



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

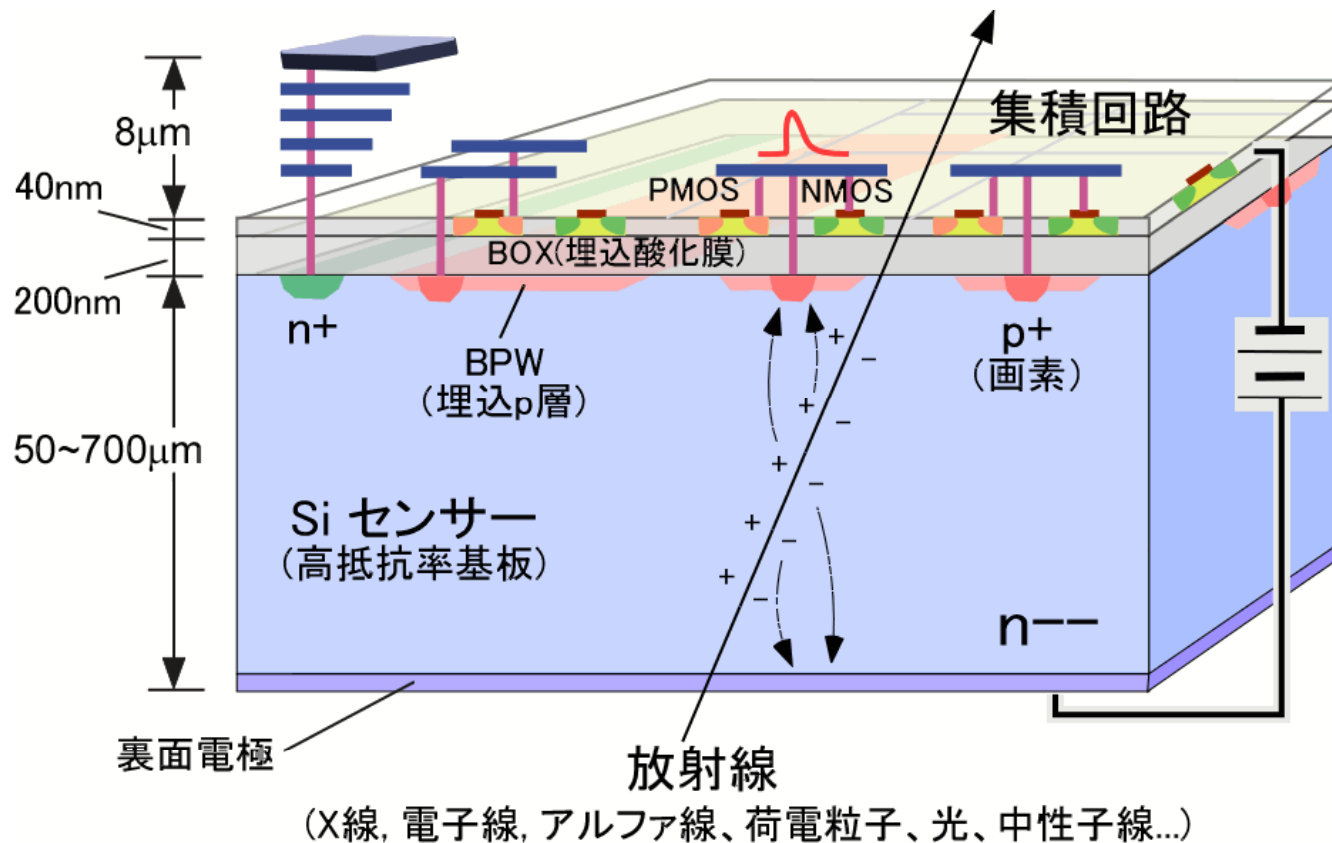
高エネルギー加速器研究機構

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。

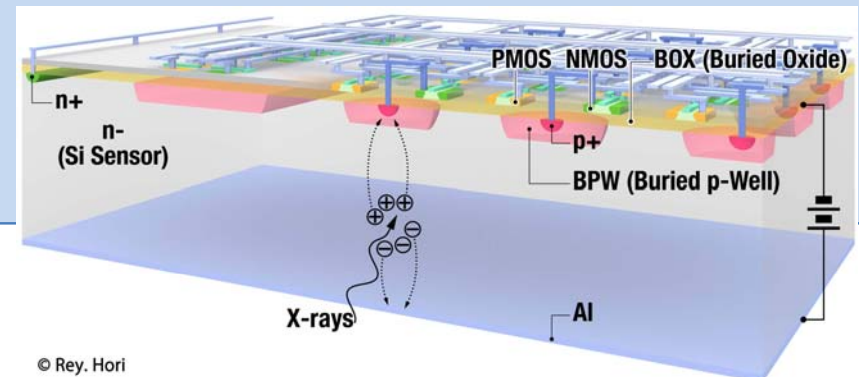


2005~ KEK測定機開発室プロジェクト

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

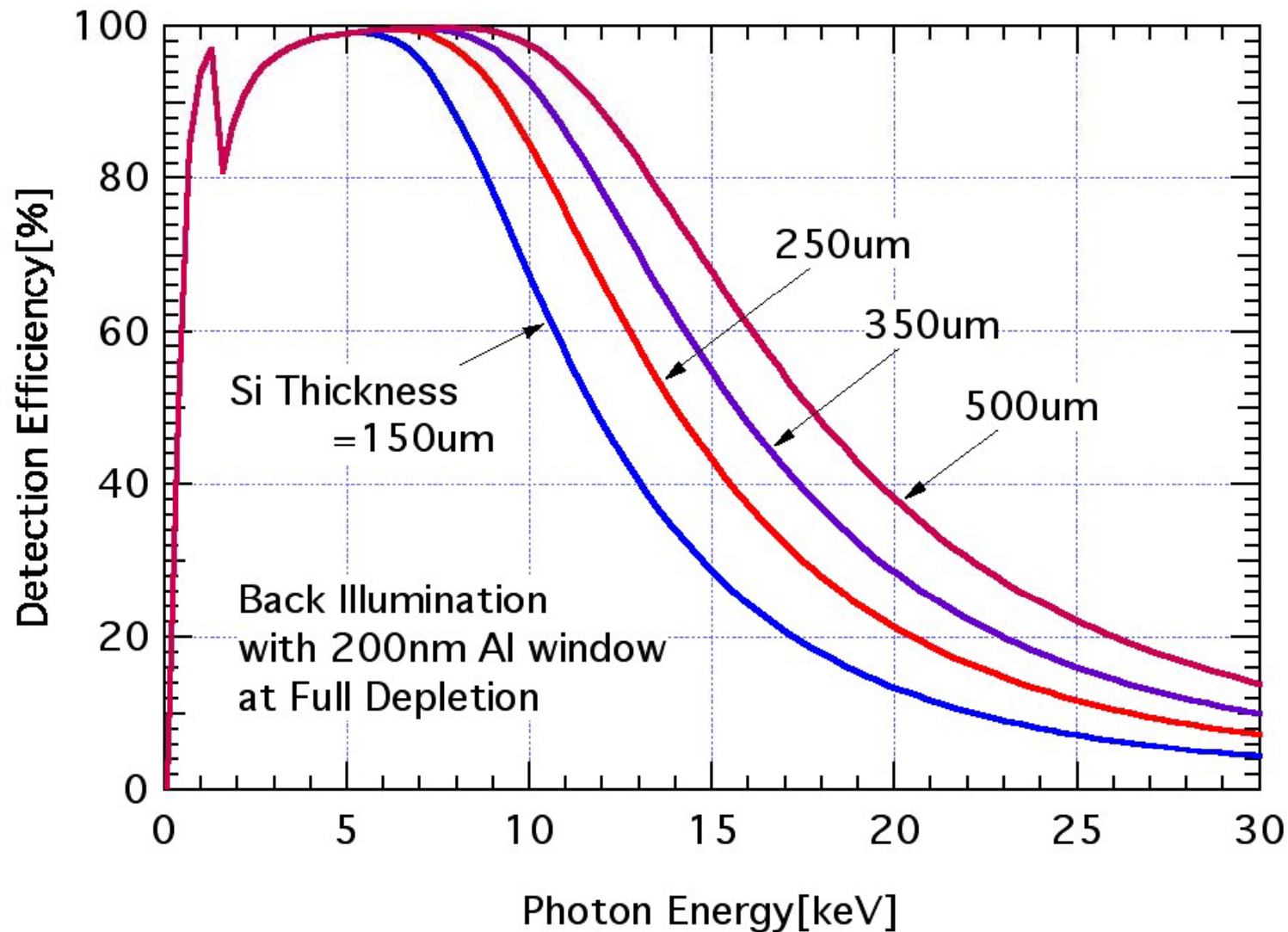
- 機械的接合がなく、半導体微細加工のみ。
高信頼性、高分解能、低価格が望める。
- センサーが薄くても十分なS/N。
逆に厚くする事で、高エネルギーX線に高い感度。
- 高度信号処理回路やメモリーを持つインテリジェント・ピクセルが可能に。
- 過酷な環境(極低温、放射線)への耐性。
- 基本技術は産業界の標準。
技術発展の取り込みが容易。



© 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.

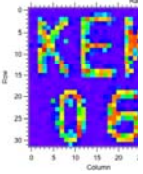
SOIPIX ウエハーマスク

2006

32x32

KEK でのSOI Pixel 検出器開発

0.64 mm



Vbias~

16.9 mm

1.3 Mpix

RA

800

700

600

500

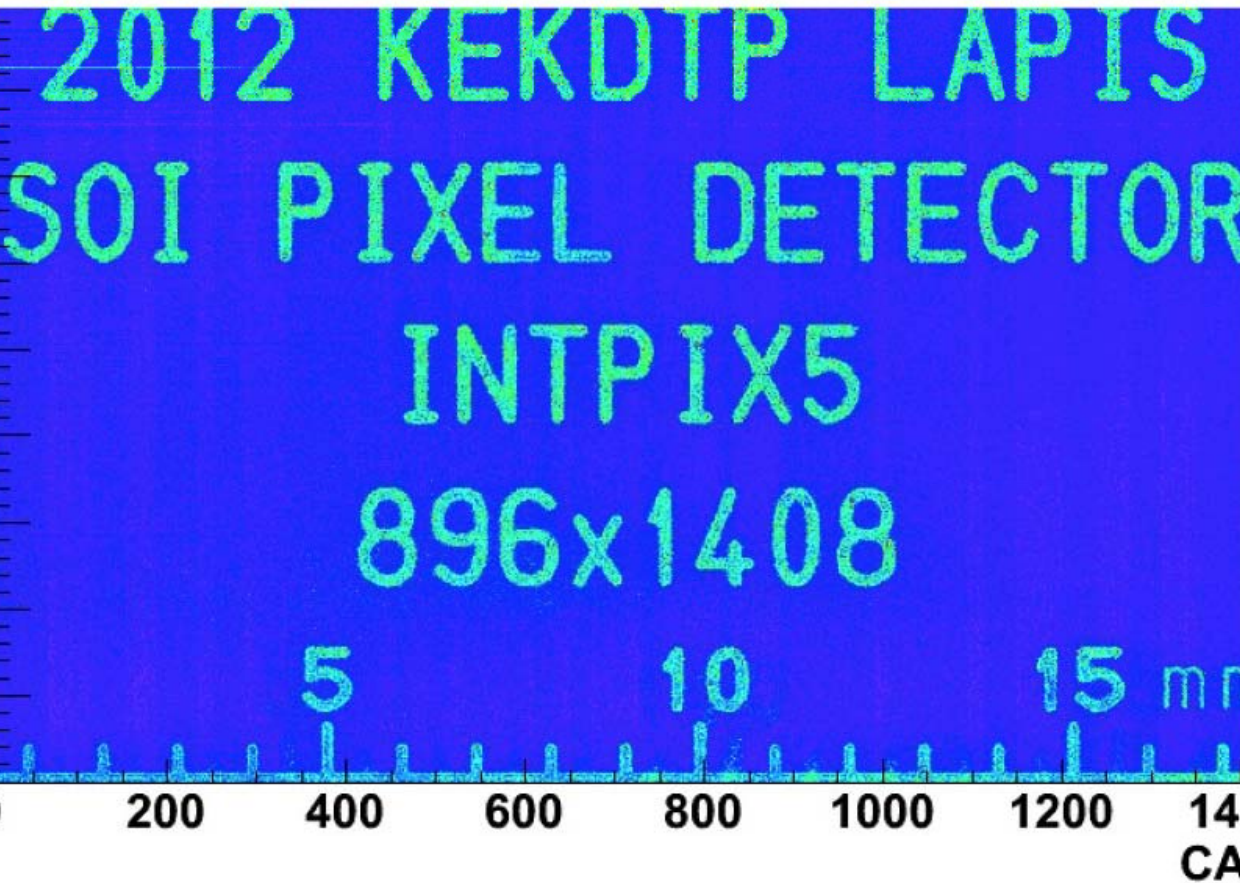
400

300

200

100

0



12000

10000

8000

6000

4000

2000

0

10

512

50V

image

120

100

80

60

40

20

0

20

40

60

80

100

120

140

160

180

200

220

240

260

280

300

320

340

360

380

400

420

440

460

480

500

520

540

560

580

600

620

640

660

680

700

720

740

760

780

0

2000

1500

1000

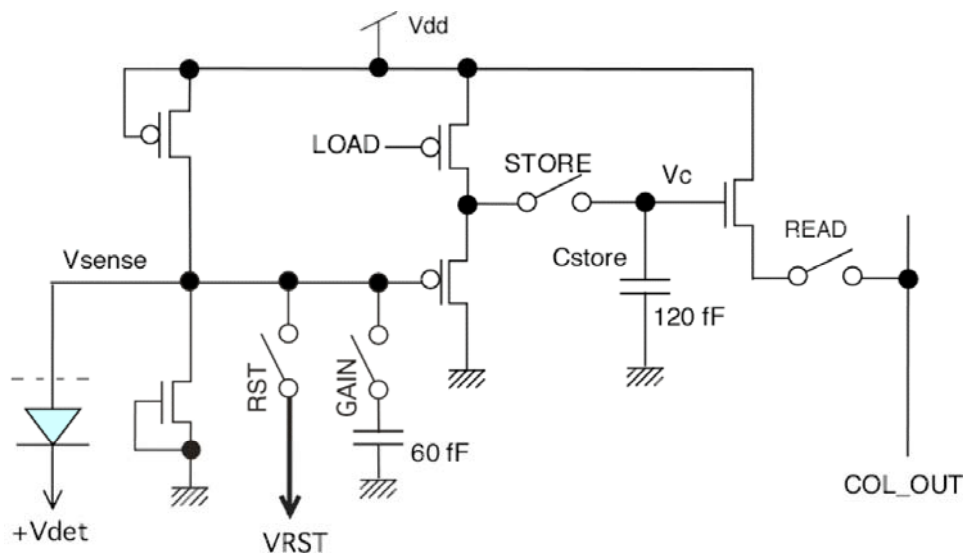
500

0

CA

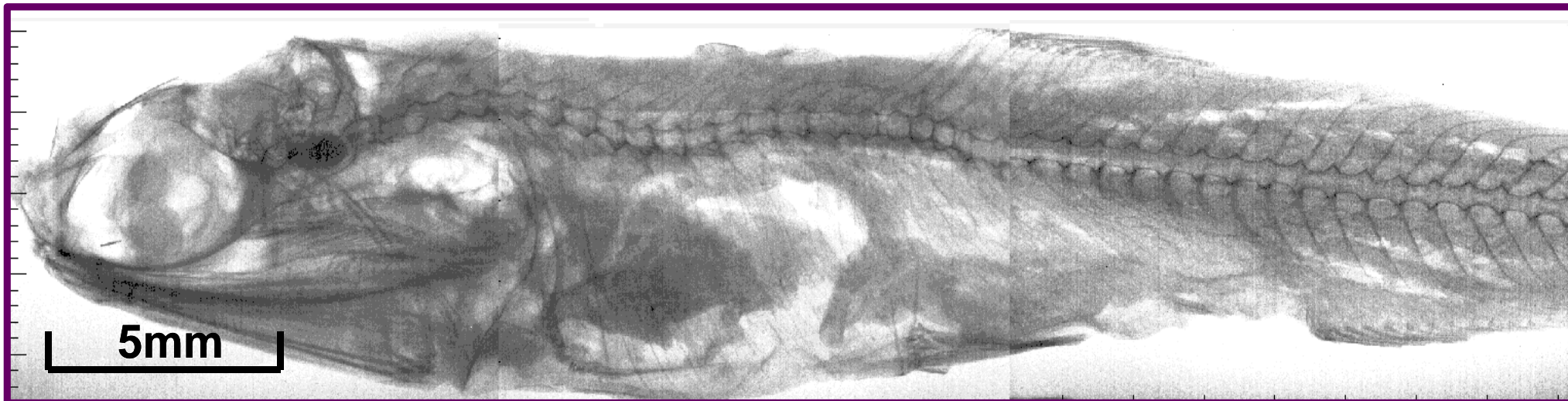
積分型SOI検出器

	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

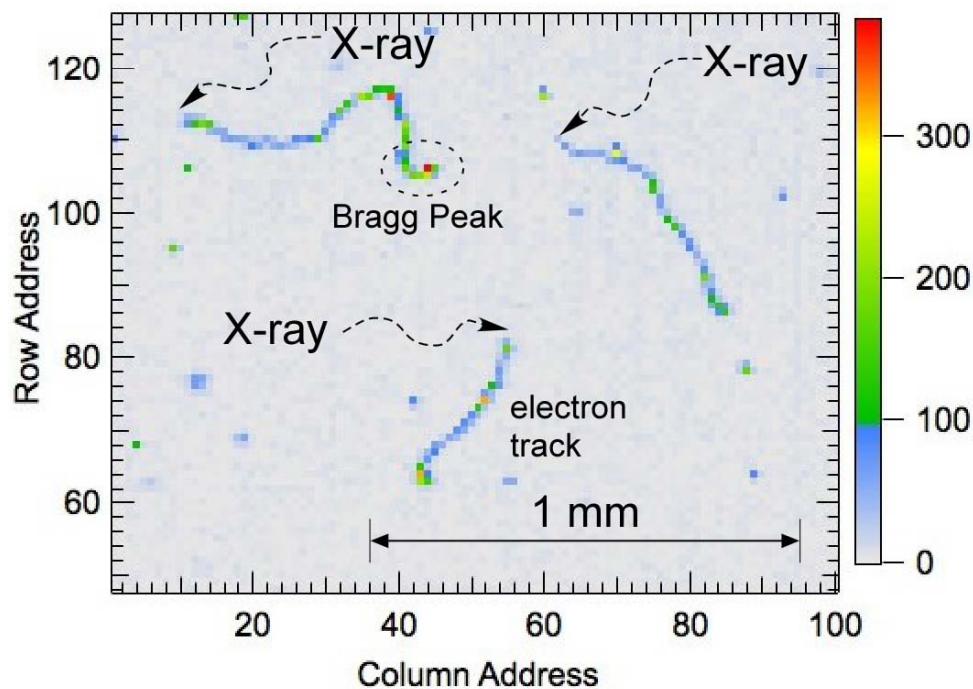


SOIPIXによる測定例

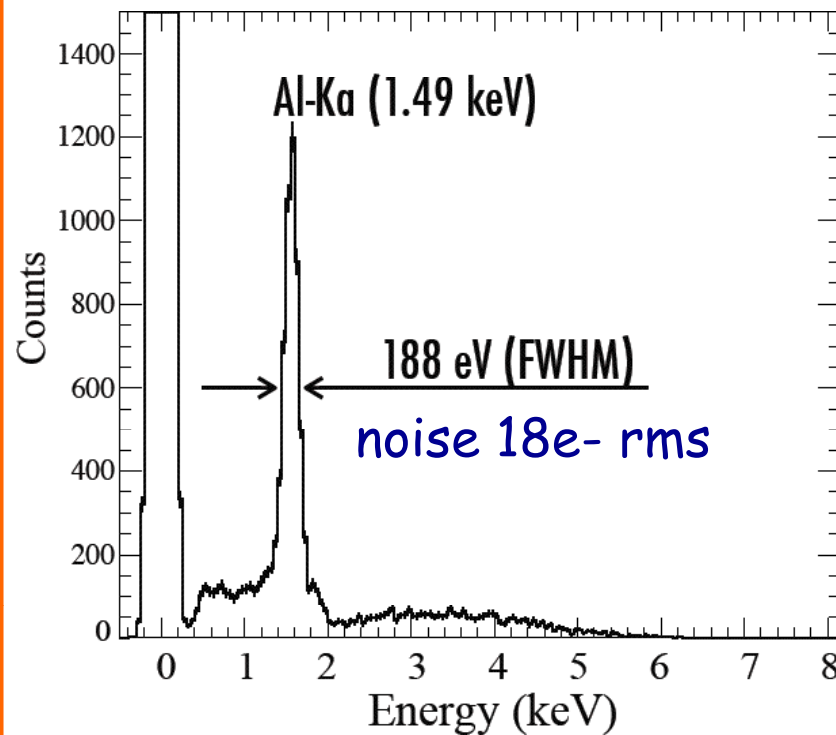
煮干しX線像 (3 イメージ合成)



Compton Electronsの軌跡



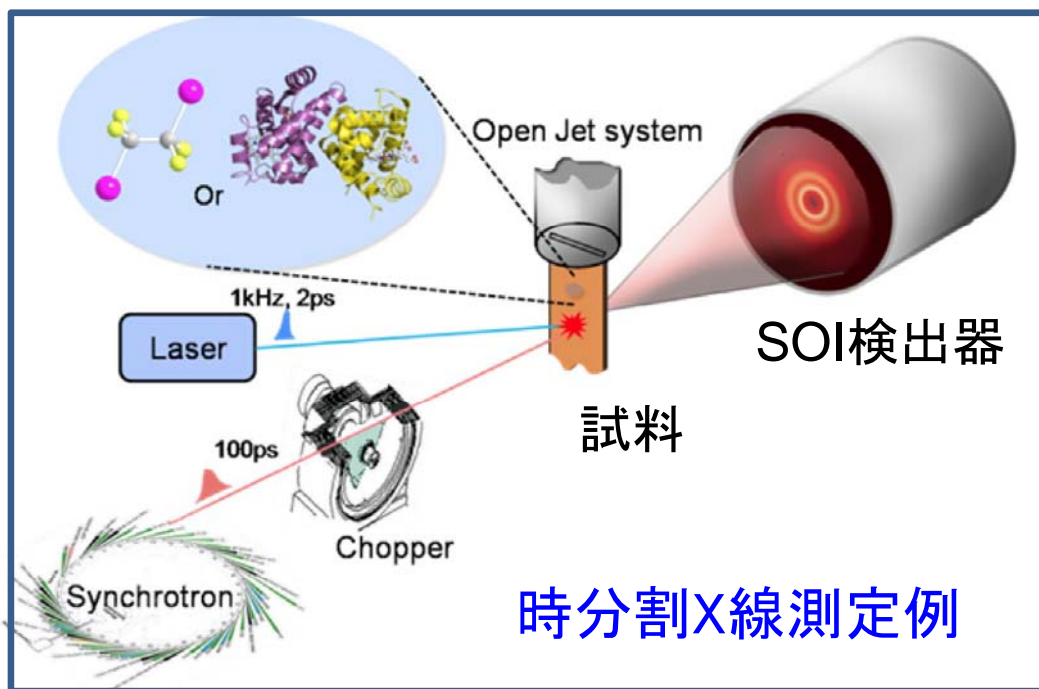
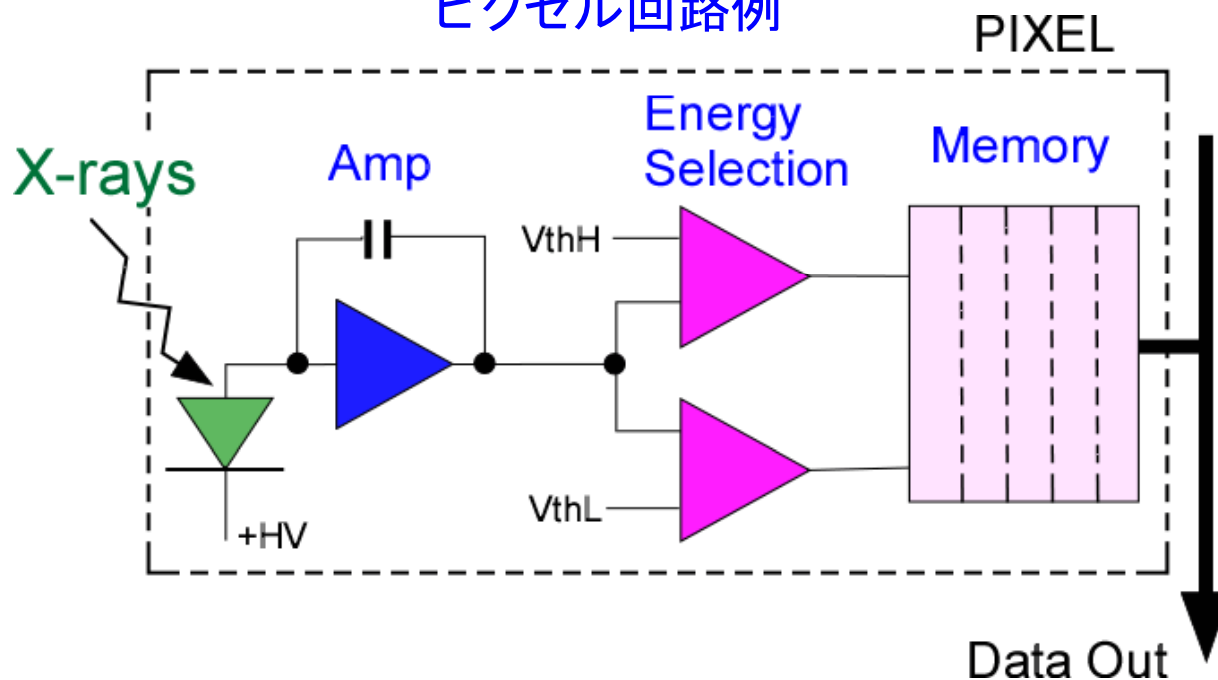
X線スペクトル測定@-50°C



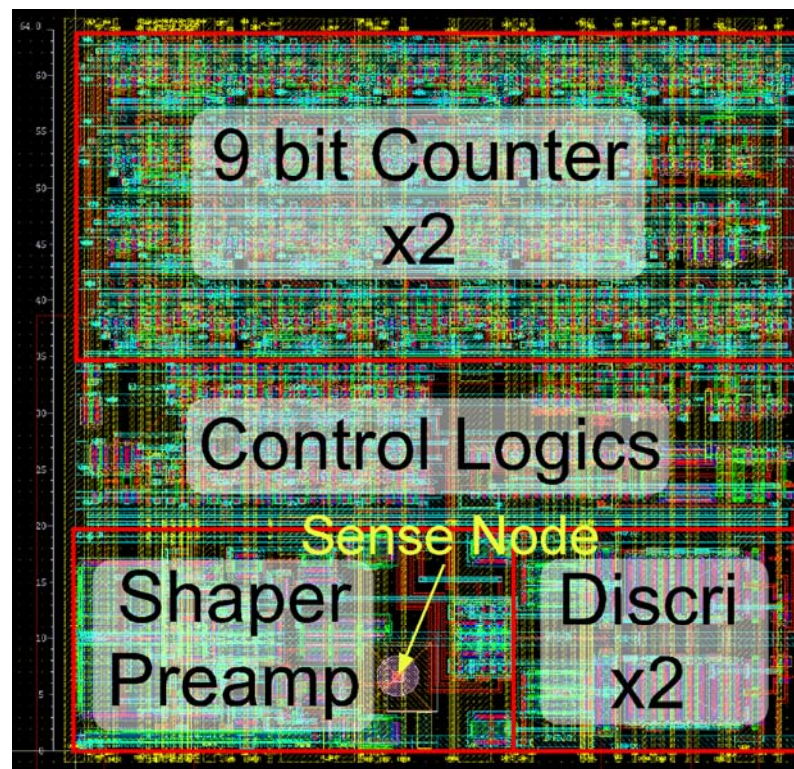
計数形ピクセル

- 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



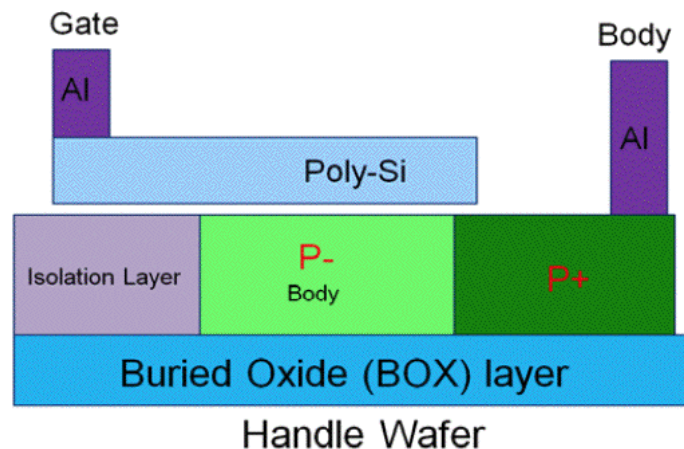
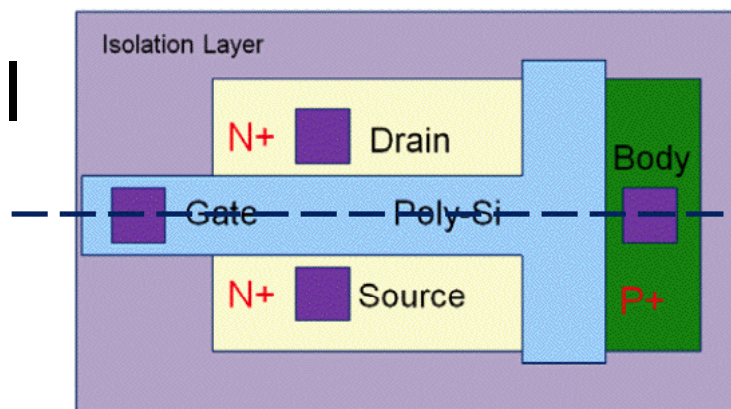
時分割X線測定例



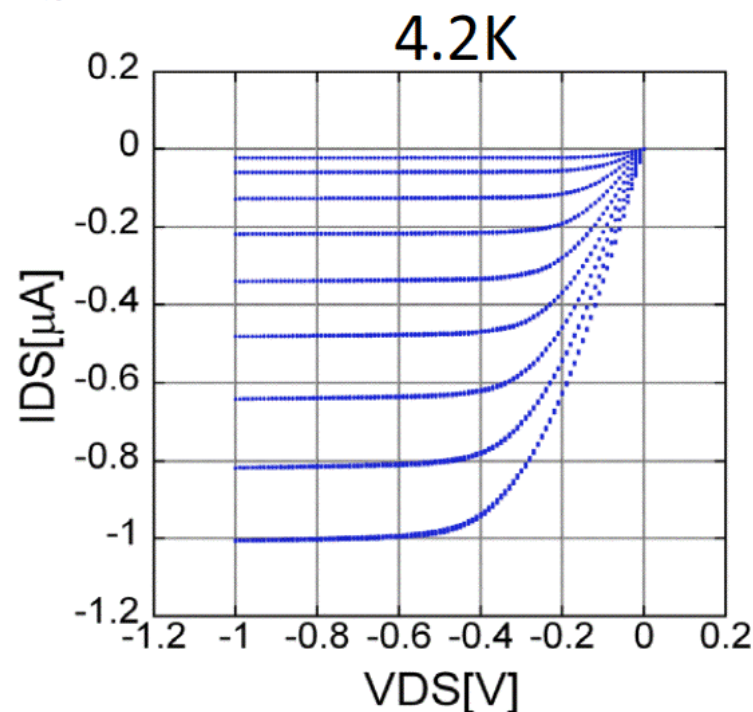
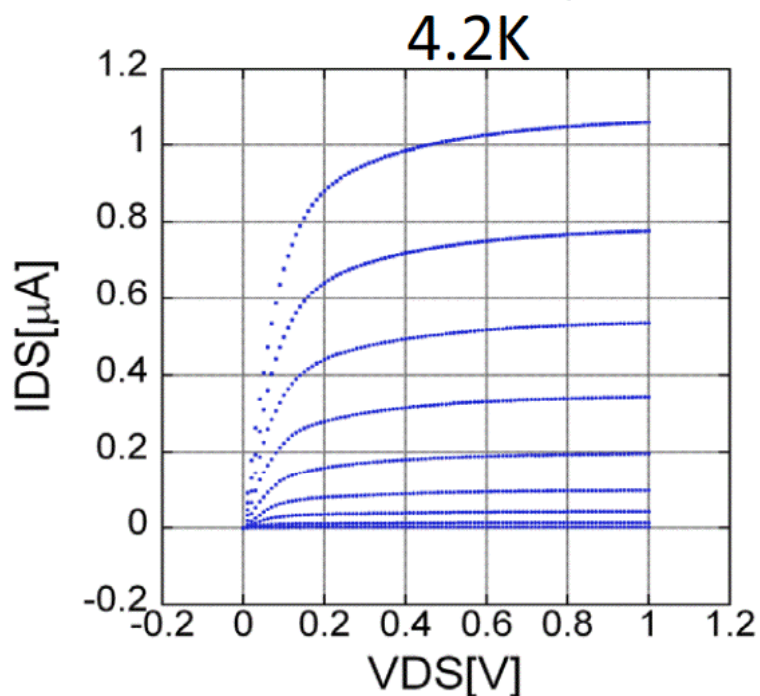
IV characteristics at cryogenic temperature

Body tie type

SOI



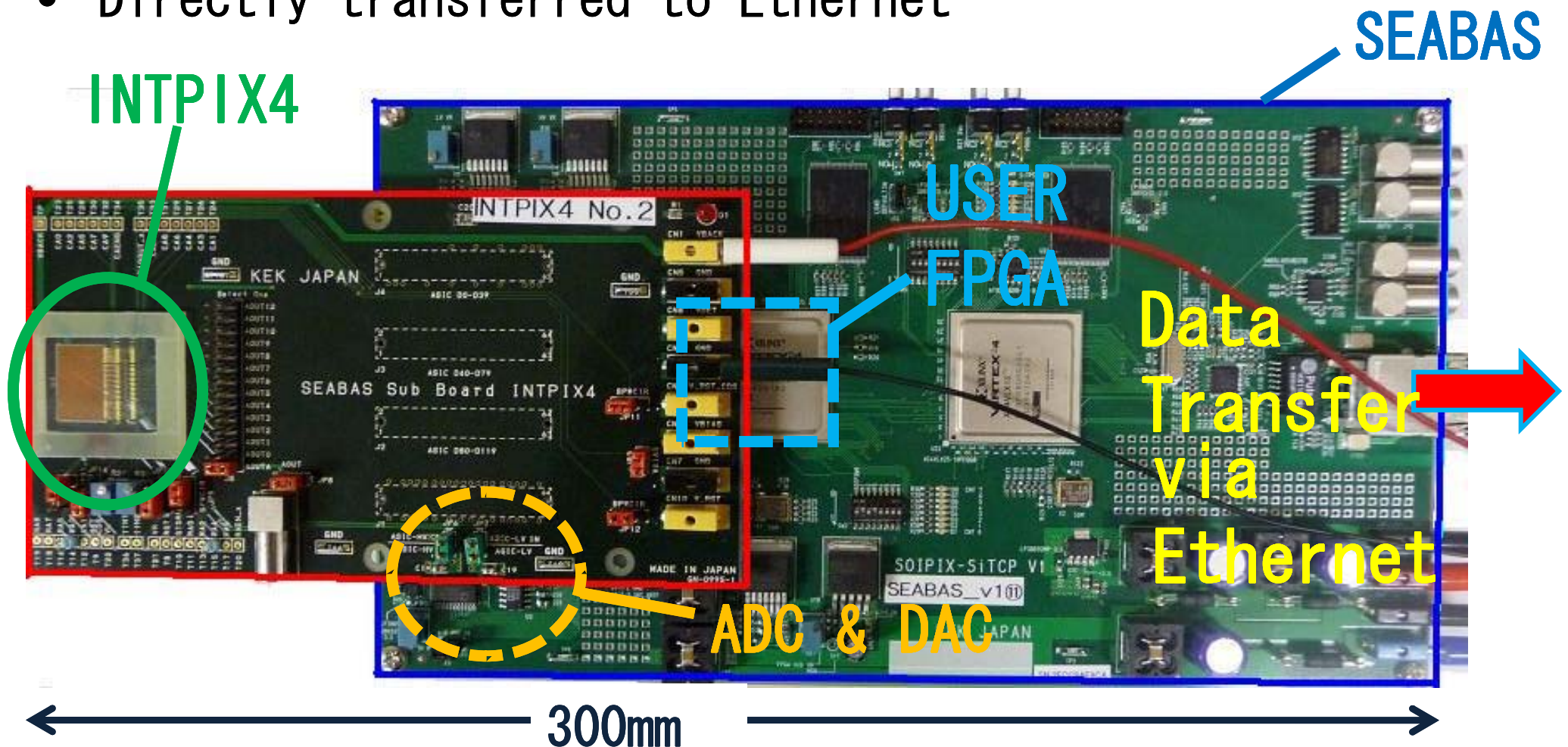
Body-tied $W(\mu\text{m})/L(\mu\text{m})=0.5/10$



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

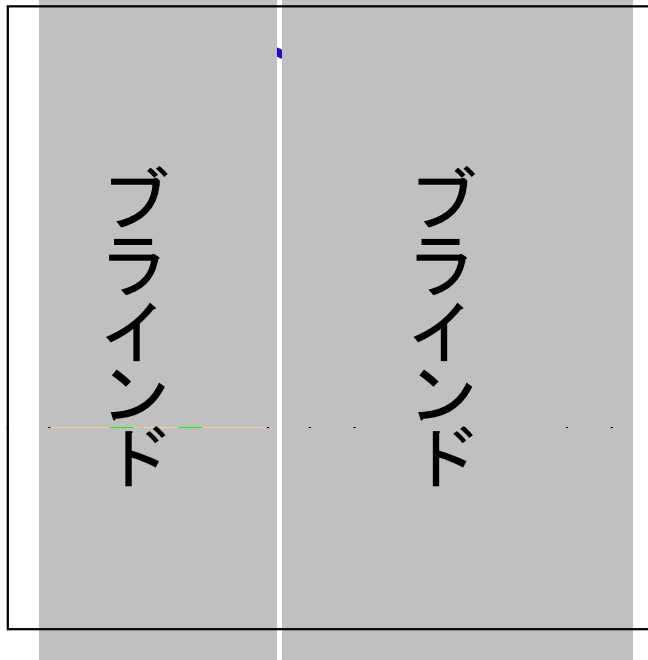
Data Acquisition Board

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

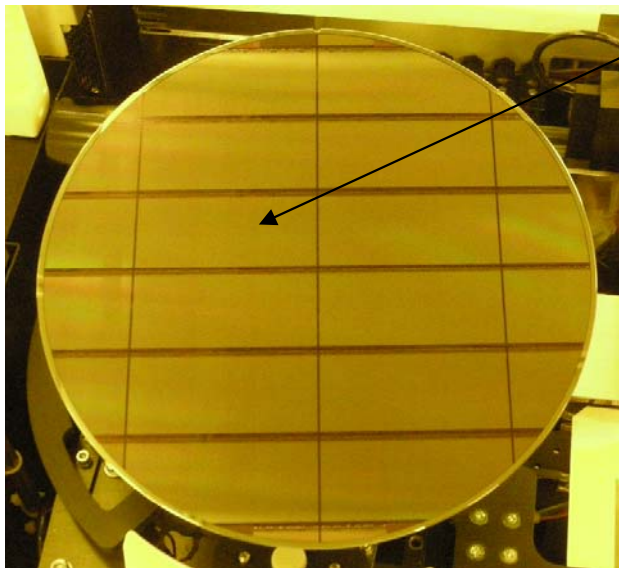
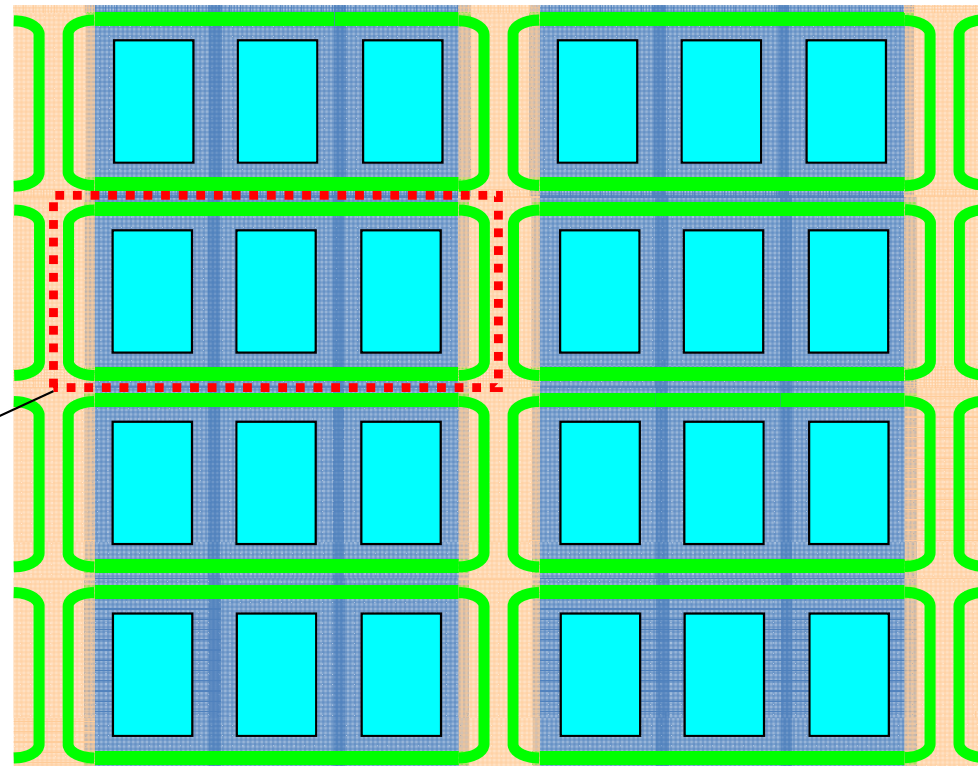


大面積検出器の開発：ステッチング露光

◆マスクレイ

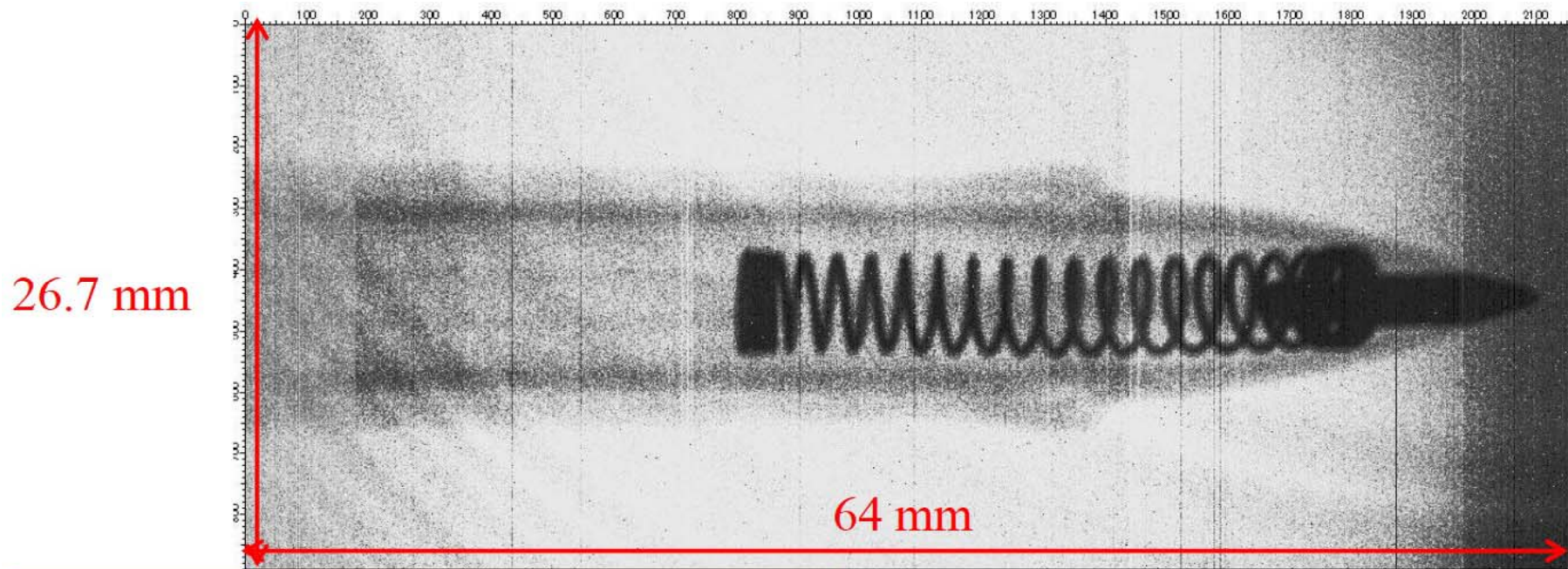


◆露光レイアウト



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。