17p-A20-2

飛行時間型質量分析用 SFQ 電流検出器におけるグレーゾーンの測定

Measurement of Gray Zone in Single-Flux-Quantum Current Detectors for Time-of-Flight Mass Spectrometry

横浜国大工 ○村松 祐希，佐野 京佑，下田知毅，山梨 裕希，吉川 信行

Yokohama National University, °Y. Muramatsu, K. Sano, T. Shimoda, Y. Yamanashi, N. Yoshikawa

E-mail: muramatsu-yuki-xy@ynu.jp

飛行時間型質量分析 (TOF-MS: Time-of-Flight Mass Spectrometry) において、得られる物理量は質量 m ではなく m/z 値であり、常に価数 z の不確定さを伴う。近年、この限界を突破する、イオンの運動エネルギーを到来時刻と同時に測定可能な超伝導トンネル接合 (STJ: superconducting tunnel junction) 検出器が開発されており、検出波高値の比較による価数の弁別が報告されている[1]。STJ 検出器と SFQ 回路を組み合わせたイオン価数弁別が可能な TOF-MS システムの開発が本研究の目的である。システムにおいて、STJ から出力された信号の波高値を DC/SFQ コンバータから出力される SFQ パルスの個数に対応させることによって、デジタル情報として扱う。これは DC/SFQ コンバータにおいて入力される電流パルスの振幅によって出力 SFQ パルス数が異なるという複数電流閾値特性を利用している。しかし、出力パルス数が異なる電流閾値付近では、出力パルス数が確率的に遷移するグレーゾーンと呼ばれる領域が存在し、これを評価するために測定を行ったので報告する。

Fig. 1 にシステムに用いる DC/SFQ コンバータの等価回路図を示す。検出信号の高感度化のために、回路に入力された電流を超伝導トランスによって増幅している[2]。Fig. 2 に電流検出器の入力信号を変化させた際の SFQ パルスの生成確率の 4.2K における測定結果を示す。回路が 1 発 SFQ パルスを出力する確率を縦軸とし、入力電流を横軸としている。出力確率を算出するためのサンプル数は 1000 回である。出力確率と入力電流の関係を式(1)の誤差関数でフィッティングした結果も合わせて示す。

$$P = 0.5 + 0.5\mathrm{erf}\left(\sqrt{\pi}\,\frac{I - I_{P=0.5}}{\Delta I}\right) \qquad (1)$$

ここで $I_{P=0.5}$ = 25.44 μA は出力確率が 0.5 となる電流値、ΔI = 1.316 μA はグレーゾーン幅である。セルライブラリにおける従来の DC/SFQ コンバータも同様に測定を行い、グレーゾーン幅の比較をしたところ Fig.1 に示した高感度型の DC/SFQ コンバータのグレーゾーン幅の方が小さいことがわかった。講演では、DC/SFQ コンバータから出力するパルス数が複数発の場合の測定結果についても併せて述べる。

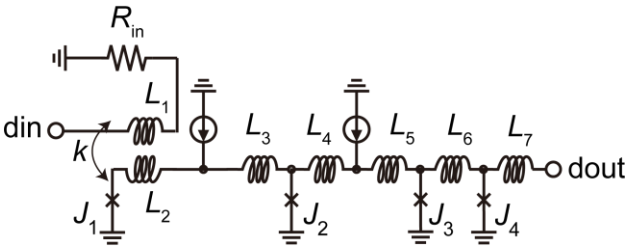


Fig. 1 Circuit schematic of the highly sensitive DC/SFQ converter with magnetically coupling input.

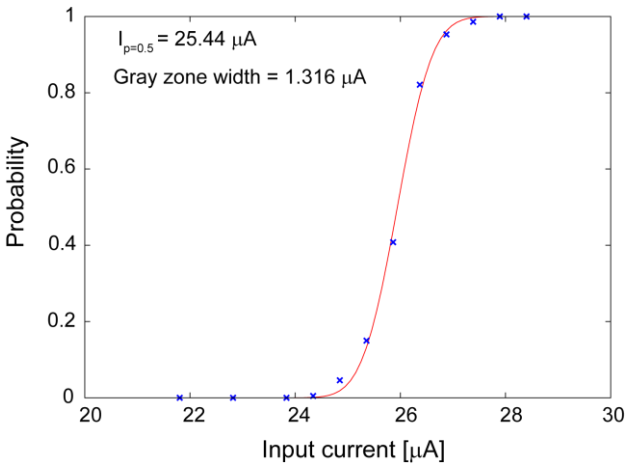


Fig. 2 Dependence of the SFQ output probability on the input current in the DC/SFQ converter with magnetically coupling input. The plot shows experimental results. The solid curve is a fitted result by the error function.

参考文献

[1] M. Ohkubo, *et al*, “Superconducting tunnel junction (STJ) detectors dor ion-charge-number sensitive mass spectrometry,” *Supercond. Eletron. Conf. (ISEC 2013)*, Cambridge, MA, July, 2013.

[2] 村松ら, “飛行時間型質量分析用 SFQ 電流検出器を用いたイオン価数弁別の検討,” 応用物理関係連合講演会, 16p-C10-10, Sep. 2013.

謝辞

本研究に使用された回路は、(独)産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)において、AIST-STP2 プロセスを用いて作製された。

© 2014 年　応用物理学会