

マイクロ波 SQUID 多重読み出し室温回路の広帯域化

Room-temperature circuit with wider bandwidth for microwave SQUID multiplexer

産総研¹、首都大²、宇宙研³ ○平山 文紀¹、山田 真也²、一戸 悠人²、中島 裕貴^{1,3}、
神代 暁¹、山森 弘毅¹

AIST¹, TMU², ISAS/JAXA³ °F. Hirayama¹, S. Yamada², Y. Ichinohe², Y. Nakashima^{1,3},

S. Kohjiro¹, H. Yamamori¹

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 (Transition Edge Sensor, TES)からの信号をマイクロ波帯で周波数分割多重化して読み出すシステムを開発してきた。1本の同軸ケーブルに多重化できる画素数は、低温で動作する低雑音マイクロ波増幅器の帯域および飽和電力からは1000以上が可能であると考えられる。一方室温エレクトロニクスでは、1つのアナログ-デジタル変換器(ADC)ではこの帯域や1000画素の信号のダイナミックレンジをカバーすることは難しい。そこで、同軸ケーブルの本数あたりで可能な最大画素数を実現するために複数の室温回路が一つの同軸ケーブルを共有して処理を行うプロトタイプシステムを提案し、雑音やクロストークが増加しないことを実験的に確認した[1]。本研究では室温回路数の最適化をはかるため、上記プロトタイプシステムで用いていたADCよりも4倍程度広帯域のものを採用した室温エレクトロニクスを構築して評価を行ったので報告する。

実験・結果 従来用いていたシステムでは、245.76 MS/s の2チャンネルADC(4dsp 社 fmc150)を採用しており、I/Q信号として245.76 MHzのナイキスト帯域を持つ。複数室温回路で処理帯域を分割する際のアンチエイリアスフィルタの性能を考慮し、160 MHzを1室温回路の処理帯域としていた。この場合ダイナミックレンジには余裕があるが、現在用いている低温増幅器の帯域4 GHzをカバーするには25台の室温回

路が必要となる。今回、1 GS/s 2チャンネルのADC(Analog Devices 社 AD-FMCDQA2-EBZ)を採用し、処理帯域を800 MHzとした新規室温回路を構築し動作確認を行った。

図1に確認に用いた多重化チップのマイクロ波透過特性と室温回路で生成した読み出しマイクロ波スペクトルを示す。縦軸はクライオスタット入出力端での値であり、低温での減衰、増幅を含んでいる。広帯域パルス信号読み出しを想定した試作チップは、共振器帯域9 MHz、周波数間隔110 MHz設計のもので、新規室温回路では8画素分が同時読み出しできることになる。sq01-08の共振周波数に相当するマイクロ波キャリアを導入し、チップでSQUID入力に応じて振幅、位相が変調された出力が室温回路で処理される。今回はsq01, 03, 04, 06, 07の5素子のSQUID入力電流を同時に変化させ、応答を確認した。図2に室温回路で得られた各素子の複素透過特性を示す。従来回路による測定と同様の磁束量子周期で共振円上を往復する特性が得られており、正常動作が確認された。雑音、クロストーク等の評価を今後行っていく予定である。

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JP15H02251, JP15H05438の支援を受けた。

参考文献

[1] 平山他、第78回応用物理学会秋季学術講演会 (2017) 7a-S43-4.

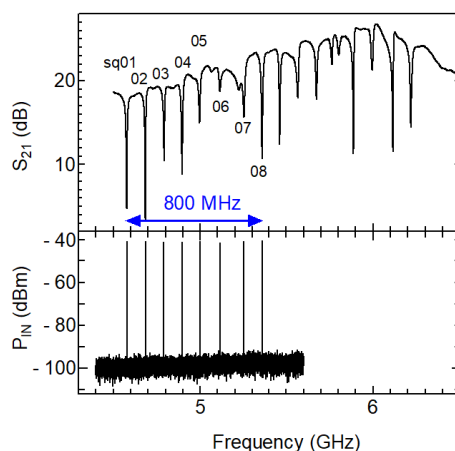


図1 多重化チップマイクロ波透過特性 (上) およびマイクロ波プローブスペクトル (下)

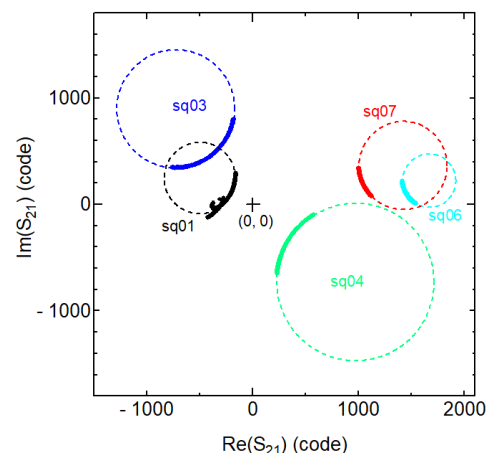


図2 室温回路で得られた各素子の複素透過特性 (●: データ、点線: 円フィット)