

CMB 偏光観測に向けた超伝導検出器の大規模アレイの開発

Development of the large-scale array of superconducting detectors for the CMB polarization measurement

埼大院¹, 理研², 東北大院³, KEK⁴ 古谷野 凌¹, 瀬本 宗久¹, 美馬 覚²,
木内 健司², 成瀬 雅人¹, 明連 広昭¹, 大谷 知行^{2,3}, 田島 治⁴, 小栗 秀悟⁴, 田井野 徹¹
Saitama Univ.¹, RIKEN², Tohoku Univ.³, KEK⁴ Ryo Koyano¹, Munehisa Semoto¹, Satoru Mima²,
Kenji Kiuchi², Masato Naruse¹, Hiroaki Myoren¹, Chiko Otani^{2,3}, Osamu Tajima⁴, Shugo Oguri⁴, Tohru Taino¹
E-mail: r_koyano@super.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】

宇宙初期に時空の加速膨張があったとするインフレーション仮説は、従来のビッグバン宇宙論では説明できなかった様々な観測結果(宇宙の平坦性や一様性など)を一挙に解明する理論として注目を集める。そして、宇宙マイクロ波背景放射(Cosmic Microwave Background: CMB)の偏光パターンの精密観測は、それを実験的に証明する有力な手段である。

GroundBIRD 実験は、地上から CMB 偏光を観測するプロジェクトである。微弱信号を精密観測するために、高感度とアレイ化の両方が検出器に要求される。このため、我々は要求を満たす検出器として、力学インダクタンス検出器(Microwave Kinetic Inductance Detectors: MKIDs)^[1]に着目して開発を行っている。

要求を満たす検出器の構造は複雑で、作製工程が多い。そこで、素子の作製手法を確立する為に、プロトタイプ検出器を試作し、その特性測定、設計と照らし合わせた分析評価を行った。

【プロトタイプ検出器デザイン】^[2]

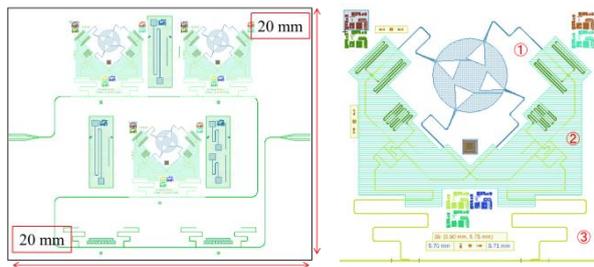


Fig1 prototype design

Fig 2 1 pixel

Fig 1 に示すデザインは GroundBIRD に搭載するプロトタイプ検出器である。素子サイズは、作製過程における歩留りの問題を軽減するため、実際のサイズの約 1/4 となる 20mm 角の正方形素子とした。素子内には 10 個の MKIDs が配置されている。

Fig 2 に 1 ピクセルの検出器(アンテナ接続)を示す。アンテナに入射した直交する 2 偏波は、ピクセル内の 2 つの MKIDs でそれぞれ検出さ

れる。構造は大きく分けて、①プローブアンテナ、②ミリ波回路、③MKIDs からなる。中心周波数 145 GHz、帯域 30 %以上、直線偏光のクロストーク -40 dB 以下を満すよう設計した。

また、4 つの MKIDs は共振器単体の特性を評価するためアンテナとミリ波回路なしのデザイン(MKIDs のみ)とした。

以上のデザインを用いて各構造の最適化を行っている。

【プロトタイプ試作・性能評価】

素子作製は理化学研究所の超伝導膜製造装置、および国立天文台の精密露光装置と微細加工装置を用いて行った。

試作した検出器の 100 mK における共振特性結果を Fig 3 に示す。同図において、低周波側の 6 個と高周波側の 4 個が、それぞれアンテナ接続 MKIDs の共振と MKIDs のみの共振である。アンテナを接続しても共振クオリティを維持することが、最初に乗り越えねばならない課題のひとつである。同図に確認できる 9 個の共振強度の比較によって、その課題を達成したことがわかる。

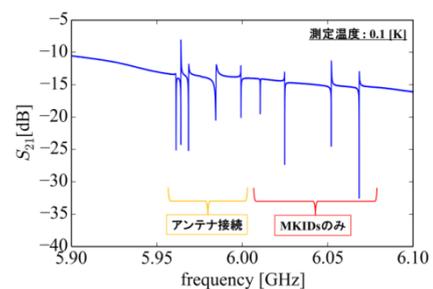


Fig 3 Resonance characteristic

本講演では、検出器の試作方法の最適化と、検出器の性能評価について報告する。

【参考文献】

- [1] Peter K. Day, *et al.*, NATURE, VOL. 425, 2003
[2] Oguri, S., *et al.*, Journal of Low Temperature Physics, 1-7 (2015)

謝辞

本研究は GroundBIRD コラボレーションによってサポートされました。検出器試作にあたって、国立天文台 先端技術センター微細加工装置を利用させていただき、大変感謝いたします。