超伝導量子回路を用いたマイクロ波単一光子検出

Microwave Single-Photon Detection Using Superconducting Quantum Circuits

NTT 物性基礎研 [1]　Ivan Iakoupov[1], 松崎 雄一郎 [1,A], William J. Munro[1], ○齊藤 志郎 [1]

NTT BRL[1], Ivan Iakoupov[1], Yuichiro Matsuzaki[1,A], William J. Munro[1], Shiro Saito[1]

E-mail: shiro.saito.bx@hco.ntt.co.jp

単一光子検出器は、量子情報処理における重要な要素技術の 1 つである。離れた固体量子ビット間のもつれ状態の生成や線形光学を用いた量子計算・シミュレーションへの応用が期待されている。現状では光学波長帯において効率の良い単一光子検出器が実現されているが、マイクロ波帯においては、単一光子のエネルギが低いため、検出器の高効率化が挑戦的な課題となっている。

様々な提案、実験がある中で、我々は、汎用性の高い非破壊に光子を検出することができるデバイスを検討した。非破壊なマイクロ波光子検出器としては、Fan 等により、量子ビットが入力ラインと共振器に結合した系が提案されている [1]。この検出器は、光子の入射時刻の情報を必要としない、すなわち、いつ光子が入射しても検出可能な連続モードで動作し、84%の識別性が報告されている。ここで、識別性とは 0 光子と 1 光子を識別できる確率を表す。一方、我々は同様の系を用い、光子の入射時刻の情報を利用する逐次モードで動作する検出手法を検討し、98%を超える識別性を得た。これまでに提案されている連続モードで動作する検出器では、高効率化のために複数の量子ビットや共振器が用いられているが、報告されている識別性は 84%-96%であった [1,3,4]。このことから、光子の入射時刻の情報を利用することで識別性が飛躍的に向上することが示された。

逐次モードで動作するマイクロ波単一光子検出器はいくつかの実験例が報告されている [5,6]。これらの実験では、共振器を介して、入射光子と量子ビット間の制御位相ゲートを実現することいにより、光子を検出している。そのため量子ビットのコヒーレンスが識別性を制限する大きな要因となっていた。一方、我々の提案では、量子ビットと共振器の役割を入れ替えているため、入射光子の状態に応じて、共振器の状態が変化する。共振器は量子ビットよりもコヒーレンス特性が優れていることが多いため、既存の実験よりも高い識別性が期待される。

本研究は JST CREST(JPMJCR1774)の支援を受けたものである。

[A] 現所属：産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門

[1] B. Fan, *et al*., Phys. Rev. B **90**, 035132 (2014).

[2] I. Iakoupov, *et al*., arXiv: 1906.03775.

[3] S. R. Sathyamoorthy, *et a*., Phys. Rev. Lett. **112**, 093601 (2014).

[4] B. Royer, *et al*., Blais, Phys. Rev. Lett. **120**, 203602 (2018).

[5] S. Kono, *et al*., Nature Physics **14**, 546 (2018).

[6] J.-C. Besse, *et al*., Phys. Rev. X **8**, 021003 (2018).

© 2019年 応用物理学会