Spiral-MKIDs の作製と応答速度の評価

Preparation of Spiral-MKIDs and Evaluation of Response Speed

山形大学大学院理工学研究科 [1], ○加藤圭起 [1], 鈴木快飛 [1], 仲田優介 [1], 中島健介 [1], 齊藤敦 [1]

Yamagata Univ. [1],

○Yoshiki Kato[1], Kaito Suzuki[1], Yusuke Nakada[1], Kensuke Nakajima[1], Atsushi Saito[1]

E-mail: txh40567@st.yamagata-u.ac.jp

1.はじめに

我々は Microwave Kinetic Inductance Detectors (MKIDs)[1] 用素子として高 Q 値共振特性と広帯域アンテナ特性を併せ持つ Spiral-MKID を提案し[2]、雑音等価電力(NEP)向上のため応答性と膜厚の関係について研究を行ってきた。[3]さらなる NEP 向上のためにはノイズの低減と応答速度の向上が必要となる。一方 MKIDs の応答速度は一般的な検出器である Si ボロメータより高速であるという利点があるが、Spiral-MKID の応答速度はまだ十分な評価が成されていなかった。今回 Spiral-MKIDs の作製と応答速度の評価を行ったので報告する。

2.設計方法及び実験方法

MKIDs の設計には電磁界解析シミュレータ Sonnet-EM を用いた。今回 Spiral-MKIDs の周波数設計は、2.2～6.4 GHz の周波数範囲を使用した。本研究での共振モードは半波長共振を使用し、81 個の共振器を 9 個ずつ 9 グループに分け設計を行った。MKIDs の作製方法は、m-sapphire 基板上に DC マグネトロンスパッタリング法により NbN(220)薄膜を成膜し、フォトリソグラフィーと反応性イオンエッチング装置を用いて素子を作製した。作製した素子をチップキャリアに実装し、4K 冷凍機付真空チャンバー内に取り付け、転移温度を下回る約 1.7 K まで冷却し、通過特性(S_{21})の測定を行った。[4]確認された共振の 1 つを用い、応答速度の測定を行った。応答速度測定のシステムの概略図を Fig. 1 に示す。また今回使用した UV 光源の波長は 400 nm を使用した。

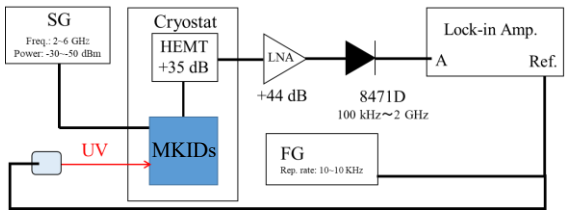

Fig. 1 System used for response time measurement.

3.実験結果及び考察

今回測定した共振特性及び、共振のディップからの差分周波数での出力電圧を Fig. 2 に示す。共振ディップから 0.8 MHz の高周波側で最も変化量が大きいことが確認できた。

次に照射した励起光のくり返し周波数を変えたときの出力電圧の関係を Fig. 3 に示す。縦軸は最も変化量が大きく観測された周波数での出力電圧を示す。出力電圧の周波数依存性は、

$$V_{out} = \frac{V_1(0)}{\sqrt{1+(2\pi f\tau_1)}} + \frac{V_2(0)}{\sqrt{1+(2\pi f\tau_2)}} \quad (1)$$

によりフィッティングを行うことで時定数 τ_1 と τ_2 を得た。4.0K の時に 2 段階の極端な応答の変化があり、また 1.7K の時はこの変化が小さくなることが確認できた。Fig. 3 より、速い応答である τ_2 と遅い応答 τ_1 の 2 つの応答がある。遅い応答 τ_1 は熱的な応答であると考えられる。速い応答 τ_2 は MKID 本来の量子的な応答を示していると考えられる。T=1.7K において、τ_2 =0.852 μsec という値を得た。詳細については当日の講演に際述べる。

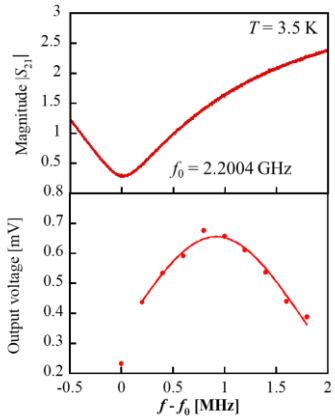

Fig. 2 Relationship between S_{21} and the amount of change. in resonance at each point

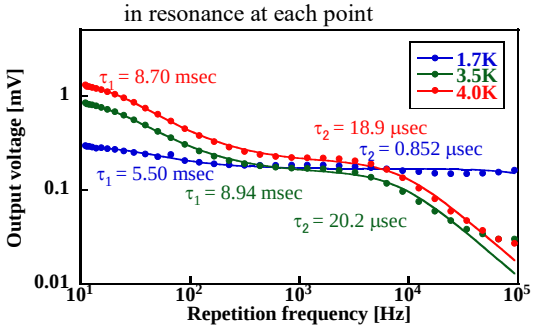

Fig. 3 Relationship between UV frequency and voltage.

5.参考文献

[1] P. K. Day et al, NATURE, Vol. 425, pp. 817-821 (2003).
[2] K. Hayashi et al, J. Phys:Conference Series 507, 042015 (2014).
[3] 岡 大輝 等, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 15a-4A-7 (2015).
[4] 加藤 圭起 等, 応用物理学会東北支部第 74 回学術講演会, 3aB11 (2019).