器 SQUID チップを用い 4 K にて行った。図1(a)に示すような、チップ上で隣接する2チャネルの SQUID 読み出し回路について、両チャネルに独立な dc 電流(磁束)を入力し応答を測定した。ランプ磁束変調は用いていない。SQB の異なる固定入力での複素透過特性を SQA 入力を掃引してプロットしたものを図1(b)に示す。各点の広がり隣接チャネル信号による漏話になる。これは共振器帯域と f_R 間隔から計算される周波数軸上の隣接チャネル間の干渉よりはるかに大きい。また主に共振円の円周方向に広がっている点、変化の大きさの SQB 入力依存性も上記干渉では説明できない。図 1(c)に同測定の透過特性を一次元化し、SQA の応答と合わせ SQA 入力の関数としてプロットした。SQB の出力変化は SQA の Φ_0 周期応答に同期しており、SQUID 入力前段での漏話ではないことがわかる。SQA, SQB の役割を交換し

ても同様の結果が得られた。なお、マイクロ波を一方の共振器のみ入力しても同様の漏話があり、チップ後段のマイクロ波コンポーネントの非線形性による漏話も否定される。漏話はチップ上の距離に依存する可能性が高く、今後チップ上配置と間隔を変更した対照実験により、メカニズム解明と対策を行う予定である。

一方、ランプ磁束方式は各チャネル同時に数 Φ_0 の振幅の鋸歯状波変調信号を入力信号に加え、その時間応答の時間軸シフト量から入力を推定する。上記のように変調信号自体が隣接チャネルに漏話し影響を与えうる。前回の報告時にみられた大きな直線性誤差がこの漏話によるものと考え、実験的にこれを確認した。図2に結果を示す。隣接するチャネルにも変調信号を加えた場合、加えない場合について復調後の応答と誤差をプロットしている。5 Φ_0 程度の入力において、隣接チャネルに同時に変調信号を加えた場合 Φ_0 周期で 4 $m\Phi_0$ 程度の誤差が見られる。一方隣接チャネルを変調しない場合には誤差が 1/10 程度となっており、漏話が直線性誤差の原因であると考えられる。今後チャネル間の漏話を抑制することで直線性誤差も減少することが期待できる。

謝辞 本研究で用いた素子は、産総研のクリーンルーム CRAVITY において作製された。本研究の一部は、科研費 15H02251 と文科省「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」の支援を受けた。

参考文献

[1] 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 (2015) 15p-2W-23.

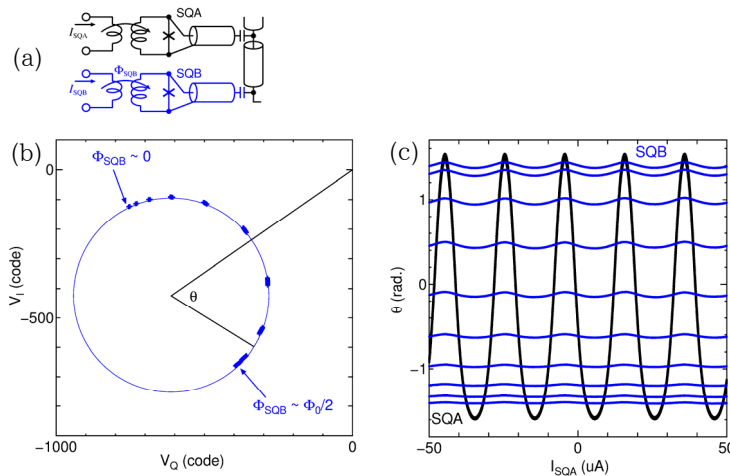


図1 チャネル間漏話試験(a)回路、(b)SQB の複素透過率、
(c)SQA/SQB 間出力相関

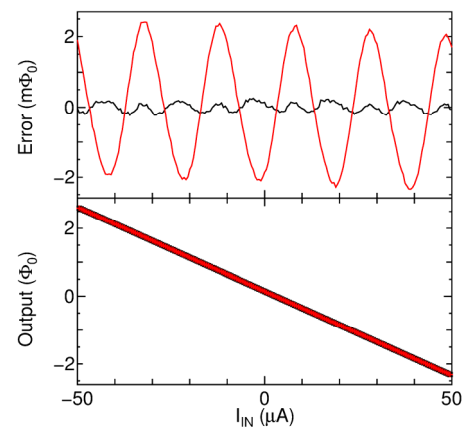


図2 (下)dc 入力応答および(上)誤差 (黒、赤はそれぞれ隣接チャネル変調なし、有に対応)