

# FORCE (NGHXT) に搭載する 広帯域 X 線撮像検出器 WHXI

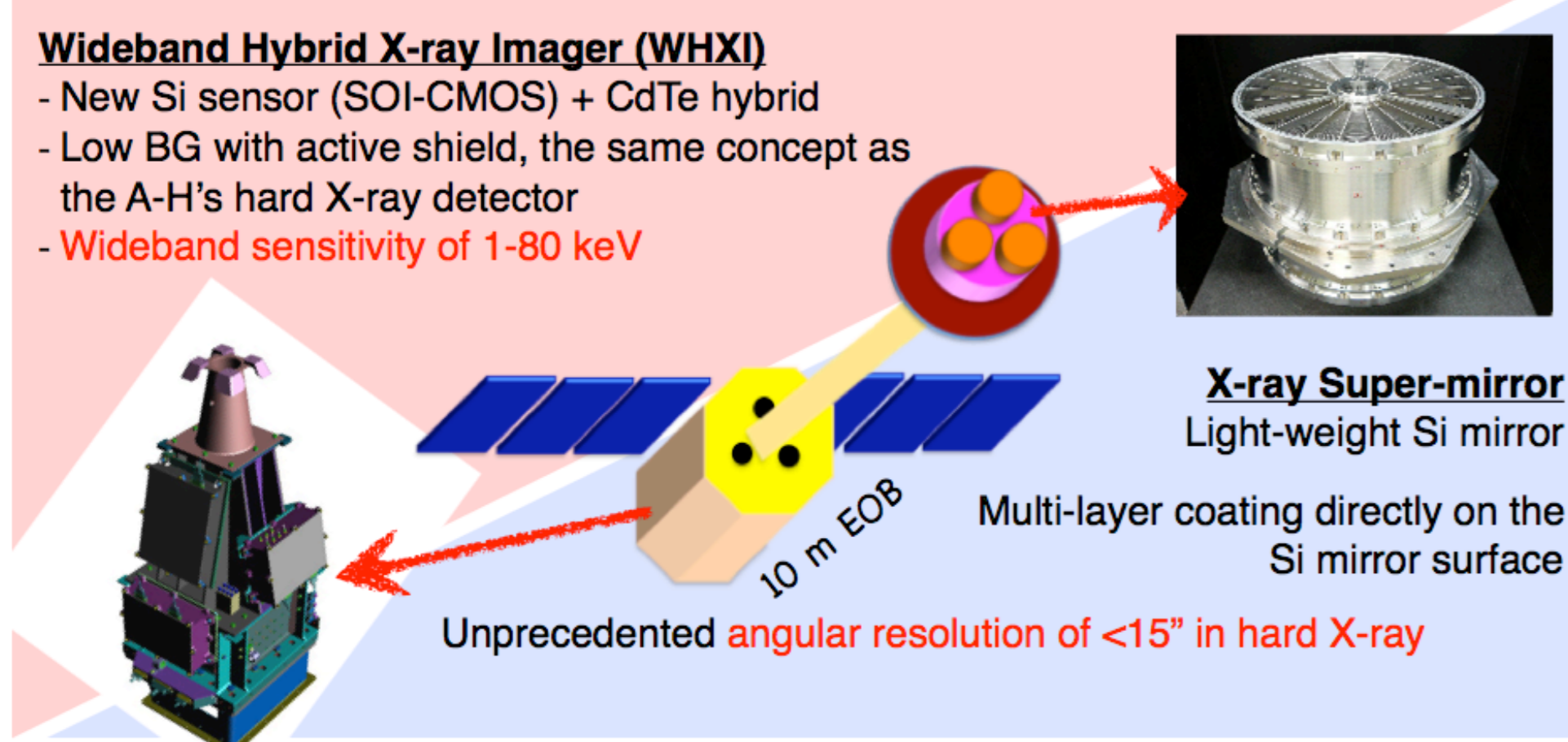
鶴剛, 武田彩希, 田中孝明(京都大学), 幸村孝由(東京理科大), 渡辺伸, 中島真也, 佐藤悟朗, 高橋忠幸(宇宙研), 中嶋大(大阪大学), 中澤知洋(東京大学), 森浩二(宮崎大学) 他 FORCE チーム

FORCE (FOcusing Relativistic universe and Cosmic Evolution) (元名 NGHXT) は0.5-80keVを10秒角(HPD)で撮像分光し、隠されたブラックホールの探査と宇宙線加速機構の解明を主目的とする小型衛星計画である。この講演ではスーパーミラーの焦点面検出器の開発中の現状を述べる。

検出器に求められる性能は、(1)エネルギー帯域0.5-80keV、(2)ミラーが持つ10秒角(HPD)の分解能を活かせる位置分解能、(3)鉄K輝線帯域でのプラズマ分光が可能なエネルギー分解能、(4)低い非 X 線バックグラウンド、である。これを満足するために、0.5keVから20keVを主に受け持つ X 線 SOIPIX 検出器と 20keV から 80keV を主に受け持つ CdTe 検出器のハイブリッドカメラの開発を進めている。CdTe 検出器は ASTRO-H HXI のものをさらに発展させ、FOXSI2 実験の経験も踏まえ、ピクセルサイズ 100 $\mu$ m (2秒角に対応)、厚み 750 $\mu$ m の検出器を開発する。X 線 SOIPIX はピクセルサイズ 36 $\mu$ m (0.74秒角に対応)、13.8mm $\times$ 21.9mm サイズの XRPIX-Full 検出器を3つモザイク状に並べ、44mm $\times$ 45mm の撮像エリアを構成し、15分角の視野を実現する。SOIPIX の開発の現状として、2015年末に XRPIX-Full の1/2のサイズの XRPIX5 が完成する予定である。また、イベント駆動読み出し時のノイズを下げる方策、軟 X 線感度を向上させる新しい X 線入射構造を持つ素子の試作を進めている。素子自身の X 線性能に並ぶ大きな課題は、X 線 SOIPIX 用のトレイの開発である。X 線 SOIPIX 素子は 44mm $\times$ 45mm の撮像エリアで 3-4W の発熱が起こる。これを排熱しつつ、CdTe が受け持つ 20keV 以上の X 線を透過させる構造が必要である。そこで枠状のパッケージ兼トレイの検討を開始した。設計段階で問題がなければ、4月末をめどに樹脂でモックアップを作る予定である。

## FORCE - FOcusing Relativistic universe and Cosmic Evolution

Upgrading of the ASTRO-H's wideband X-ray imaging spectroscopy with angular resolution < 15"



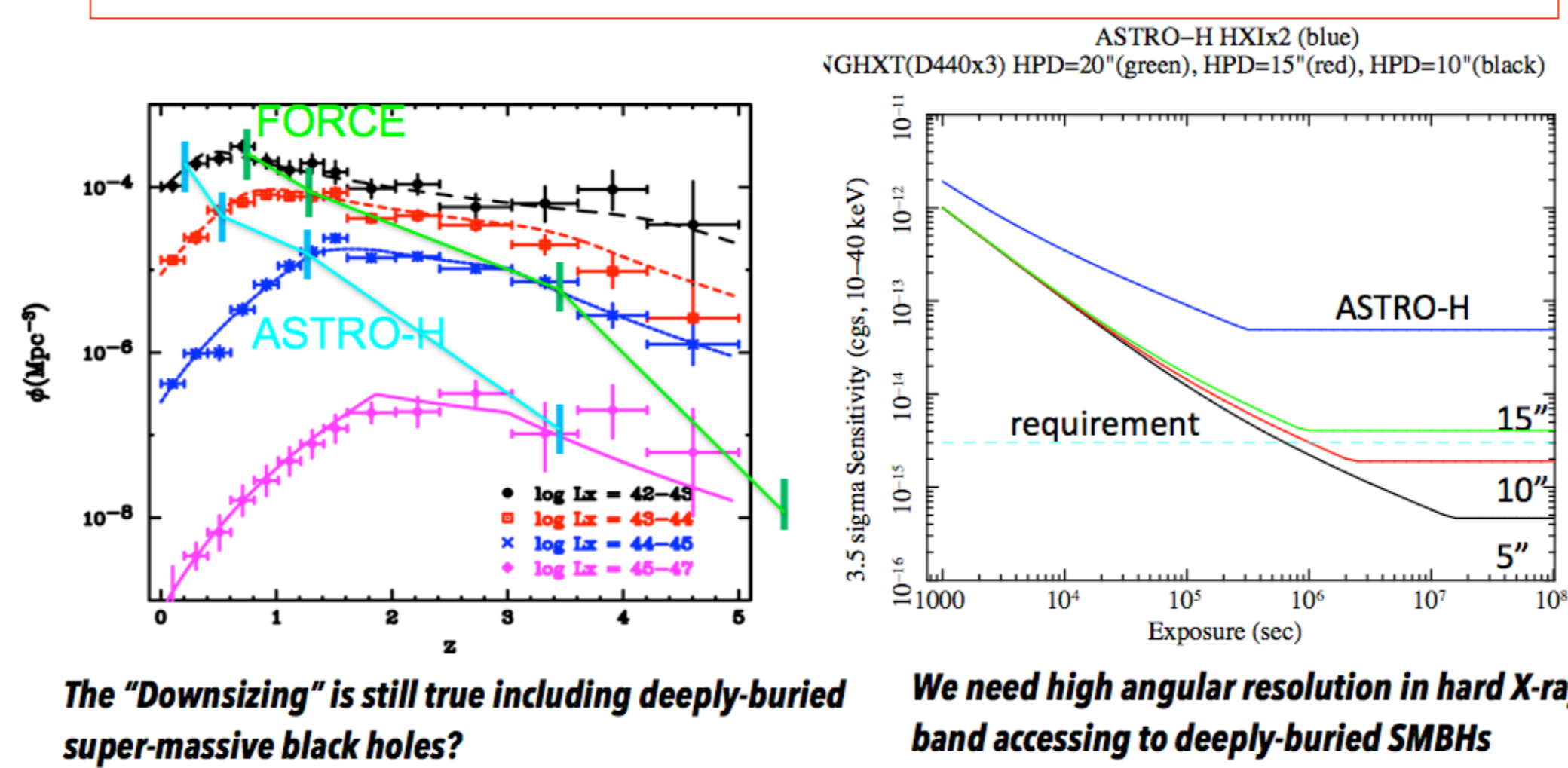
### Mission Req. and Goal

#### Specification of CdTe-DSD + X-ray SOIPIX

| Items                     | Requirement (Baseline)                      | Goal  |
|---------------------------|---|---|
| Energy Band               | 1-80 keV                                    | 0.5-80 keV  |
| Si Dead layer             | 1 $\mu$ m                                   | (under consideration)                                   |
| Si Depletion Layer        | 260 $\mu$ m                                 | 500 $\mu$ m   |
| CdTe Depletion Layer      | 750 $\mu$ m                                 | 750 $\mu$ m   |
| Energy Resolution (6 keV) | 300 eV (FWHM)                               | 200eV (FWHM)  |
| Pixel Size                | 200 $\mu$ m $\square$ (4 arcsec $\square$ ) | 100 $\mu$ m $\square$ (CdTe), 36 $\mu$ m $\square$ (Si) |
| Imaging Area              | 20mm $\square$ (7 arcmin $\square$ )        | 32mm $\square$ (CdTe), 44mm $\square$ (Si)              |
| Detector Background       | Comparable to A-H HXI                       |   |
| Working Temp.             | -30C ~ -20C                                 |   |

## FORCE - FOcusing Relativistic universe and Cosmic Evolution

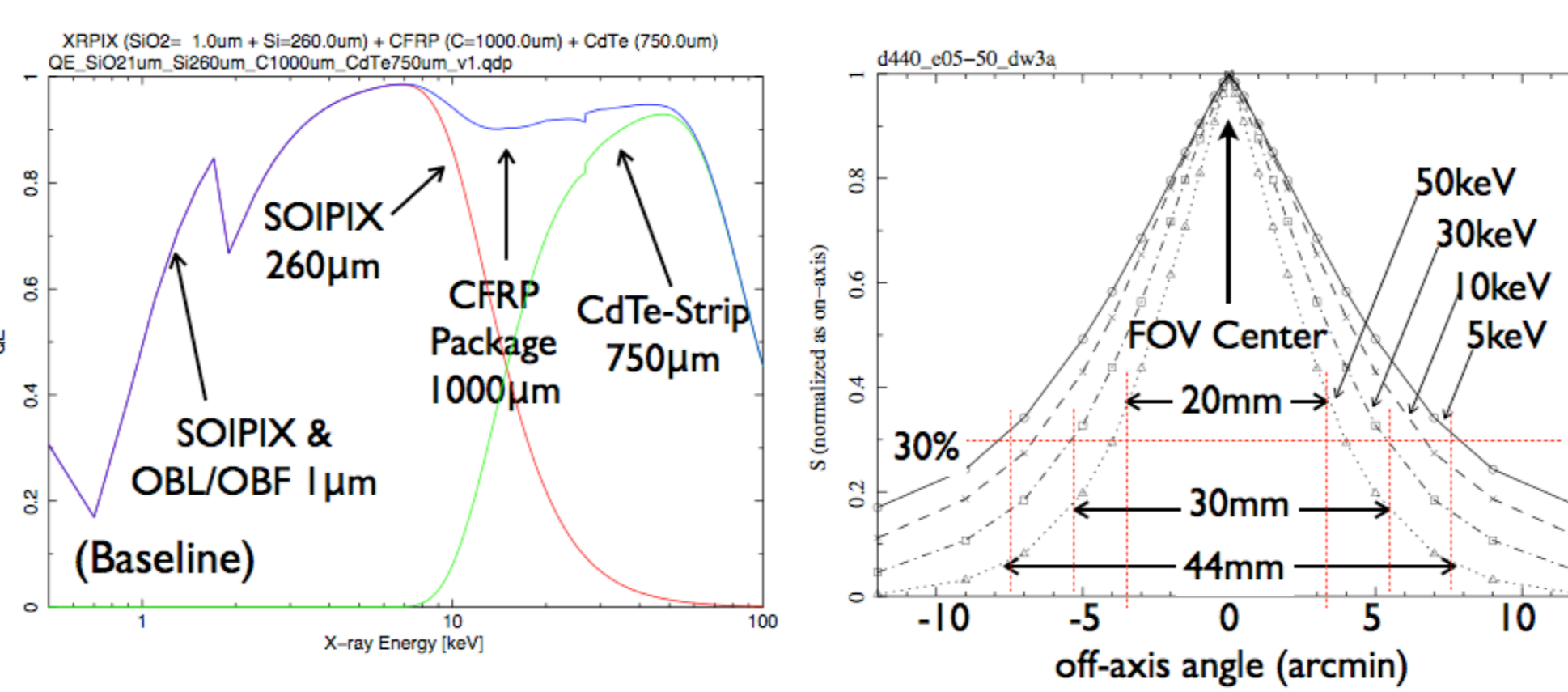
A study of cosmic evolution of deeply-buried super-massive black holes with hard X-ray



The "Downsizing" is still true including deeply-buried super-massive black holes?

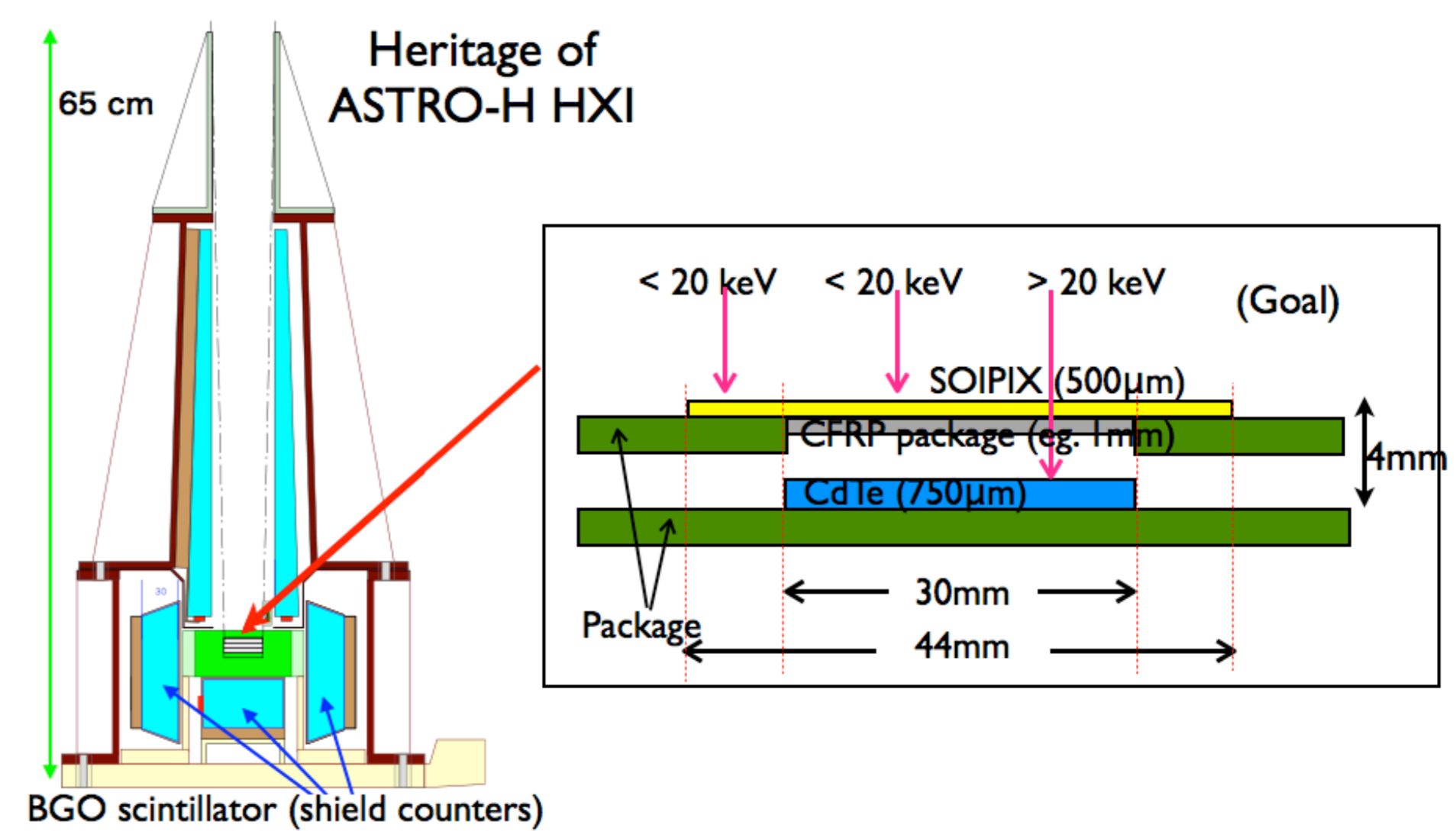
We need high angular resolution in hard X-ray band accessing to deeply-buried SMBHs

### QE and FOV

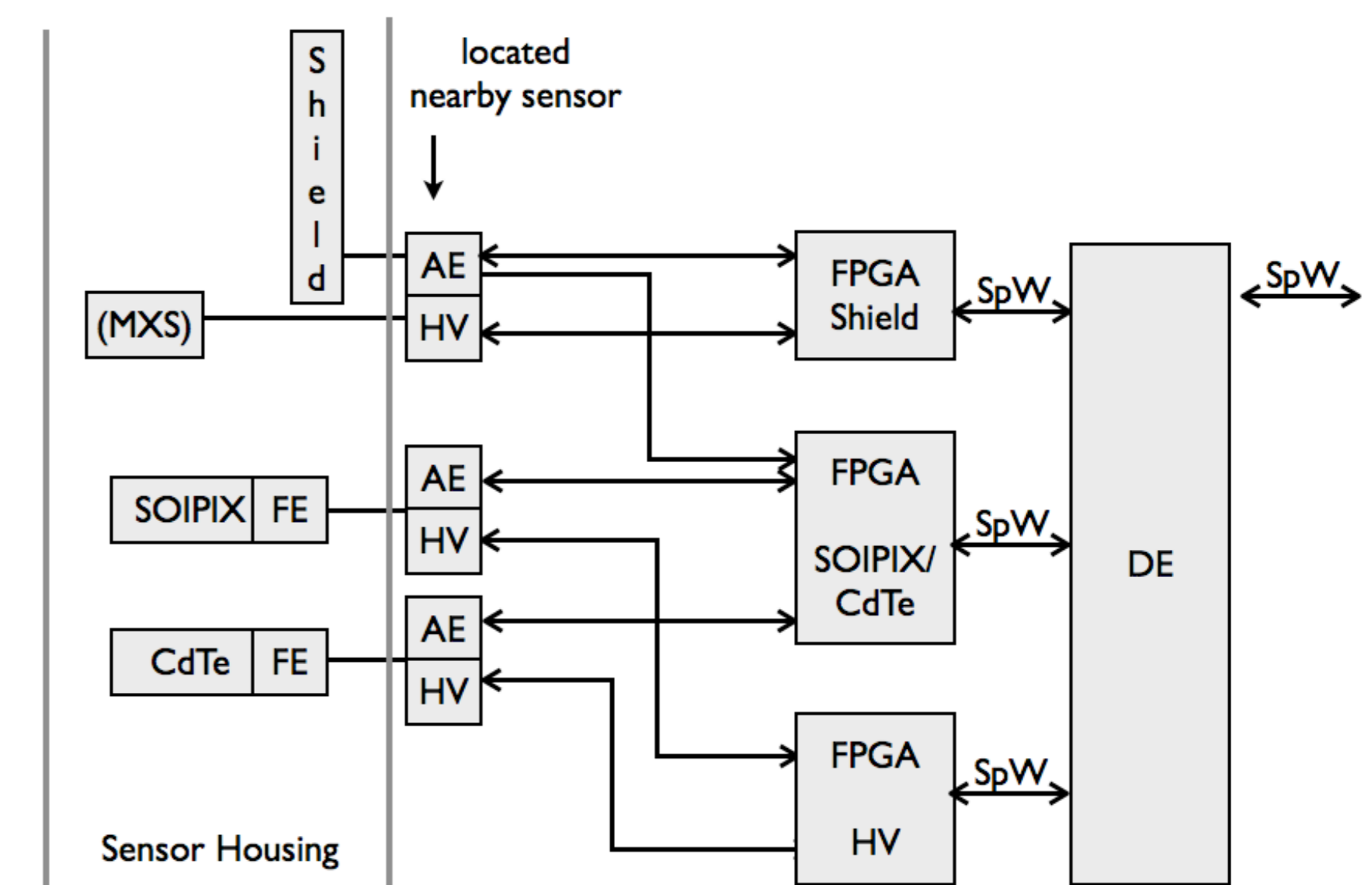


## Concept

- In order to cover wide band, we need a hybrid structure of Si + CdTe.
- Use heritage of ASTRO-H HXI for low risk and low cost.
- A-H HXI : 4 x DSSD + CdTe  $\rightarrow$  NGHXT : SOIPIX + CdTe

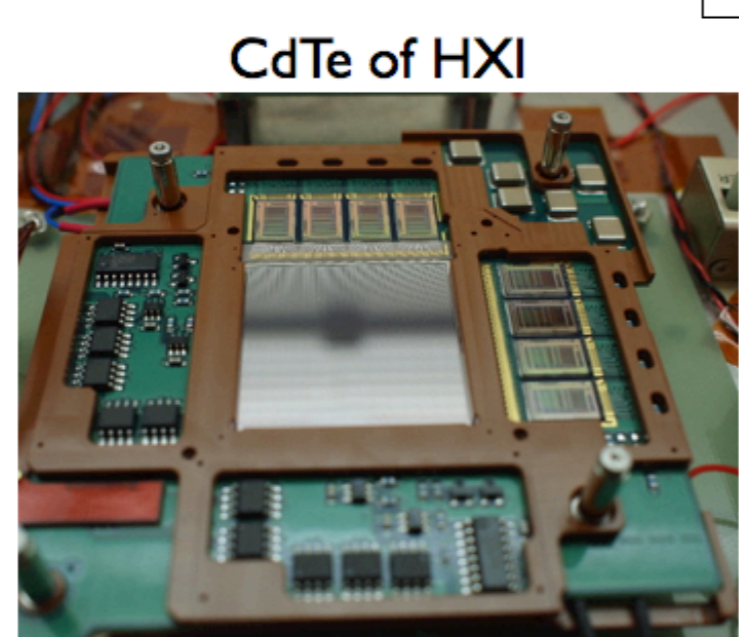


### Daq. System



### CdTe-DSD

- Baseline : the heritage of the CdTe-DSD (double-sided strip detector) and its detector tray of HXI onboard ASTRO-H.  
 - Imaging Area 32mm $\square$ , pixel size 250 $\mu$ m $\square$ , depletion 750 $\mu$ m  
 - Requirement is already fulfilled.

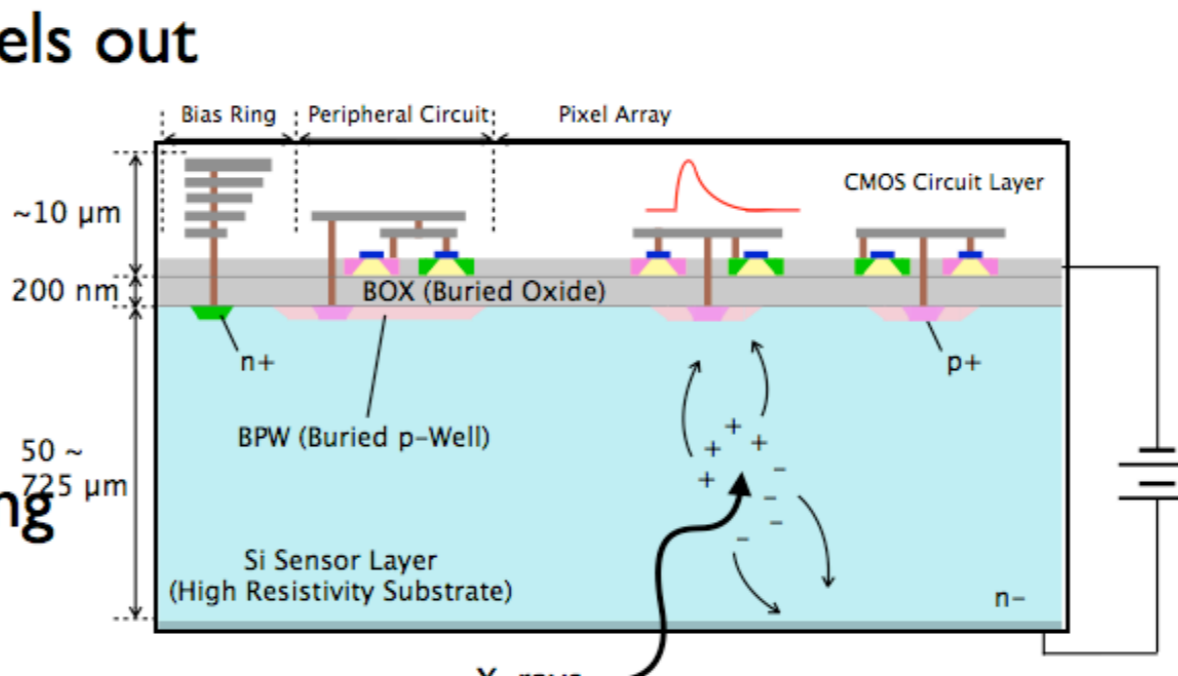


- Goal: We are developing a new CdTe-DSD with IA 8.3mm $\square$ , pixel size 65 $\mu$ m $\square$  and depletion 750 $\mu$ m for FOXSI2.  
 - We will develop the large size of the detector for the goal plan.



### Kyoto's X-ray Astronomical SOIPIX (XRPIX)

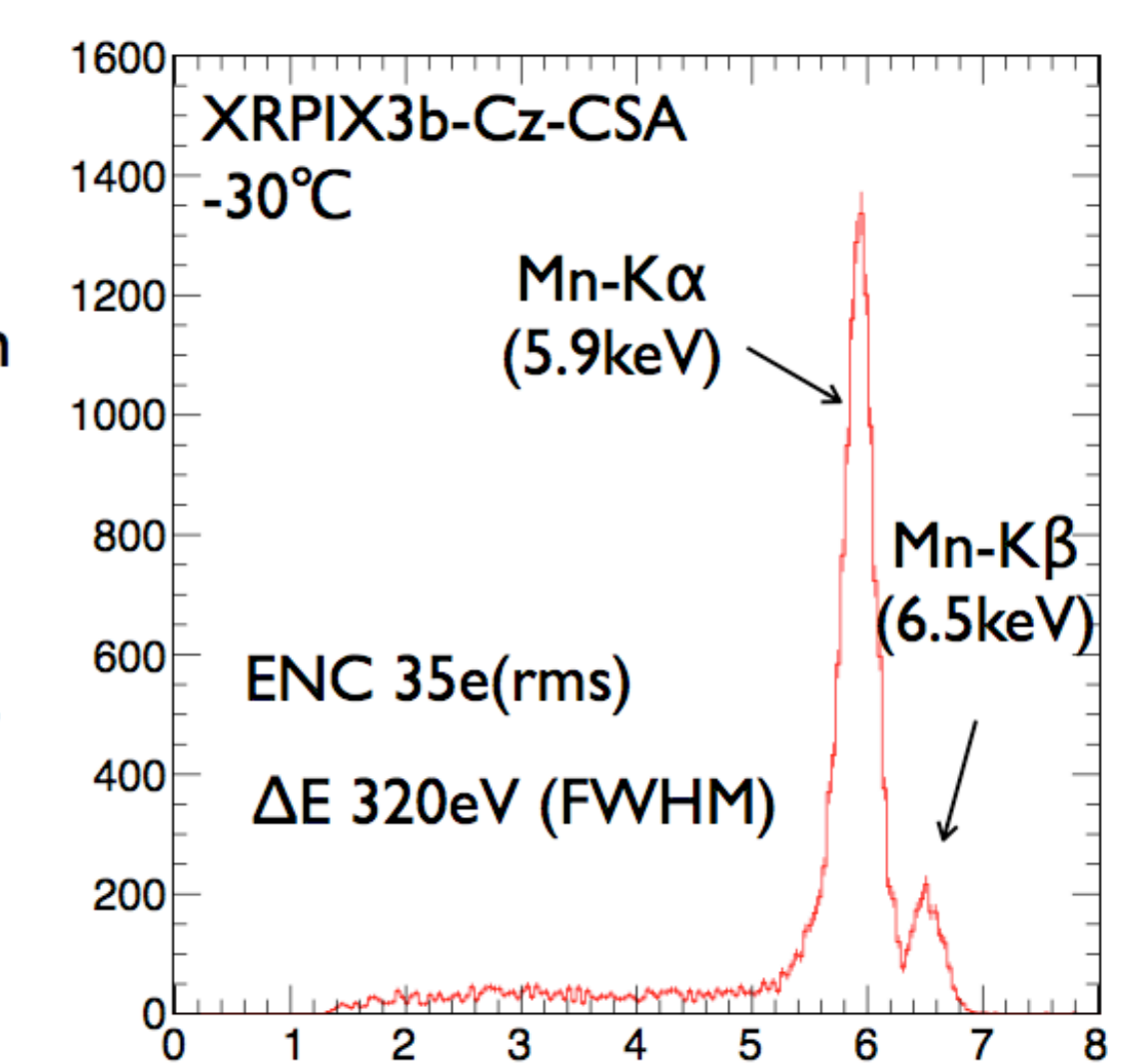
- CMOS pixel sensor based on SOI (silicon-on-insulator) technology  $\rightarrow$  Thick Depletion Layer and Fast CMOS circuit
- Every pixel has its own trigger output and analog readout circuit.  $\rightarrow$  "Event drive readout"
- Fast Timing ( $\sim$ 10 $\mu$ sec)  $\rightarrow$  Anti-Coincidence
- Read only the triggered pixels out  $\rightarrow$  Fast Readout ( $\sim$ 2kHz)  $\rightarrow$  Bright X-ray Source
- Frequent Reset  $\rightarrow$  Low Dark Current  $\rightarrow$  Relatively High Working Temp.



Tsuru et al. SPIE (2014) (astro-ph:1408.4556)

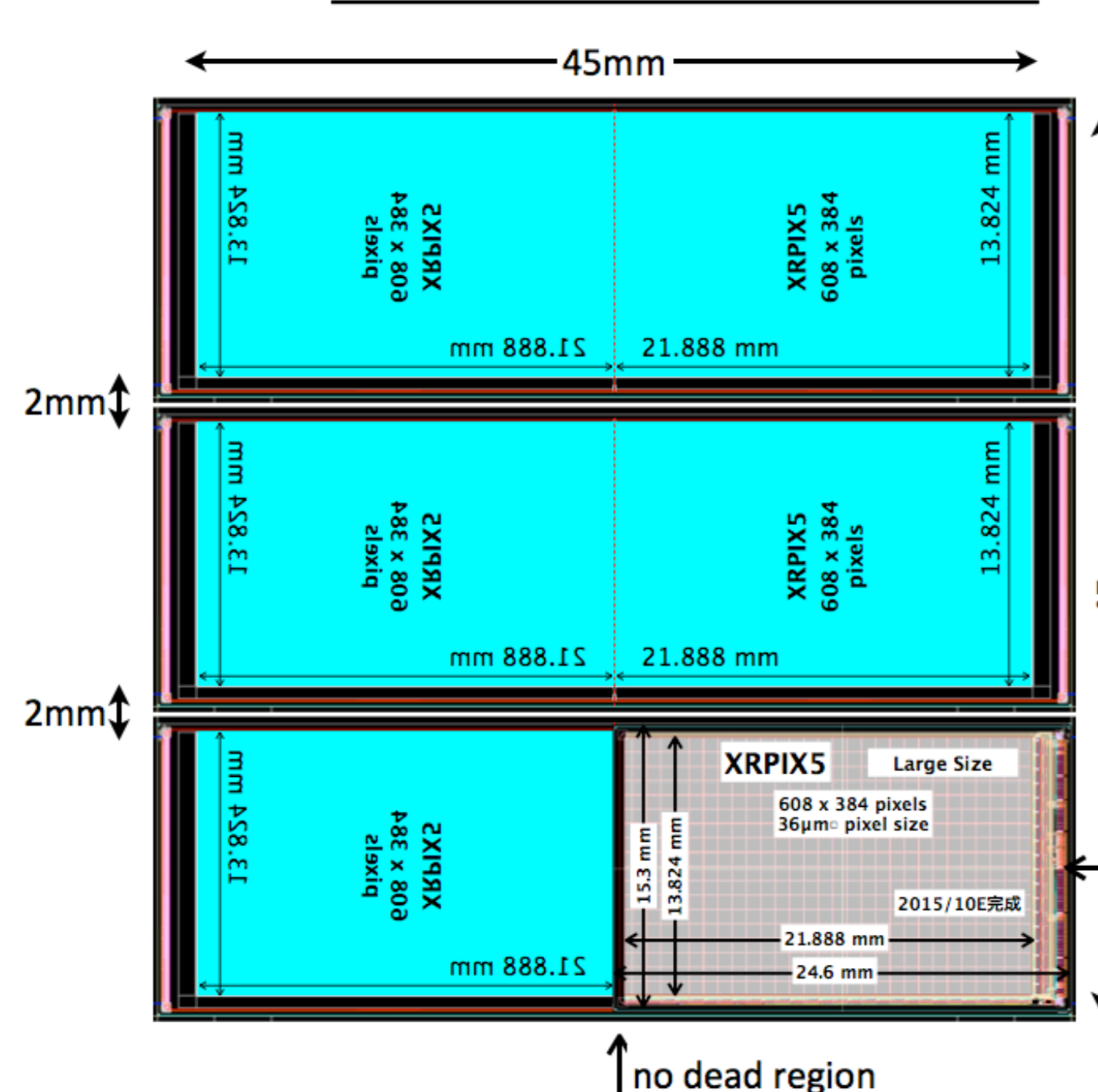
### Kyoto's X-ray Astronomical SOIPIX (XRPIX)

- Current best spectrum.
- Readout noise 35e (rms) and  $\Delta E=320$ eV at 6keV in frame readout mode
- Note that the spectral performance in the event driven readout is lower than that in frame mode ( $\Delta E=620$ eV at 6keV).
- We are testing new improved devices.



Takeda+2015 JINS1

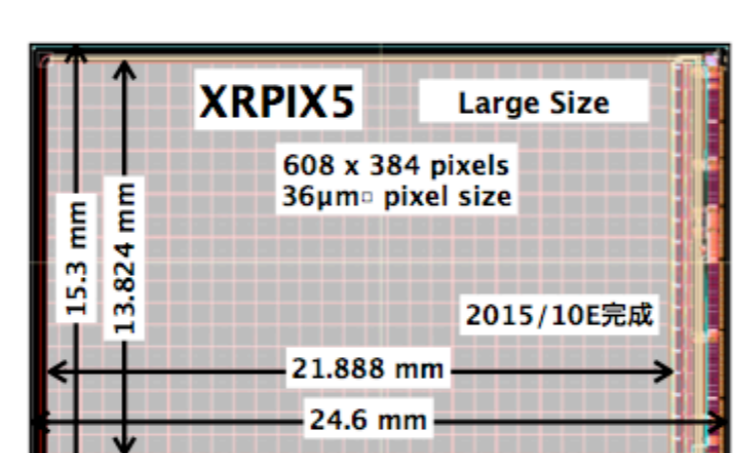
### Mosaic Plan of XRPIX



XRPIX5 shipped in Dec. 2015.

### Large Size device : XRPIX5

- XRPIX5 was delivered on  $\sim$ 10 Dec.
- IA of 14mm  $\times$  22mm
- 36 $\mu$ m $\square$ , 384  $\times$  608 pix
- Now preparing package & PCB.



### Schedule

|                       | 2015              | 2016                        | 2017                       |      |       |     |     |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|------|-------|-----|-----|
|                       | 10-12             | 1-3                         | 4-6                        | 7-9  | 10-12 | 1-3 | 4-6 |
| Thin dead layer in BI | low T anneal test | New process product & test  |                            |      |       |     |     |
| Low noise             | XR4 test          | XR4b (modified XR4) product | test                       |      |       |     |     |
| Low cross talks       | XR3 test          | AXR1 test                   | XR6 (TEG) desing & product | test |       |     |     |
| Large size            | product           | test                        |                            |      |       |     |     |
| Tray                  | design            | BBM test                    |                            |      |       |     |     |