P2-003: ASTRO-H搭載軟X線撮像検出器(SXI)の開発

平賀純子(東京大学), 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 薙野綾(大阪大学), 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 冨田洋, 夏苅権, 木村公(ISAS/JAXA), 鶴剛, 田中孝明, 内田裕之, 信川正順(京都大学), 廿日出勇, 山内誠, 森浩二, 西岡祐介(宮崎大), 幸村孝由(工学院), 村上弘志(立教大), 馬場彩(青山学院), John Doty(Noqsi Aerospace), 他 SXIチーム

Abstract

我々はASTRO-H搭載軟X線撮像検出器(Soft X-ray Imager : SXI)の開発を進めている。空乏層厚200μmを有する裏面照射型CCD素子を採用し、0.4-12keVの撮像・分光を実現する。また、大面積素子を4枚モザイク状に配置することで、有効撮像領域は62mmx62mmとなり、X線望遠鏡と組み合わせて38'x38'というAstro-H搭載焦点面検出器で最大の視野をもつ。
これまでに、CCD素子、これらを格納するカメラボディ、冷凍機、アナログエレクトロニクス、デジタルエレクトロニクスから構成されるエンジニアリングモデル(EM)を用いて、各種機能試験、環境試験を実施した。EMシステムで読み出しノイズ7e-、エネルギー分解能147eV(FWHM@5.9keV)を達成し、目標仕様の実現を検証している。現在、フライト品の製造を進めている。

1.CCD素子性能

放射線耐性

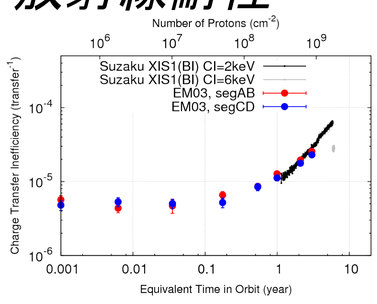

図4：想定されるCTIの経年変化

6.7MeVプロトンを照射し、EMCCD素子の放射線耐性を実測した。

結果、Suzaku衛星搭載n-chanelCCDと同程度である事が確かめられた。また、電荷注入機能によりCTIの劣化が緩和されることも確認された。[2]

低エネルギーX線の性能

KEK-PFにて、素子の最表面層OBL(Optical Blocking Filter)がCCDの性能に影響しないことを確認し、0.2-1.8keV低エネルギーX線に対する検出効率を測定した。[4]詳しくはポスターP2-004
また、単色X線のスペクトル形状を詳細に解析し、低エネルギーX線に対する応答を調べた。[5]詳しくはポスターP5-004

Soft X-ray Imager (SXI)

SXIは、SXSの視野より十分広い38' x38' という広視野で0.4-12keVを撮像・分光する。これによりHXIの観測帯域と十分なオーバーラップを持つ。SXIは、厚い空乏層を実現するためPチャンネルCCDを採用する。さらに裏面照射型にすることで微小隕石衝突への耐性を高めると共に、軟X線領域でも十分な感度を持つ。宇宙での経年劣化を抑えるため、最大-120degCまでCCDを冷却する。[1]

SXIは、CCD素子、FPGAとアナログ信号処理ASICを搭載したVideo Board, これらを格納する気密可能なハウジング、CCD駆動信号と温度制御を行うDriver Board、冷凍機からなるSXI-Sと、CCDクロックパターンのタイミングを司るシーケンサ, CCD出力波高値からフレームイメージを集積してX線イベント候補を抽出するまでを行うSXI-PE、イベント処理、衛星バス系と通信を行うSXI-DEから構成される。冷凍機(1ST)は2台搭載するが、1台は待機冗長で、1台の1STで-120degCを達成する。

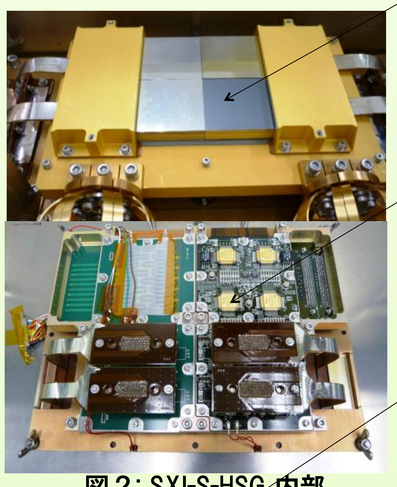

図2：SXI-S-HSG 内部

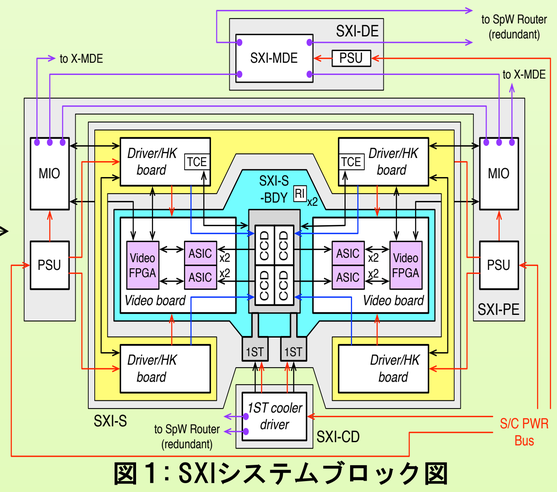

図1：SXIシステムブロック図

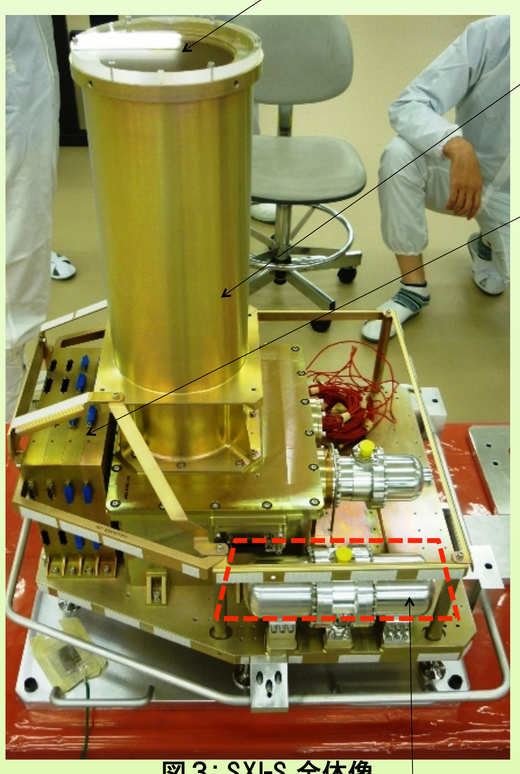

図3：SXI-S 全体像

2. EM試験

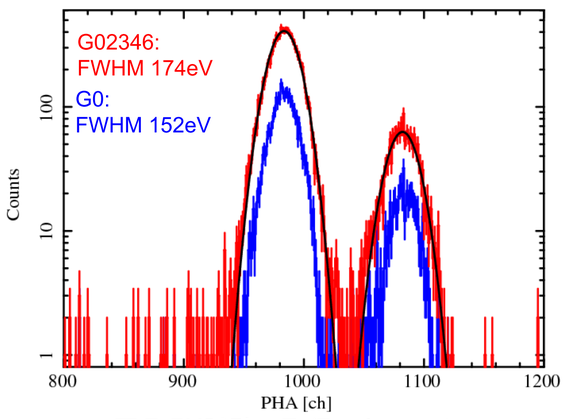

図5:EM試験で取得したスペクトル

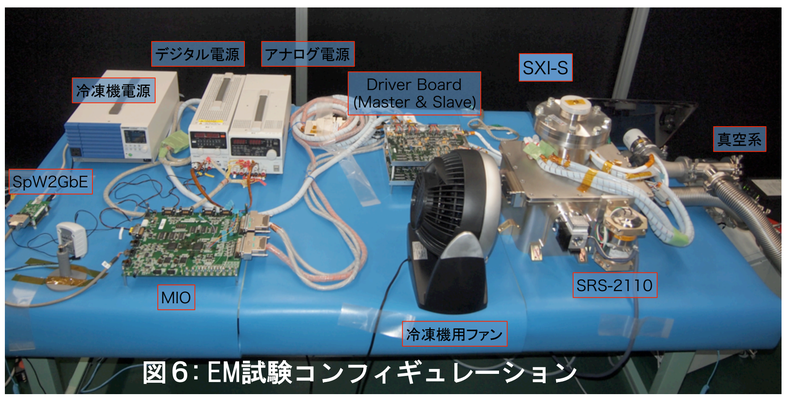

図6：EM試験コンフィギュレーション

CCD素子、ビデオボードをEMハウジングに搭載し、EMドライバーボードを噛み合わせたSXI-S EMとSXI-PEを模擬するデジタルボードを用いてSXIの性能評価試験を実施した。

その結果、読み出しノイズ7e-,エネルギー分解能147-152eV(FWHM@5.9keV)程度の性能が安定して出せることを確認した。。また、grade 02346足し合わせ性能については、174eVであった。

3. FM製造

図7：FM用素子

FM用素子が順次納品され、スクリーニングを実施後、2013年4月までにFM候補素子4素子が選定される。

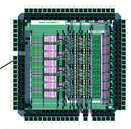

図8：ASIC

Videoボード搭載ASICのバーンインを実施し(2012.10-11)FM候補素子を選定した。[3][6]

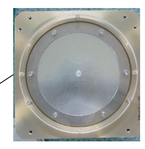

図9：CBF

衛星からのコンタミネーションの混入を防止するフィルター(CBF:Contamination Blocking Filter) バックアップを含むFM品を製造し、音響試験(AT)で問題ない事を確認済みである。

CCD素子を格納するハウジング、HOODなどの構造系は間もなくFM品の製造が完了する予定である。

図10：Driver Board(EM)

ドライバーEM基板による検証が終了し、FM基板製作中。

2013.4にSXIサブシステム噛み合わせを実施予定。

4. 1ST/CD噛み合わせ試験

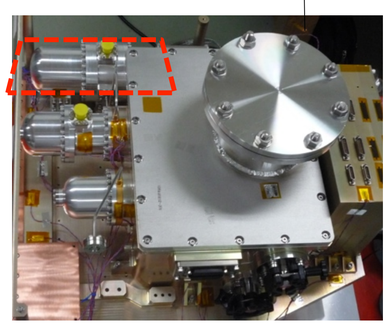

図11：1ST/CD(EM)噛み合わせ試験構成図

機械式冷凍機SXI-1STと冷凍機ドライバー(1ST-CD)のEMを用いた噛み合わせ試験を実施した(2012.10)。機能に問題がないこと、SXI-1STを用いた場合もセンサーの性能に影響がないことを確認した。

1ST EMを用いた機械環境試験(QT)を実施し(2012.8)、冷却性能に問題がないことを確認している。

参考文献と関連発表

1. K.Hayashida et al. "Soft X-ray Imager onboard Astro-H" Proceeding of SPIE Vol. 8443 (2012)
2. K. Mori et al. "Proton Radiation Damage Experiment for P-channel CCD on X-ray CCD camera onboard the Astro-H sattelite" submitted to NIMA
3. H.Nakajima et al. "Single Event Effect Characterization of the Mixed-Signal ASIC Developed for CCD Camera in Space Use" submitted to NIMA
4. 金子 他 P2-003 "斜入射法による可視光遮断膜の軟X線透過率の測定"
5. 佐々木 他 P5-004 "Pチャンネル裏面照射型CCDの軟X線に対する応答"
6. 中嶋 他 P5-005 "衛星搭載CCDカメラ用高速低雑音アナログASIC素子の開発"