

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: Jan/8th/2013

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学	氏名 Name	齊藤 龍彦	指 導 教 員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用 物理学研究	学籍番号 Student ID number	5311A032-9 CD		
研究題目 Title	ASTRO-H 衛星搭載硬 X 線・軟 γ 線検出器シールド部フライトモデルの開発				

【はじめに】

日本の次期 X 線衛星 ASTRO-H(図 1)は、現在稼働中の X 線衛星「すざく」の後継機として 2015 年打ち上げ予定である。ASTRO-H には、4 種類の検出器が搭載され、これらを併せて、過去最高感度で 0.3-600 keV の広帯域観測を行う。この広帯域観測に重要な役割を果たすのが硬 X 線検出器/軟 γ 線検出器であり、5-600 keV をカバーする。衛星軌道上では、背景放射や宇宙線、地球アルベド、さらに検出器自身が放射化して放射線源に成り得る等、地上の実験と異なり、徹底的にバックグラウンドを抑え込む必要がある。そのために両検出器に搭載されるのが BGO アクティブシールド(図 2)である。本研究の目的は、この BGO アクティブシールドの読み出しセンサ(Avalanche Photodiode:APD)から専用アナログ処理システムまでを開発し、衛星搭載品として製造後の受け入れ評価試験をすることである。

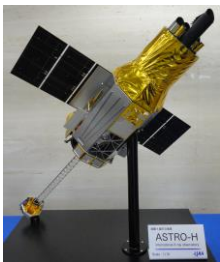


図 1 ASTRO-H 完成予想

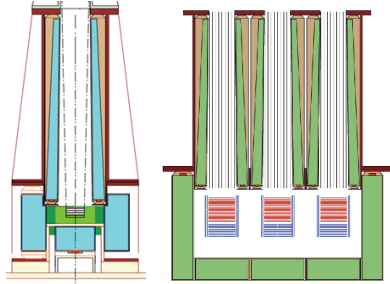


図 2 硬 X 線検出器(左)・軟 γ 線(右)検出器シールドはそれぞれ青と緑の部分

【衛星搭載用 APD の開発と全数受け入れ評価試験】

衛星搭載用 APD(図 3)は、浜松ホトニクス社製の市販品 APD を基に独自に開発を行った。放電対策やハンドリングの簡便さのためにアノード/カソードピンの配置を変更するとともに、冗長性を持たせるために内部のワイヤの本数も増やした。また、熱サイクル試験の結果、窓材はシリコン樹脂を採用した([2]、[4]、吉野修論(2012))。

ASTRO-H は、APD を約 90 個使用する。全数受け入れ評価試験は基礎特性として温度や印加電圧に対する暗電流(I_d)、増倍率を測定した。試作品では、低温下で I_d が下がりがきらない素子が含まれていたが(図 4)、衛星搭載品は全素子が合格した(図 5)。一方、衛星軌道上で APD は、それぞれの配置箇所によって温度や検出すべき光子の数が異なるため、想定外の増倍率特性を持つ APD を使用するとシールド性能が劣化してしまう。そのため、温度、印加電圧に対する増倍率の関係を詳細に調べる必要がある。そこで、印加電圧に対する増倍率の関数を拡張し、温度特性まで含む内挿式を導出し(図 6)、検出器内部での配置決めを行った。



図 3 衛星搭載品 APD

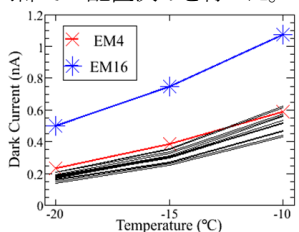


図 4 温度対 I_d (試作品)

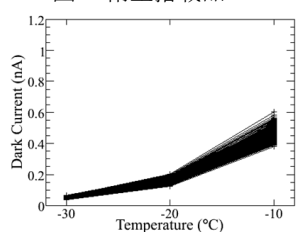


図 5 温度対 I_d (衛星搭載品)

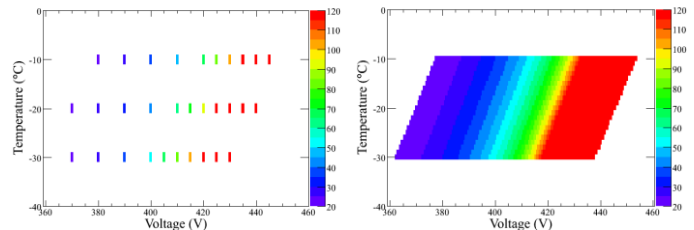


図 6 温度、印加電圧に対する増倍率。実測値(左)、計算値(右)

【CSA-HIC 受け入れ評価試験】

ASTRO-H で使用する APD は、大面積型であるが故に、その静電容量は約 270 pF にも及ぶ。BGO シールドの低エネルギー閾値を可能な限り下げたため、この雑音低減に特化した専用の前置増幅器(CSA-HIC)が求められ、その開発を行った(齊藤卒論、吉野修論)。本試験の目的は、衛星搭載品 CSA-HIC の全数受け入れである。試験項目は、粒子衝突雑音検出試験、電気特性試験、熱サイクル試験、バーニン試験である。これら、4 項目の試験を実施した結果、150 素子中、120 素子が合格し、また全数の雑音特性も期待される範囲に収まった(図 7)。

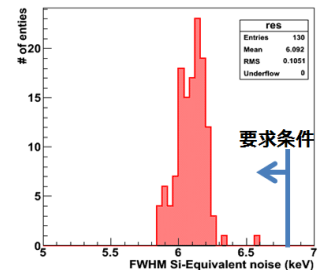


図 7 CSA-HIC の雑音特性

【アナログ/デジタルフィルタの最適化】

ASTRO-H は、CSA-HIC 後の整形処理回路をアナログ/デジタルフィルタのハイブリッド構成で行う。特に軌道上で、回路を飽和させるような大信号イベントを引き起こす荷電粒子が高レートで検出器に入射する(100MeV 陽子が約 100Hz 等)。この回路が飽和している間は検出器の不感時間になり、アクティブシールドの機能を失うため大きな問題となる。本試験の目的は、この回路の飽和からの復帰時間の短縮と雑音特性の最適化である。アナログフィルタは、復帰時間の短縮に重きを置き、ベースライン再生回路を採用した。また、ADC のサンプリング周波数が 1MHz と遅いので、ナイキスト周波数を考慮した積分回路を採用している。従来はデジタルフィルタを通すことで極(pole)が生じ、S/N 比が劣化していた。そこで、フィルタ係数の形に改良を加え、極を無くすことに成功し、S/N 比を 10% 以上向上させた。

【まとめと今後の展望】

本修士論文において、ASTRO-H のアクティブシールドで使用される APD と CSA-HIC の開発及び衛星搭載品受け入れ評価試験が終了し、また読み出し処理システムの仕様が決定した。今後は、各要素を統合した総合性能評価と衛星に搭載される読み出し処理回路の受け入れ評価試験を行う。

【研究業績】

- [1] 齋藤龍彦 他、日本物理学会 2011 年春季大会
- [2] 国際会議発表:T. Saito et al., HSTD-8, 2011
- [3] 齋藤龍彦 他、日本物理学会 2012 年春季大会
- [4] T. Saito et al., Nucl. Instr. And Meth. A 699(2013) 230-234