

# 衛星搭載用のX線発生装置の開発基礎実験

八木橋 伸佳、北本 俊二、村上 弘志(立教大学)

## 概要

人工衛星に載せる検出器は、人工衛星打ち上げ後も分解能等を常にモニタして正常に動作しているかを確認する必要がある。そのため、衛星機上にキャリアレーションする線源が必要になる。本研究は、2013年度打ち上げ予定のAstro-H衛星に搭載するSXS(軟X線分光検出器)をキャリアレーションする予定のX線発生装置の開発基礎実験である。

開発は、SRON、NASA/GSFC、立教大学が担当しており、衛星に載せる線源の設計はSRONの担当である。今回我々は、光電面にLaB6を使用し、その動作状況を調べた。

## 1.必要な性能

### ・動作

Astro-H衛星には、SXS検出器に温度に敏感なマイクロカロリメーターを使用する。10分に1回ゲインの変化をモニタする必要がある。そのため、短時間でon-offができるX線発生装置が必要である。

### ・強度

Astro-H衛星にキャリアレーションソースを載せる場合、検出器から90cmの位置に置くことになる。検出器に必要なカウントレイトはピクセルあたり0.3~3 cts/secである。ピクセルサイズ0.814mmで、X線発生源から $2\pi$  srで放射しているとする、 $7.68 \times 10^6$  photons/secの強度が必要である。

### ・エネルギー

検出器のゲインをキャリアレーションするために特性X線が必要である。可能な複数の特性X線があれば良い。

## 2.原理

### ①X線発生方法

速い時間間隔でon-offが可能な紫外線LEDを使用したX線発生装置の提案がある。最大の特徴は高圧電圧がonの時に、LEDの点滅だけでX線の制御ができる事である。on-offは1msのオーダーで可能である。

LEDの紫外線を光電面に当て、光電効果によって放出された電子を高電圧で加速させ、陽極に当てることによってX線を発生させる(図1)。

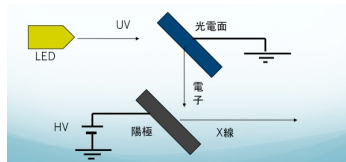


図1: X線発生装置の模式図

### ②光電面の選定

設計を担当しているSRONは、光電面にMg、Znを使用している(2009年9月)。我々は、仕事関数の低いLaB6を使用した(表1)。

金属	仕事関数 (eV)	仕事関数 (nm)
LaB6	2.7	460
Mg	3.7	336
Zn	4.3	289
Au	5.0	248

表1: 色々な金属の仕事関数[1]

## 3.設計

### ①1号機

手元にあるX線発生装置Manson Ultrason X-ray sourceの熱電子源用フィラメントをLaB6に変えた。図2は、X線発生装置の中の様子の模式図である。図3は、使用したX線発生装置である。図3の上の部分に穴をあけて紫外線LEDの取り付けを行った。陽極にAIを使用し、HVは5kVまでかけられる。

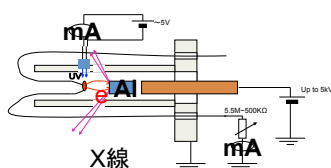


図2: 1号機X線発生装置の模式図



図3: 1号機取り付け器具

### ②2号機

より実験に拡張性を持たせるために2号機を作成をした。図4は、作成したX線発生装置であり、図5はその模式図である。シンプルなデザインで設計したので、1号機に比べて、陽極や光電面の取り替えが容易になった。また、LEDにPt抵抗を取り付け温度がわかるようにした。陽極には同じくAIを使用した。主な改良点は、光電面に使用したLaB6の大きさを大きくした事とHVを10kVまでかけられる点である。

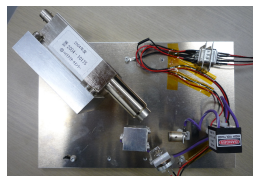


図4: 2号機X線発生装置

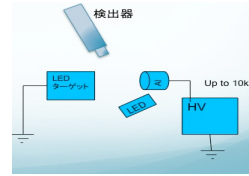


図5: 2号機X線発生装置の模式図

## 5.実験結果

### ②2号機

図8は得られたHVとX線強度の関係で、HVを3kVから1kV刻みで10kVまで変えた時のAIのX線強度である。LEDに流す電流は119mAで行った。図9は、LED電流とX線強度の関係で、LEDに流す電流を上げていった時のX線強度のグラフである。電流は0~119mAまで変えた。HVは、8kV、9kV、10kVでそれぞれ実験を行った。図10は、LEDの温度上昇のグラフである。10分で5°C以上の温度上昇がみられた。

最大強度は、LED電流119mA、HV10kV、 $2\pi$ srで放射しているとなると、最大 $\sim 1.35 \times 10^5$  (photons/sec) が得られた。

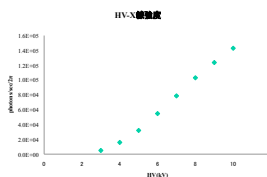


図8: HV-X線強度

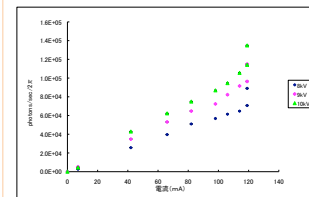


図9: LED電流とX線強度

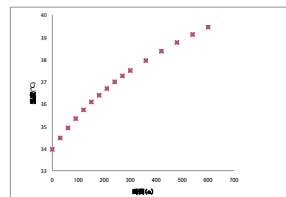


図10: LEDの温度上昇

## 4.実験結果

### ①1号機

得られたAIのKX線が図6である。AIのK $\alpha$ 線は1.49keV、K $\beta$ 線は1.56keVでありそれぞれ輝線が確認できる[2]。また、約8日間連続してX線をとり続けLaB6の電子供給の安定性を調べた結果、 $10^{-6}$ /secの減衰がみられた(図7)。

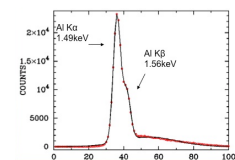


図6: AIのKX線スペクトル

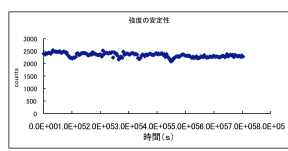


図7: LaB6の強度の安定性

## 6.今後

要求される強度は $\sim 10^6$  (photons/sec)に対し、我々の実験で得られたX線強度は $\sim 10^5$  (photons/sec)であり、強度が1桁以上足りなかった。その対策としてLEDの数を増やしたり、HVをあげて強度を達成したいと考えている。また、今後陽極をSRONが使用しているTiに変えてみてその動作状況を考察する予定である。光電面にLaB6の他にZn等の他の金属を試し、LEDとの組み合わせの検討をしている。LEDでX線を制御しているので、LEDが故障しないために、LEDの放熱対策をして、温度上昇を抑えていかなくてはならない。

## 参考文献

[1] <http://ebw.eng-book.com/pdfs/6ccbfe5907a86dd5239a3b9614dd65a3.pdf>

[2]放射線データブック