

計数型SOIピクセル検出器の 動作試験

2010 2/14-2/17 ICEPP

大阪大学 内田 潤

Outline

- SOI検出器について
- 動作試験
- Summary

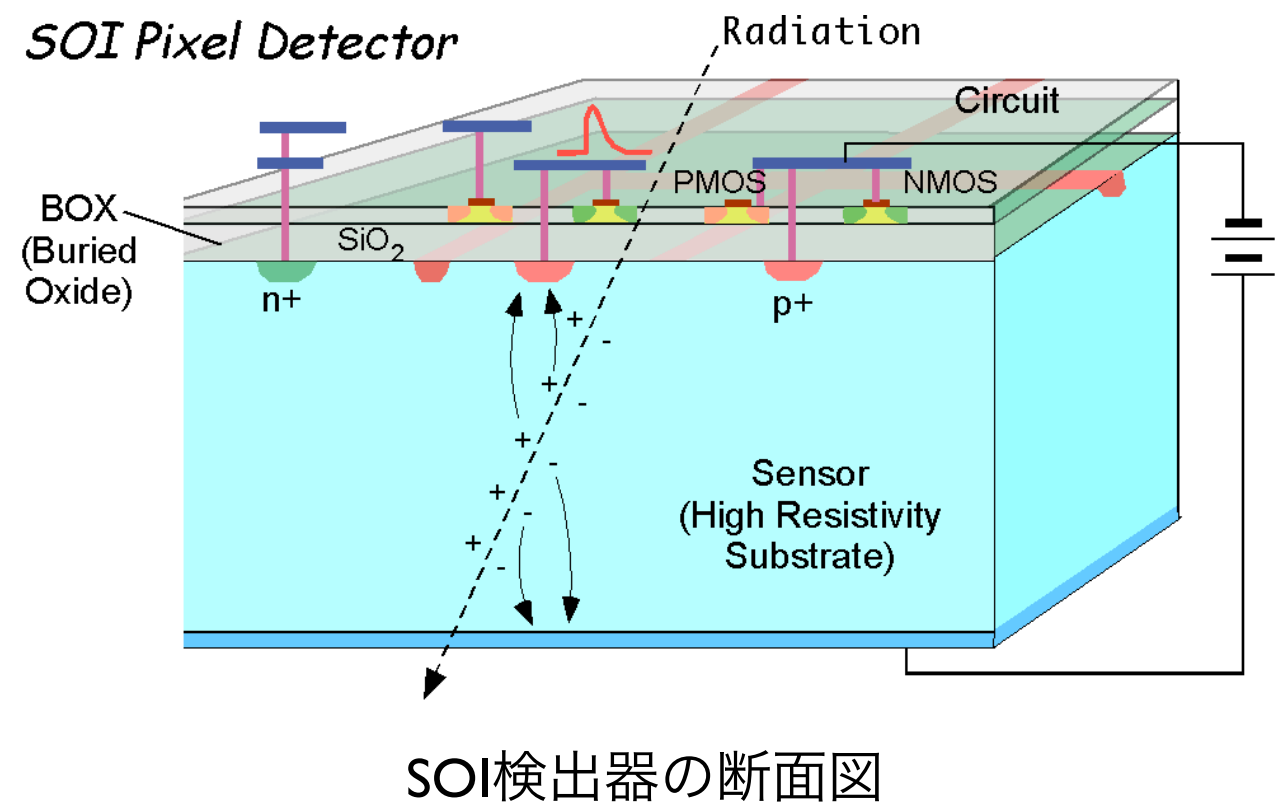
SOI検出器について

SOI検出器とは？

- SOI(Silicon-On-Insulator) waferの回路部分を読み出し用に、もう一方の基盤を検出器として利用するように設計された一体型の半導体検出器

SOI検出器の特徴

- 寄生容量が小さくなる
高速化、低消費電力化
- 電極容量を小さくできる
S/N比の向上
センサー部の小型化



計数型SOIピクセル検出器

計数型SOI検出器とは

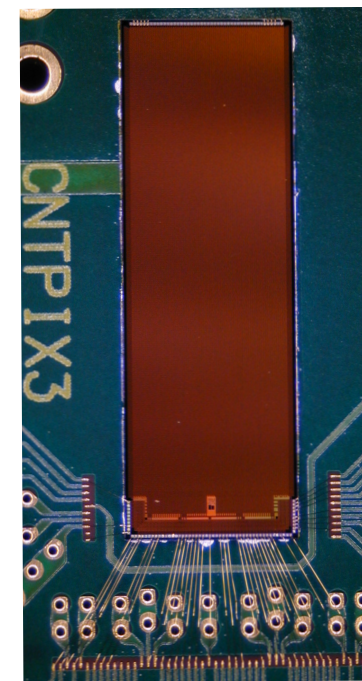
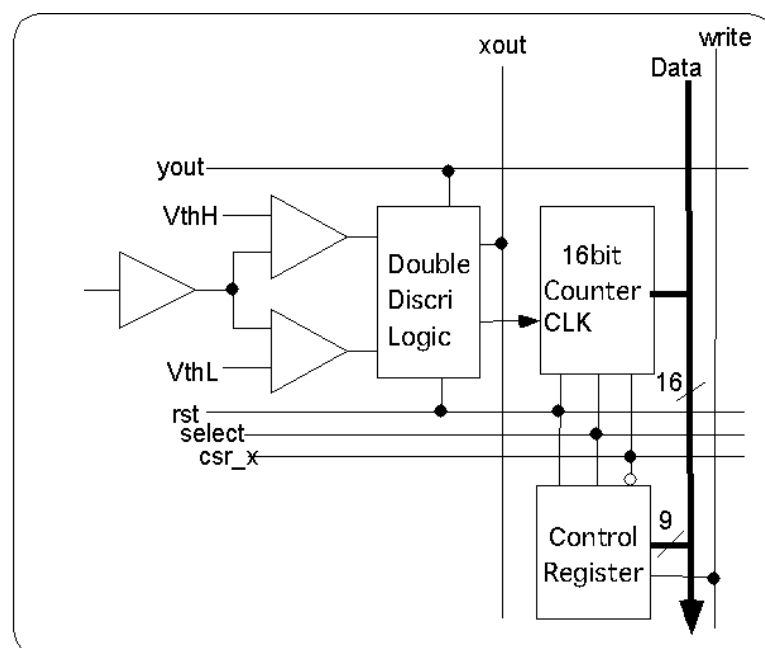
- ・ある時間内に検出面を通った光子の数をカウントする検出器
- ・基本的な動作原理は

Discriminator + Counter
(エネルギーの選別)

計数型と呼ばれる理由

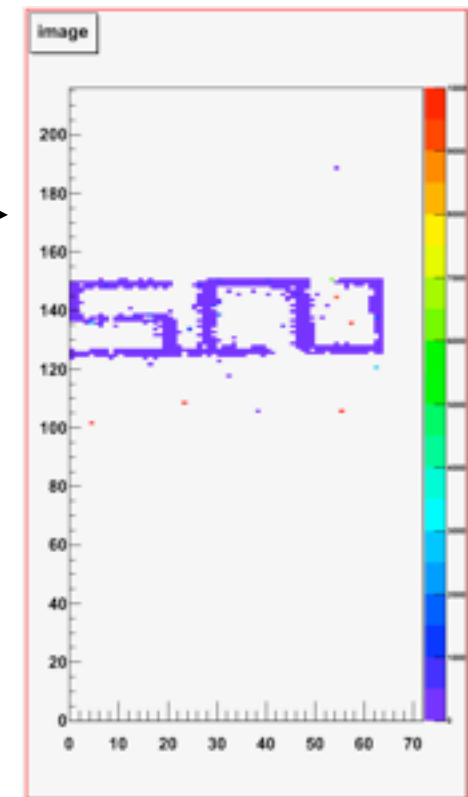
計数型SOI検出器の例：CNTPIX3

サイズ : 5.5mm×15.5mm
ピクセル数 : 72×216ピクセル
1ピクセルの大きさ : 64μm×64μm



CNTPIX3

マスク越しに
可視光レーザー
を照射



SOI検出器について

SOIピクセル検出器開発の全般的な話

開発中の検出器：粒子線検出器(積分型)

イメージセンサーとして使えるX線検出器(計数型)

短期的な目標：基本的な性質の理解(検出部の動作や回路部の構成など)

長期的な目標：実用に耐えるSOI検出器の開発

開発の進展状況

これまでの成果

- ・ X線の検出
- ・ 汎用読み出しボード(SEABAS)の作成、Ethernetを用いたDAQシステムの開発

現時点での課題

- ・ 検出領域の全空乏化(Back Gate Bias Effectの解消)：積分型と計数型に共通の課題

SOI検出器について

チップ開発の流れ

設計(改良)と動作試験の繰り返し

チップ完成時にチェックすべきこと

- ・ 検出部

p-n junctionが正常に形成されているか？

もし正常でなければどの段階にミスがあるのか？

設計段階、製造段階など

- ・ 回路部

書き込み、読み出しといった最低限の機能が正常に働いているか？

その他、動作試験用に組み込まれている回路は想定通りに働くか？

- ・ 全体

改良前のチップの問題点が解消されているか？

動作試験

リーク電流の測定について

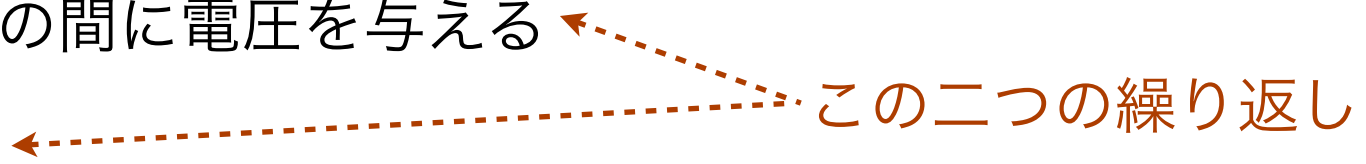
(1)目的

- ・チップの製造過程でp-n junctionが正常に形成されているかをチェックする
- ・リーク電流が大きいと消費電力増大につながってしまうので、参考データとして今後のチップの設計へフィードバックする

(2)実験の背景

CNTPIX3とCNTPIX2(ともに計数型SOIピクセル検出器)のリーク電流を測定した際に、CNTPIX2のリーク電流に比べてCNTPIX3のリーク電流が非常に大きかった

(3)測定方法

- ・ SourceMeterにより BackgateとGNDの間に電圧を与える
 - ・ 測定された電流値を記録する
- この二つの繰り返し
- 

Setup

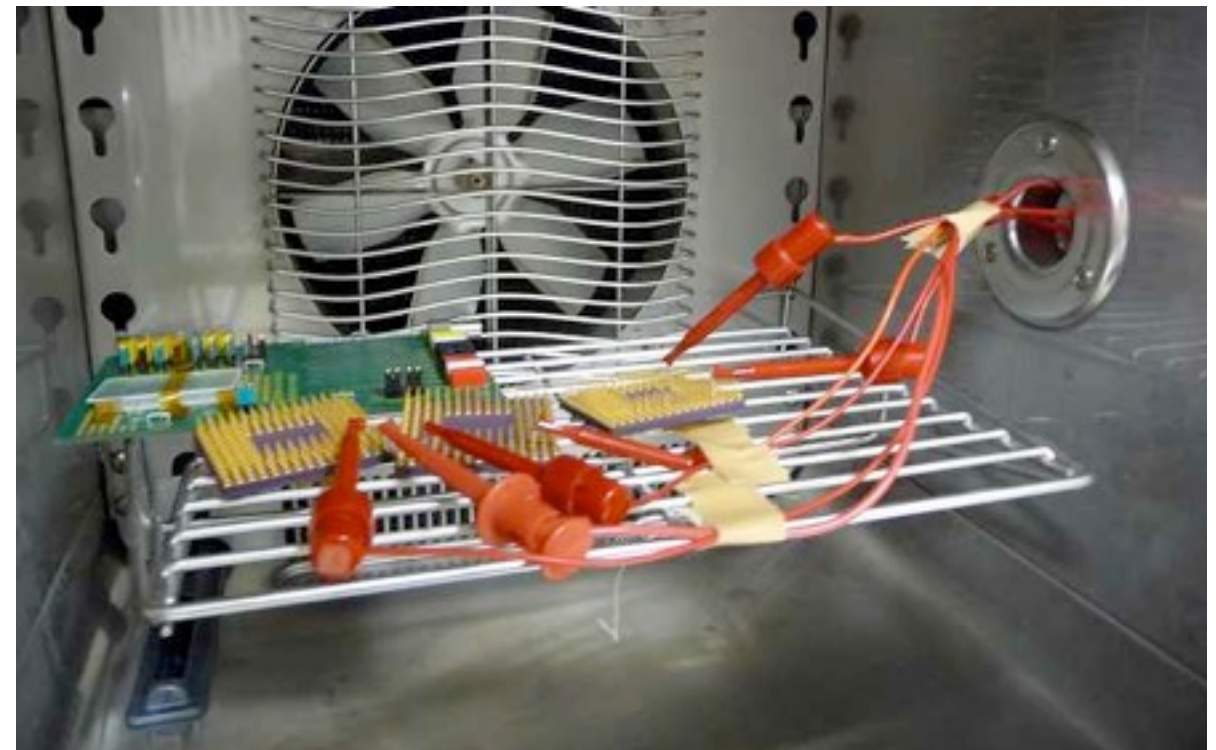
測定内容

- (1)測定対象： CNTPIX3、INTPIX3、CNTPIX2、INTPIX2の計4チップ
- (2)温度： 各chipに対して5°C、15°C、25°C、35°C、45°Cの5通り
- (3)装置： KEITHLEY2612A SourceMeter
恒温槽 MODEL SH-241



恒温槽

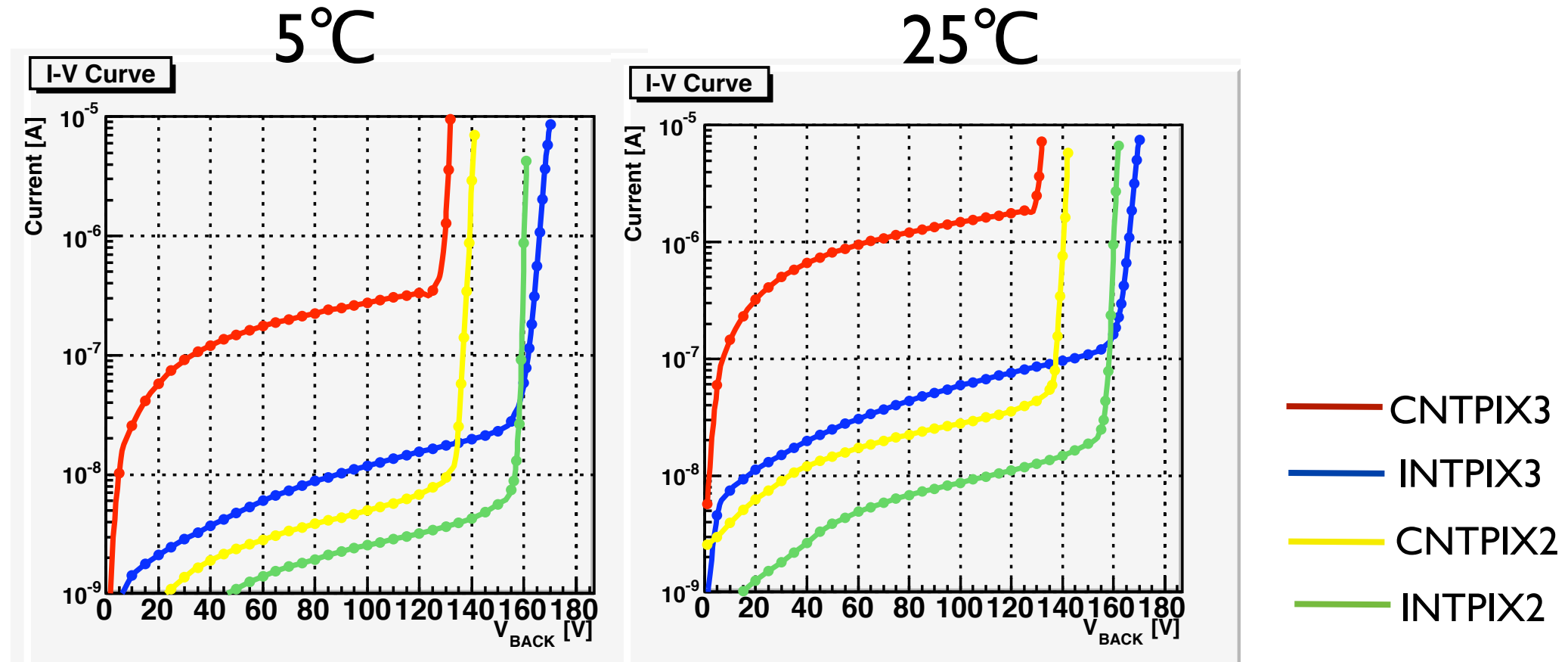
SourceMeter



恒温槽内部

測定結果

I-V特性の比較



CNTPIX3のリーク電流は他のchipのリーク電流に比べて大きい

考えられる原因

近くにある電極に集まった電荷が流れ込んでいるのでは？

検証中

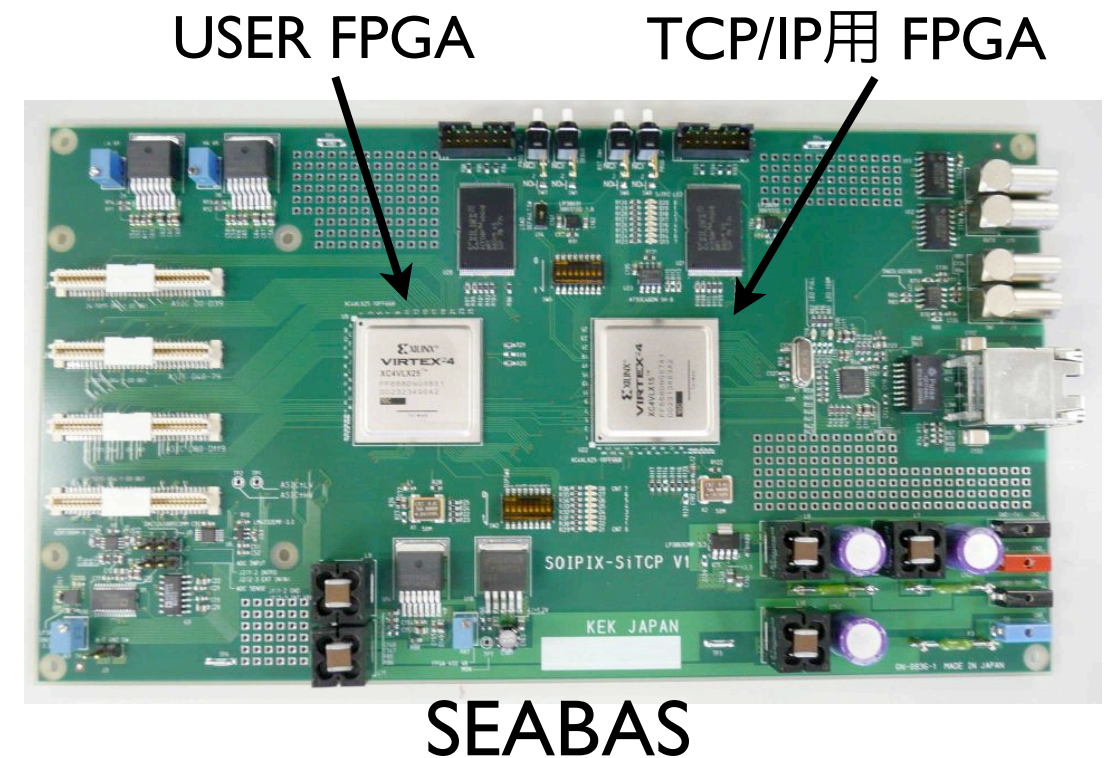
動作試験

DAQシステム

汎用読み出しボード(SEABAS)を利用

SEABASの特徴

USER FPGA(データ読み出し用)と
TCP/IP用 FPGAを持つ



TCP/IP用 FPGAのご利益

外部から見ると、SEABASとSubBoard全体がTCP/IP機器に見える。
SEABASとEthernet経由でデータのやり取りが可能。

USER FPGAのご利益

必要に応じてここに手を加えれば、SOI検出器のみならず
どんなチップのデータでも読み出すことができる

動作試験

回路部の動作試験：CNTPIX3

(1) データの読み出し

- ・ CNTPIX3の各ピクセルで取得されたデータは、FPGAによって読み出され、外部のバッファに記録される
- ・ このバッファに記録されたデータをEthernet経由で読み出す
- ・ 実際に光の検出するための準備段階

(2) 目的

- ・ データの書き込み、読み出しができるかどうかチェックする
- ・ プログラムのデバッグ

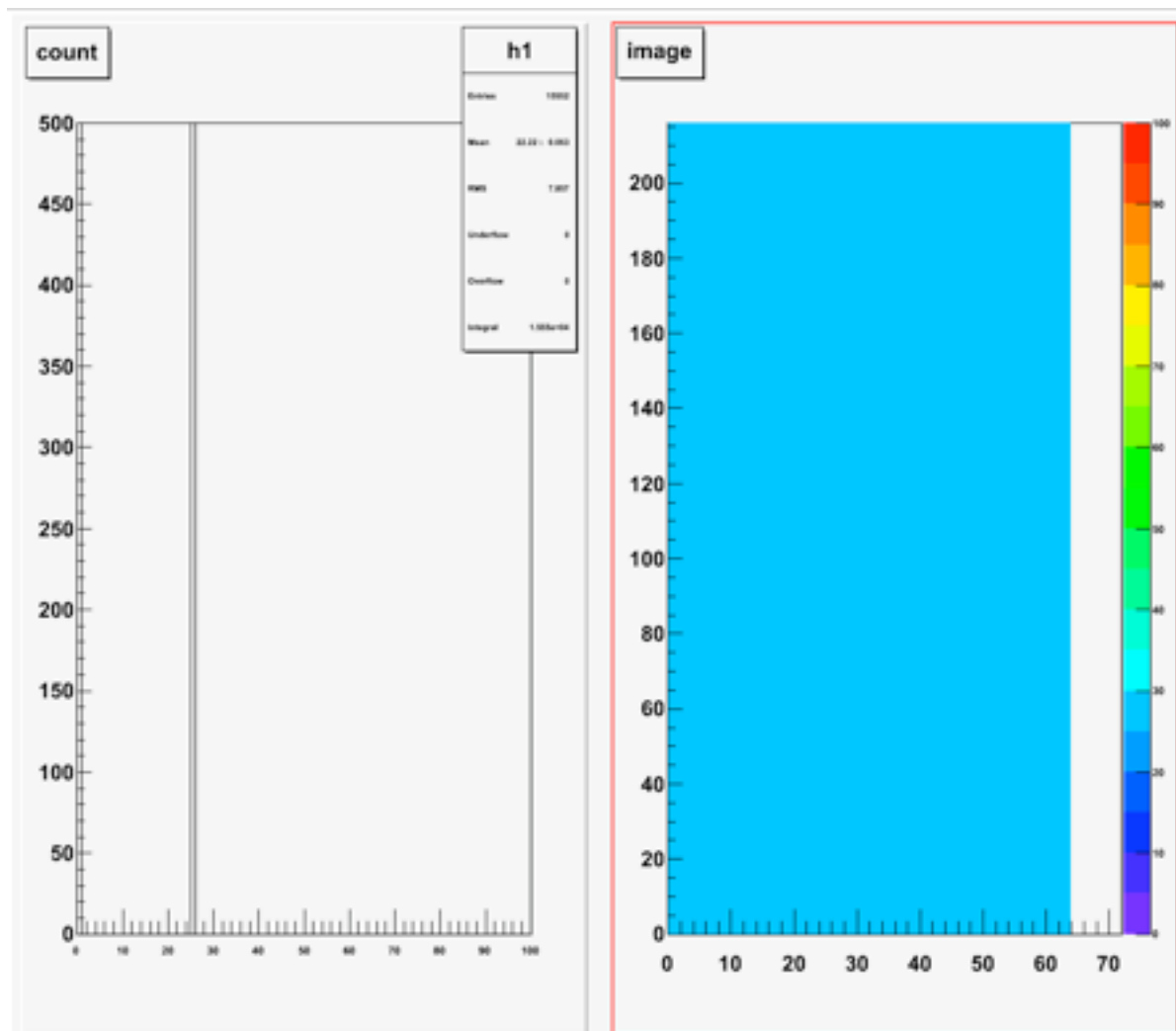
CNTPIX3にはデータ取得用のレジスタ以外に、ピクセルの動作を制御するための情報を保存するレジスタがあり、ここに書き込んだ値を読み出す

(3) 検証方法

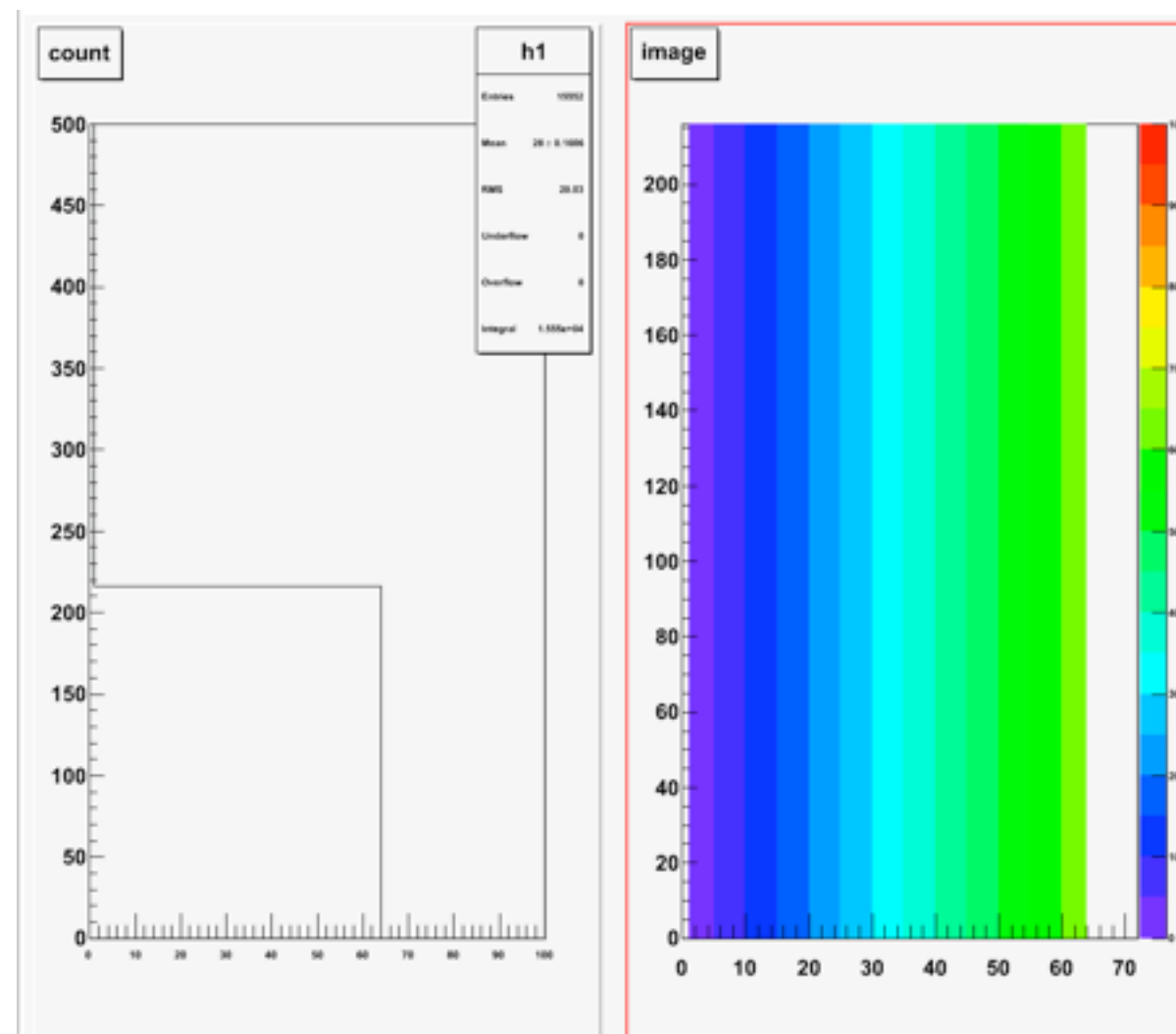
固定値の書き込みとその読み出し、の繰り返し

結果

結果の例



全ピクセルに同じ値を
書き込んだ場合の出力



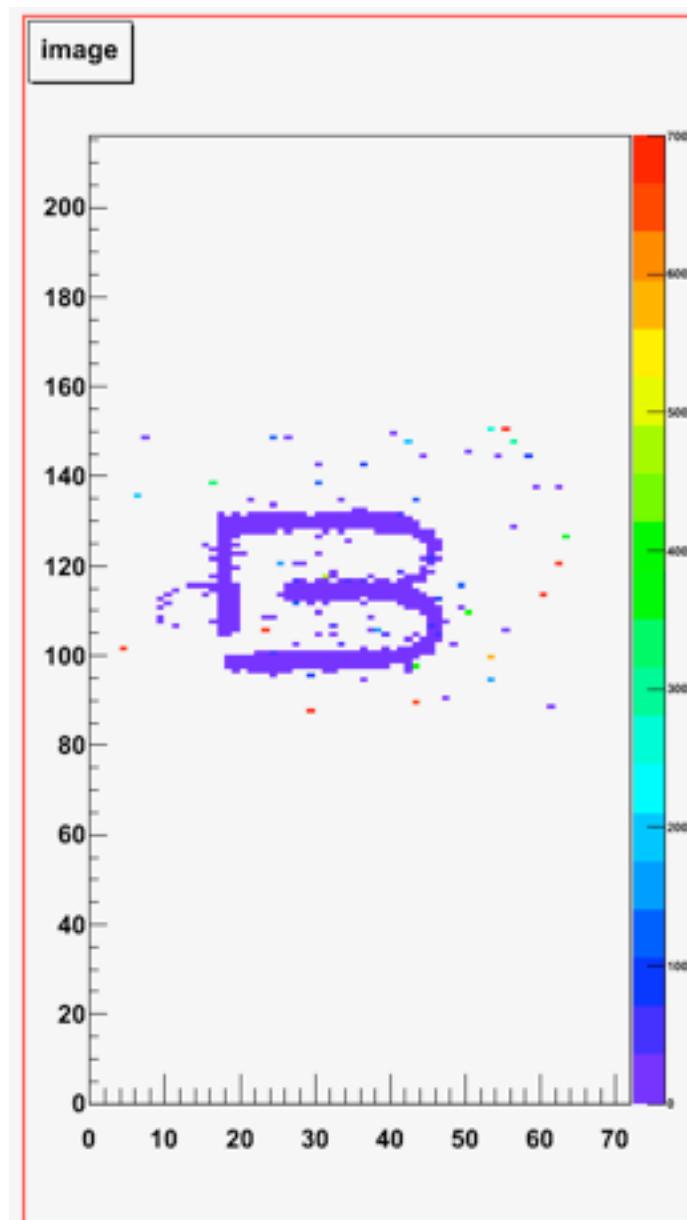
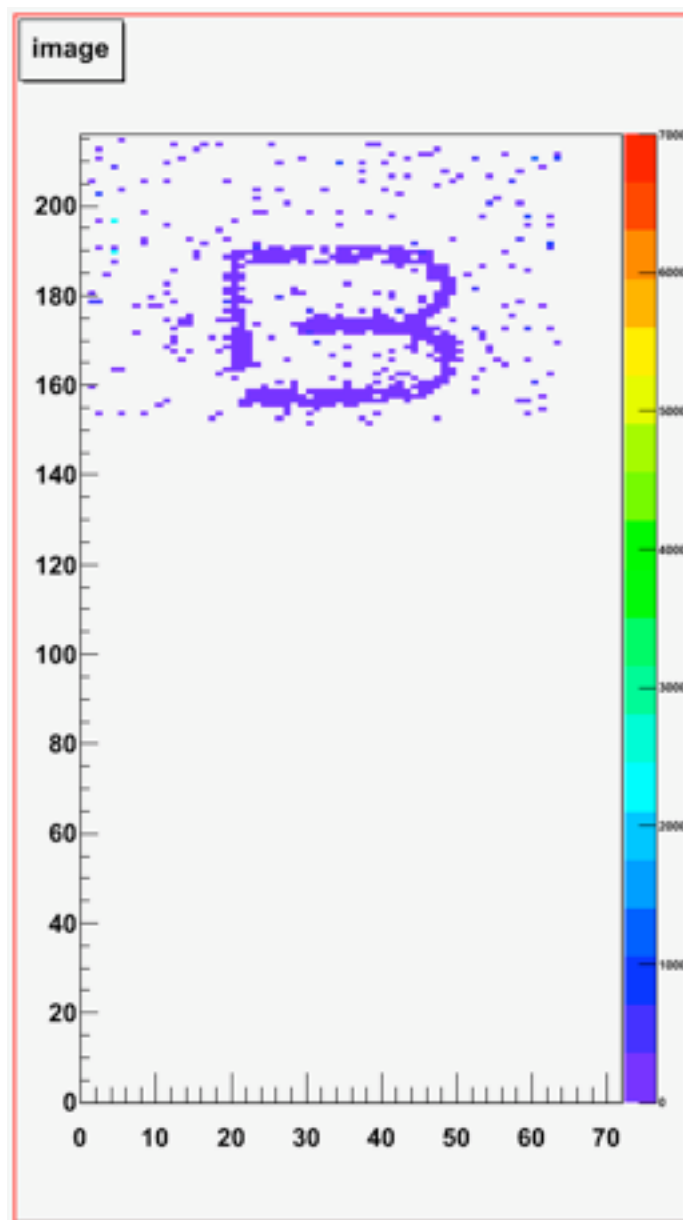
横軸の値を書き込んだ場合の出力

右のヒストグラム：72×216ピクセルからの出力

左のヒストグラム：横軸が出力値、縦軸がその値を出力したピクセルの数

結果

実際の像も検出できている



今後は...

実際にX線の像を取得するなどしながら問題点の洗い出しを行い、これを次の開発にフィードバックして、改良を進めていくことになる

可視光レーザーによる像

Summary

- CNTPIX3と呼ばれる計数型SOIピクセル検出器の動作試験を行った
 - SOI検出器とはSOI技術を応用して作成された半導体検出器
 - 計数型SOI検出器は、ある範囲のエネルギーを持つシグナルを検出し、その個数をピクセル内のカウンターに保持する機能を持つ
- 動作試験は大きく分けて二つ
 - BackgateとGNDの間のI-V特性の測定
 - データの読み出しテスト
- CNTPIX3はこれまでの検出器に比べてリーク電流が大きい
 - 原因は特定できておらず、今後の検証課題
- CNTPIX3の読み出しシステムは順調に動いている
 - 実際にX線を照射して動作を確認するなど、更なる改良に取り組む