

単一 Cooper 対トランジスタによるフォノンの高感度検出

Sensitive phonon detection by use of a single Cooper-pair transistor

電通大情報理工¹ °島田 宏¹, Jutarat Tanarom¹, 水柿 義直¹

Univ. of Electro-Communications¹,

°Hiroshi Shimada¹, Jutarat Tanarom¹, Yoshinao Mizugaki¹

E-mail: hiroshi.shimada@uec.ac.jp

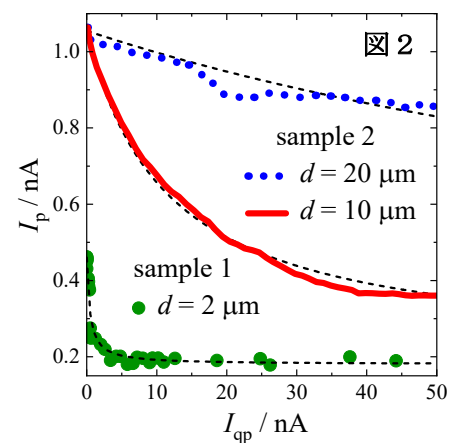
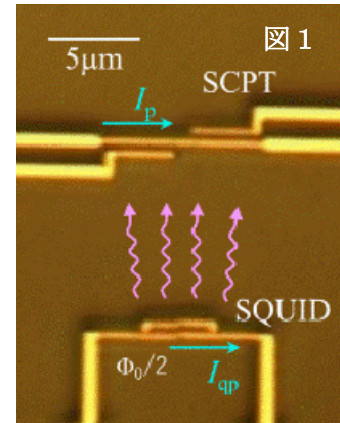
マイクロ・ナノサイズでのフォノンクスが近年関心を集めている。我々は、単一 Cooper 対トランジスタ (SCPT) を用いたフォノンの高感度検出法を提案し、実証した[1]。

SCPT の超伝導電極に 2Δ (Δ は電極超伝導体の超伝導ギャップ) 以上のエネルギーをもつフォノンが入射すると準粒子が生成され、これが素子中央の島電極にトンネルすると島電極電子数の偶奇性が変わる (準粒子汚染)。SCPT の超伝導電流は、この偶奇に応じて、その大きさが大きく変化する。このことを利用して、SCPT の超伝導電流をクーロン振動ピークに固定してモニタすると、フォノン流量に応じてそのピーク電流値が減少することが予想される。

実験では、Si/SiO₂ 基板上にメゾスコピック・サイズの Al/AlO_x/Al 接合からなる SCPT とフォノン生成源としての dc SQUID を、両者の距離 d を 2~20 μm の範囲で変えて用意し (図 1), SQUID に半磁束量子を印加して Josephson 効果を抑制した上で、エネルギー 2Δ 以上のフォノンの生成・検出実験を行った。

図 2 は 80 mK で行った実験結果の一例である。SQUID に流す準粒子電流 I_{qp} を増加すると、SCPT の超伝導電流 I_p が単調に減少した。図中、破線は、上記原理に基づくフォノン検出の理論曲線で、よいフィットが得られている。 $d = 10 \mu\text{m}$ の場合について $I_{qp} \approx 5 \text{ nA}$ で見積もった検出感度は $dI_p/dI_{qp} \approx 0.03$ であった。

超伝導デバイスを使ったフォノン検出は、従来超伝導トンネル接合 (STJ) を用いて行われており、近年では、Cornell 大学グループがメゾスコピックな STJ を用いて Si 中のフォノン伝搬についての実験を行っている[2]。類似配置の Cornell 大グループの素子では、 $d = 10 \mu\text{m}$ でのフォノン検出感度は $dI/dI_{qp} \approx 1 \times 10^{-5}$ であった。本手法は従来法に比べて 1000 倍以上の高い感度をもつと言える。



[1] J. Tanarom, T. Watanabe, Y. Mizugaki, and H. Shimada, Appl. Phys. Express **15**, 064001 (2022).

[2] Hertzberg et al., Rev. Sci. Instrum. **82**, 104905 (2011); Otelaja et al., New J. Phys. **15**, 043018 (2013).