

CMB 偏光観測用検出器に用いる Nb-MKIDs の試作と評価

Development and evaluation of Nb-MKIDs to be used in the CMB polarization observation

埼玉大院¹, 理研², 東北大院³, KEK⁴ ○瀬本 宗久¹, 古谷野 凌¹, 美馬 寛², 木内 健司²
明連 広昭¹, 成瀬 雅人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 ○M. Semoto¹, R. Koyano¹, S. Mima², K. Kiuchi²
H. Myoren¹, M. Naruse¹, C. Otani^{2,3}, O. Tajima⁴, S. Oguri⁴, T. Taino¹
E-mail: m_semoto@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[1])は宇宙誕生から 38 万年後に放出された最古の光である。近年、CMB の偏光成分を精密に観測することでインフレーション理論[2]を直接検証可能であると予言された。

我々は、これを観測すべく CMB 偏光観測に特化した地上実験 GroundBIRD(GB)を進めている。偏光成分は極めて微弱なため、高感度かつ多画素(高統計)な検出器が必要不可欠である。GB 用の検出器として、力学インダクタンス検出器(Microwave Kinetic Inductance Detectors : MKIDs[3])を開発している。MKIDs は多数の超伝導共振器と 1 対の配線からなる。各共振器が 1 素子に対応し、それらを 1 対の読み出し配線に接続して周波数領域に多重化することで多画素化が実現できる。また、超伝導体の微小なバンドギャップを利用することで超高感度が得られる。

GB 素子には MKIDs だけでなく、MKIDs に偏光感度を持たせるためのアンテナとミリ波回路が一体形成されている。

【3 インチ基板内の Nb 膜厚分布最適化】

GB 検出器の導体は大部分がニオブ薄膜(Nb)で作製されている。超伝導体を使うことで、ミリ波回路の導体損失を極小化出来る。また、基板内の素子数を最大化するため、3 インチ基板全面に素子を配置した。

超伝導薄膜は、膜厚が増加すると異常表皮効果により、表皮インダクタンスが減少する。Nb 薄膜の面内均一性が不十分な場合、ミリ波回路内に作製するバンドパスフィルタの透過特性がシフトする問題や、すべての共振器の共振周波数が読み出し回路の帯域に収まらない問題が発生する。

そこで、Nb 薄膜の均一性を最適化した。Nb 薄膜は DC マグネトロンスパッタ装置で成膜した。膜厚の分布は装置のターゲットと基板間の距離(T/S)に強く依存している。そこで、T/S を最適化した。使用した装置の T/S は 120 mm から 220 mm で設定可能なため、T/S=120 mm, 170 mm, 220 mm で Nb を成膜して各共振器部の膜厚を測定した。

T/S=220 mm のとき、フォトマスク中心と端の膜厚差は 10 %程度あった。一方で、T/S=120 mm と T/S=170 mm のときは 5 %程度の差があった。膜厚の均一性は T/S=120, 170 mm が T/S=220 mm より良

いことがわかった。

【Nb-MKIDs の試作と評価】

Nb-MKIDs の性能を評価するために、T/S が 120 mm、Nb 膜厚を GB の要求である 200 nm で成膜し、Nb-MKIDs を試作した(Fig.1)。検出器は希釈冷凍機を用いて 0.7 K に冷却して測定を行った。Nb-MKIDs の共振特性を Fig.2 に示す。測定結果から 100 以上の共振を確認し、90 %程度の歩留まりを達成した。

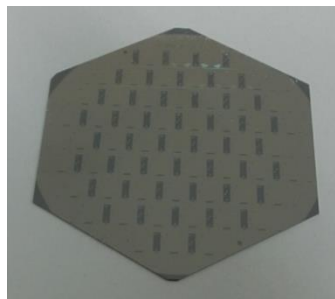


Fig.1 3 inch Nb-MKIDs

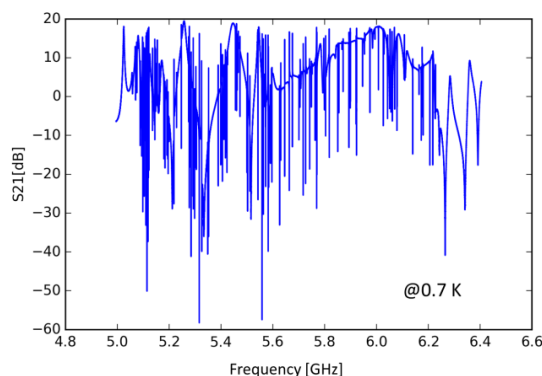


Fig.2 Measured transmission characteristic of the Nb-MKIDs array as a function of frequency.

【表皮インダクタンスの算出】

測定した共振周波数と設計共振器長を用いて各 MKIDs の表皮インダクタンスは算出可能である。算出した値を設計にフィードバックをかける。

参考文献

- [1] R.W. Wilson, A.A. Penzias, "Isotropy of Cosmic Background Radiation at 4080 Megahertz", Science 156 (3778), 1100-1101 1967
- [2] K. Sato, Monthly Notices of Royal Astronomical Society 195, 467 1981
- [3] K. Day, et al., NATURE VOL.425, 23 OCTOBER 2003