

「あかり」InSb 検出器の昇温時における

動作の理解と地上実験による検証

○森達哉、石原大助、金田英宏(名古屋大学)、和田武彦、松原英雄 (ISAS/JAXA)、尾中敬 (東京大学)、「あかり」IRC チーム

・概要 赤外線天文衛星「あかり」は、2007年8月に冷媒の液体ヘリウムが枯渇し、温度が40 K以上に上昇した後、冷凍機による冷却で、近赤外線観測を続けている。とくに、波長 2-5 μm を連続的にカバーできる分光機能は、地上・宇宙望遠鏡を含めても現在「あかり」だけが有するもので、その科学的価値は高い。そこで、高温時での検出器運用の可能性を探るため、本研究では、実際の「あかり」衛星の液体ヘリウム枯渇後までに得られた昇温時のデータを解析すると同時に、衛星搭載 InSb アレイと同等品を用いて、地上での 10~60 K での昇温動作実験を行い、InSb 検出器の性能 (暗電流・ホットピクセル数・相対感度) の温度依存性を評価した。

(1)実験の背景

[1-1] 「あかり」IRC/NIR搭載検出器

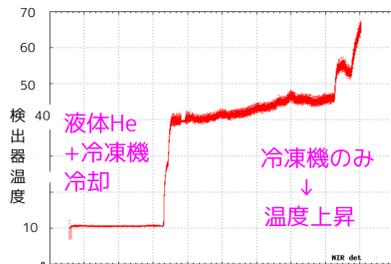
- 512×412 素子の 2 次元センサアレイ (Raytheon 社製 InSb/SBRC-189)
- InSb フォトダイオードに極低温用 CMOS 回路をハイブリッドした source follower per detector 型

- 感度のある波長は 2-5 μm
- 最適動作温度は 10 K

実験に使用したIRC/NIR検出器

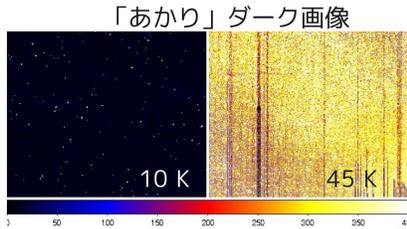


[1-2] 「あかり」IRC/NIR検出器の温度推移



2006 2/22 打ち上げ
2006 5/8 観測開始
2007 8/28 He消失
2009 1/1
2010 1/1

[1-3] 温度上昇前後の検出器性能の比較



暗電流が増加している。



ホットピクセル増加
→スペクトルの劣化

感度の低下。



温度上昇後の検出器の特性を調べ、今後の観測に生かす。

[3-2] 暗電流の温度依存性

10枚の2秒積分のダーク画像の中央値を暗電流値として定義した。ホットピクセルを入れないためにクリップをしている。

40 K付近で急に暗電流が増加する。検出器バイアスに依存して折れ曲がり温度が違う。初段のソースフォロアドレイン電流には暗電流は依存しない。

暗電流は電子のエネルギー分布で決まるため、Generation current を仮定すると、

$$\text{暗電流} \propto \exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right)$$

と予想される。そこで横軸が 1/T、縦軸 ln(暗電流) でプロットした直線の傾きからバンドギャップを求めた。

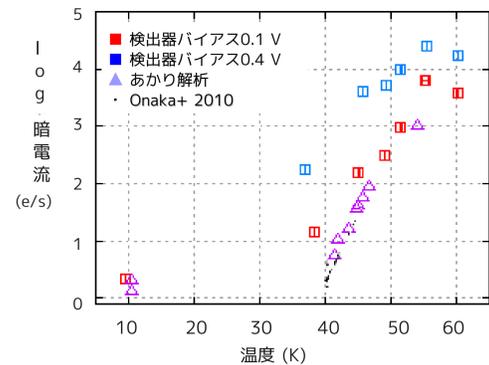
Detector bias (V)	バンドギャップ(eV)
0.1	0.16
0.2	0.14
0.4	0.12
AKARI (解析データ)	0.16
文献値 (Infrared Detectors and systems)	0.21 (40-50Kでの値)

表(1) 各バイアス時の求めたバンドギャップ

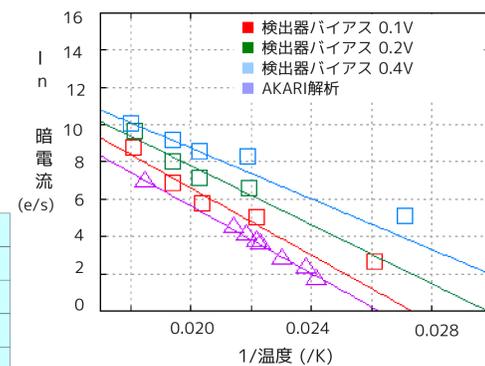
[3-3] ホットピクセルの温度依存性

出力 50 e/s のピクセルをホットピクセルとして定義。

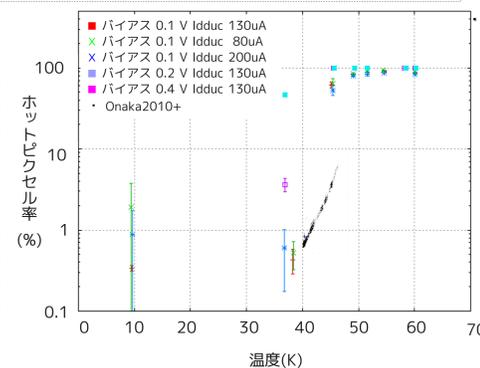
- 検出器バイアスを下げるほど減少。
- 初段ソースフォロアのドレイン電流を増やすことによっても減らすことができる。



グラフ(2)暗電流の温度依存性



グラフ(3) 1/T vs ln(暗電流)



グラフ(4) ホットピクセルの温度依存性

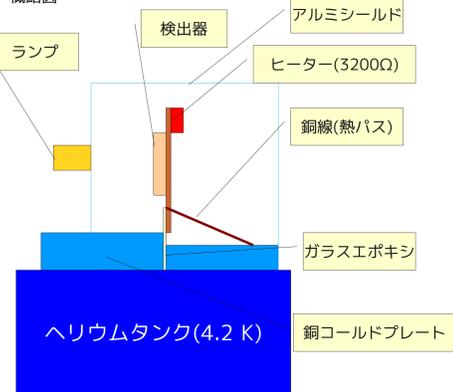
(2)実験のコンフィギュレーション

クライオスタット内部



実験用検出器モジュール 裏面

概略図



・設計意図

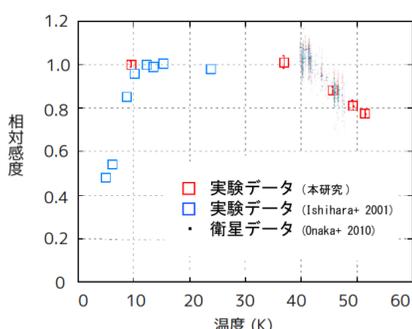
ガラスエポキシで検出器を熱的に浮かし、熱パス+ヒーターで、温度をコントロールし、10~60Kの環境を実現した。内部光源で感度を測定。

(3)結果

[3-1] 感度の温度依存性

光が照射されている、半径50pixelの出力平均値から、ダーク平均値を引いて感度を求めた。

10-40 K で感度はほぼ一定であるが、40 K以上で、感度が低下していく。



グラフ(1)相対感度の温度依存性

(4)まとめ

- 「あかり」IRC/NIR検出器と同等品を用い、10-60 Kで昇温動作実験を行った。
- (1)感度、(2)暗電流、(3)ホットピクセル数、の幅広い温度範囲での温度依存、検出器バイアス依存、コラムバス電流依存性のデータを得た。
- 暗電流については、検出器のバイアスの値に関わらず、バンドギャップを概ね再現することが分かった。
- 今後このデータを用い、最適な動作方法について考案したい。