

NbN 製 MKID アレイの線幅依存性に関する検討

Study on line width dependence of NbN based MKID arrays

1. 豊橋技科大, 2. 山形大, 3. 情通機構 °根岸 駿¹, 有吉 誠一郎¹, 三上 光瑠¹, 橋本 智¹,
中島 健介², 寺井 弘高³, 田中 三郎¹

1.Toyohashi Univ. of Technol., 2.Yamagata Univ., 3.NICT, °S. Negishi¹, S. Ariyoshi¹,

H. Mikami¹, S. Hashimoto¹, K. Nakajima², H. Terai³, S. Tanaka¹

E-mail: ariyoshi@ens.tut.ac.jp

1. はじめに

テラヘルツ (THz) 波は, 周波数 0.1~10 THz (波長 3~0.03 mm) の領域に位置し, 電波の有する透過性と光波の有する直進性を兼ね備えており, 物体内部の非破壊イメージングなどへの応用が期待されている. しかし, 大規模な THz イメージングを行うための検出技術は発展途上の段階にある. 量子型検出器である力学インダクタンス検出器 (Microwave Kinetic Inductance Detector: MKID) は素子を単層膜で作製でき, 周波数分割による多画素の同時読出しが可能のため, 大規模アレイ化が容易という利点がある^[1].

本研究では, 窒化ニオブ (NbN) を用いた検出器の開発を行っており, 共振器形状に着目し電磁界解析による設計と, 作製による高感度な MKID の実現を目的とした. この設計指針が確立すれば, MKID 開発における効率的な最適化が可能となり, より高度な THz イメージングへの応用展開が期待される.

2. 実験方法

まず, Fig.1 に示す解析モデル^[2,3]を用い作製した Rewound 型共振器の電磁界解析を行った. 解析には電磁界シミュレータ Sonnet Lite を用い, 全長 12.5 mm の 1/2 波長共振器を構成した. 解析条件は, 周波数範囲 1~10 GHz, サファイア基板の比誘電率 9.8, 基板厚 500 μm , 解析空間サイズ 5 mm $\times$ 5 mm, 薄膜交流抵抗 $R_{\text{rf}} = 3.92 \times 10^{-26} \Omega \text{ Hz}^{-2}/\text{sq}$, インダクタンス $L_S = 16.8 \text{ pH}/\text{sq}$ とした. 共振器の線間隔 a を 10 μm 一定とし, 線幅 w を 10, 20, 40 μm としたときの共振特性を解析した.

次に, 10 mm 角のサファイア基板上に成膜された NbN 薄膜に 25 画素の MKID アレイを作製した. その MKID アレイを ³He 冷凍機にて約 0.5 K まで冷却し, ネットワークアナライザによって共振特性の線幅依存性を評価した.

3. 実験結果

本解析において, 共振器の線幅 w を 10 μm としたときの共振周波数は, 2.25 GHz であり, 20 μm にしたとき 0.54 GHz, 40 μm にしたとき 1.0 GHz 高域側へシフトした. これは, 線幅が太くなり全インダクタンス ($L = L_k + L_m$) が減少したこ

とが原因と考えられる. また, 各線幅におけるディップ深さ (S_{21}) と負荷 Q 値 (Q_L) の線幅依存性 (Fig.2) より, 線幅が太いほどディップ深さが大きく, 線幅が細いほど Q 値が大きくなることが明らかとなった.

作製した MKID アレイの線幅 10 μm に対する 40 μm は, 共振周波数が 1.1 GHz 高域側へシフトし, 解析結果と同程度のシフト量を確認した.

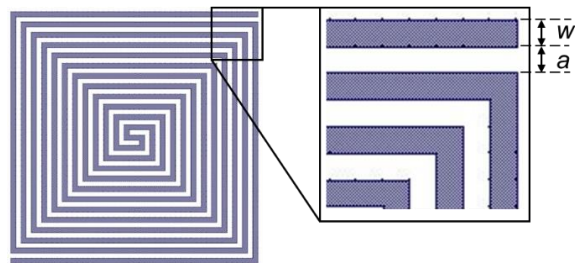


Fig.1. Analysis model of a rewound type resonator

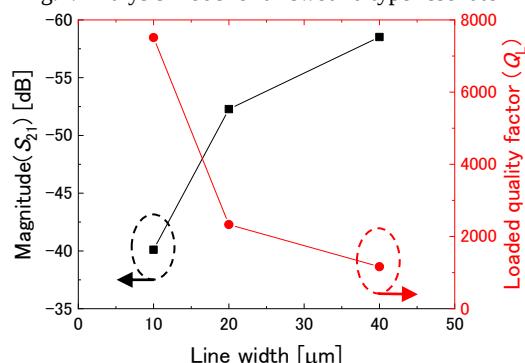


Fig.2. Dependences of S_{21} and Q_L on line width of rewound type resonators

4. まとめ

本研究では, MKID アレイを構成する共振器の線幅に着目し, 電磁界解析を行った. 解析結果より, インダクタンスの変化による周波数シフトとディップ深さ, Q 値の変化を明らかにした. 作製した MKID アレイの線幅変化によって解析結果と同様に高域側への周波数シフトを確認した.

作製した MKID の共振周波数シフトなどの詳細は講演にて報告する.

5. 参考文献

- [1] P. K. Day, et al. Nature 425, 817-821(2013)
- [2] S. Ariyoshi, et al. Appl. Phys. Express, 6 (2013)
- [3] K. Hayashi, et al. 11th ESAS, 213-216(2013)