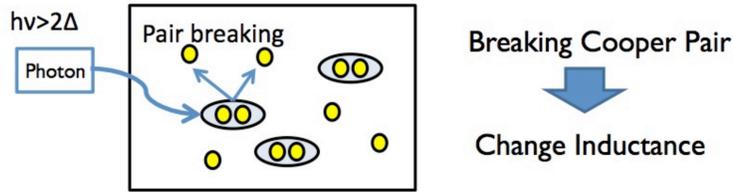


# 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測用検出器 MKID における

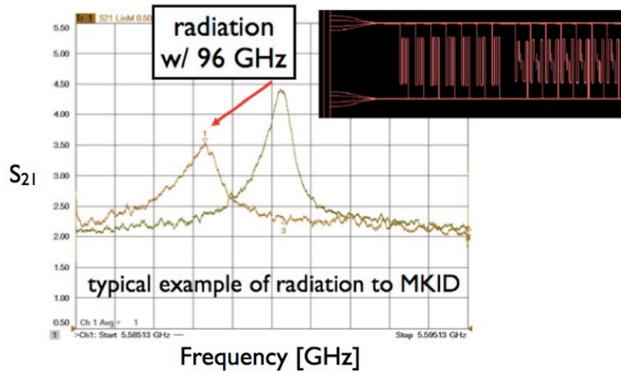
## 周波数領域での信号多重化を用いた読み出し系の開発

岐部 佳朗 (岡山大学) 他 LiteBIRD Working Group

### MKID (Microwave Kinetic Inductance Detector)



Cooper pair  
Quasi-particle



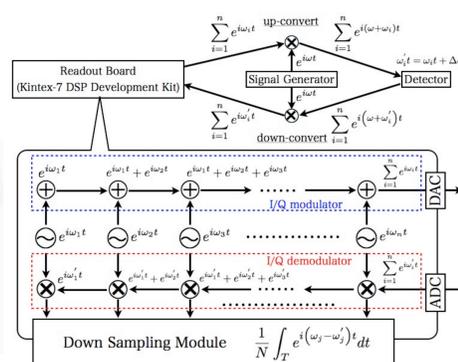
#### MKID の原理

- 超伝導体の力学的インダクタンスを利用した検出器
- 超伝導体のクーパー対が検出器に入射してきた光子などによって破壊されることで力学的インダクタンスが変化し、その変化を共振器の共振周波数の変動として検出  
→ **共振器の振幅 & 位相の変化を読み取る**
- フィードライン上に複数の共振器を備えるため、**信号の多重化が容易に行える**

### Readout System



(Kintex-7 評価ボード)



(読み出し系の概念図)

#### LiteBIRD 読み出し系に要求される性能

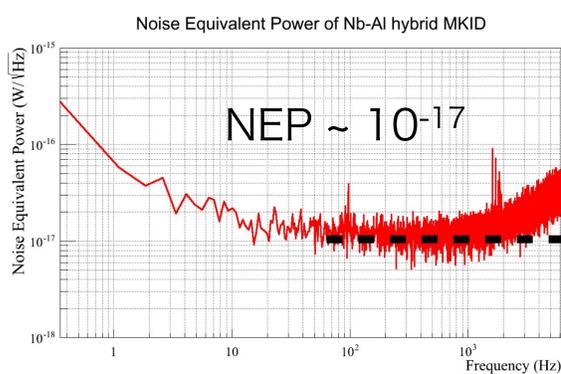
- ケーブル一本で多チャンネル読み出し可能  
→ 極低温で動作させるので、配線一本で多チャンネル読めると熱流入が防げる
- Sampling Rate が検出器応答速度より十分速い ( $\gg 10$  kHz)
- 観測時間のロスがない
- readout rate (offline への読み出し速度)  $> 24$  Hz

#### 開発の現状

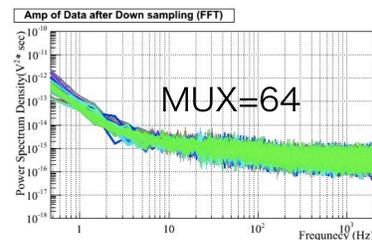
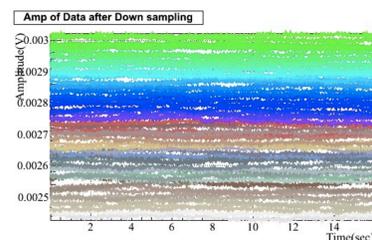
- Kintex-7 評価ボードを用いて開発中
- TCP/IP 経由でデータ転送 (Max. 125 MB/sec)
- MUX (Multiplexing) = 64** を達成  
→ Noise floor level が分解能によって制限されてしまう
- MKID を含めた測定系**を構築して NEP などのパラメータを測定 (適応事例: 偏光測定システム@理研)

#### LiteBIRD 搭載に向けた課題

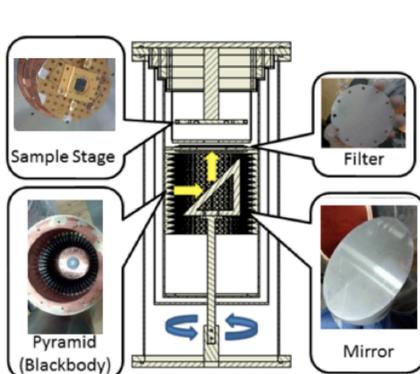
- FPGA の仕様
  - 現段階で宇宙向けは Vertex-5QV まで
  - Spec は Kintex-7 の方が上位なので、ASIC なども考慮
- データ転送の方法
  - SiTCP を宇宙でそのまま利用できる?
  - Leon3 などの宇宙向けの Software CPU を用いる?
  - Space-Wire を開発する?
- Multiplexing の実現
  - 100 MUX/1 FPGA × (複数の FPGA) ?
  - 400~500 MUX/1FPGA を実装する?  
(現状では 64 MUX が最大。より高スペックな FPGA が必須)
  - ボードの枚数が増えると、Spacing や熱流入 (ボード自身が持つ熱量なども含めて) が課題となる
  - 周波数・時間領域が混在した読み出し系も検討中



(NEPの測定結果)

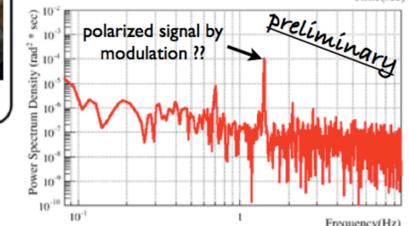
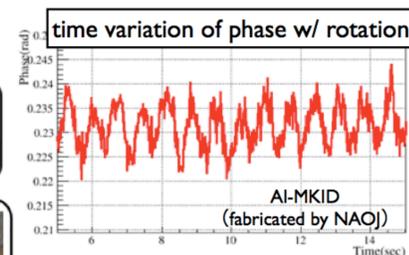


(Amplitude 読み出し)



KENTA System @ RIKEN

Reflecting the block body emission by rotating mirror generates polarized signals



(偏光測定システム@理研)