

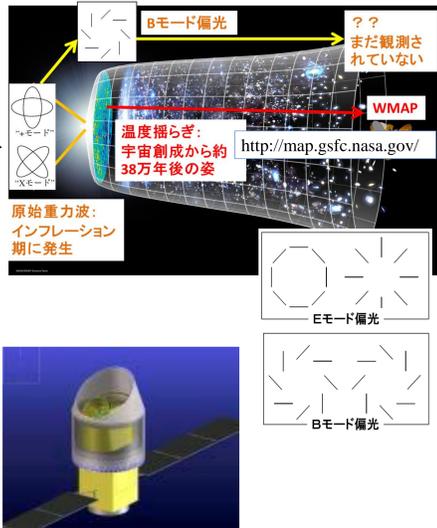
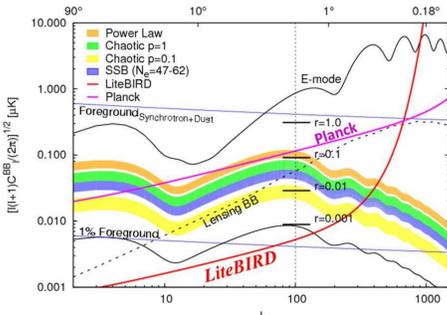
LiteBIRDに向けた多素子超伝導共振器(MKID)カメラの開発

○唐津謙一, 新田冬夢, 関本裕太郎, 野口卓, 松尾宏, 木内等, Agnes Dominjon (国立天文台), 関根正和, 関口繁之, 岡田隆, Shibo Shu (東京大学/国立天文台), 成瀬雅人 (埼玉大学), 他LiteBIRD Working Group

目的

宇宙背景放射(CMB)の偏光観測

- ✓ EモードとBモードがある
- ✓ Bモードを測定することによってインフレーションの謎に迫る



LiteBIRD [1]

- ✓ Bモード観測を目標とした衛星計画(2020年頃打ち上げ予定)
- ✓ 直径 ~ 60 cm, 50-320 GHzの帯域を測定し前景放射を除去する
- ✓ δr (tensor-to-scalar ratio) ~ 0.001まで探索することが目標
- ✓ 高感度な超伝導電波カメラを搭載する必要がある

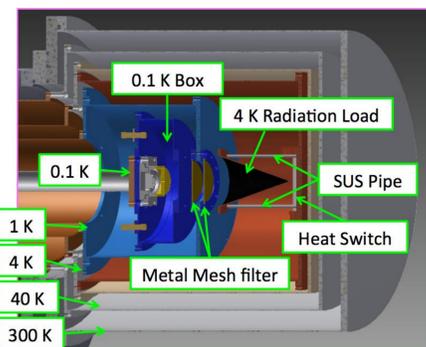
更なる高感度化

背景

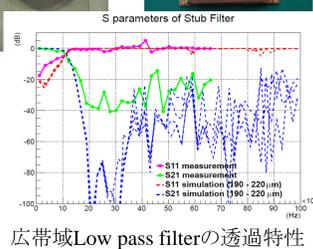
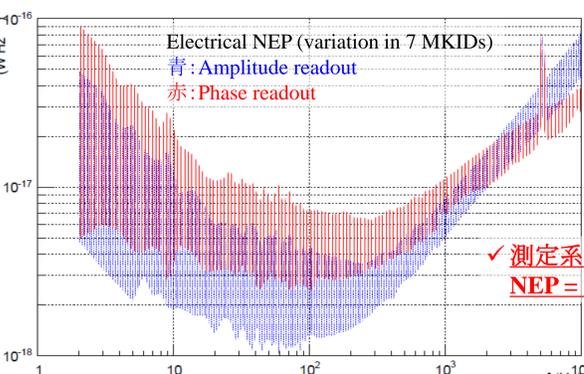
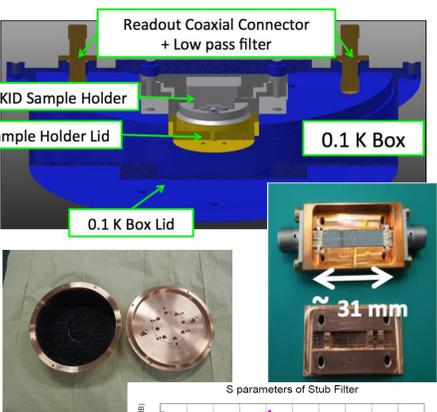
- ✓ これまでの達成Electrical NEP = $6 \times 10^{-18} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$
- ✓ 測定系からの迷光が感度を制限している → 迷光対策が課題

迷光対策

- ✓ 冷却シールド等外からMKIDへの入射
→ box-in-box sample holder (MKIDを二重箱の中に入れる)
- ✓ 信号線経路でのMKIDへの入射
→ 広帯域なlow pass filterで抑制する



迷光対策を施した0.1 K冷却測定系の模式図



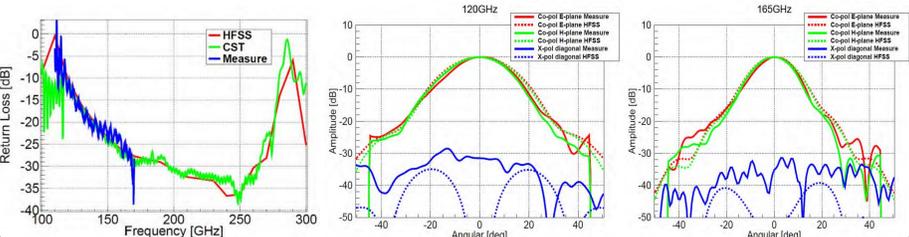
広帯域Low pass filterの透過特性

✓ 測定系の迷光対策によってElectrical NEP = $1 \sim 4 \times 10^{-18} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ を達成!

広帯域コルゲートホーンの開発

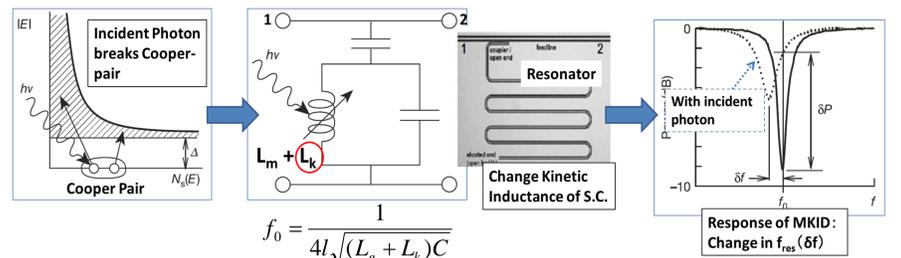
レンズ結合型の問題点

- ✓ Beam quality (サイドローブや交差偏波レベル等)
- ✓ 広帯域に対応する反射防止膜
→ コルゲートホーンにすることによって系統誤差をより小さくできる



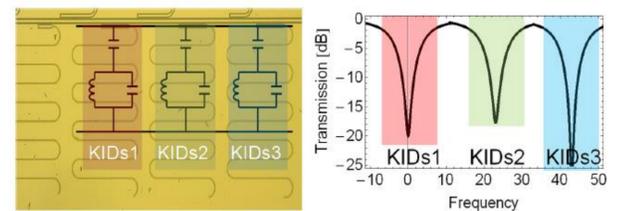
MKID (Microwave Kinetic Inductance Detector)

- ✓ マイクロ波帯(4-8 GHz)で動作させる1/4波長共振器 [2]
- ✓ 光子の入射によってクーパ対が壊され、超伝導体の力学インダクタンス(L_k)が変化→共振周波数が変化する様子をとらえる
- ✓ 超伝導ギャップエネルギー (2Δ)以上のエネルギーを持つ光子を検出できる



- ✓ 周波数方向に多重化が可能(FDMUX)

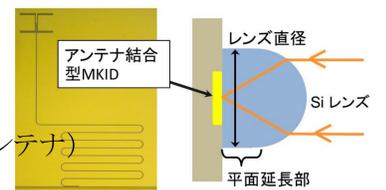
→1000素子規模のカメラを少ない読み出し線で構成できる



MKIDカメラの開発

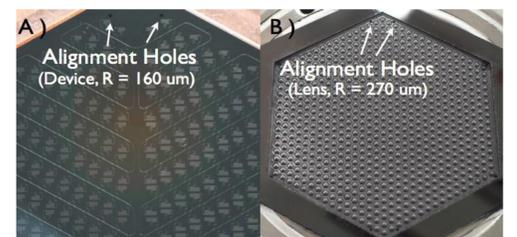
国立天文台での開発

- ✓ 超伝導体: Al ($2\Delta \sim 90\text{GHz}$ に対応)
- ✓ アンテナ結合型MKID(ダブルスロットアンテナ)
- ✓ 集光系: Si製の延長半球レンズ



<これまでの開発内容>

- Al膜の結晶化による高品質化及びノイズ測定 [3]
- Siレンズアレイのデザイン及びビーム測定 [4]
- FFTを用いた読み出し回路の開発 [5]
- 600素子MKIDの開発 [6]
- 冷却光学系の開発 [7]

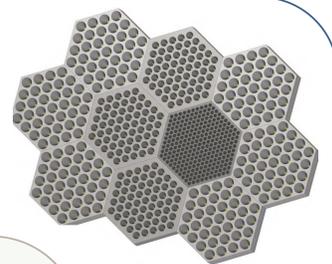


本ポスターではLiteBIRDに向けたMKIDカメラの開発状況を発表する

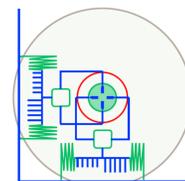
LiteBIRDへ向けて

実験室実証

- ✓ 0.1K冷凍機での600素子MKIDのビーム測定
- ✓ Optical NEP ~ $2 \times 10^{-18} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ を目指す

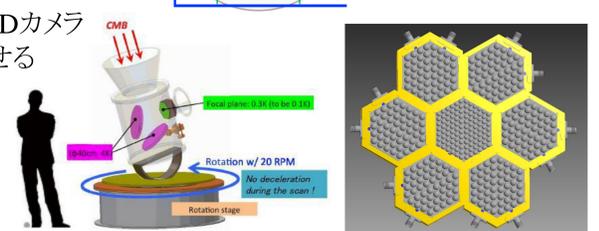


- ✓ ホーン結合型MKIDの開発
- ✓ 多色化(アンテナ, フィルター等々)
- ✓ 大面積化(6-inch waferでのprocess)



地上実証

- ✓ GroundBIRD [8], MKIDカメラの地上実証)を成功させる



[1] M. Hazumi et al., Proc. of SPIE, 8442, 844219 (2012)
 [2] P. K. Day et al., Nature 425, 817, (2003); J. Zmuidzinas, Annu. Rev. Cond. Mat. Phys. 3, 169, (2012)
 [3] M. Naruse et al., JLTP 167, 373 (2012); M. Naruse et al., IEEE Trans. on TST, 3, 2, 180 (2013)
 [4] T. Nitta et al., IEEE Trans. on TST, 3, 1, 56 (2013)
 [5] K. Karatsu et al., JLTP 176, 3-4, 459 (2014)
 [6] T. Nitta et al., JLTP 176, 5-6, 684 (2014)
 [7] S. Sekiguchi et al., IEEE Trans. on TST, to be published
 [8] O. Tajima et al., Proc. of SPIE, 8452, 84521M (2012)