

YBCO 薄膜を用いた MKID アレイの作製と評価

Fabrication and evaluation of MKID arrays using YBCO thin films

○佐藤 圭悟¹, 有吉 誠一郎¹, 中島 健介², 齊藤 敦², 田中 三郎¹ (1.豊橋技科大, 2.山形大)

○K. Sato¹, S. Ariyoshi¹, K. Nakajima², A. Saito², S. Tanaka¹

(1.Toyohashi Univ. of Technol., 2.Yamagata Univ.)

E-mail: k143429@edu.tut.ac.jp

1. はじめに

電波と光波の中間領域に位置するテラヘルツ波 (0.1~10 THz) は、電波の物質透過性と光波の直進性の両方の性質を兼ね備え、物体内部の撮像やイメージング等への応用が期待される。しかし、現在主流の熱型検出器では多層膜の素子構造や複雑な読み出し回路を必要とするため、大規模アレイ化が困難である。これに対し、量子型検出器である力学インダクタンス検出器 (MKID) は単層膜で素子が作製でき、周波数分割による多画素からの信号同時読み出しが可能のため、将来的に大規模アレイ化が容易という利点がある¹⁾。

本研究では、現在主流の低温超伝導体を用いた MKID ではなく、高温超伝導体の一つである $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO、超伝導転移温度 $T_c \sim 93$ K) に着目し、液体窒素温度 (77 K) 以上で簡便動作可能な MKID の実現を目的とした。

2. 実験方法

まず、YBCO 薄膜を反応性 RF スパッタリング法により成膜した。基板材料には MgO (100) を用い、10 mm 角基板上に成膜した。得られた薄膜は T_c 測定に加え、X 線回折 (XRD) および走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて膜質を評価した。

次に、初の YBCO 薄膜を用いた MKID アレイを、フォトリソグラフィー法を用いて作製した (Fig.1 内右)。MKID は 1 本の信号読み出し線と 25 個のスパイラル型共振器²⁾で構成されており、マイクロ波帯で共振する半波長共振器で、周波数分割多重化方式の 25 画素検出器として設計されている。

最後に、作製した MKID を ^4He 冷凍機に搭載して最低到達温度 (約 11 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を測定した。また、共振周波数の温度依存性から力学インダクタンス成分の評価を行った。さらに、MKID に白色可視光を照射し、作製した MKID が電磁波検出器として動作するか評価した。

3. 実験結果

MgO 基板上に成膜した YBCO 薄膜は膜厚が 200 nm、 $T_c = 84$ K となった。XRD および SEM による測定の結果、高い結晶配向性をもつ良質な

YBCO 単結晶薄膜が成膜できたと考えられる。

作製した MKID の共振特性評価を行った結果、25 画素アレイに対応して、5.0 GHz 付近に 25 本の共振ディップを確認した (Fig.1)。これらの共振ディップは最大 13 dB 程度となり、周波数間隔と深さは概ね均一な特性が得られた。次に、MKID 加工後に T_c を測定した結果、信号読み出し線では 80 K、共振器では画素毎で異なり約 60 ~ 70 K となり、薄膜の状態よりも T_c が低下した。この T_c の低下は薄膜の膜質やパターニングなどの影響と考えられる。

最後に、11 ~ 80 K の範囲で冷却して共振の温度依存性を測定した。共振周波数は温度上昇とともに低周波数側にシフトし、これは磁場侵入長との関係式を用いたフィッティングの結果から、共振器の力学インダクタンス成分に起因するものと考えられる。また、可視光入射によって、MKID の共振周波数のシフトを確認した。

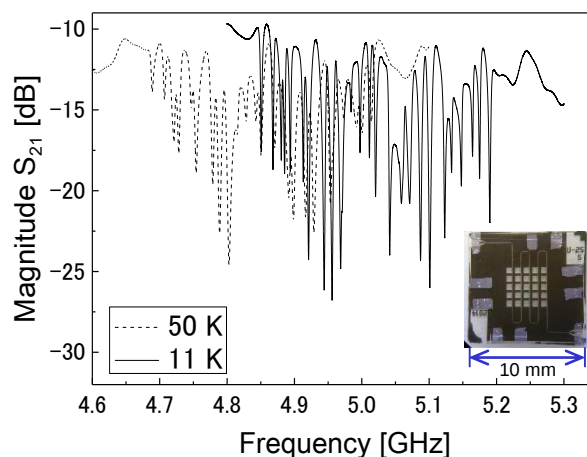


Fig.1. Resonance from MKID arrays (right inset) at 11 and 50 K

4. まとめ

MgO 基板上に成膜した YBCO 薄膜は $T_c = 84$ K と良好な値を得た。次に、YBCO 製 MKID を作製し評価した結果、25 画素全てで比較的均一な共振ディップを確認し、さらに、MKID アレイが光学応答性を有することを確認した。光学応答性等の詳細については講演にて報告する。

5. 参考文献

- 1) P. K. Day, et al. Nature 425,817-821(23 Oct. 2013)
- 2) K. Hayashi, et al. Physics Procedia45 213(2013)