

Ti/Au 二層薄膜を用いた超伝導転移端センサのジッタ解析

Jitter Analysis for Ti/Au Transition-Edge Sensor

総研大¹, 産総研², 高エネ研 QUP³, 産総研・東大オペランド計測 OIL⁴

○(D) 加藤 晶大^{1,2}, 服部 香里^{2,3,4}, 鷹巣 幸子², 福田 大治^{2,4}

SOKENDAI¹, AIST², KEK QUP³, OPERANDO-OIL⁴

○A. Kato^{1,2}, K. Hattori^{2,3,4}, S. Takasu², D. Fukuda^{2,4}

E-mail: katou.aki@aist.go.jp

超伝導物質が常伝導状態から超伝導状態へと遷移する際の相転移を活用した超伝導転移端センサー (Transition-Edge Sensor: TES) は、その優れたエネルギー分解能によって可視光・近赤外光の光子数識別を可能としている。この TES 独自の特徴を活かして、量子情報通信や量子計算などの分野における活躍が期待されているが、光子の検出時刻の揺らぎである時間ジッタの向上が課題となっている。TES の電流増幅器として超伝導量子干渉素子 (Superconducting QUantum Interference Device: SQUID) を通常は Flux-Locked Loop (FLL) で動作させるが、FLL は信号帯域を制限するという問題がある。先行研究では帯域を広くするために、SQUID をオープンループで動作させ、4.2 ns[1] のジッタを達成した。しかし、オープンループは応答が非線形になるので実用的ではない。一方、TES の信号対雑音比、すなわちエネルギー分解能が良くなるとジッタも向上することが知られている。近年、世界最高のエネルギー分解能となる上回る 67 meV[2] のエネルギー分解能を我々のグループは達成した。そこで本研究では、この高エネルギー分解能 TES のジッタ特性の評価を試みた。

Ti(20 nm)/Au(10 nm) 二層薄膜からなる TES をベース温度 7 mK まで冷却し、1550 nm のパルスレーザーを照射して、FLL 動作下の SQUID 出力信号を解析した。時間ジッタは、光子数 $n=1, 2, 3$ の各状態に分類して解析した。信号の平均からモデルとなる信号を作り出し、モデルの信号のピーク値から一定の割合の信号電圧をしきい値として、信号がそのしきい値に到達する時間のばらつきを測定した。Fig.1 は 1 光子検出信号に対してしきい値を 10 % から 90 % としたときの到達時刻の頻度分布を示したもので、実線はガウス分布によるフィッティングである。このフィット結果における半値全幅をタイミングジッタとしてしきい値や光子数の違いをまとめたものが Fig.2 となる。本発表では、光子数やしきい値がタイミングジッタに与える影響やジッタがどういう要因で制限されているかを考察する。

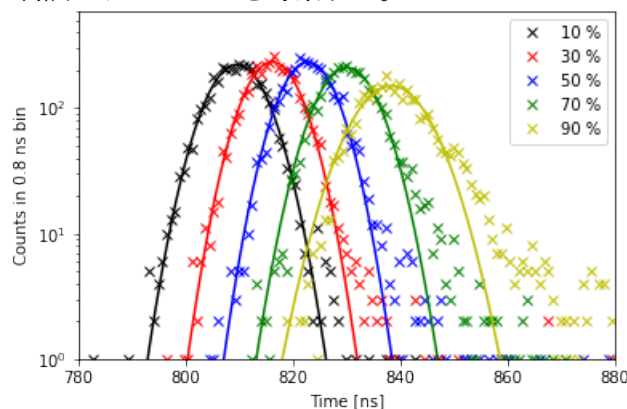


Fig 1: The histogram of crossing times of signals for 1 photon at threshold levels of 10 %, 30 %, 50 %, 70 %, and 90 %. The curves are the results of the Gaussian fit.

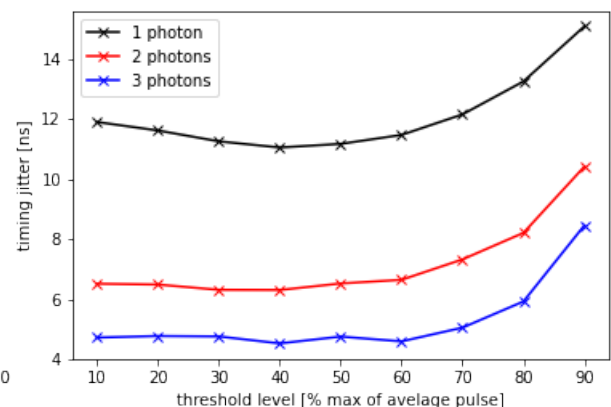


Fig 2: Timing jitter results for 1, 2, and 3 photon signals depending on threshold levels of 10 %, 30 %, 50 %, 70 %, and 90 %.

[1] A. Lamas-Linares *et al*, Appl. Phys. Lett. **102**, 231117 (2013).

[2] K. Hattori *et al*, Supercond. Sci. Technol. **35**, 095002 (2022).