

Ti/TiN積層膜を用いた力学インダクタンス検出器の開発 Development of Kinetic Inductance Detector with Ti/TiN Multilayer Film

埼玉大院¹, 理研², 東北大院³, KEK⁴ °西村 欣太郎¹, 美馬 覚²,

成瀬 雅人¹, 田井野 徹¹, 明連 広昭¹, 大谷 知行^{2,3}, 田島 治⁴

Saitama Univ.¹, RIKEN², Tohoku Univ.³, KEK⁴ °Yoshitaro Nishimura¹, Satoru Mima²,

Masato Naruse¹, Tohru Taino¹, Hiroaki Myoren¹, Chiko Otani^{2,3}, Osamu Tajima⁴

E-mail: nisimura@super.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】

これまでの宇宙観測から、宇宙はその初期にインフレーションという急激な加速膨張をしたと考えられている。インフレーションの存在を検証するためには、宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background : CMB) の偏光の空間分布図を精密観測する必要がある。ただし、この偏光分布の強度は、これまでに観測されている温度ゆらぎ (無偏光成分) の強度よりも 10 万分の 1 程度小さいため高感度な検出器が必要である。単一の検出器への要求としては、CMB の原理的な光子雑音を下回る必要がある。また、CMB の雑音を統計的に除去するため少なくとも 1000 素子以上に検出器をアレイ化することが必要となる。このため、我々は力学インダクタンス検出器 (Kinetic Inductance Detector : KID)¹⁾ に着目した。KID は基板上に超伝導薄膜を堆積させ、信号読み出し線と共振器 (検出器) の形状に加工することで検出器として動作する。この際、一本の読み出し線で多数の検出器を読み出せるため、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 KID の開発を行った。TiN は高抵抗、高力学インダクタンスから検出器の高感度化に期待されている。また、成膜条件によって超伝導転移温度 (T_C) を変えられる。 T_C を 1~2 K の範囲でコントロールできれば CMB 観測に最適化した周波数帯 (90, 150, 220 GHz) の検出器を作製できる。本発表では、 T_C 制御した TiN を用いた KID に関する研究成果を報告する。

【実験方法】

T_C を 1.55 K にコントロールすることを目標にして、(1) Ti と N の組成比を変化させる方法と (2) Ti/TiN 積層膜にした際の超伝導近接効果による方法の 2 通りで行った。どちらも基板には Si(1 0 0) (>1000 Ω cm) を使い、DC スパッタ装置にて成膜した。(1) では、成膜時電流を調整することにより Ti の成膜速度を変えて、Ti と N の組成比を変化させた。(2) では Ti の約 10 nm の層と TiN 層を交互に成膜することで、その近接効果を利用した。

【結果】

実験方法 (1) では電流値を 1~5 A まで変化させ成膜を行った。その際の T_C は Fig.1 のようになった。目標とする 1.55 K 付近では非常に不安定な結果となった。

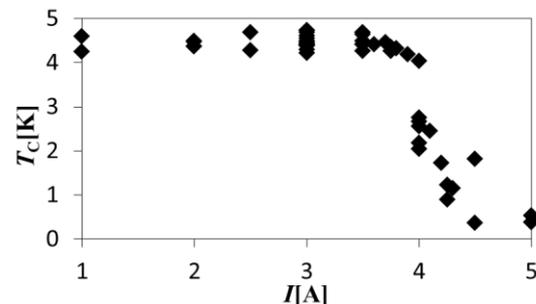


Fig.1 Current dependency of T_C

次に実験方法 (2) では TiN と Ti の厚さを 10~15 nm の間で調整し、積層する層数を変えて微調整を可能にした。その結果、Ti=10 nm, TiN=10 nm それぞれ 3 層とした際に、同一の 3 インチ基板上任意 6 点において Fig.2 に示すような 1.55 K の前後 0.01 K を切る精度で T_C をコントロールすることが出来た。

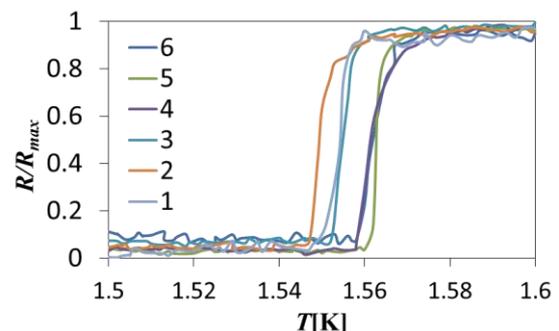


Fig.2 T_C of Ti/TiN Multilayer Film

以上より、Ti/TiN 積層膜によって 3 インチ基板上で T_C を 0.01 K 程度の精度でコントロールする手法を確立した。これは、1000 素子以上の検出器アレイ開発に向けた重要なマイルストーンの達成である。

講演では Ti/TiN 積層膜を使用した KID を作製し評価した結果も報告する予定である。

参考文献

[1] Peter K. Day, *et al.* NATURE VOL.425, 2003