

# InGaAs 近赤外線撮像センサーの宇宙環境を模擬した放射線耐性試験

Proton irradiation test of InGaAs near-infrared imaging sensor

鹿野 良平<sup>1)</sup> 上田 暁俊<sup>1)</sup> 中屋 秀彦<sup>1)</sup> 山田 良透<sup>2)</sup> 佐藤 真一郎<sup>3)</sup>  
Ryouhei KANO Akitoshi UEDA Hidehiko NAKAYA Yoshiyuki YAMADA Shin'ichiro SATO

<sup>1)</sup> 国立天文台 <sup>2)</sup> 京都大学 <sup>3)</sup> 量研

（概要）国産 InGaAs 近赤外線撮像センサーに、イオン照射研究施設(TIARA)にて、8MeV 陽子線を  $1.5 \times 10^9 \text{p/cm}^2$  (1.3krad 相当) 照射して、検出器の性能変化の様子を調べた。暗電流値や量子効率に変化はみられたものの、搭載が想定されている JASMINE 衛星での軌道上での照射量は、陽子線 0.21krad 相当・電子線 0.01krad 相当と低いので、JASMINE 衛星としては問題ないと判断できる。

**キーワード：** 近赤外線撮像センサー、InGaAs 半導体、JASMINE 衛星、陽子線照射

## 1. 目的

国立天文台・中屋秀彦らのグループが開発したインジウム・ガリウム・ヒ素半導体を用いた近赤外線撮像センサー（以降、InGaAs センサー）が、宇宙空間での放射線環境下でその性能を変化させないか検証するのが目的である。TID 試験として典型的な  $^{60}\text{Co}$  ガンマ線照射では、センサー性能に寄与する表面のフォトダイオード部を、照射ガンマ線の大多数が透過してしまうので、性能変化としては過小評価の懸念があるため、フォトダイオード部で停止して多くのエネルギーを放出する 8MeV 陽子線の照射を行った。なお、放射線環境としては JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型衛星計画 JASMINE への適用を想定し、軌道高度 550~700km の太陽同期極軌道を考えている。

## 2. 実施方法

試験に使用した InGaAs センサーは画素サイズ  $15 \mu\text{m}$  で  $128 \times 128$  画素の 2mm 角の素子である。中央部分のみに陽子線を照射するように、1mm 角の窓を開けたアルミシールド（厚さ>2mm）を素子直前に配置して、中央の照射部と周囲の非照射部との比較で性能変化を評価した。但し、TIARA 自身では 8MeV 陽子線は出せないので、アルミシールドの窓に 0.2mm 厚さのアルミ板を貼ることで、サイクロトロンが出す 10MeV 陽子線を減速させて 8MeV 陽子線の照射を実現させた。また、LD1 ポートのビームスキャン機能を使って、陽子線を 8cm 角の範囲でスキャンさせることで、1mm 角の照射試験部位の照射レートを実効的に  $2.9 \times 10^8 \text{p/cm}^2/\text{min}$  まで下げ、これを連続的に撮像動作させた InGaAs センサーに 30 秒単位で照射していった。5 分照射 ( $1.5 \times 10^9 \text{p/cm}^2$ ) したところで、暗電流値に増加が見られたので照射を終了した。その後、国立天文台に持ち帰ってから、120K, 140K, 170K, 200K に冷却して InGaAs センサーの性能を評価した。

## 3. 結果及び考察、今後の展開等

8MeV 陽子線を  $1.5 \times 10^9 \text{p/cm}^2$  照射 (1.3krad 相当) した InGaAs センサーについて以下の結果を得た。

- 暗電流：120K 以外の温度にて増加した。JASMINE 衛星の運用温度に相当する 170K では 6.4 倍の増加。
- ノイズ：暗電流増加に対応した分のノイズ増加はあるが、それ以外の変化は見られなかった。
- ゲイン：変化は見られなかった。
- 量子効率：試験の温度や波長 (880~1570nm) によらず低下した。照射部内外比で  $0.983 \pm 0.024$ 。

一方、フォトダイオード部が受ける放射線のエネルギー量を、JASMINE 衛星の軌道上放射線環境にて算出すると、最悪の軌道高度 700km の場合で、陽子線 0.21krad 相当・電子線 0.01krad 相当（但しアルミ換算で 10mm のシールド）となる。今回の照射試験で得た性能変化をこれらのエネルギー量で比例換算すると、JASMINE 衛星としては軽微な性能変化しかで現れないことが充分期待できる。

## 4. 引用(参照)文献等

[1] 鹿野良平, 中屋秀彦, 上田暁俊, 山田良透, 佐藤真一郎, JASMINE チーム, “JASMINE 搭載を想定した国産赤外線撮像センサーの陽子線照射試験”, 第 22 回・宇宙科学シンポジウム, 2022 年 1 月.

[2] 鹿野良平, 中屋秀彦, 上田暁俊, 郷田直輝, 満田和久, 佐藤真一郎, 山田良透, 磯部直樹, 片坐宏一, 臼井文彦, “国産 InGaAs 近赤外イメージセンサーの宇宙用化に向けた陽子線照射試験”, 日本天文学会 2022 年春季年会, 2022 年 3 月.