

極低暗係数率超伝導単一光子検出器の開発

Development of superconducting nanowire single-photon detector with ultra-low dark count rate

NTT 物性研¹, NTT NPC² ◯柴田 浩行^{1,2}, 清水 薫¹, 武居 弘樹¹, 都倉 康弘¹

NTT Basic Research Lab.¹, NTT Nanophotonics Center², NTT Corporation

◯Hiroyuki Shibata^{1,2}, Kaoru Shimizu¹, Hiroki Takesue¹, Yasuhiro Tokura¹

E-mail: shibata.h@lab.ntt.co.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD, SNSPD)の性能指標としては検出効率、暗係数率、ジッタ等があるが、量子暗号通信の長距離化には暗係数率の低減が最も重要である。これは、安全鍵を生成するためにはシフト鍵のエラー率を約 5 %以下にする必要があるが、長距離化に伴うエラー率増加を抑えるには暗係数率を低下させることが最も有効なためである。今回、SSPD の光入力に冷却したバンドパスフィルタを挿入し、光ファイバを通して伝搬した室温の熱輻射に由来する暗係数生成を阻止した。この方法で従来より暗係数率が 1/100 以下に低減した極低暗係数率 SSPD を開発したので報告する。

スパッタ法で作製した厚さ 3.5 nm の NbN 薄膜($T_c = 10.5$ K)を幅 80 nm、10 μm 角のメアンダ細線に加工後、厚さ 260 nm の SiO_2 と 100 nm の Au からなるキャビティ構造を有する SSPD を作製した。バイアス電流 23 μA で検出効率 7.5 %、暗係数率 25 cps である。この SSPD の光入力側に、バンドパスフィルタを挿入しフィルタ自体を冷却した。波長 1550 nm における冷却フィルタ挿入前および挿入後の検出効率と暗係数率のバイアス電流依存性を図 1 に示す。これより、フィルタ挿入のため検出効率は約 1/3 に低下するが暗係数率は 1/100 以下に低減されていることが判る。この検出器を用いて差動位相シフト鍵方式(DPS-QKD)で量子暗号鍵配送を行った場合の見積もりを図 2 に示す。冷却フィルタを挿入することによって、従来の記録を上回る 300 Km を超える鍵配送が可能となることが判る。

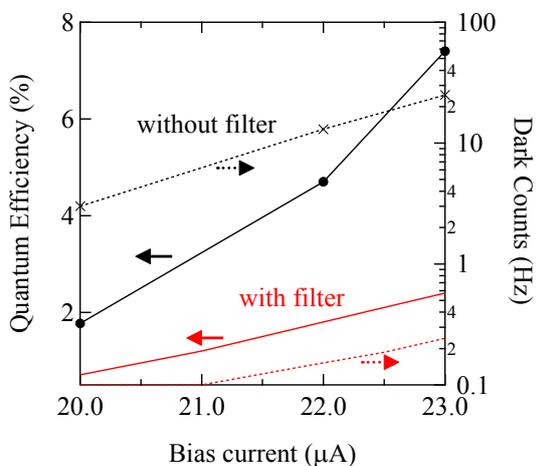


図 1 : SSPD のバイアス電流依存性

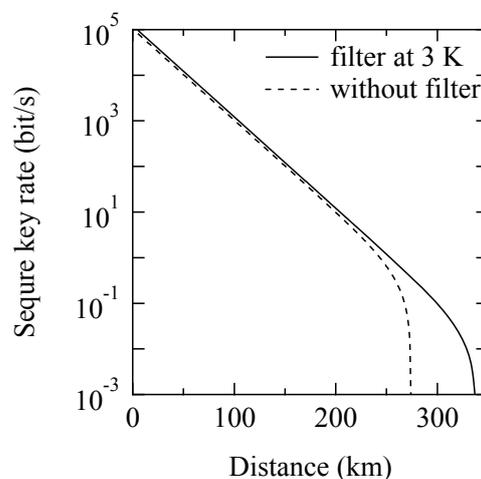


図 2 : 量子鍵配送距離の計算結果