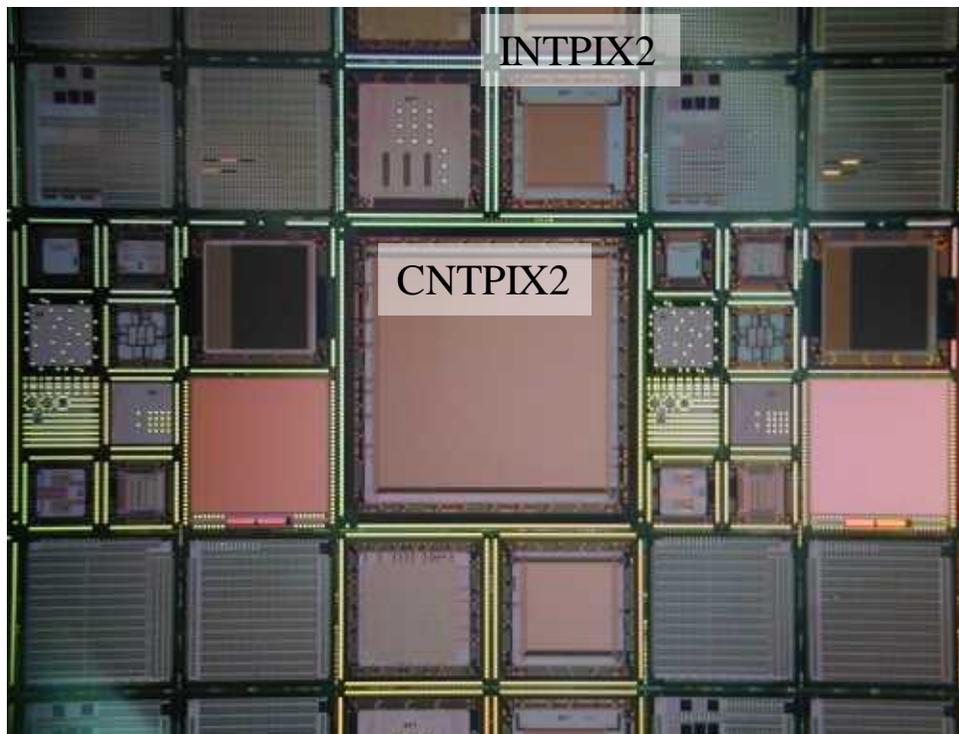


SOI技術を用いた新しいX線イメージセンサーの開発

高工研, ISAS/JAXA^A, 筑波大^B, 岡山大^C, 大阪大^D, 沖電気工業(株)^E

三好敏喜, 新井康夫, 池上陽一, 海野義信, 坪山透, 寺田進, 羽澄昌史,
高力孝, 田内一弥, 池本由希子, 池田博一^A,
原和彦^B, 三宅秀樹^B, 河内山真美^B, 瀬賀智子^B,
石野宏和^C, 花垣和則^D, 廣瀬穰^D, 大野守史^E

(SOI検出器開発グループ)



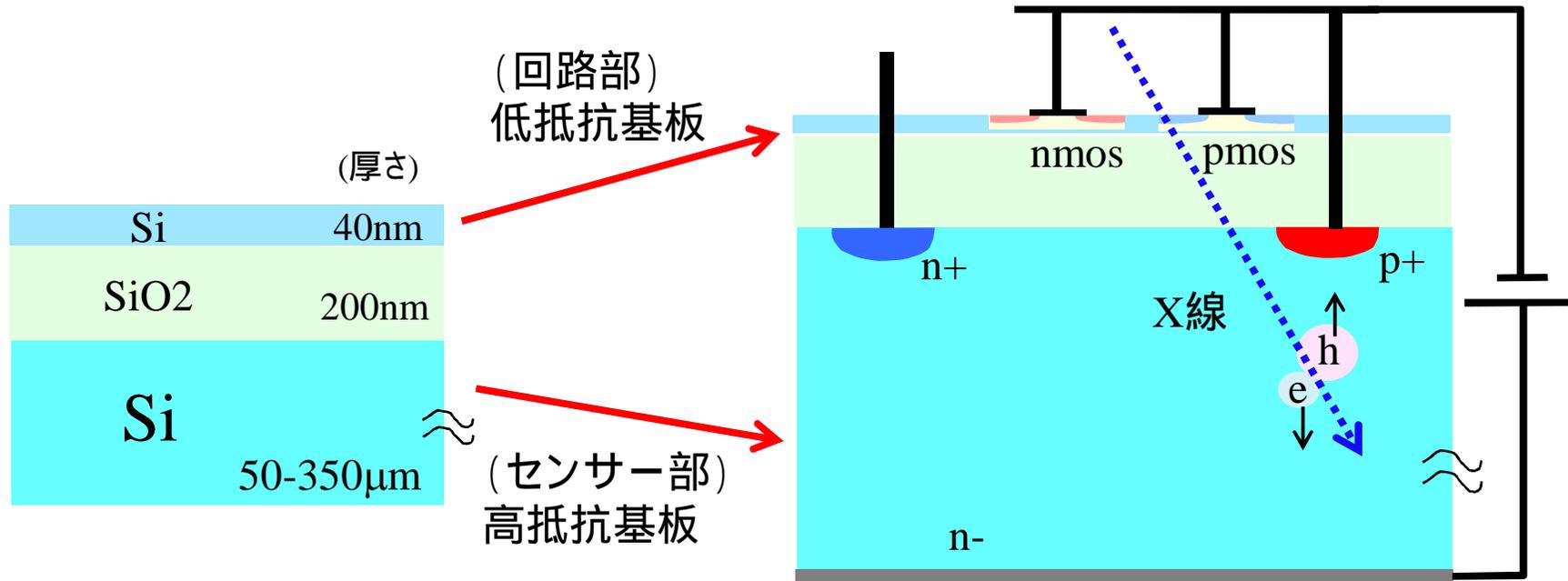
2008年9月21日(日)
日本物理学会
岩手大学

開発の動機

荷電粒子・X線・ γ 線を高分解能・高感度・高速で
エネルギー・時間測定ができるピクセル検出器を独自で開発したい
→SOIピクセル検出器の開発

SOI技術とは？

Silicon-on-Insulator – 2枚のSiウエハの貼り合わせ技術



SOIピクセル検出器で期待されること

- ・**高速化** (寄生容量が小さい)
- ・**高分解能化** (bump bonding型pixel検出器と比べて)
- ・**多機能化** (回路部に複雑な信号処理回路形成)

回路・センサー
一体型検出器

SOI検出器開発の経緯

2005. 7: 沖電気とSOI ピクセル検出器の開発をスタート

2005.10: 東大VDEC(VLSI Design Education Center)の

0.15 μ m Multi Project Wafer (MPW)ランに同居して試作

2006. 3: 最初の試作チップ完成 →光や放射線に対する良好な応答を確認

< KEK主催-1回目 >

2006.12: KEK主催の*0.15 μ m* MPWラン。国内外の研究所・大学から17設計を集める。

→2007. 4: プロセス終了

< KEK主催-2回目 >

(‘07. 6 : OKI八王子 *0.15 μ m*ライン廃止に伴い、宮城OKI - *0.2 μ m*ラインへ移行)

2008.1: 第2回目のKEK MPWランを*0.2 μ m*プロセスで行なう。

→ 2008. 7: プロセス終了

2008. 8 : 動作テスト@KEK

イメージセンサーの種類・用途

MPW run 参加大学・研究所：LBNL, FNAL, Hawaii, JAXA, KEK...

用途：高エネルギー物理実験用バーテックス検出器、宇宙観測用X線イメージセンサー、高強度X線検出用ピクセル検出器、耐放射線性エレクトロニクス、etc...

<本発表で紹介:2種類>

1: 積分型ピクセル検出器 (INTPIX2)

電荷積分値/pixel → オンボードADC → データ出力

Pixel size 20 μm x 20 μm

of pixels 128 x 128

Effective area 2.56 mm x 2.56 mm

2: 計数型ピクセル検出器 (CNTPIX2)

新しいX線ピクセル検出器の開発を目指す

Pixel size 60 μm x 60 μm

of pixels 128 x 128

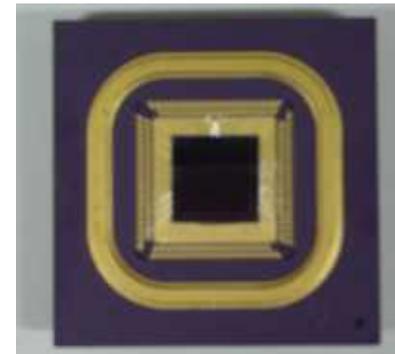
Effective area 7.68 mm x 7.68 mm

・High/Low threshold → エネルギー弁別

・カウンター機能 → 高ダイナミックレンジ

(次回以降追加機能)

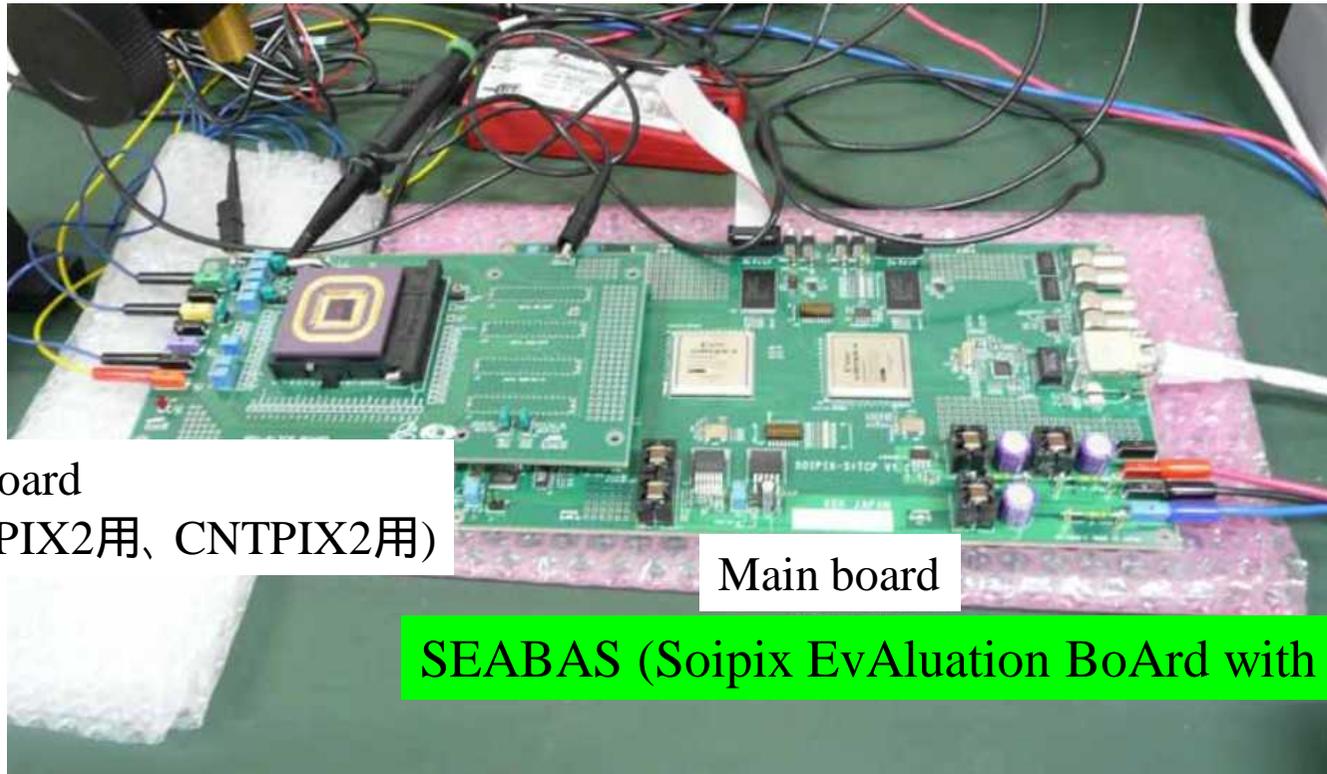
・メモリー機能 → 高速・時分割測定



CNTPIX2

SOI技術による時間・空間X線イメージセンサー
JST先端計測・機器開発プロジェクト
(要素技術開発)
(H19.10-H23.3)

SOIイメージセンサー測定装置



Subboard
(INTPIX2用、CNTPIX2用)

Main board

SEABAS (Soipix EvAluation BoArD with Sitcp)

- ・2個のFPGA(データ収集コントロール用・TCP/IP通信用)、ADC、DAC搭載
- ・電源 +/-5V (subboardに1.8V、3.3Vを供給)
- ・subboard : 逆バイアス電圧Vdet
- ・TCP/IPでデータ収集 → Ethernetでデータ収集可能(簡単)
- ・小型・軽量

試作センサーの動作試験概要

1:可視光レーザー照射試験：動作確認

2:X線照射試験(2008年9月)：空間分解能・感度テスト

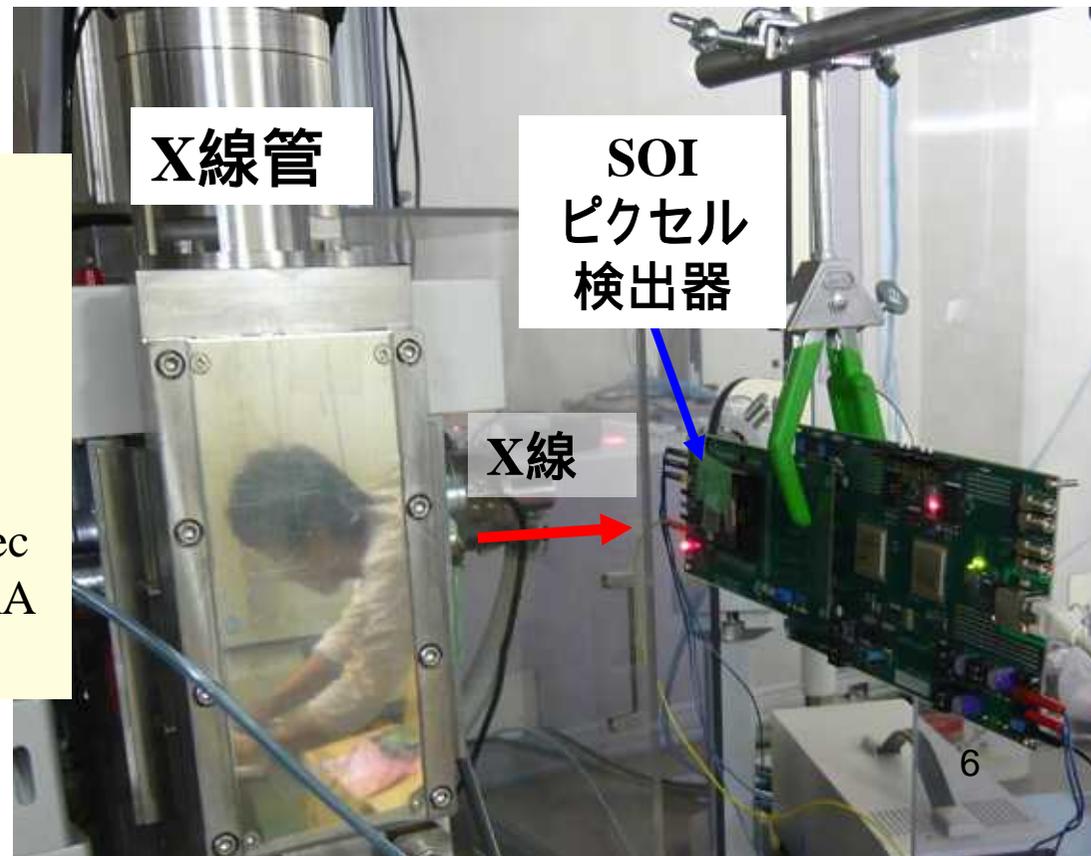
X線発生装置

Rigaku FR-D @KEK-PF

ターゲット Cu (CuK α ~8keV)

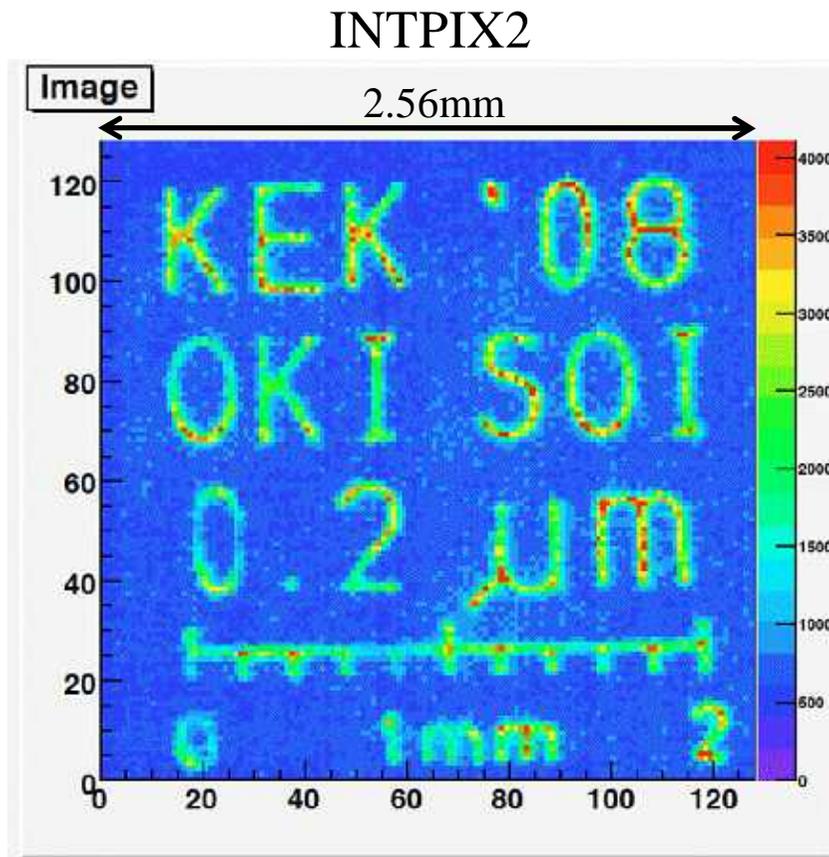
X線管出力 30-35kV, 10-30mA
(最大50kV,60mA)

X線強度 $\sim 10^4$ /photons/pixel/sec
for CNTPIX2@30kV,10mA
Si PIN photodiodeによる見積もり



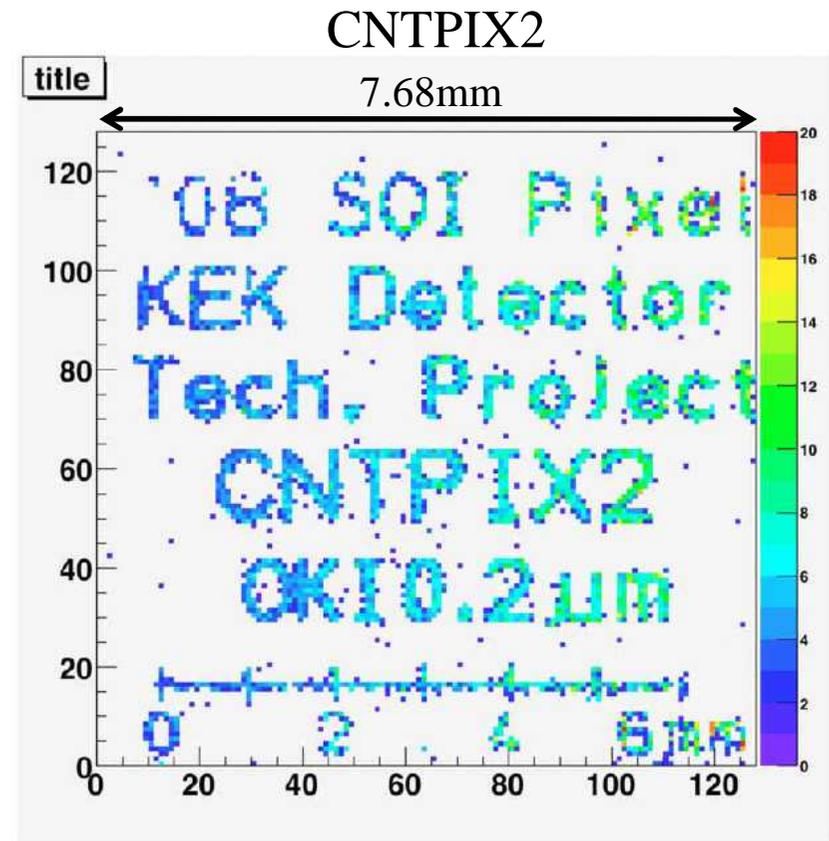
動作テスト1:可視光レーザー照射試験結果

可視光用マスク使用



Vdet=1.5V, 積算時間 480ns/pixel

Vdet=逆バイアス電圧



Vdet=1.5V, 積算時間80ns/pixel

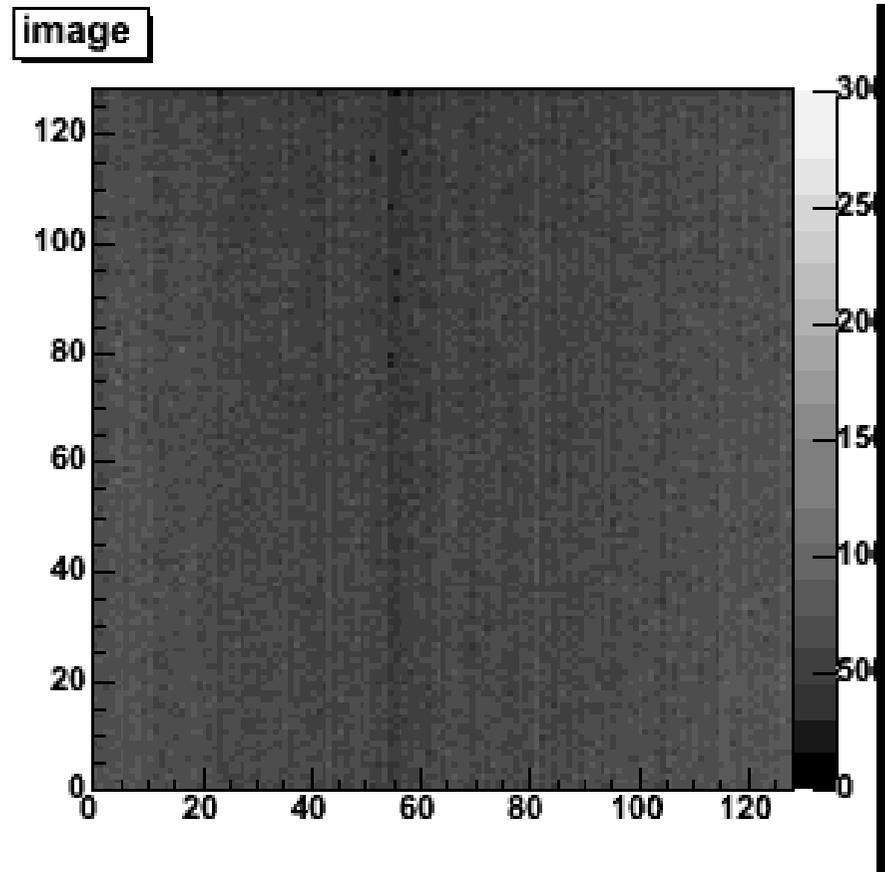
動作を確認・正しいマスクパターン画像を取得

簡単な応用試験：SOIピクセルカメラ(モノクロ)

手持ちのレンズを装着



動画(白熱灯)



小型・軽量・高速カメラの製作も可能

動作テスト2-1:X線照射試験結果(感度確認)

INTPIX2

検出器の前にマスクを置く

CNTPIX2



2.56mm

Vdet=1.5V,
積算時間 480ns/pixel



10mm

真ちゅうマスク



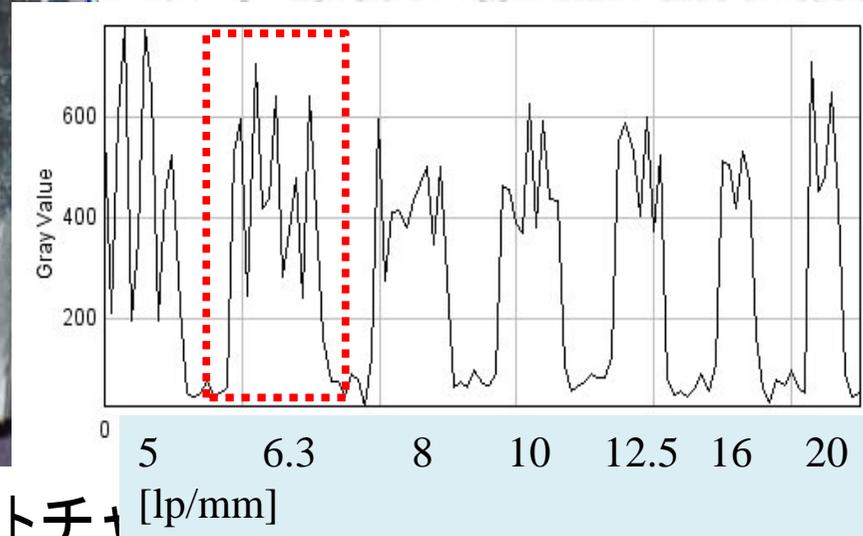
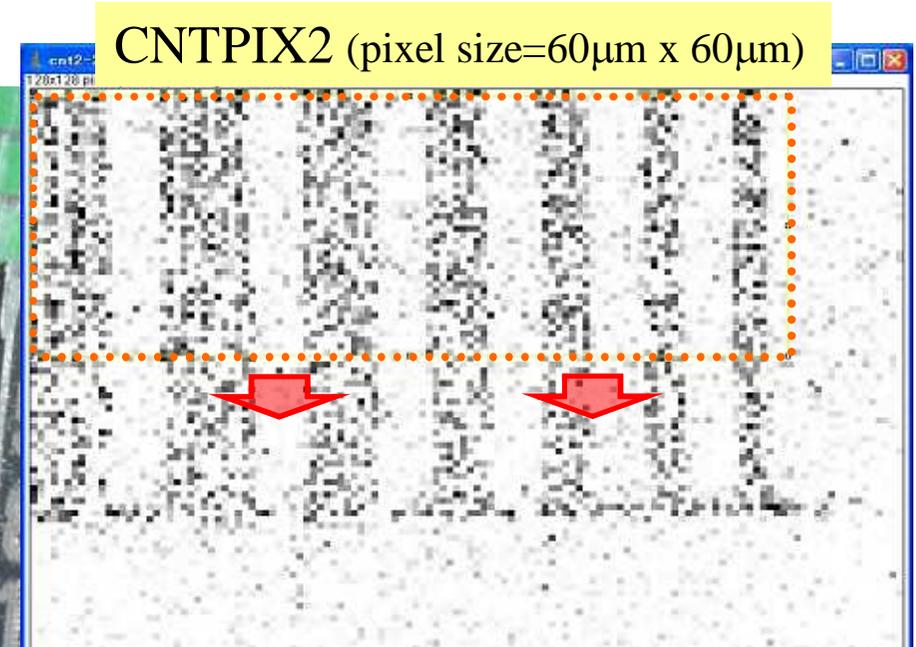
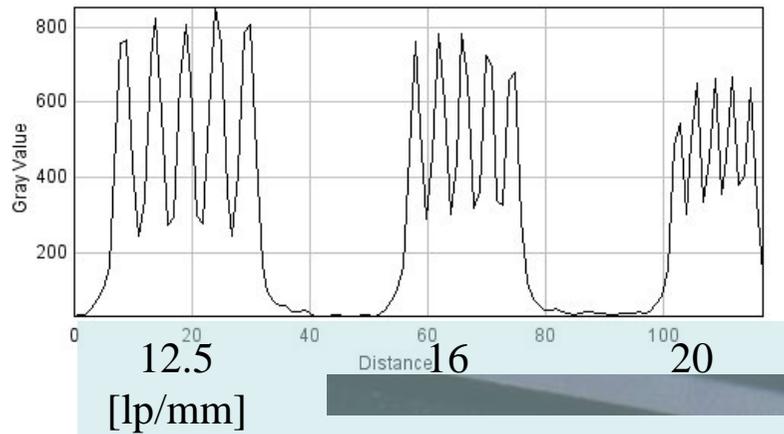
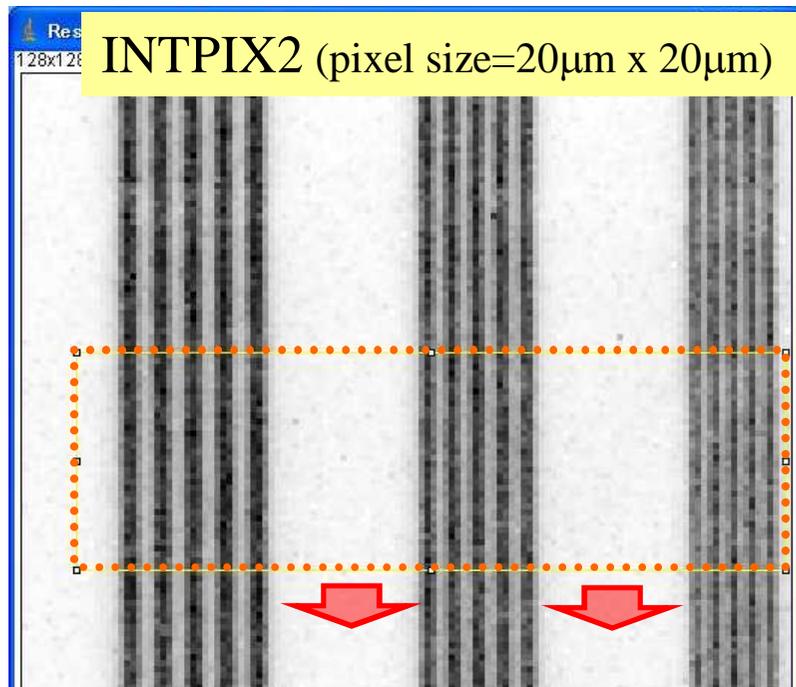
7.68mm

Vdet=1.5V, 積算時間 1.6ms/pixel

マスク画像:X線ONの時のみ見える
X線に反応していることを確認

SOI pixel検出器によるはじめてのX線像

動作テスト2-2:空間分解能評価結果

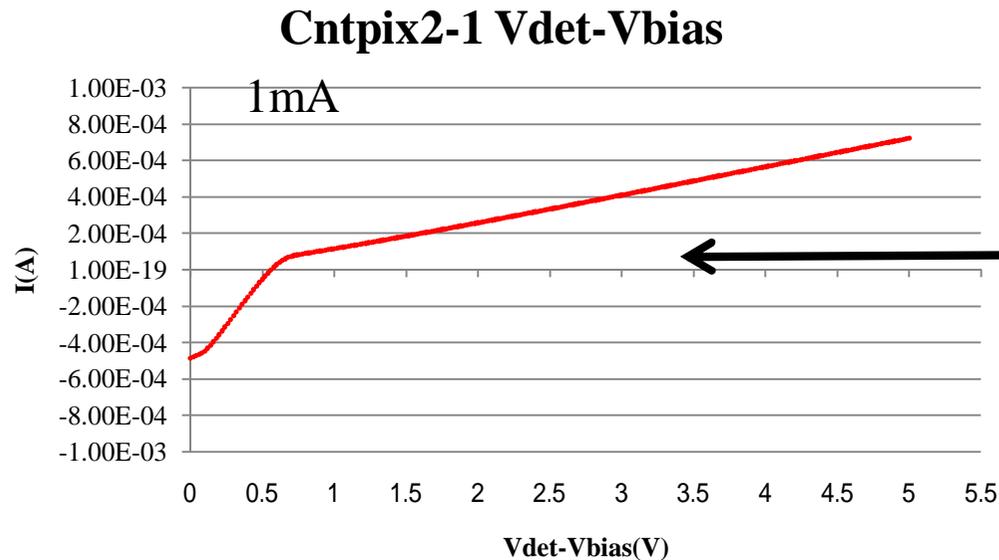


X線テストチャ

それぞれのスペックに相当する空間分解能を確認

問題点

- ・LSIプロセスにてマスクエラーあり。一部、p+の上からn+がdopeされる。
- I-V curve: ダイオード特性にOhmic成分が含まれる。リーク電流が大きい。
- 高い電圧がかけられない



理想的には、
電圧0~5Vでは
電流は μA 以下で
あまり変化しない

- ・定量的感度評価(現在進行中)にて、以下の問題を確認:
 - ・残像が残る (CNTPIX2, INTPIX2)
 - ・CNTPIX2 の画像 --- 均一性に乏しい
 - カウンターの動作不良 (カウント数がX線強度を強くしてもあまり増えない)

まとめ

KEK主催の2回目のMPWランが終了。チップの動作試験を開始した。

INTPIX2, CNTPIX2 (積分型、計数型ピクセル検出器)

- ・可視光レーザー照射試験→**画像取得・動作確認**
- ・X線照射試験→**はじめてのX線画像を取得・X線感度確認**
空間分解能は、各スペックに相当する値を得た
- ・また、いくつかの不具合も確認... (原因調査中)

今後の予定

- ・マスクエラーとカウンター動作不良対策を施したチップを試作中(11月に完成)
- ・第3回のMPWラン 年末～来年早々

保有チップ動作テスト

- ・テストパルス、X線管、放射光による基本特性・動作テスト
- ・データ収集システムのOptimization(ユーザーフレンドリーなGUIに) → 応用試験に向けて

興味のある方はKEK-SOIのHPへ→ <http://rd.kek.jp/project/soi/>