

人工衛星搭載用 HgCdTe マルチスペクトル赤外線検出器
 Satellite-Mounted HgCdTe Multi-Spectral Infrared detector
 伊藤 真 上田 知史 吉河 満男 谷川 邦広 前川 通
 M. Itoh S. Ueda M. Yoshikawa K. Tanikawa T. Maekawa
 富士通株式会社
 FUJITSU LIMITED

Thermal Infrared Radiometer (TIR) is one of three ASTER radiometers mounted on the EOS-AM1 platform to be launched by NASA in 1998.

We used highly sensitive mercury cadmium telluride infrared detector as a TIR for its high performance in the thermal infrared region. The TIR detector consists of mercury cadmium telluride photoconductive detectors made from epitaxial crystals for optimum alloy compositions and carrier concentrations, and cooled bandpass filters on the detection elements.

We fabricated a BBM detector and confirmed that it satisfied major system criteria.

1. まえがき

1998年にNASAが打ち上げ予定の極軌道プラットフォーム（EOS-AM1）には、日本から資源探査用将来型センサ（ASTER）を搭載する予定である。

当社はこのASTERのうち、熱赤外放射計部（TIR）を開発中である。

TIRは熱赤外域に狭波長帯域のマルチバンドを有する世界初の放射計であり、高い地上分解能と温度分解能を同時に達成する必要がある。

これらの性能を達成するため、従来にない高性能の赤外線検出器を高い信頼性で実現する必要があった。

2. 検出器の課題

検出器はシステム仕様を満足するため、次のような特性を持つ必要がある。

Table 1 System specifications and detector definitions

System specifications	Detector requirements
High thermal resolution (NE Δ T)	High D \ast λ (S/N ratio) Target value { Band 10(8.30 μ m) : 9.3 \times 10 ¹⁰ cm \sqrt Hz/W Band 11(8.65 μ m) : 9.4 \times 10 ¹⁰ cm \sqrt Hz/W Band 12(9.10 μ m) : 9.7 \times 10 ¹⁰ cm \sqrt Hz/W Band 13(10.6 μ m) : 6.5 \times 10 ¹⁰ cm \sqrt Hz/W Band 14(11.3 μ m) : 7.4 \times 10 ¹⁰ cm \sqrt Hz/W
	High R λ (signal value) : 1.0 \times 10 ⁵ V/W
Multiple bands	Built-in spectral filter
Correct footprint	Device position shift between bands : 0.1 picture element(5 μ m) or less
Long mission life	Radiation resistance, minimum 5-year operation life

3. 開発内容

(1) 設計

① 検出素子材料および検出方式の選定

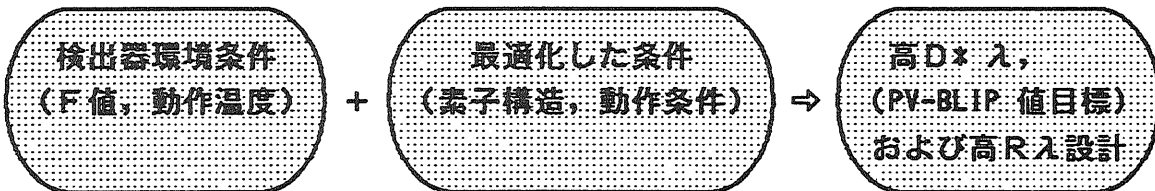
検出素子材料及び検出方式は各種の候補をトレードオフの上、TIRの観測波長帯域内で最も高い性能が得られる以下の組合せを設計のベースラインとした。

Table 2 Selected detection device material and detection method

Item	Selection	Reason
device material	HgCdTe	Good results in 10 μ m band Good performance when cooled to 80K
method	Photoconductive	Good performance in long wavelength

② 検出器の最適化設計

〔検出素子〕—PV型と同等の理論限界 (BLIP) の D^* λ および高い $R\lambda$ を得ることを目標として、与えられた検出器の環境条件に合わせて検出素子の構造 (検知素子厚) や動作条件 (バイアス電流) を最適化設計した。



〔結晶〕—高い D^* λ , $R\lambda$ が得られるよう結晶仕様も最適化した。短波長3バンドと長波長2バンドはそれぞれ専用結晶を使用し、以下のように観測波長帯域と結晶のピーク波長を合わせた。

バンド10~12	(ピーク波長 9.3 μ m)
バンド13~14	(ピーク波長 12.0 μ m)

また結晶のキャリア濃度の最適化設計を行った。解析結果の例をFig.1に示す。

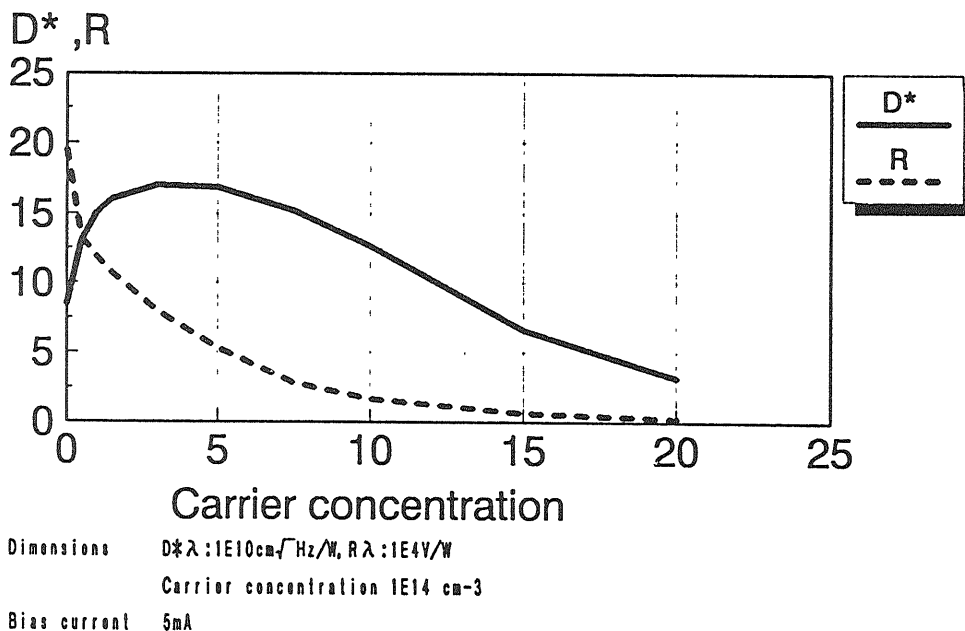


Fig.1 Simulation results of detector performances on carrier Concentration (example: band10)

図から $D^* \lambda$ はキャリア濃度に対して極大を持つが、信号の大きさを示す $R \lambda$ はキャリア濃度の増加に従って減少することがわかる。この結果からキャリア濃度の仕様値を $3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以下とした。

(2) 試作結果

設計に基づき、BBM検出器の試作を行った。試作にあたっては性能に関する(1)の内容の他、以下の開発内容を盛り込んで実施した。

Table 2 BBM detector

Detector definition	Decision
Spectral filter	Microscopic bandpass filter on device per band
Radiation resistance	The detector container is designed for the detector to minimize dose of irradiation Shielding efficiency of container cylinder : Al-equivalent thickness (3mm) Total dose : rays γ 5×10^3 rads

素子のレイアウトを下図に示す。検出素子は短波長帯域用および長波長帯域用の2種類の結晶を使用して製作した。

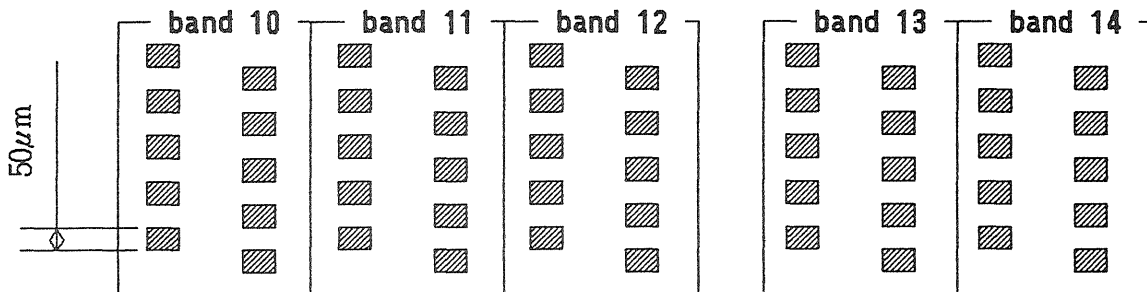
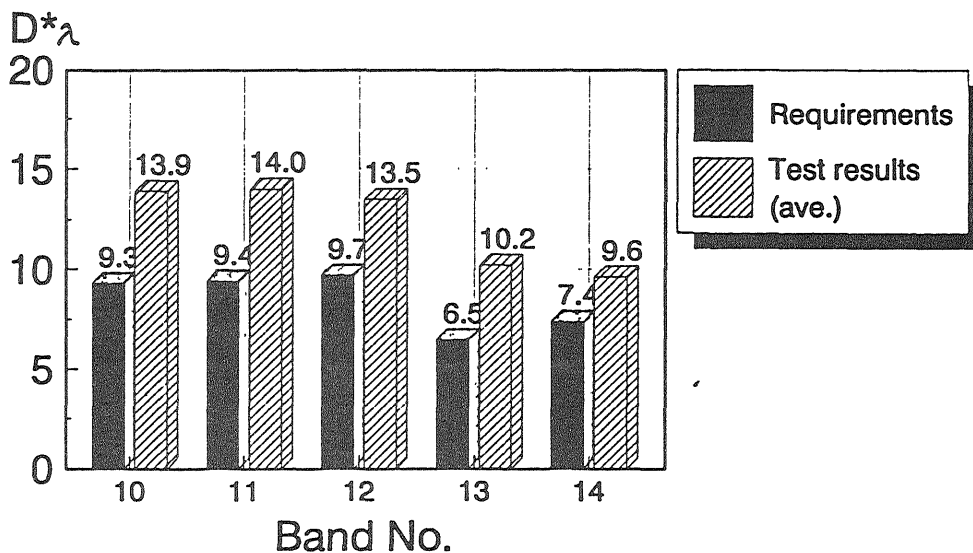


Fig.2 layout of detector elements

① $D^* \lambda$ および $R \lambda$

$D^* \lambda$ はFig.3 に示すように目標値を上回る高い $D^* \lambda$ が得られた。また $R \lambda$ も目標値を満足することを確認した。



Requirements correspond to $NE\Delta T=0.2K$
Dimension of $D^* \lambda$: $1E10 \text{ cm}\sqrt{\text{Hz/W}}$

Fig.3 $D^* \lambda$ of Tested detector

② 分光特性

それぞれのバンドの素子上に分光フィルタを搭載して検出器を製作し、分光特性を測定した。分光特性の測定例をFig.4 に示す。

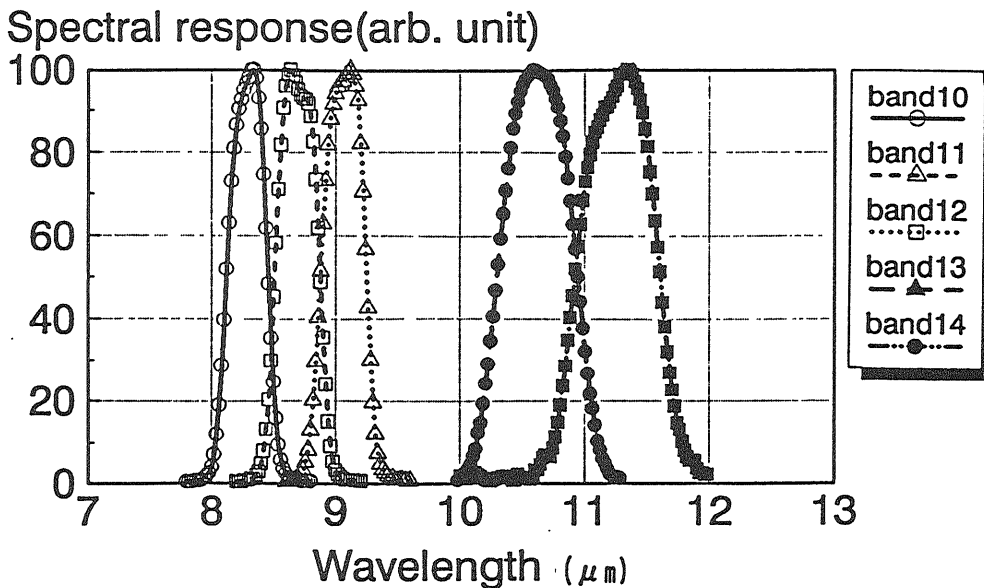


Fig.4 Detector spectral characteristics

③ 耐放射線性

検出器を動作させたまま、予測被曝量を上回るγ線を当て検出器の性能変化を測定した結果、予定被曝量を大きく上回る 1×10^5 ラドまで性能が劣化しないことが判明した。

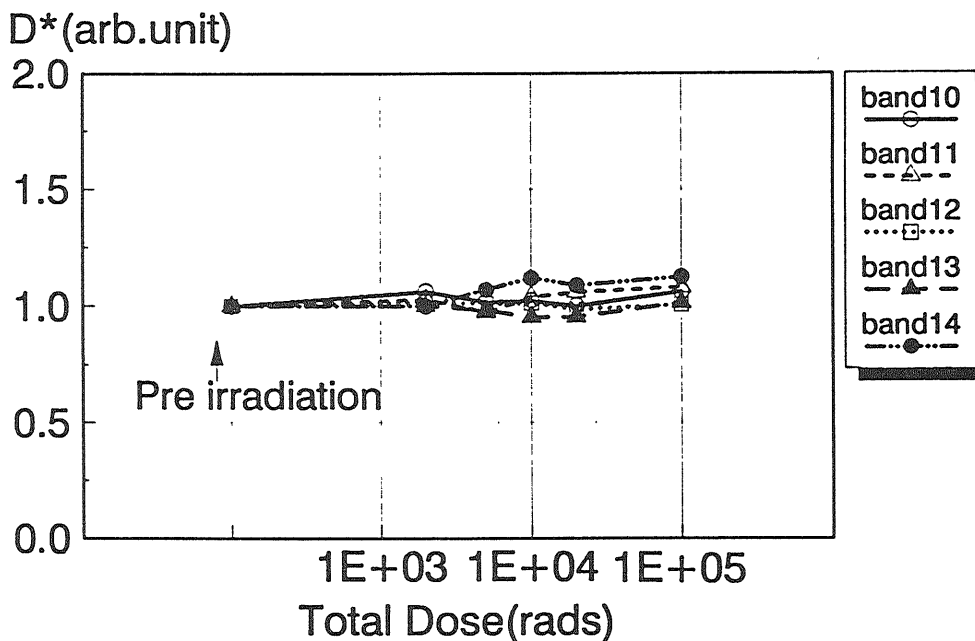


Fig.5 Detector radiation resistance

4. まとめ

TIR用赤外線検出器として主要な性能仕様を達成する見通しが得られた。

試作したBBM検出器を組み込んだTIRシステムの評価試験結果等を参考にして、さらにEM用検出器に向け性能向上をはかる。

5. 謝辞

この開発は財団法人資源探査用観測システム研究開発機構殿より受注した極軌道プラットフォーム (EOS-AM1) 用資源探査用将来型センサ (ASTER) に搭載する熱赤外放射計部 (TIR) の開発の一環として実施した。

開発にあたって御支援・御助言を頂きました、EOSプロジェクト関係者のみなさまに深く感謝致します。