

Ti/TiN積層膜を用いた力学インダクタンス検出器の性能評価 Performance evaluation of Kinetic Inductance Detector with Ti/TiN Multilayer Film

埼玉大院¹, 理研², 東北大院³, KEK⁴ 古谷野 凌¹, 美馬 寛²,
成瀬 雅人¹, 明連 広昭¹, 大谷 知行^{2,3}, 田島 治⁴, 田井野 徹¹
Saitama Univ.¹, RIKEN², Tohoku Univ.³, KEK⁴ Ryo Koyano¹, Satoru Mima²,
Masato Naruse¹, Hiroaki Myoren¹, Chiko Otani^{2,3}, Osamu Tajima⁴, Tohru Taino¹
E-mail: r_koyano@super.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】

宇宙マイクロ波背景放射(Cosmic Microwave Background : CMB)精密観測により、宇宙の平坦性や一様性が示された。これはビッグバン以前にインフレーションと呼ばれる急激な加速膨張があったと仮定すると非常にうまく説明できる。近年、CMBの偏光の空間分布図を精密観測することでインフレーションの存在を検証可能であることが分かった。しかしその強度は無偏光成分と比較して10万分の1程度と極めて小さいため、高感度な検出器が必要である。

単一の検出器の雑音レベルがCMBの原理的な光子雑音を下回る必要があり、標準的なインフレーションを検証するためには、1000素子以上に検出器をアレイが必要となる。このため、我々は力学インダクタンス検出器(Microwave Kinetic Inductance Detector : MKID)^[1]に着目した。MKIDは高感度かつ、一対の読み出し線で複数素子を同時に読み出すことができ、アレイ化に非常に適している。本研究では超伝導体にTiNを用いたMKIDの開発を行った。TiNは高抵抗、高力学インダクタンスを持つ材料で、検出器の高感度化が期待され、成膜条件を制御することで超伝導転移温度(T_C)コントロールでき、実験環境に合わせた最適化が可能である。前回 TiN/Ti 積層薄膜の層数を変えることにより、 T_C を ± 0.01 K程度の精度でコントロール可能^[2]であることを報告した。これを用い CMB 偏光観測に最適化した周波数帯域(150, 220 GHz)の検出器を作製できる。本発表ではTi/TiN積層膜を使用した MKID の性能評価を報告する。

【超伝導材料の選定】

MKIDはシンプルな構造を持つため、用いる超伝導体に大きく性能が左右される。MKIDに用いる超伝導体の候補は、CMB 偏光観測に必要な周波数帯域(150, 220 GHz)より $Al(T_C = 1.2$

K)や $TiN(T_C = 0.5 \sim 5$ K)が挙げられる。MKIDを最大の感度で動作させるためには T_C の10分の1の温度に冷却する必要がある。TiNの転移温度をコントロールし実験に最適化することでAlに対し10倍もの感度向上が可能である。本研究では検出器のアレイ化の観点から、基板上で一様にTiNの T_C をコントロールすることを目指している。

【結果】

基板内で一様に T_C をコントロールするために高抵抗なSi基板上にDCスパッタ装置にて、TiN = 10 nm, Ti = 5 nmのTiN/Ti積層膜を堆積した。それぞれ交互に9層成膜することにより超伝導体の近接効果を利用した構造となっている。CMB 偏光観測の観測周波数150 GHzを想定した時の条件($T_C < 1.8$ K)となる T_C コントロールでは、基板上の中心から-1 cm ~ +3 cmにおいて誤差 ± 0.02 Kに収まった T_C を得ることができている。

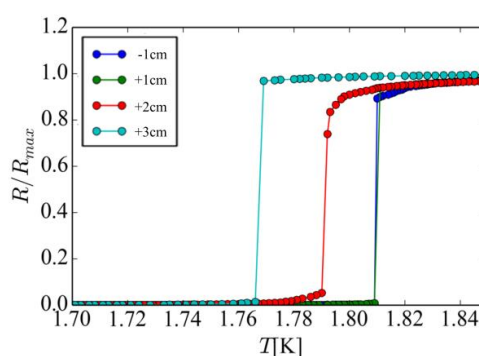


図1 作製した素子の測定箇所と T_C 測定結果

講演では、検出器のアレイ化の実現のために基板上で一様に T_C コントロールをし、CMB観測用のMKIDの試作および性能評価を報告する。

参考文献

- [1] Peter K. Day, et al., NATURE, VOL. 425, 2003
- [2] 西村 欣太郎, 第 75 回応用物理学会学術講演会, 20a-A22-6, 2014