



SOI Pixel検出器による

X線イメージング

2012年7月31日 @cERL W.S.

新井康夫

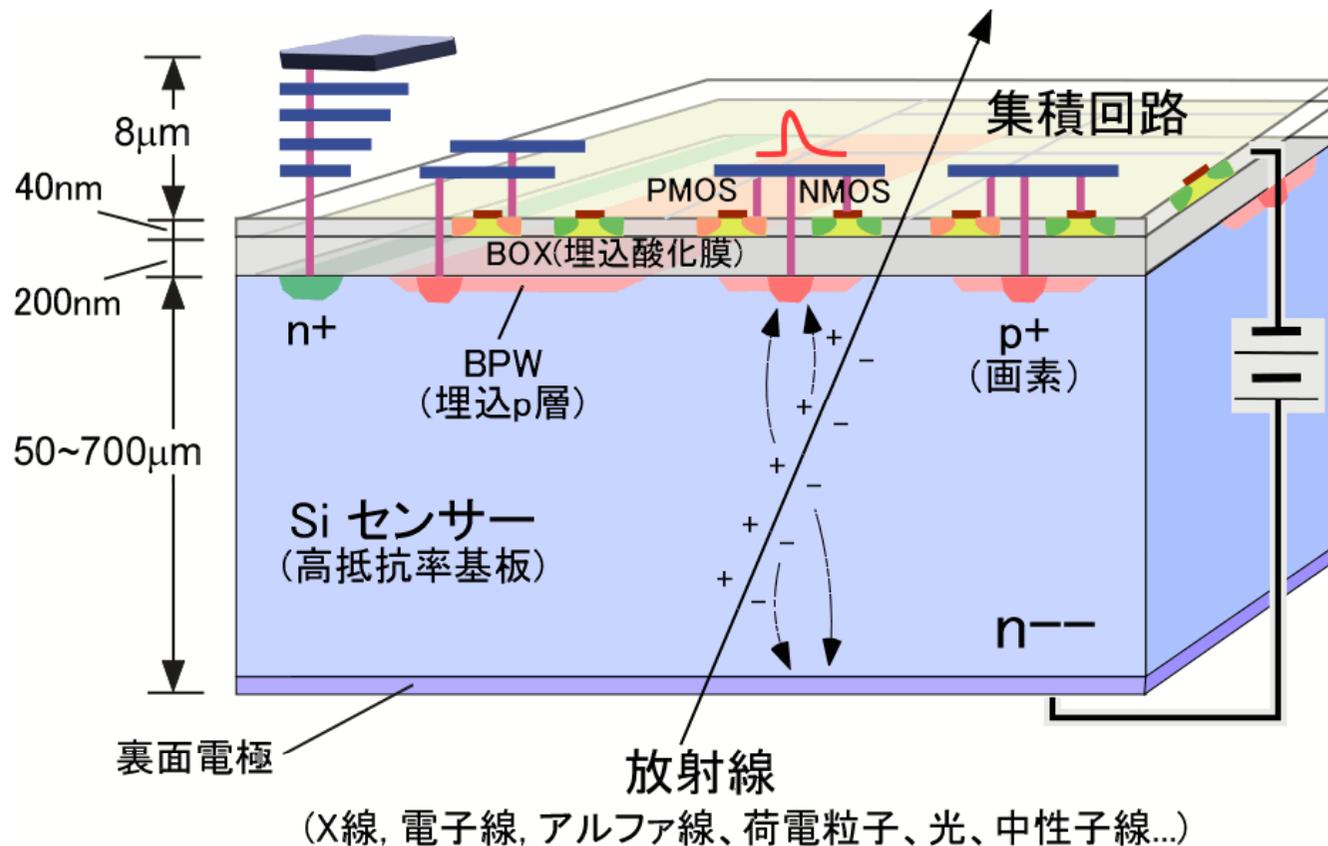
高エネルギー加速器研究機構

yasuo.arai@kek.jp

<http://rd.kek.jp/project/soi/>

Silicon-On-Insulator Pixel Detector (SOIPIX)

半導体放射線センサの高分解能と、集積回路の高機能を併せ持つ、3次元構造のイメージング検出器。

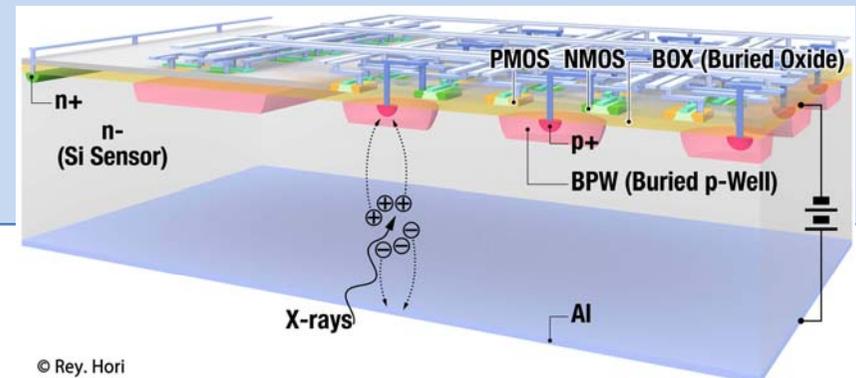


2005~ KEK測定機開発室プロジェクト

JST 先端計測分析技術・手法開発事業(2007~2011)で最高評価(S)。

SOI Pixel検出器の特徴

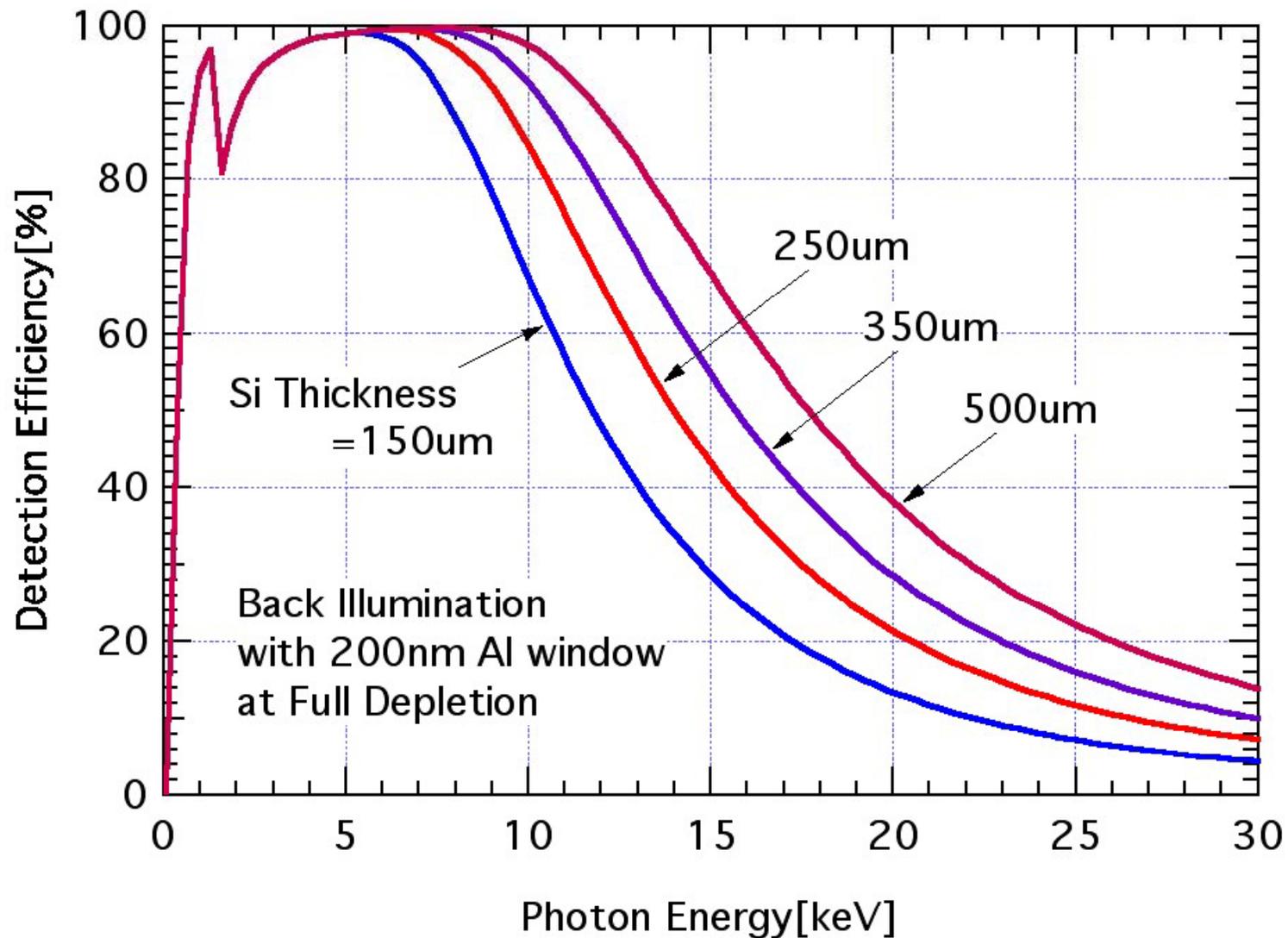
- 機械的接合がなく、半導体微細加工のみ。
高信頼性、高分解能、低価格が望める。
- センサーが薄くても十分なS/N。
逆に厚くする事で、高エネルギーX線に高い感度。
- 高度信号処理回路やメモリーを持つインテリジェント・ピクセルが可能に。
- 過酷な環境(極低温、放射線)への耐性。
- 基本技術は産業界の標準。
技術発展の取り込みが容易。



© Rey. Hori

SiによるX線の検出効率

SOI Pixel X-ray Detection Efficiency (Calculation)



主な参加研究機関

- 高エネルギー加速器研究機構（素核研、物構研）、筑波大学、
- 京都大学、大阪大学、東北大学、京都教育大学、東京大学、..
- 宇宙航空研究開発機構、宇宙科学研（JAXA/ISAS）、産総研、
- 高輝度光科学研究センター（Spring-8, JASRI）、理化学研究所
- Lawrence Berkeley National Laboratory
- Fermi National Accelerator Laboratory
- Univ. of Hawaii、BNL、Univ. of Heidelberg
- IHEP, China
- :

- JST 先端計測分析技術・手法開発事業（要素技術プログラム）
（2007.10~2011.3） 評価S。
- 科研費基盤A(2009.4~2013.3)
- 日米科学技術協力、アジア加速器検出器協力、他
- (株)Lapis Semiconductor、(株)リガク等の企業と共同研究。

SOIPIX技術は、日本が世界をリードし、国際的にも注目されている

0.2 μm Fully-Depleted SOI Pixel Process
(ラピスセミコンダクタ社と共同開発)

- 海外では研究所内プロセスに留まる。
- 量産ラインを利用した信頼性の高いプロセスは我々のみ。
- 現在、国内外を含めたユーザー数は~150名。
- 海外から多数のビジター、共同研究申込。

宇宙科学研

理研

産総研

大阪大学

東北大学

京都大学

KEK

筑波大学



Lawrence Berkeley Nat'l Lab.



MPI



INP Krakow



Fermi Nat'l Accl. Lab.



U. Heidelberg



IHEP China



U. of Hawaii



Louvain-la-Neuve Univ.

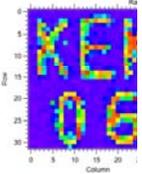
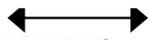
SOIPIX ウエハーマスク

2006

32x32

KEK でのSOI Pixel 検出器開発

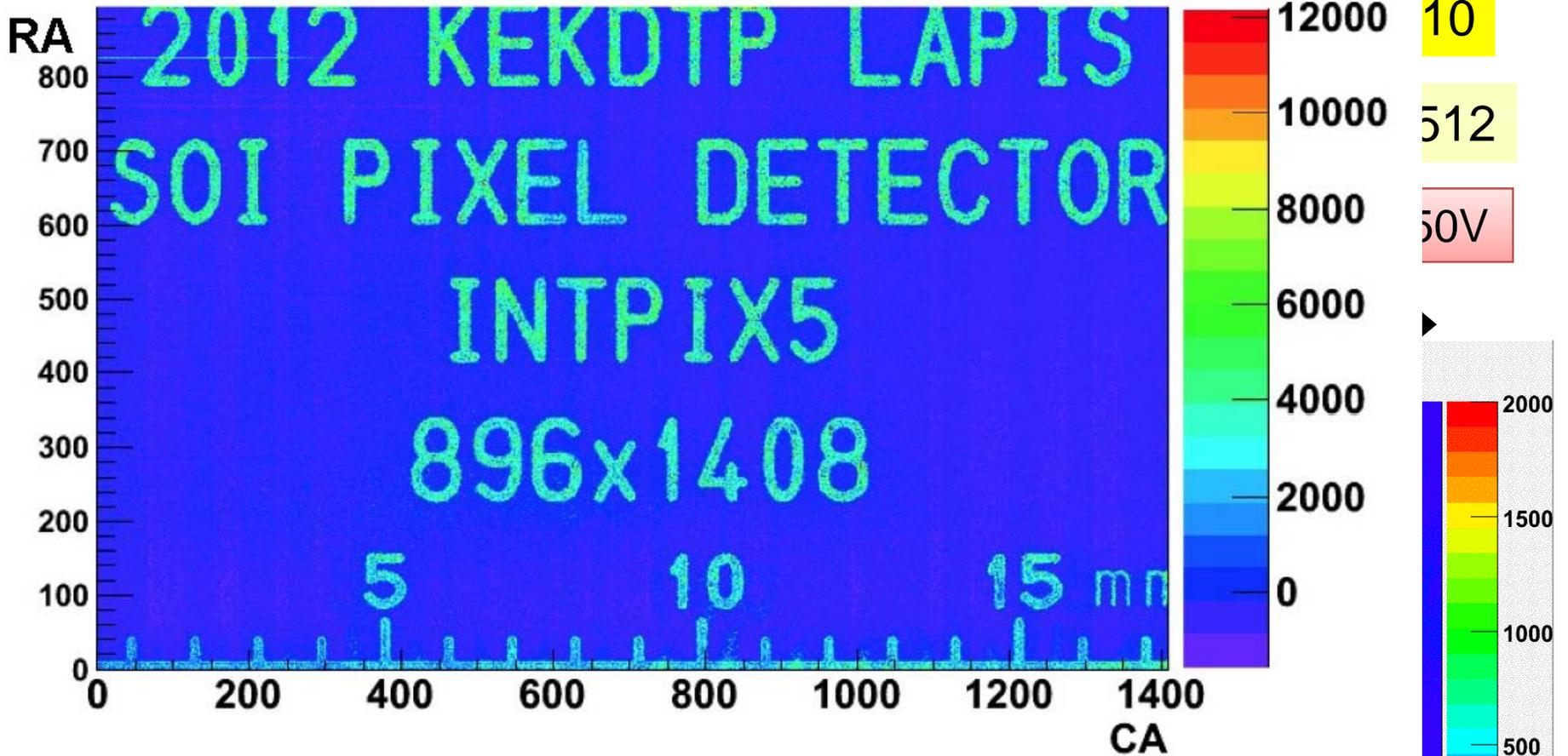
0.64 mm



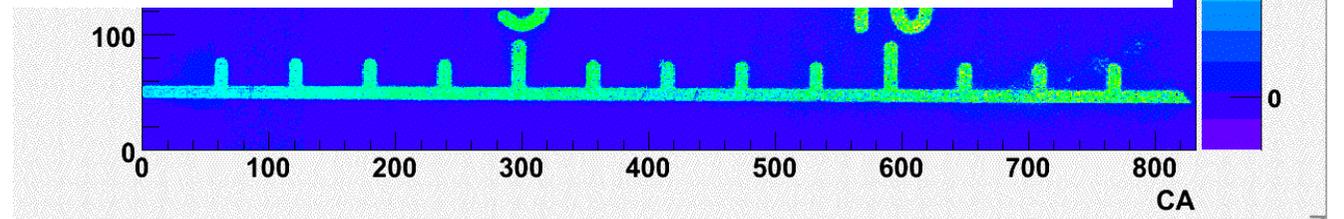
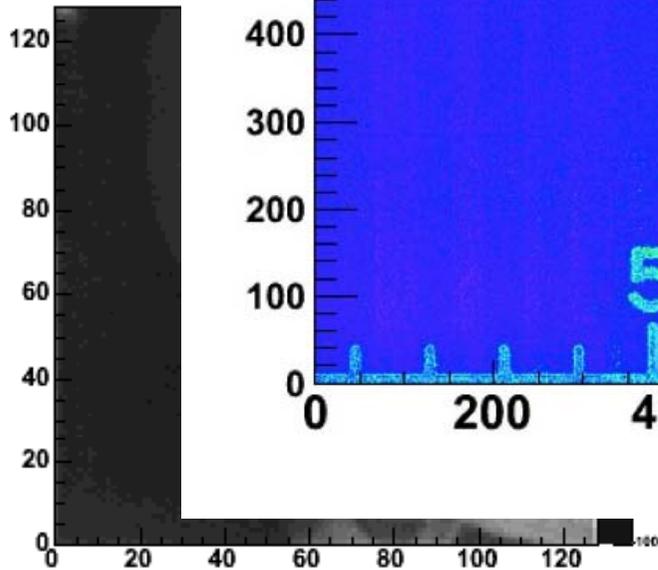
Vbias~

16.9 mm

1.3 Mpix

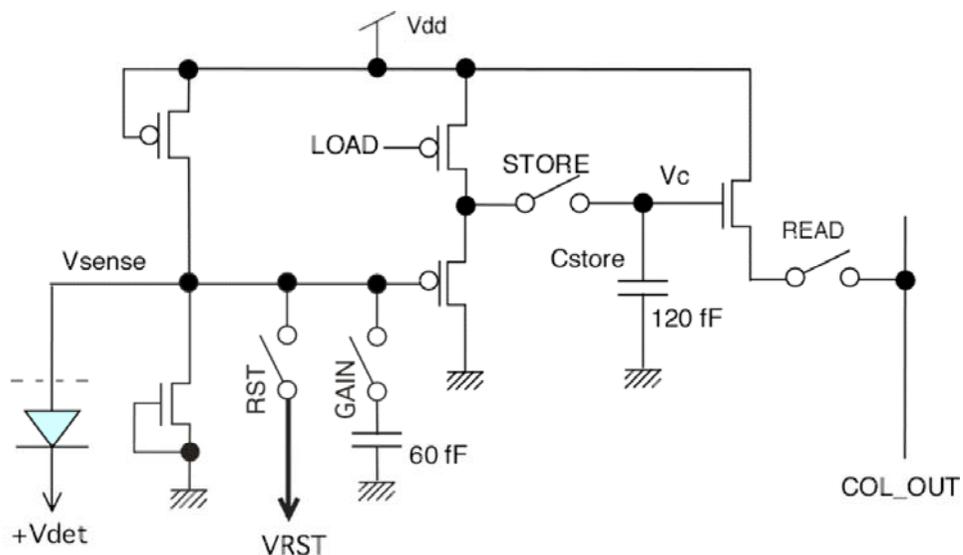


image



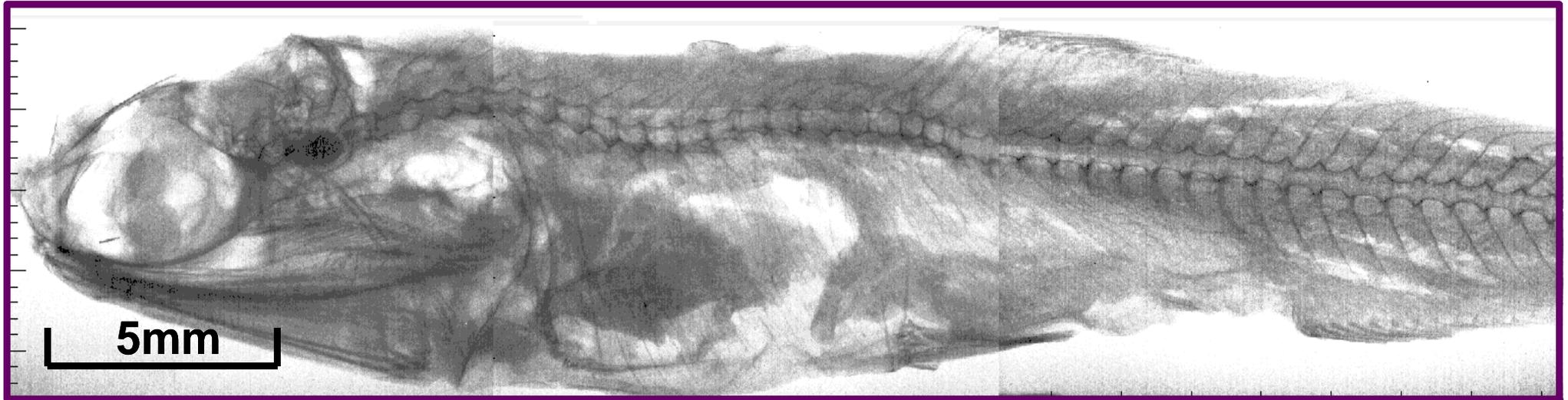
積分型SOI検出器

	INTPIX4	INTPIX5	FPIX1(*)
ピクセルサイズ	17 μm 角	12 μm 角	8 μm 角
画素数	512 x 832	896 x 1408	512 x 512
チップサイズ	10.2mm x 15.4mm	12.2mm x 18.4mm	6mm x 6mm
シャッター機能 (STORE Switch)	有り	有り	無し
Correlated Double Sampling (CDS)	ピクセル内蔵	コラムに内蔵	無し
ゲイン調整	無し	x1, x1/7	無し
最大電荷量	80 ke-	~70 or 490 ke-	~40ke-
ウェハータイプ	n 型 CZ, FZ	n 型 CZ	n 及び p 型 CZ
センサー厚さ	260 μm (CZ), 500 μm (FZ)	260 μm	260 μm

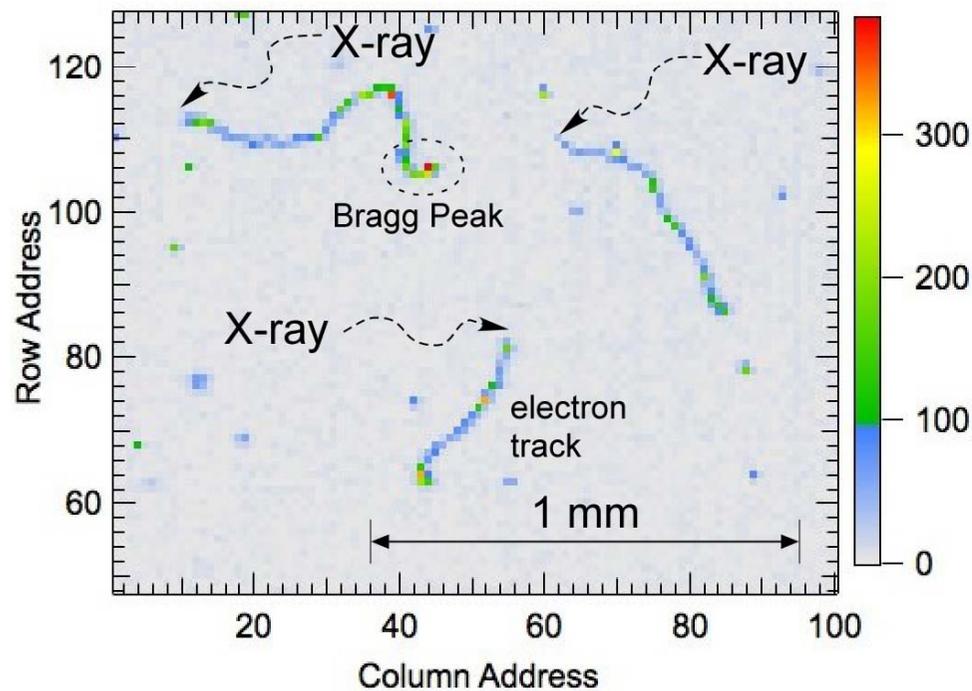


SOIPIXによる測定例

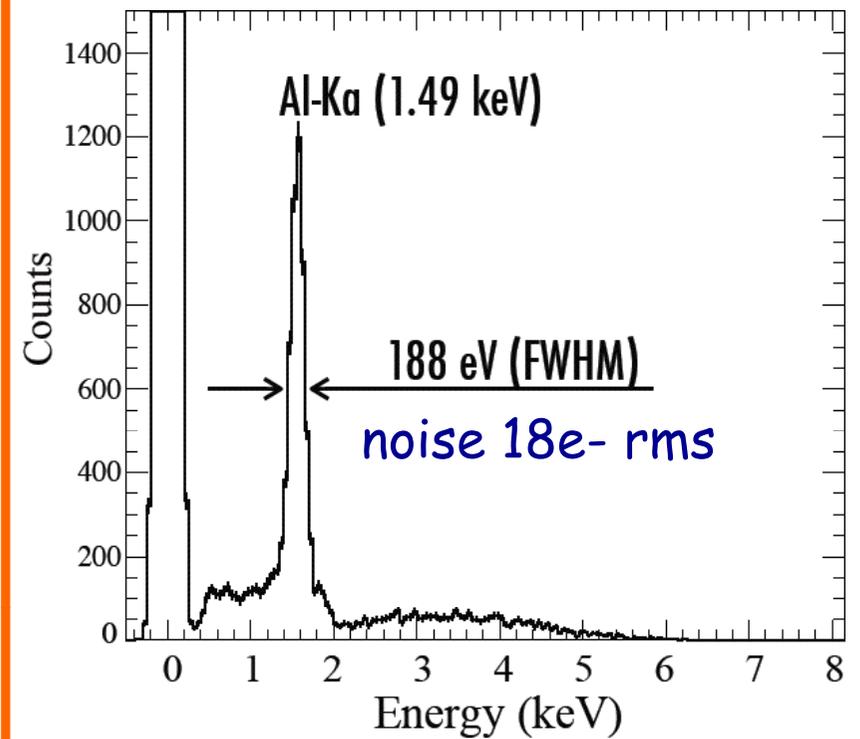
煮干しX線像 (3 イメージ合成)



Compton Electronsの軌跡



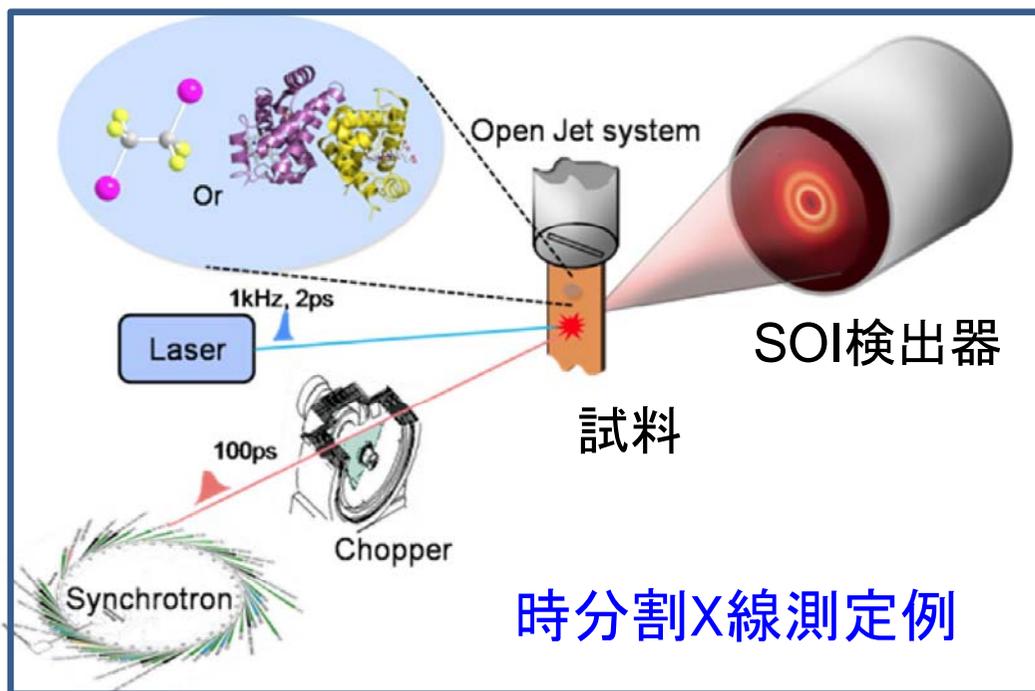
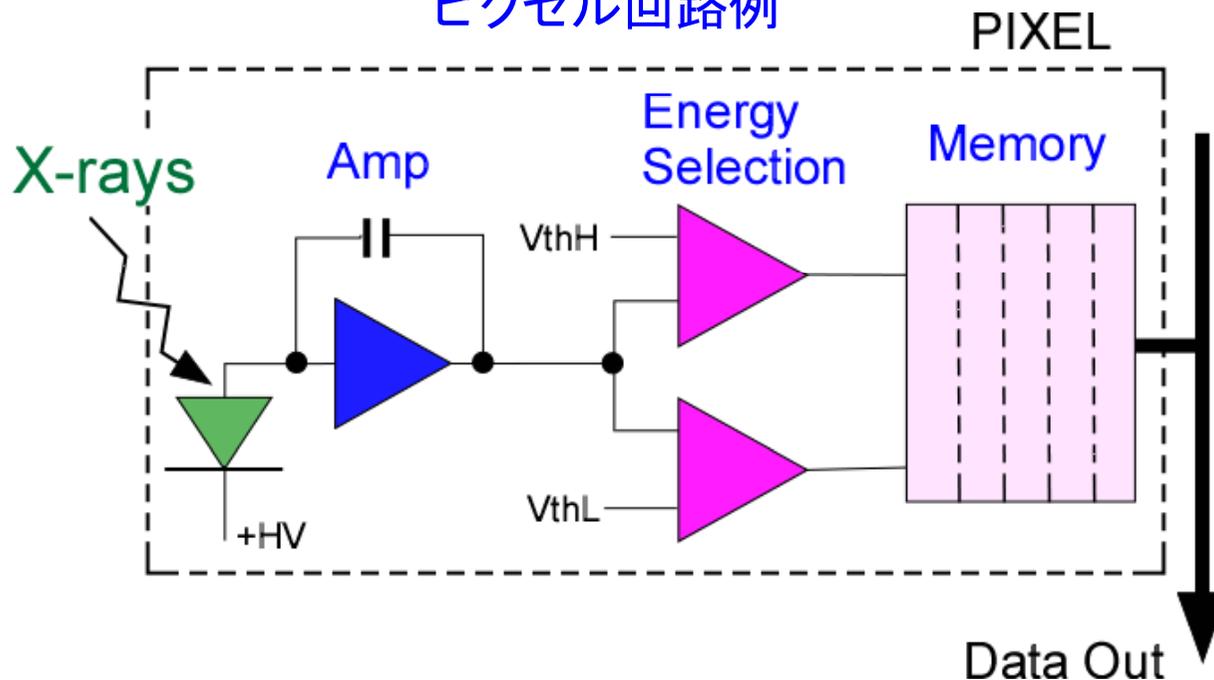
X線スペクトル測定@-50°C



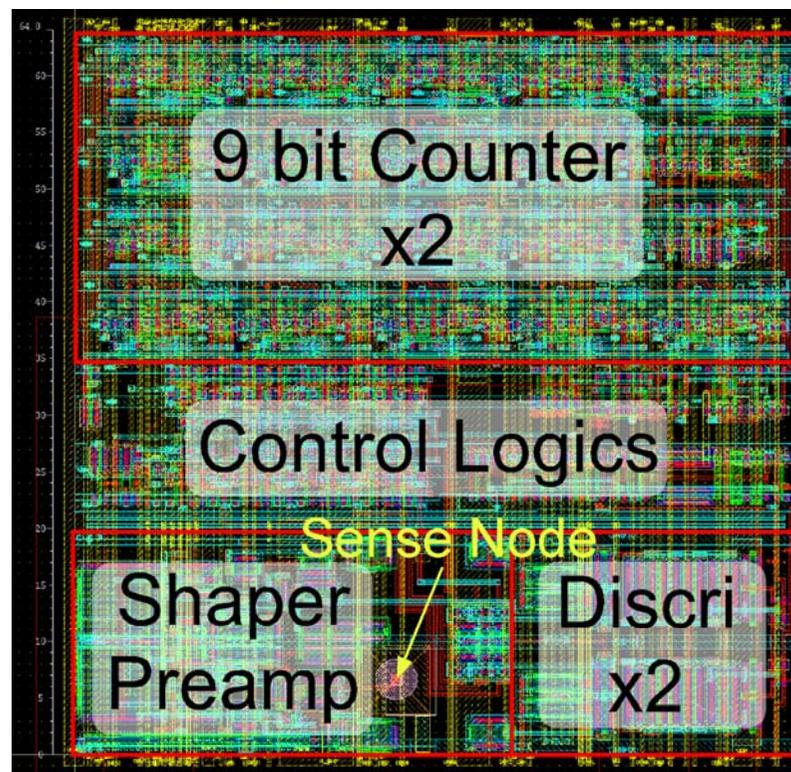
計数形ピクセル

- ピクセル内にアンプやカウンタを内蔵。
- 画素毎に複数メモリを内蔵させる事で、外場からの刺激と同期させた、ダイナミクスの撮影が可能に。

ピクセル回路例



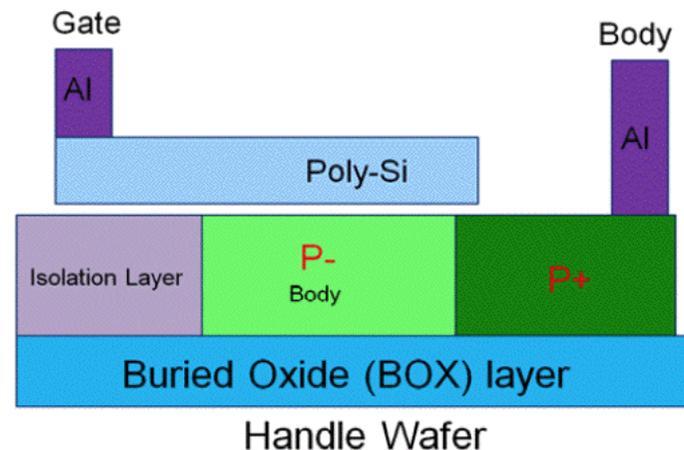
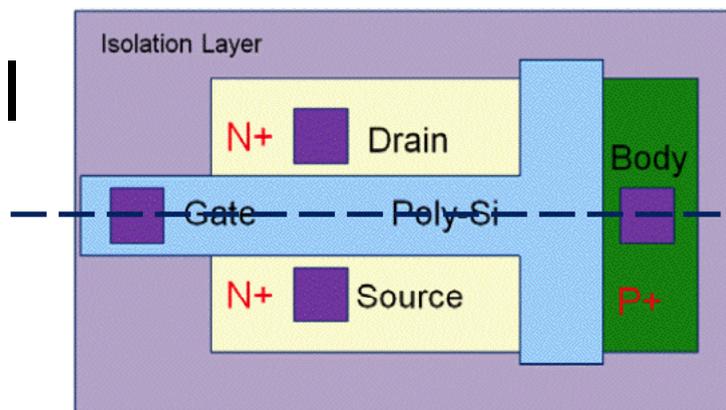
時分割X線測定例



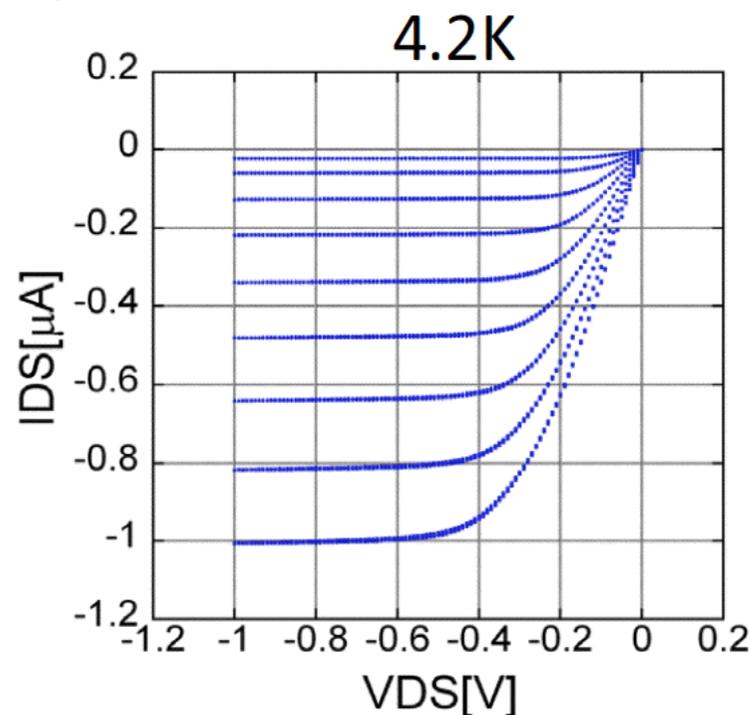
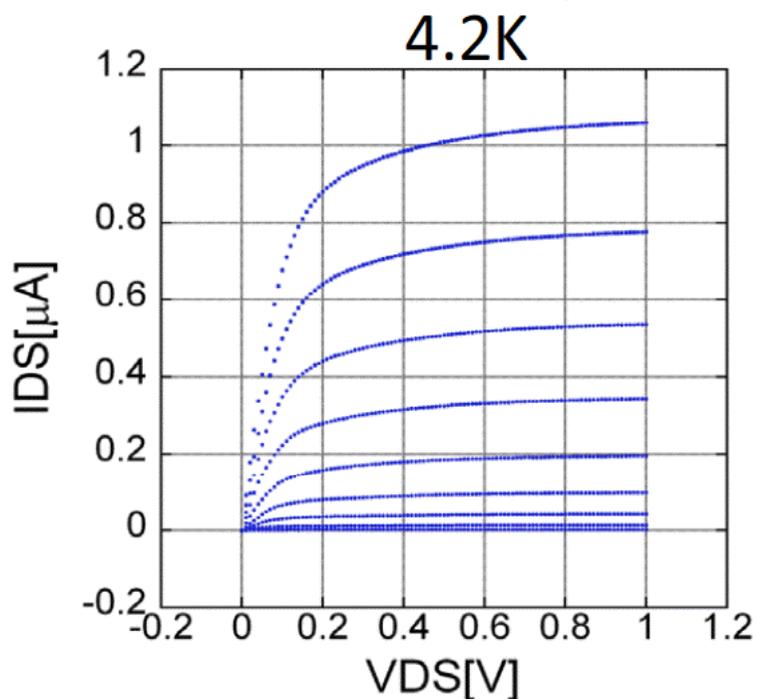
IV characteristics at cryogenic temperature

Body tie type

SOI



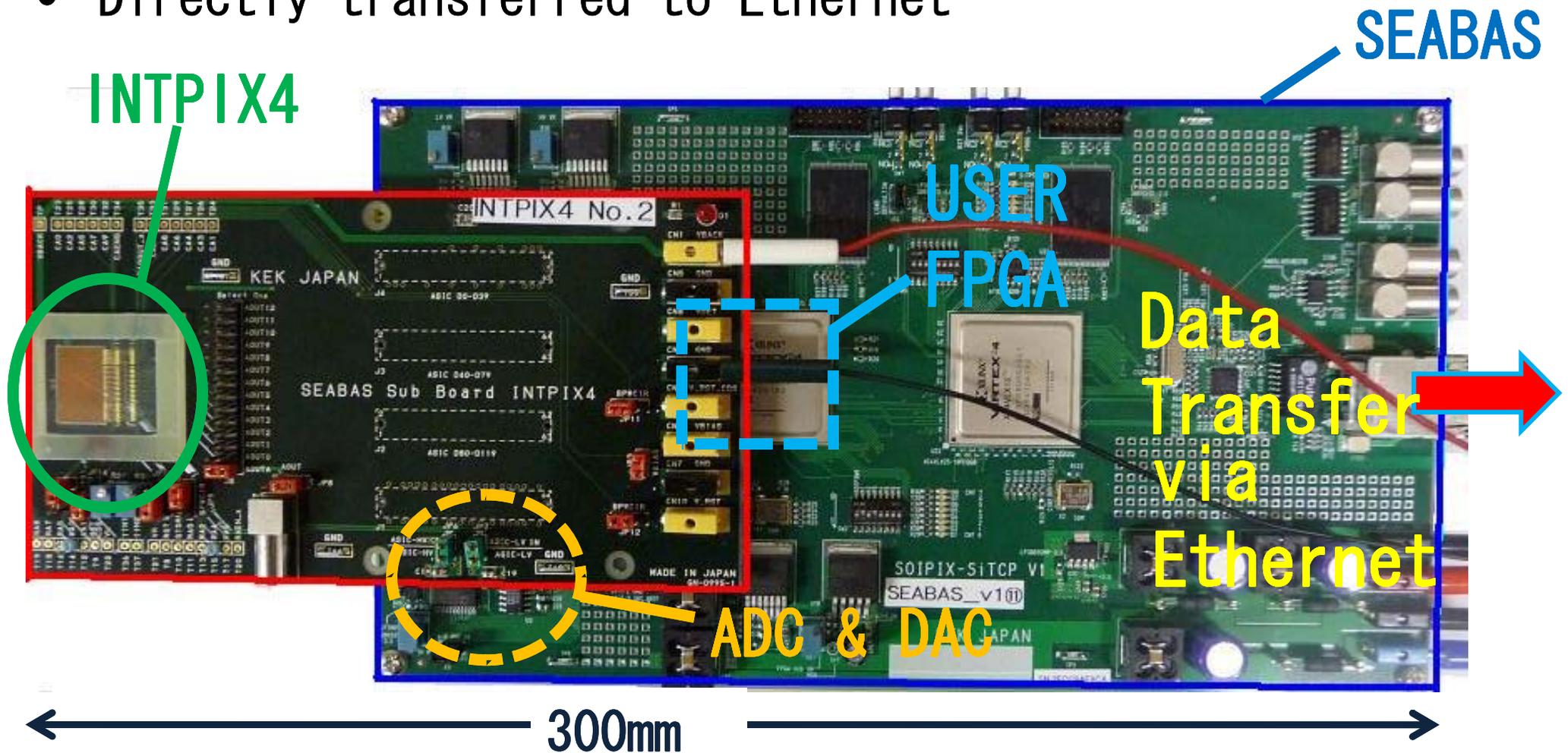
Body-tied $W(\mu\text{m})/L(\mu\text{m})=0.5/10$



The kink effects do not occur for $|V_{DS}| \leq 1.0\text{V}$ ($L=10\ \mu\text{m}$)

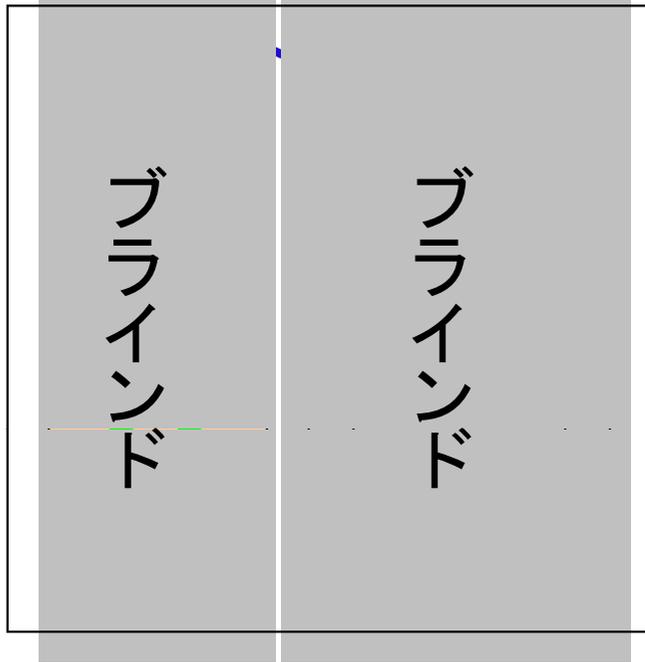
Data Acquisition Board

- SoI EvAluation BoArd with Sitcp (SEABAS)
- A FPGA controls the SOI Pixel chip
- Directly transferred to Ethernet

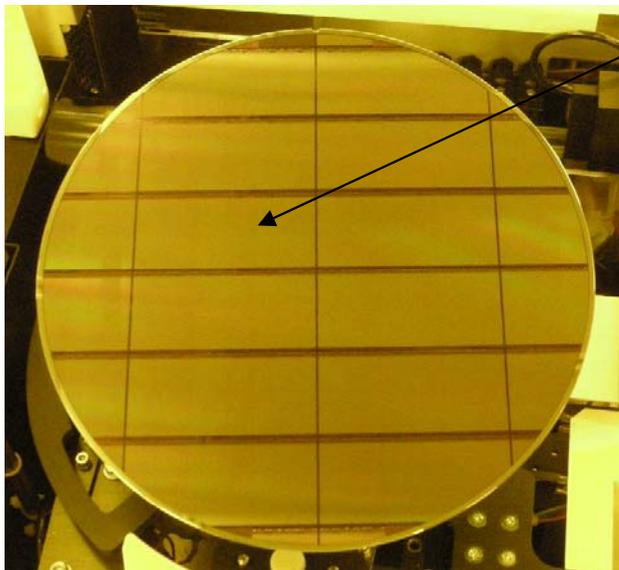
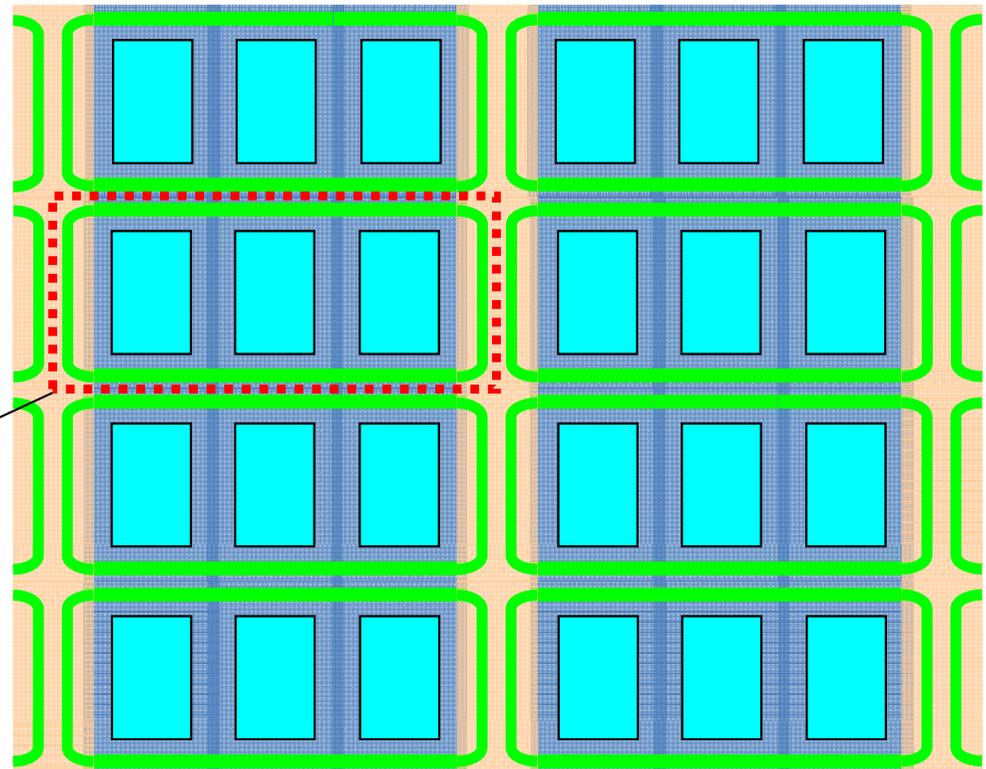


大面積検出器の開発：ステッチング露光

◆マスクレイ

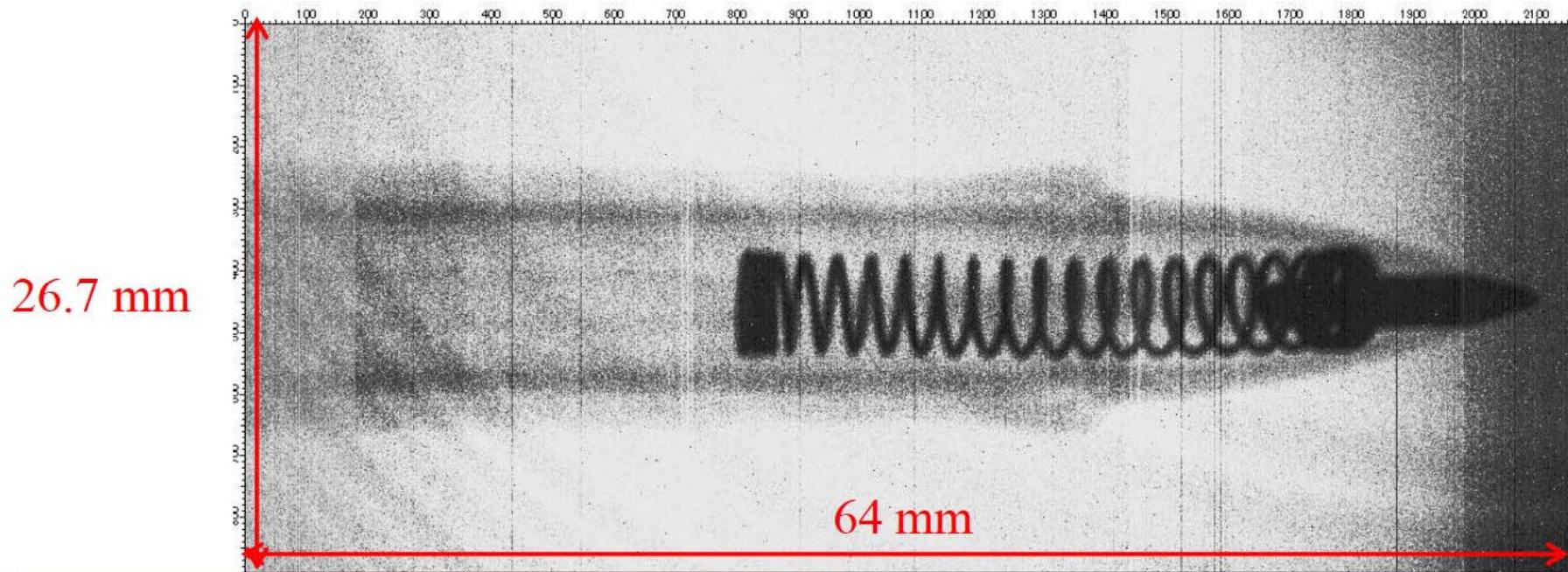


◆露光レイアウト



大面積検出器(SOPHIAS,理研)

Preliminary!



25 msec Exposure Ag 20 keV 0.2 mA



Very primitive image quality, yet important step toward realization of SOPHIAS

Summary

- SOI センサーは、半導体プロセスで製造する新しいタイプの放射線イメージセンサー。
- 回路の工夫により、従来不可能だった超小型、高精細、広ダイナミックレンジ、Photon Counting、時分割、エネルギー弁別等の新たな特徴をもった測定が可能となる。
- 国内外の大学・研究所、さまざまな分野の研究者の参加を得て、年2回程度の相乗りプロセスを行っている。
- SOIPIXではセンサーや回路をカスタム設計する事により、従来の検出器では実現出来なかったような測定を可能にします。
- 逆に、実験に携わる方のフィードバックがないと検出器の設計が行えません。
- ご興味のある方は、ぜひ開発に参加して下さい。