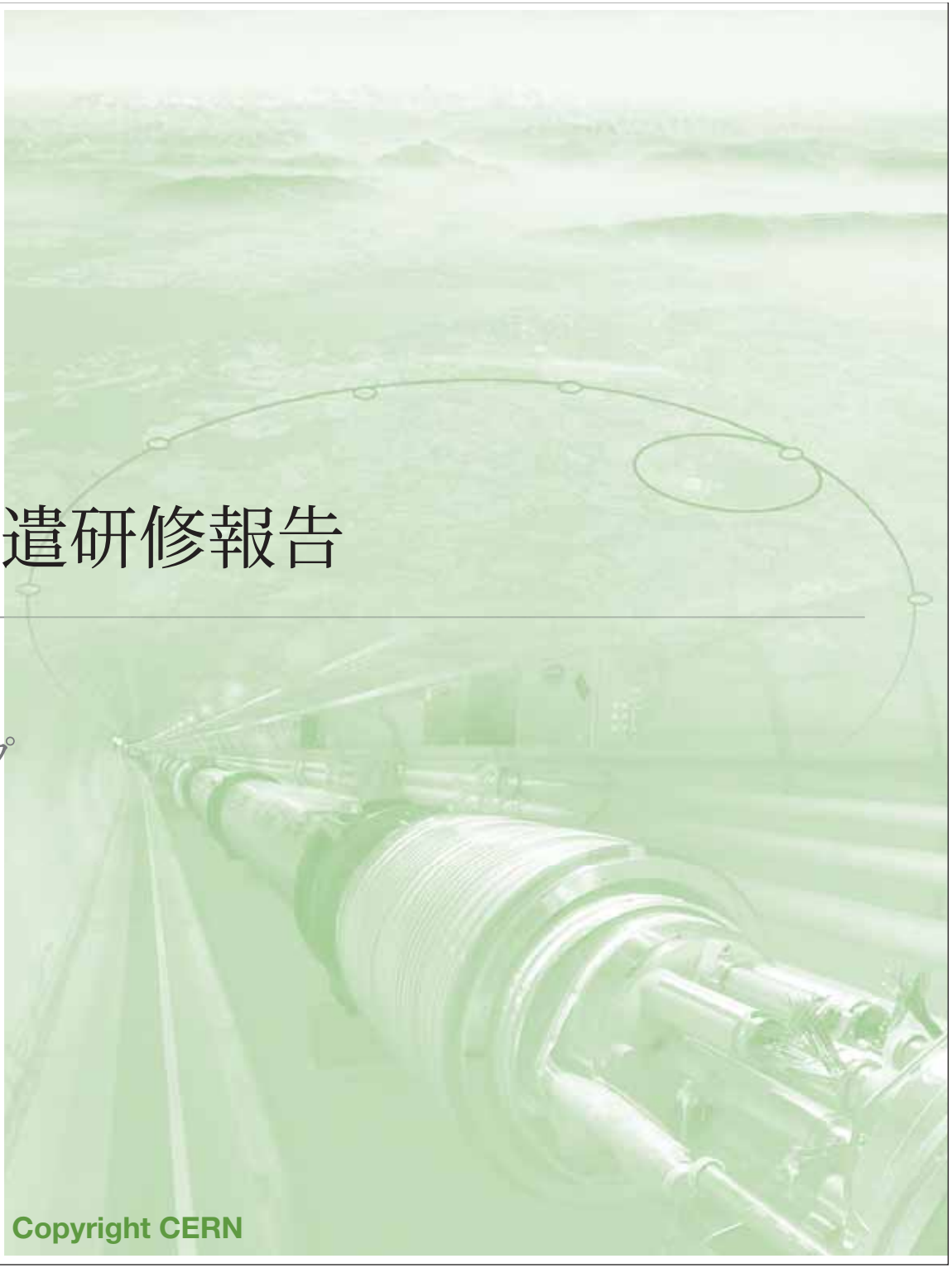
H23年度CERN海外派遣研修報告

素粒子原子核研究所
エレクトロニクスシステムグループ
池本　由希子

2012.09.27



Copyright CERN

Outline

- 派遣期間、派遣先
- 仕事内容
- 生活
- 今後CERN研修に行く方へ

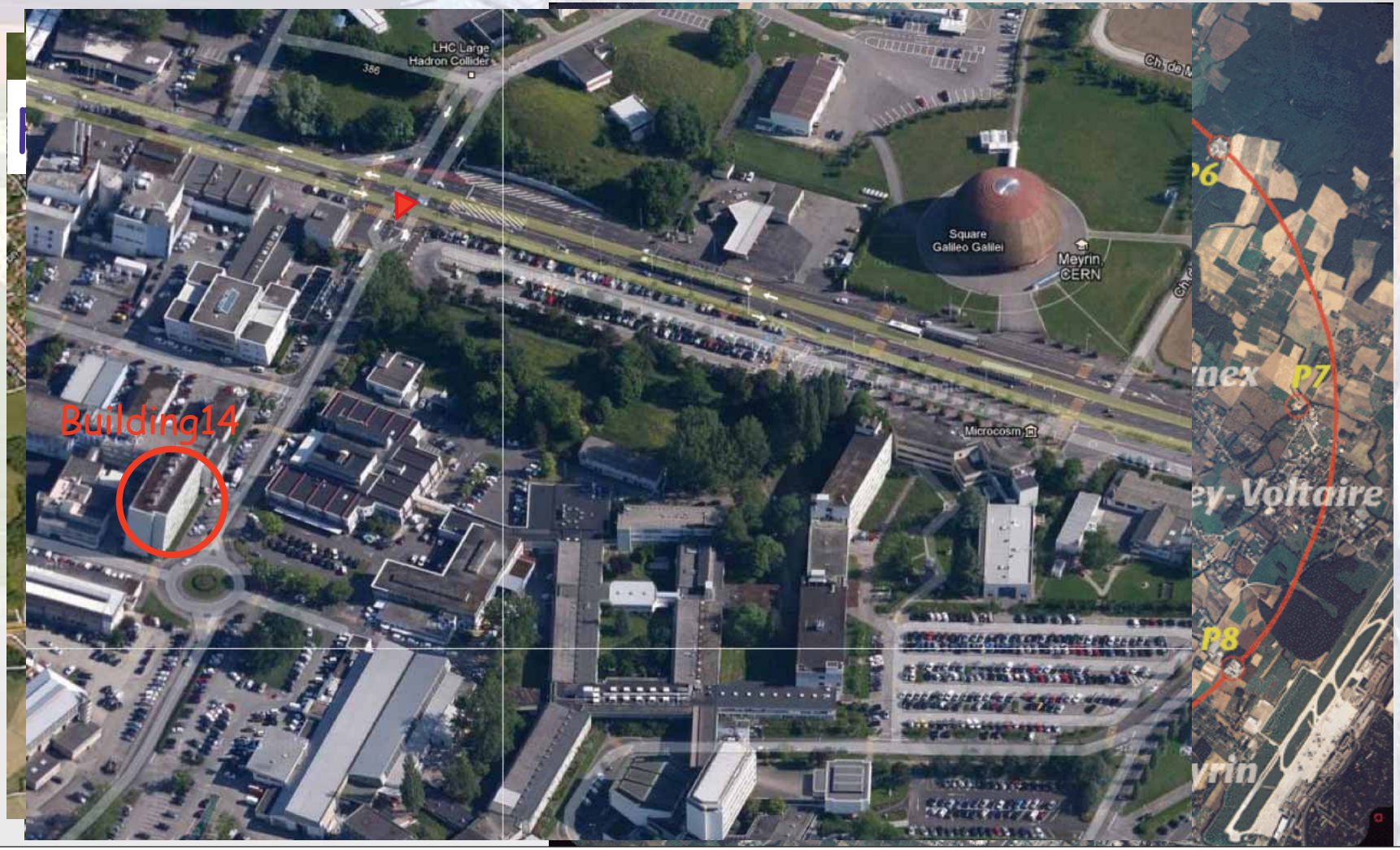
Outline

- 派遣期間、派遣先
- 仕事内容
- 生活
- 今後CERN研修に行く方へ

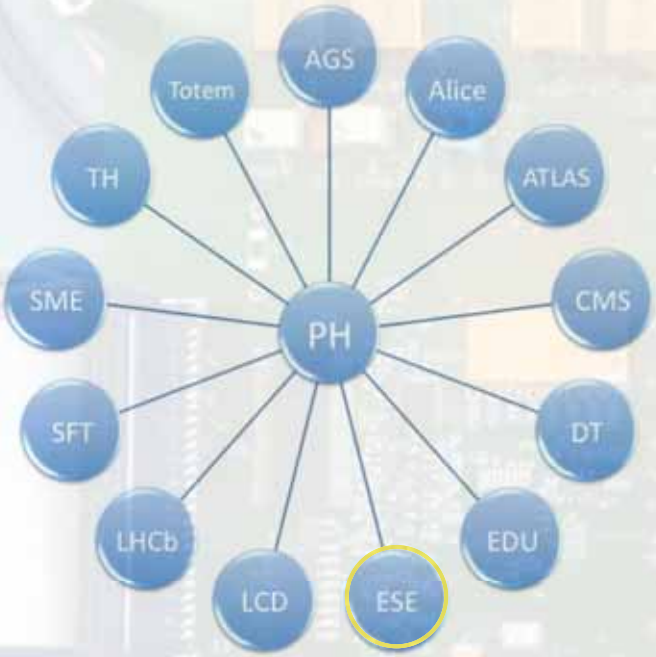
派遣期間、派遣先

- H23年度欧州合同原子核機関(CERN)への技術職員派遣研修員として

  2011(H23) 09.01 - 2012(H24) 08.31



派遣先グループについて



Electronics Systems for Experiments (ESE)

- スタッフ ~50人、外部や学生を含めると〜100人
- CERNで行われている実験に関するエレクトロニクスシステムの開発、R&D、インストール、メンテナンス。
- エレクトロニクス関連の備品供給（貸出）

- **Back-end (BE)** - off-detector エレキシステム、optical links
- **Front-end (FE)** - on-detector エレキモジュールの開発 (IC, PCB,hybrid)
- **Micro Electronics (ME)** - pixel,GEM,stripなどのfront-end ASIC開発とR&D、新しいIC technologyの開発(for radiation hardness, etc)、MPW

Group members - I

- Group leader

  Jørgen Christiansen - 右

  Philippe Farthouat (2012~) - 左

- Supervisor - Walter Soneys - 右

- ME section leader

  - Alessandro Marchioro - 左

Group members - II

Outline

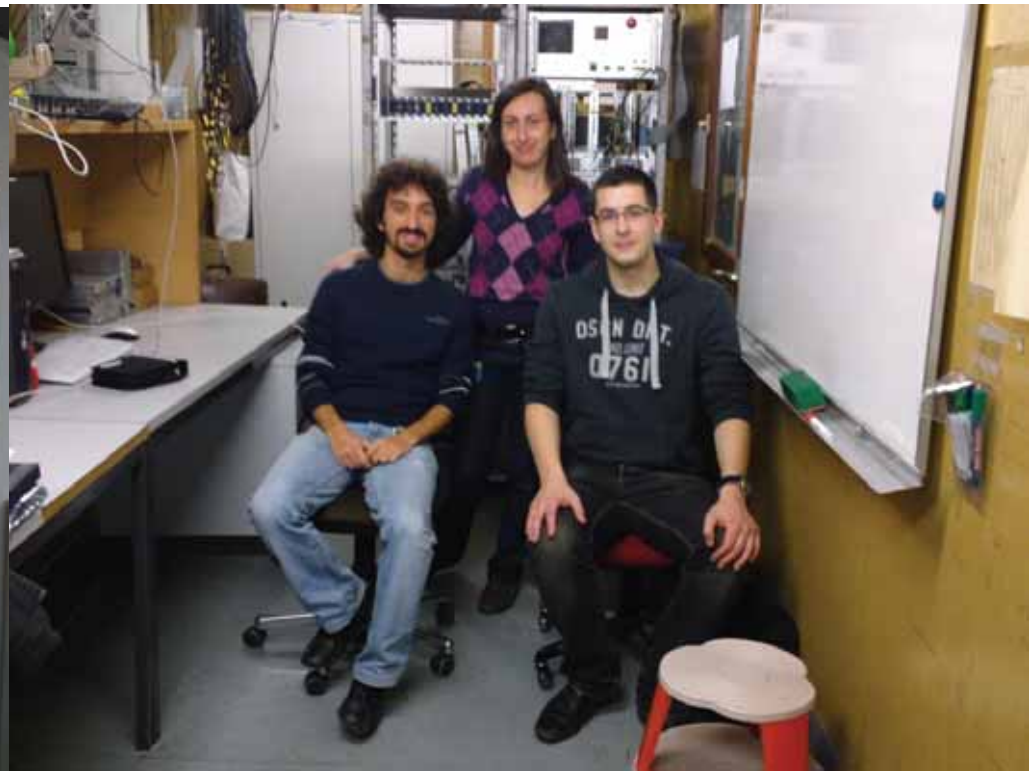
- 派遣期間、派遣先
- 仕事内容
- 生活
- 今後CERN研修に行く方へ

仕事内容

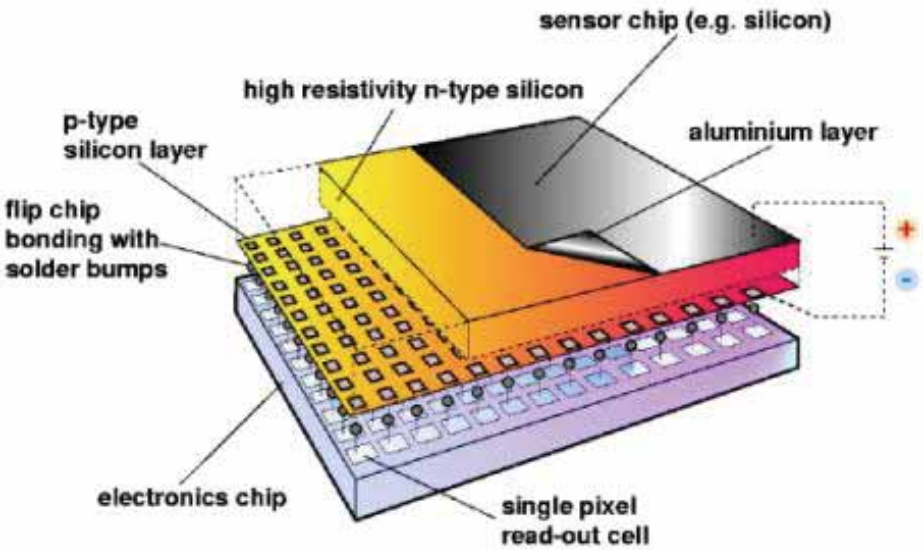
- pixel検出器の開発 - Lepix project
- プロトタイプ設計は終了しているので検出器テストを中心に。
- ビームテストや放射線耐性テストを含めた、ほぼすべての試験に参加。
- DAQシステムや解析プログラムは既に開発済み。
- 後半はデバイスシミュレーションを担当。
- その他セミナーへの積極的参加など、いろんなものを見て聞いて体験。。。

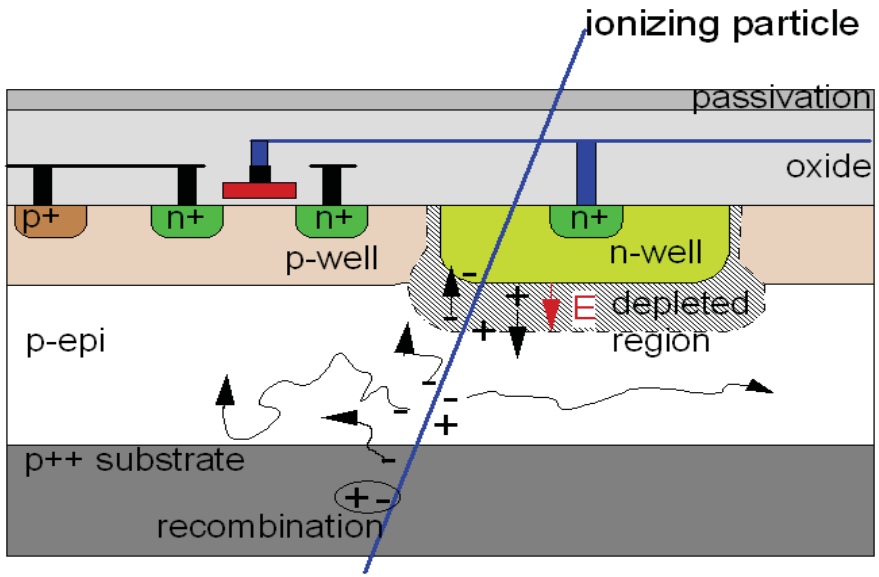
Lepix project members

- *CERN* M. Caselle, K. Kloukinas, C. Mansuy, A. Marchioro, W. Snoeys, M. Moll, N. Pacifico
- *University and INFN section of Padova* D. Bisello, P. Giubilato, S. Mattiazzo, D. Pantano, L. Silvestrin
- *INFN Section of Torino* L. Demaria, A. Potenza, A. Rivetti
- *UC Santa Cruz* M. Battaglia
- *MIND-Micro Technologies--Bât Archamps* P. Chalmet, H. Mugnier, J. Rousset



従来のpixel検出器





- ハイブリッドピクセル検出器

- ✓ センサー部と回路部が別基板
- ✓ センサー部の基板の物質を選択可
- ✓ 回路部は複雑な回路を搭載可能
- ✓ Bump-bonding による接続
  - ➡高価、物質量大、寄生容量大
- ✓ ドリフトによる電荷収集
- ✓ 放射線ダメージに強い

- Monolithic 検出器

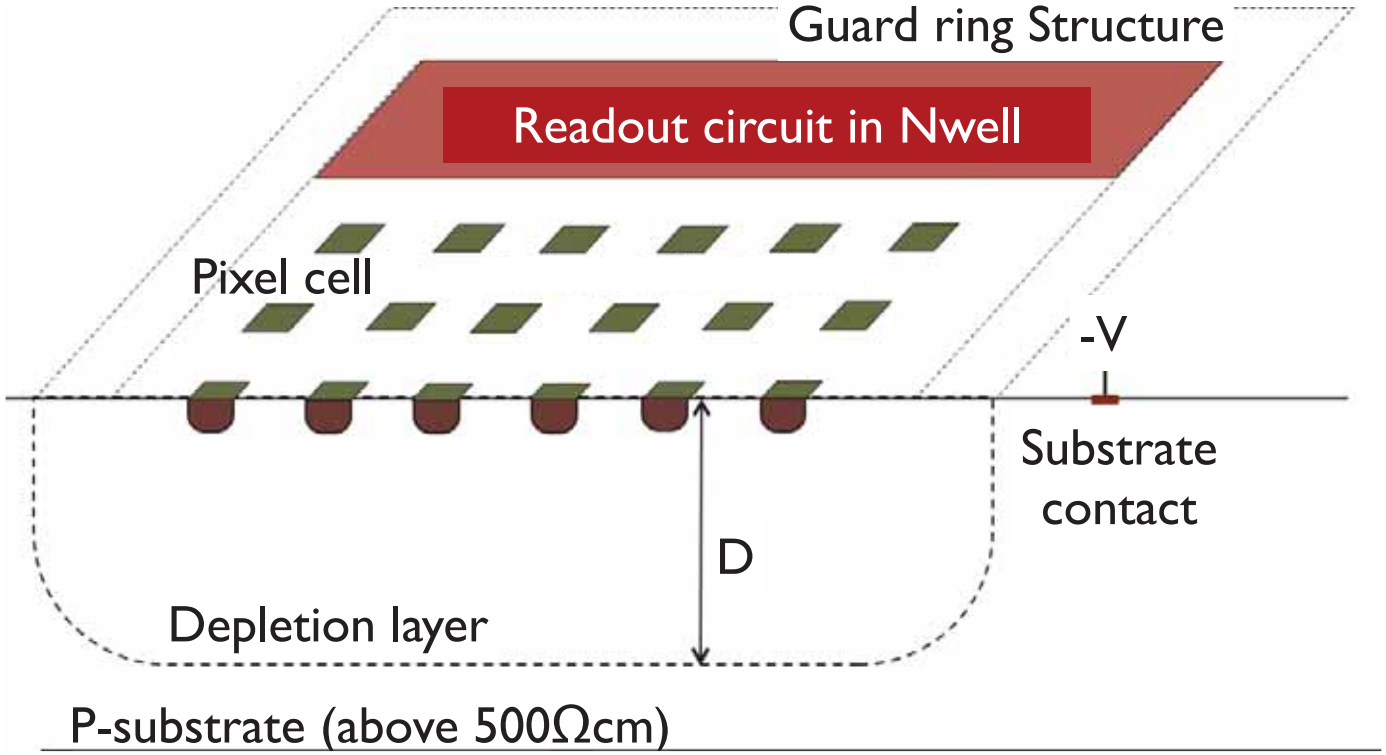
ex）Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS)

- ✓ 同一基板上にセンサー部と回路部を搭載
  - ➡ 寄生容量小、物質量小
- ✓ 商用CMOSプロセスを利用（安価）
- ✓ 空乏領域小
- ✓ diffusionによる電荷収集
- ✓ 放射線ダメージに弱い

検出器概要

Lepix : a monolithic detector in a 90nm CMOS

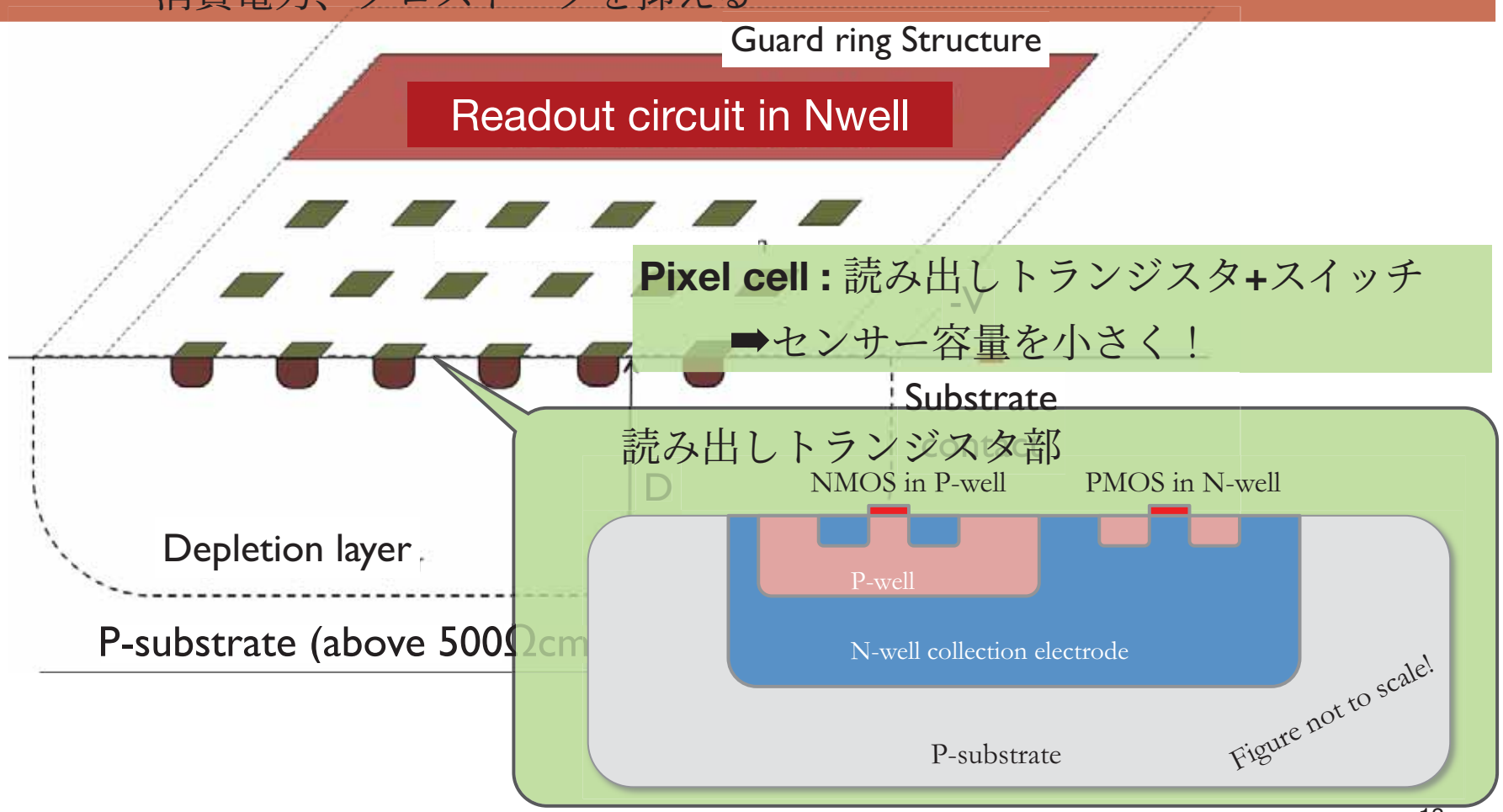
- トラッキング用ピクセル検出器を目指す！
  - ✓ 高抵抗基板の使用による数十Vのバイアス電圧で数十μmの空乏層
  - ✓ ドリフトによる電荷収集、高い放射線ダメージ耐性



検出器の特徴

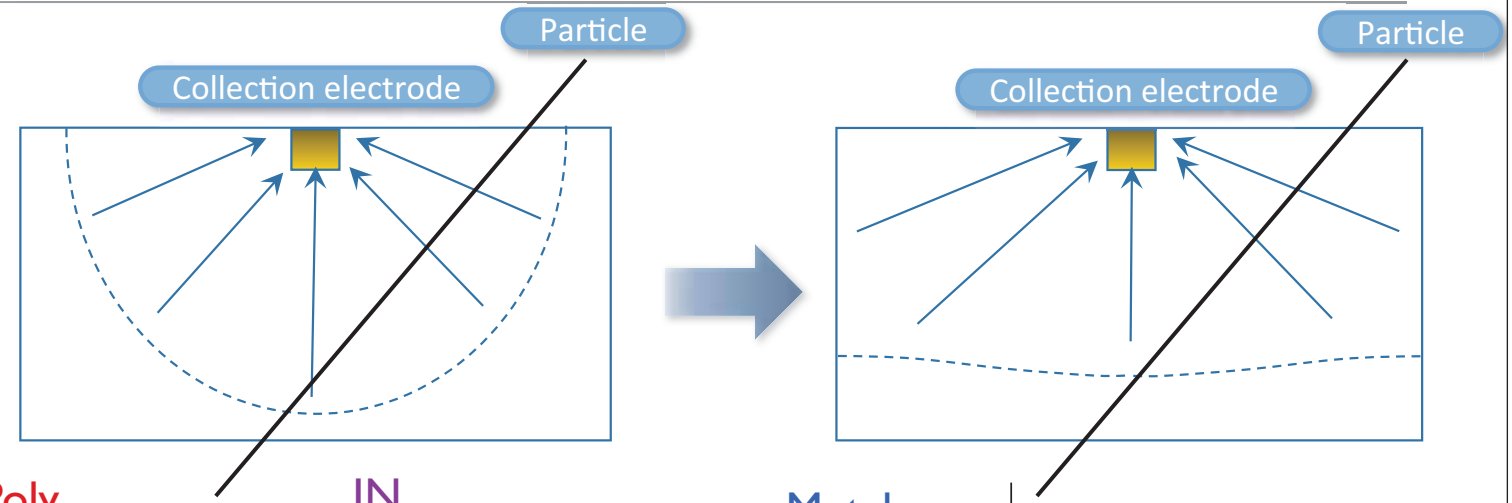
Readout circuit : センサー部以外のすべての後段処理回路はここ！クロックはこの領域限定

➡消費電力、クロストークを抑える

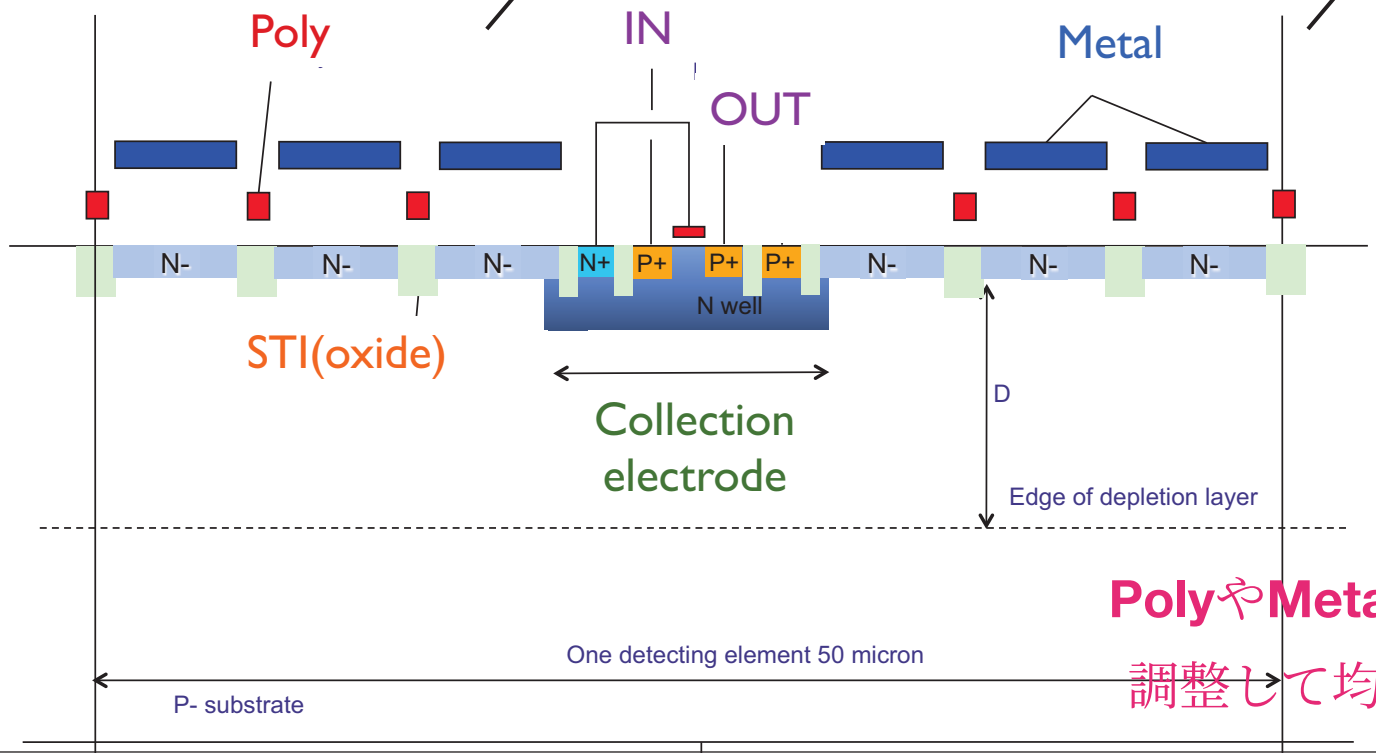


チャレンジポイント

収集電極は小さく、
空乏層は均一にしたい



- Cross section

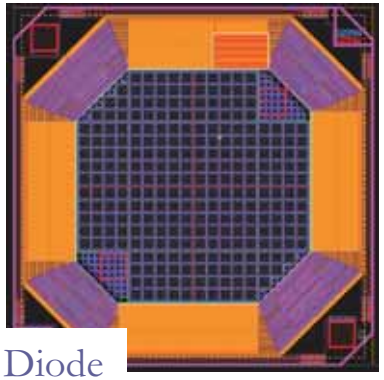


Polyや**Metal**に与える電圧を
調整して均一な空乏層を！

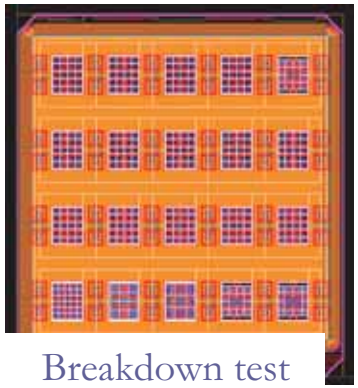
製作チップ

- 7 chips submitted
  - ✓ 4 test matrices (2.35 x 3.312 mm)
    (analog and digital readout and 2 collection electrode sizes)
  - ✓ 1 diode for radiation tolerance (2.35 x 2.35 mm)
  - ✓ 1 breakdown test structure (2.32 x 3.312 mm)
  - ✓ 1 transistor test (3.312 x 1.25 mm)

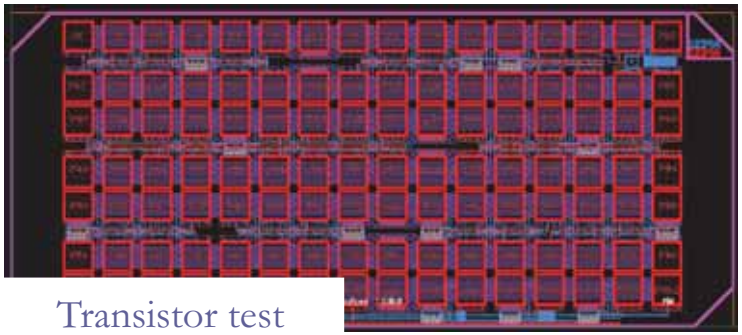
	Electrodes (μm2)	Input Transistor	W(μm)/L(μm)
Matrix1			
Sector 1	3.72x3.72	PMOS, low Vth	1.5/0.36
Sector 2	4.92x4.92	PMOS, low Vth	5/0.24
Sector 3	4.92x4.92	PMOS, thick oxide	5/0.24
Sector 4	4.12x3.72	NMOS, low Vth	0.48/0.48
Matrix2			
Sector 1	8x8	PMOS, low Vth	1.5/0.36
Sector 2	8x8	PMOS, low Vth	5/0.24
Sector 3	8x8	PMOS, thick oxide	5/0.24
Sector 4	8x8	NMOS, low Vth	0.48/0.48



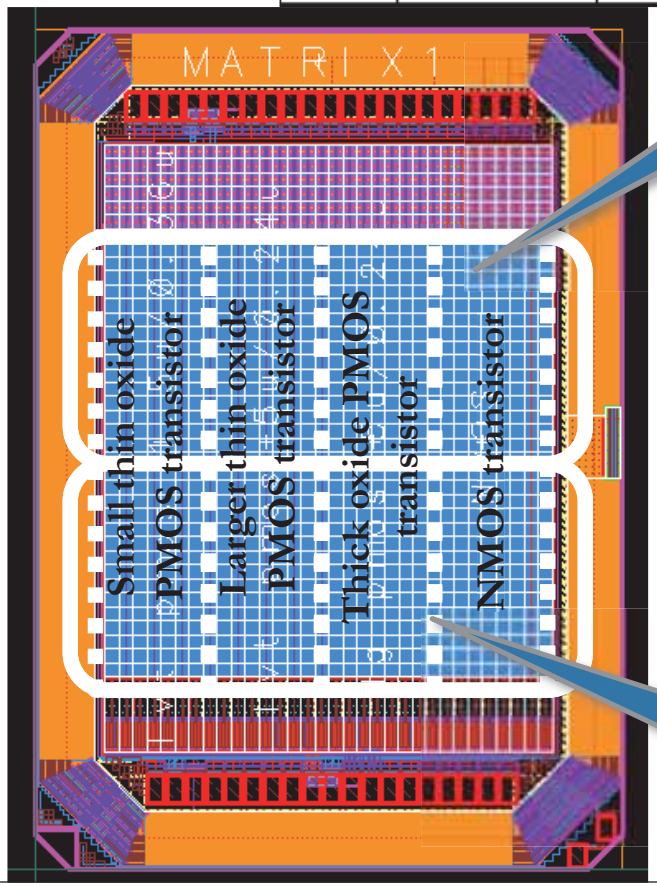
Diode



Breakdown test



Transistor test

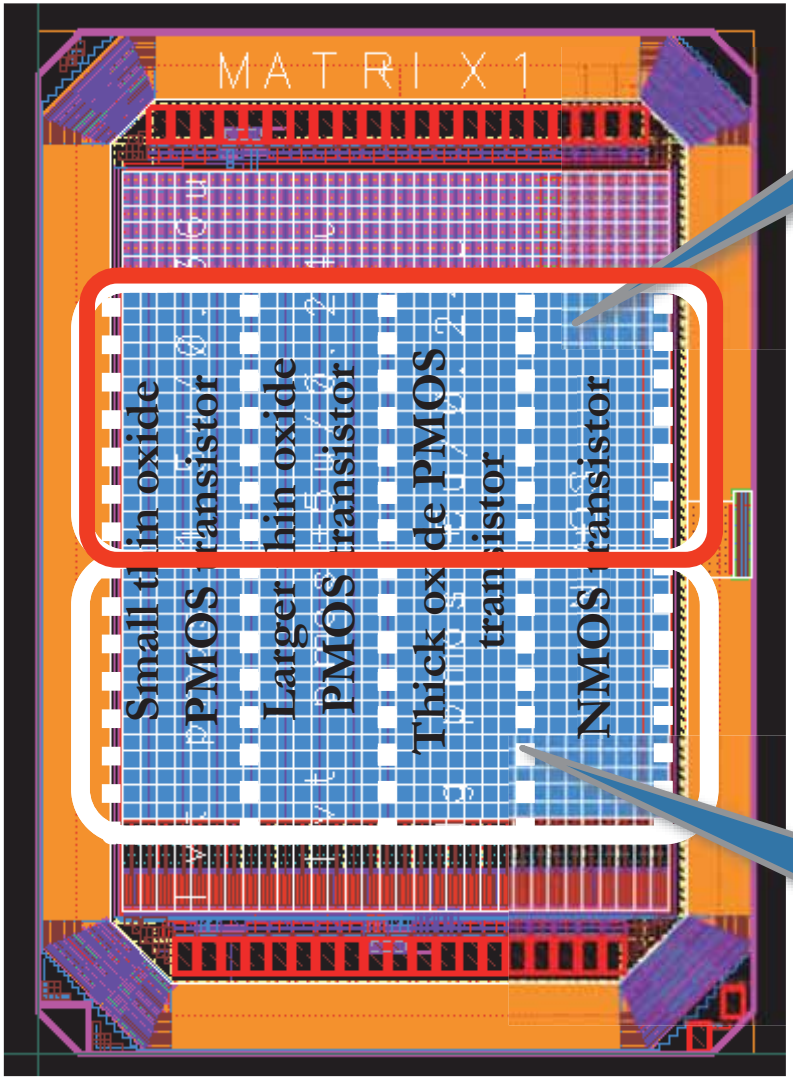


Active reset

- 32×32 pixels
- 50μm pitch
- 8 sectors

Continuous reset

試験をしたチップ



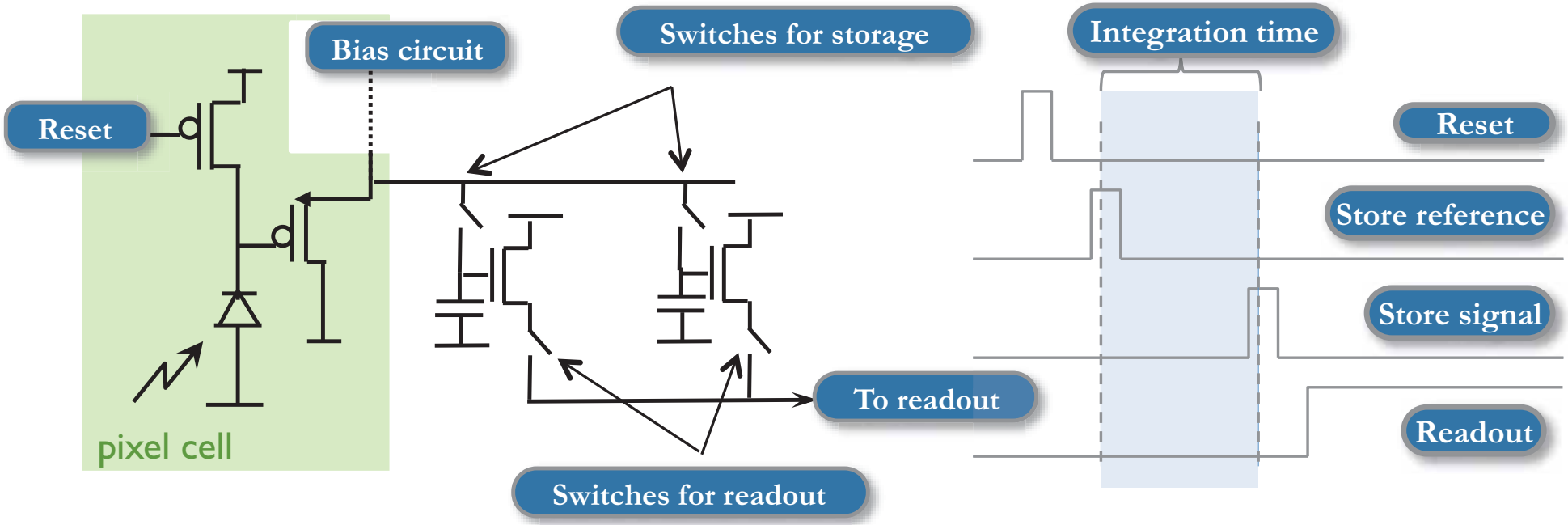
Active reset

Continuous reset

- ✓ IBM90nmプロセス
- ✓ 32×32 ピクセル
  （一つのセクター：16 x 8 ピクセル）
- ✓ ピクセルサイズ：50μm x 50μm

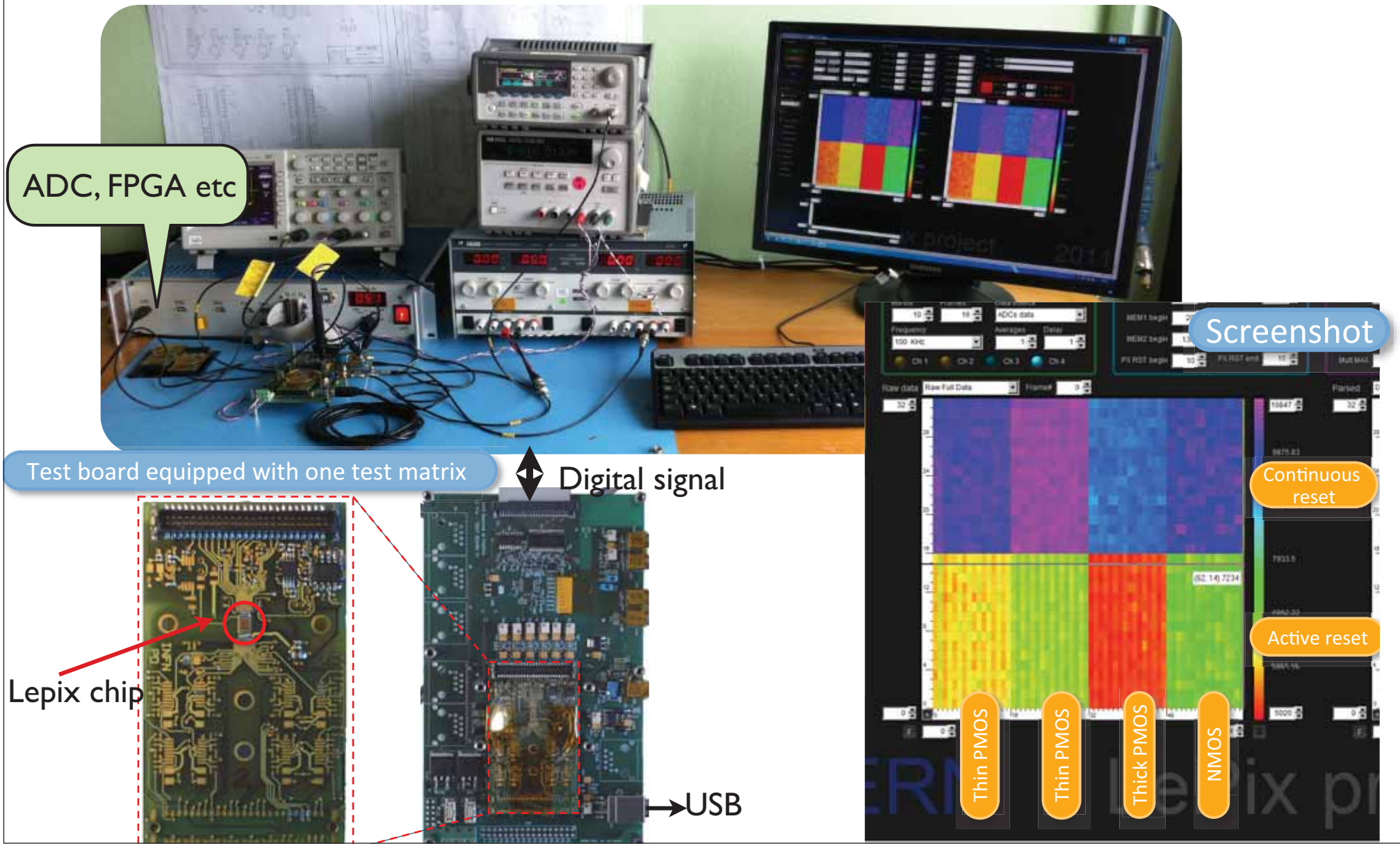
	Electrodes (μm2)	Input Transistor	W(μm)/L(μm)
Matrix1			
Sector 1	3.72x3.72	PMOS, low Vth	1.5/0.36
Sector 2	4.92x4.92	PMOS, low Vth	5/0.24
Sector 3	4.92x4.92	PMOS, thick oxide	5/0.24
Sector 4	4.12x3.72	NMOS, low Vth	0.48/0.48
Matrix2			
Sector 1	8x8	PMOS, low Vth	1.5/0.36
Sector 2	8x8	PMOS, low Vth	5/0.24
Sector 3	8x8	PMOS, thick oxide	5/0.24
Sector 4	8x8	NMOS, low Vth	0.48/0.48

検出器の回路

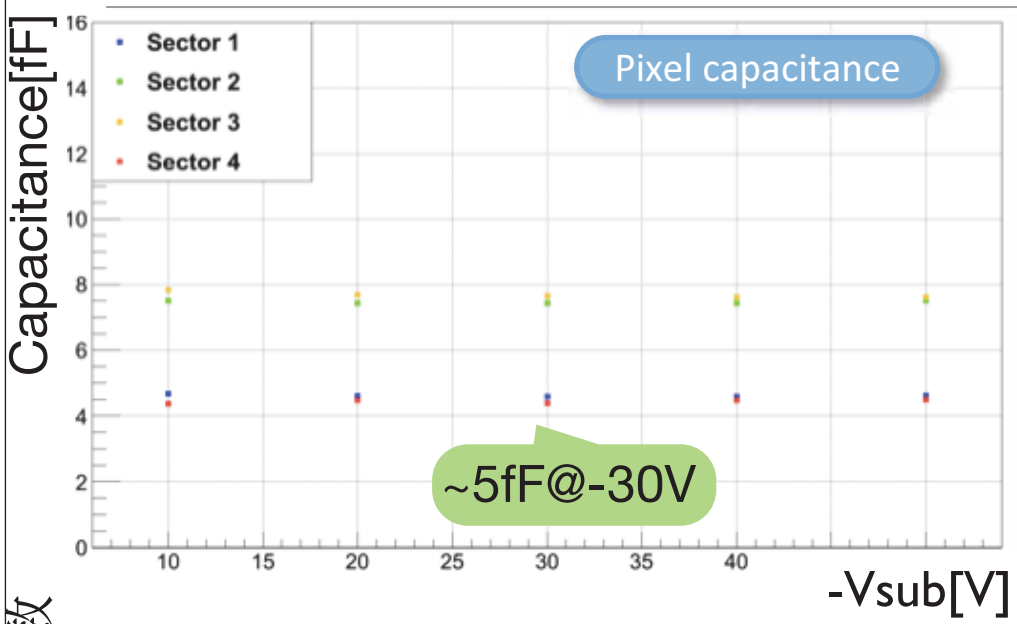


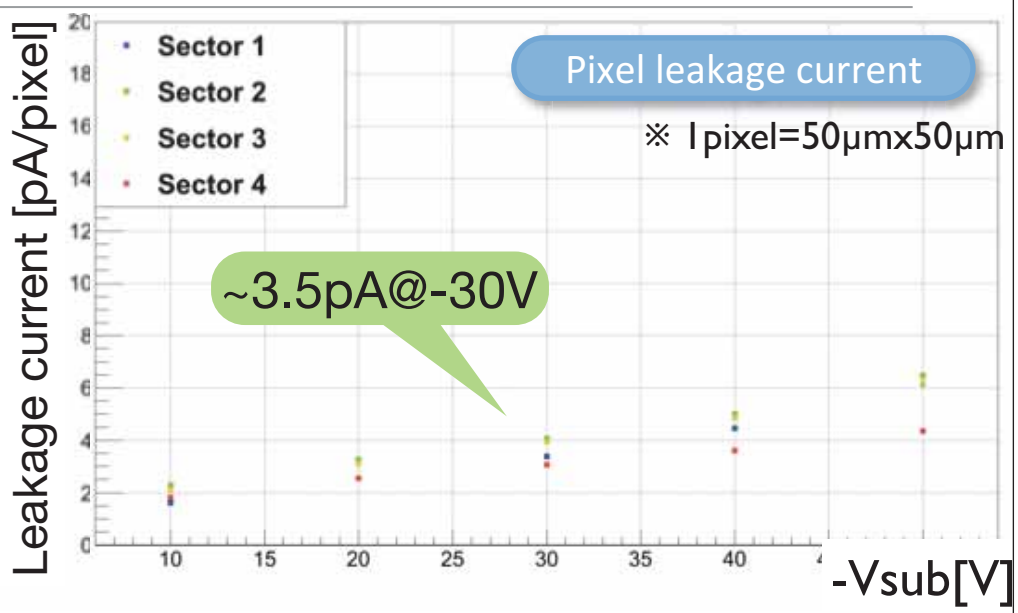
- 回路構成
  - ✓ リセット直後の電圧と積分時間経過後の電圧をそれぞれ別のキャパシタに保存し、その差を取ることでリセットノイズを取り除くCorrelated Double Sampling (CDS)法を採用
  - ✓ 各ピクセルで保存した２つの電圧をシーケンシャルに読み出す

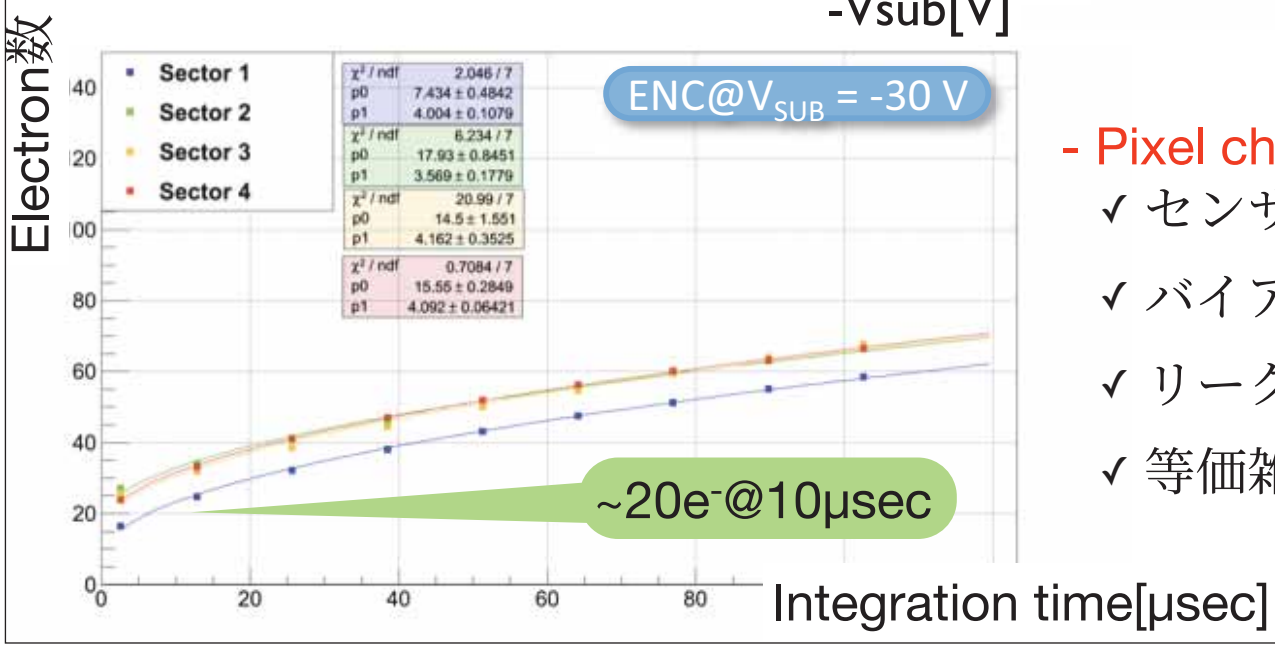
測定システム


ADC, FPGA etc
Test board equipped with one test matrix
Digital signal
Lepix chip
USB
Screenshot
Continuous reset
Active reset
Thin PMOS
Thin PMOS
Thick PMOS
NMOS

ピクセルテスト

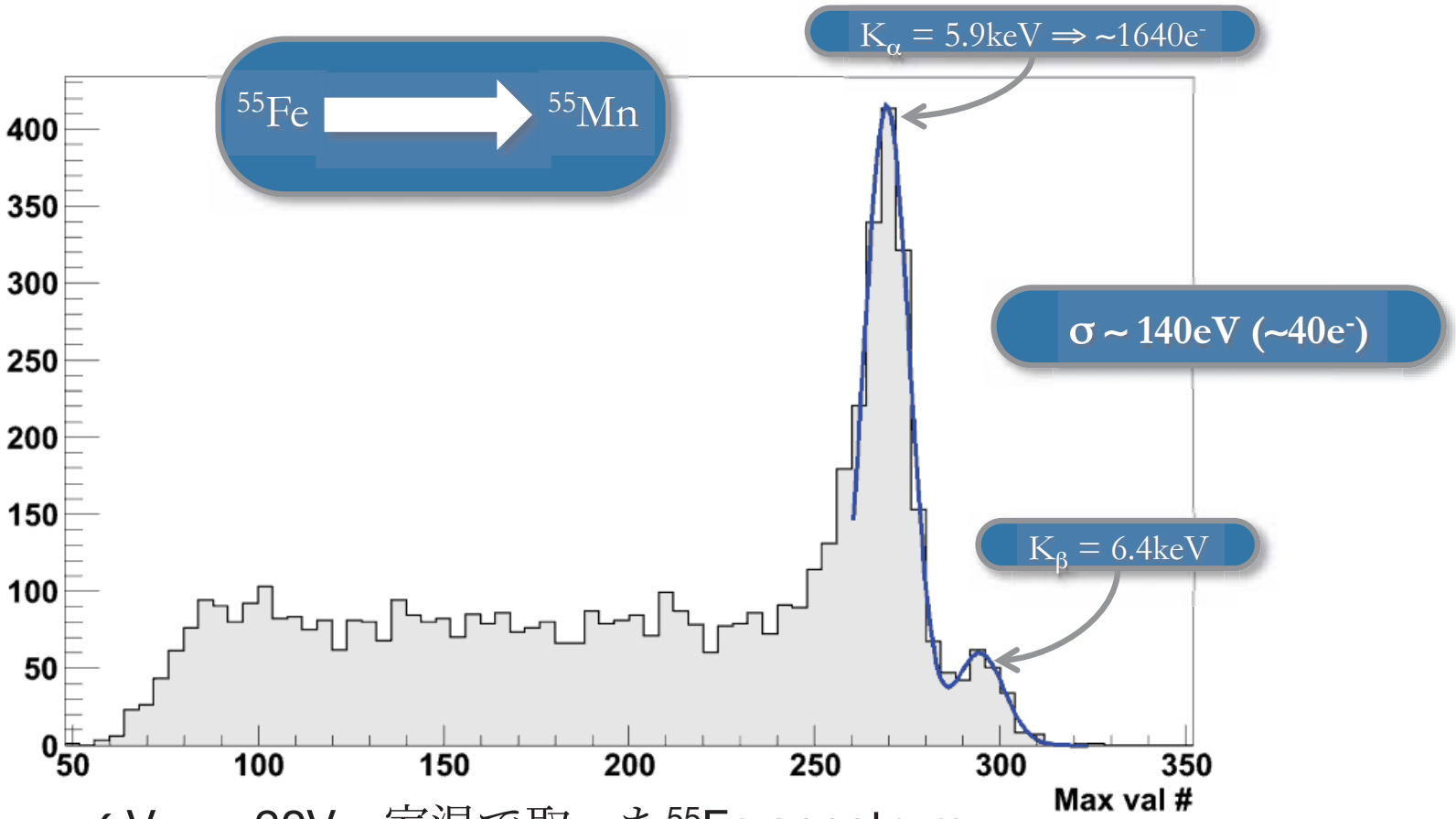






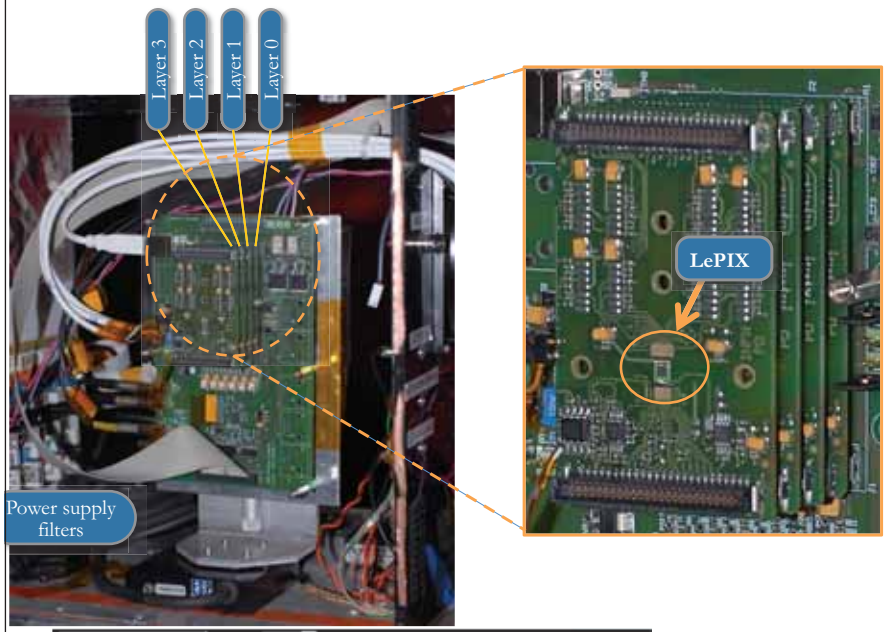
- Pixel characterization
  - ✓ センサー容量　～5fF
  - ✓ バイアス電圧に対してほぼ変化無し
  - ✓ リーク電流 ∝ |Vsub|
  - ✓ 等価雑音電荷 ∝ √積分時間

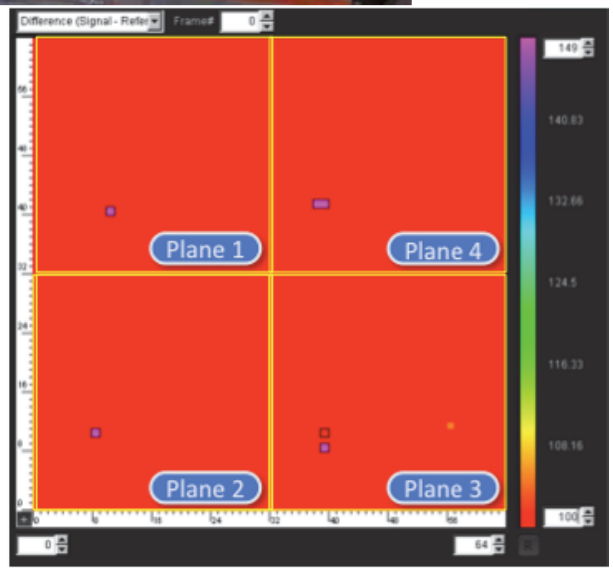
X線源を使ったテスト

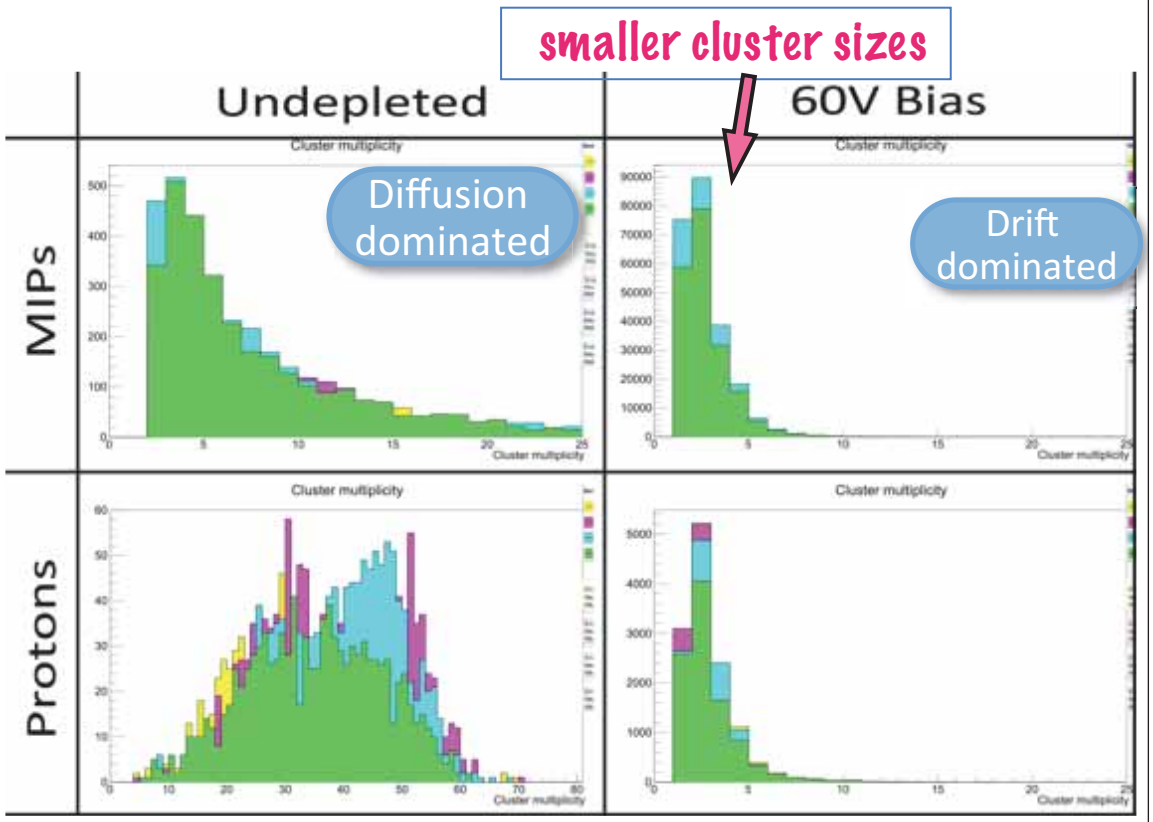


- ✓ V_{sub}=-20V、室温で取った^{55}Fe spectrum
- ✓ 積分時間は10μsec
- ✓ Sigma = 140eV(~40e$^-$ 相当)
- ✓ Gain = 6e-/ADC counts.

PSIでのビームテスト - 300MeV π-beam



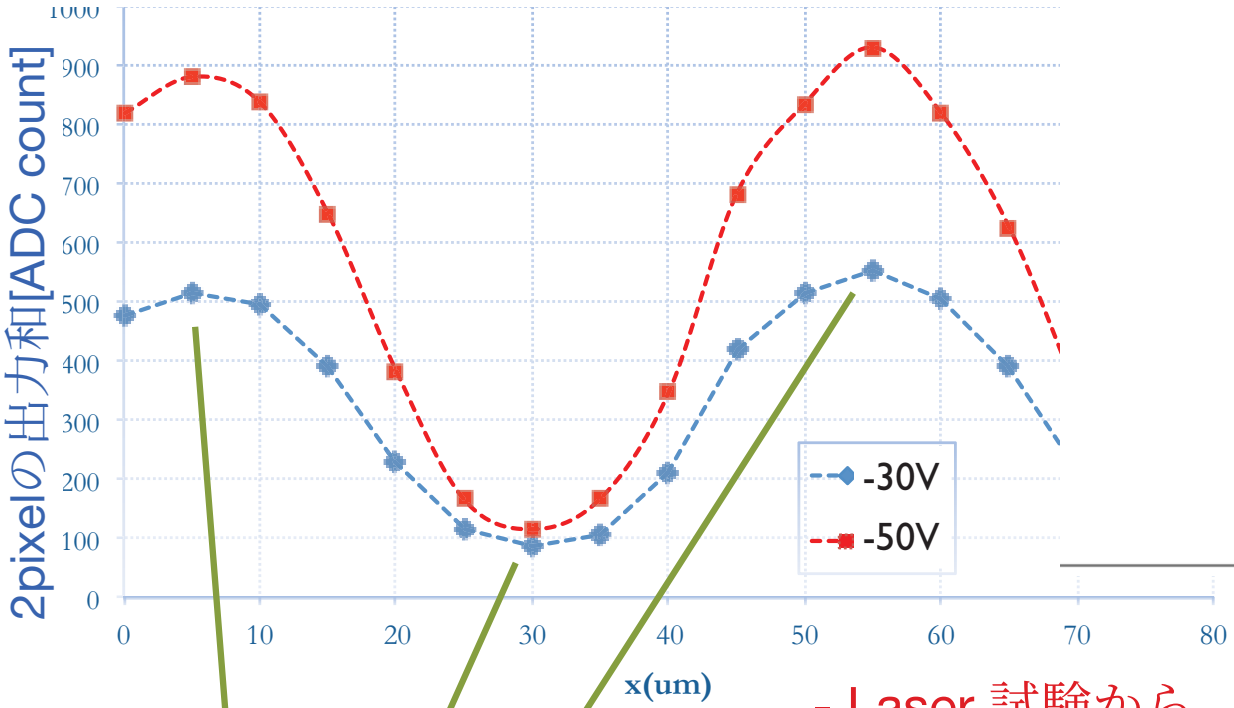


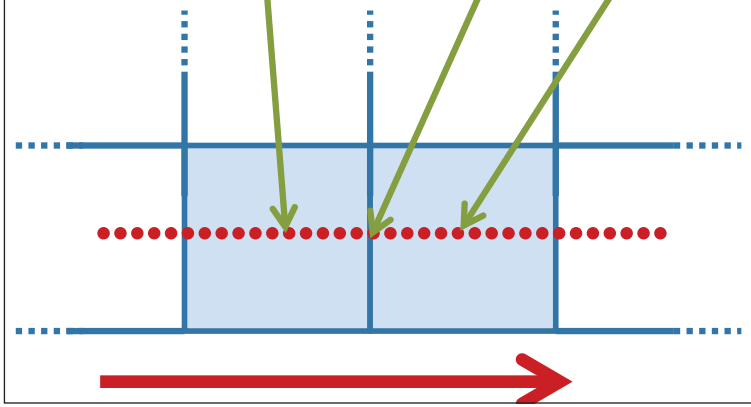


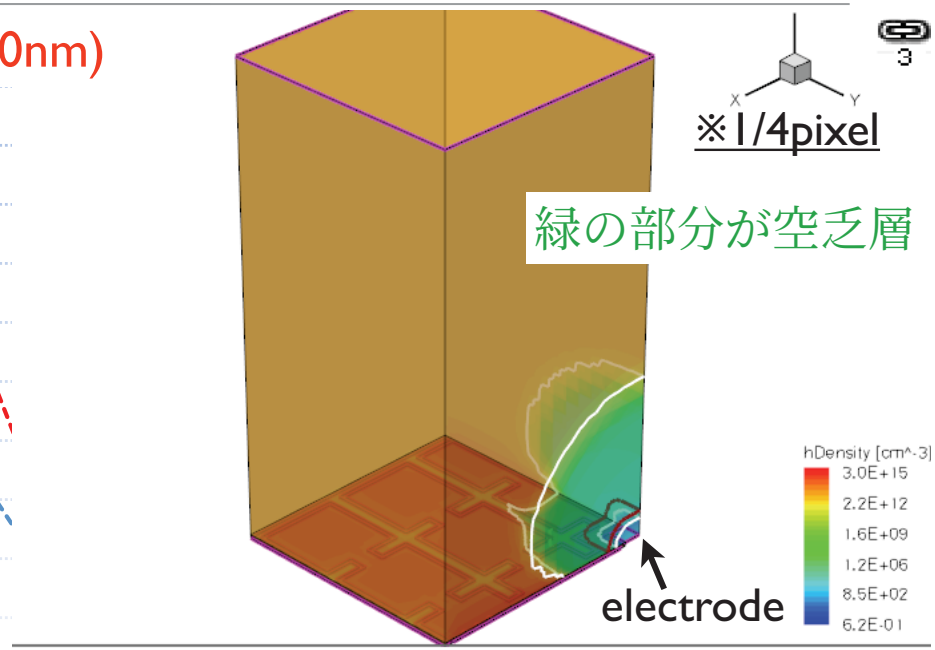
- Results
  - ✓ 4 planesを貫通したトラックを確認することが出来た
  - ✓ V_{sub}の値に応じてシグナルの増加を確認
  - ✓ しかし、検出器のefficiencyが ~ 70%
    （この割合はV_{sub}の値とは無関係）

どうしてEfficiencyが低いの？

- 隣り合わせの２つのピクセルをLaser scan (1060nm)







- デバイスシミュレーション

- Laser 試験から
  - ✓ Vsubの値に応じて収集電荷は増加
  - ✓ ピクセル境界部での電荷収集率が悪い
- シミュレーションから
  - ✓ “drop-shaped” の空乏層を再現

➡電極下の空乏層が均一に広がっていない

更なる考察が必要！

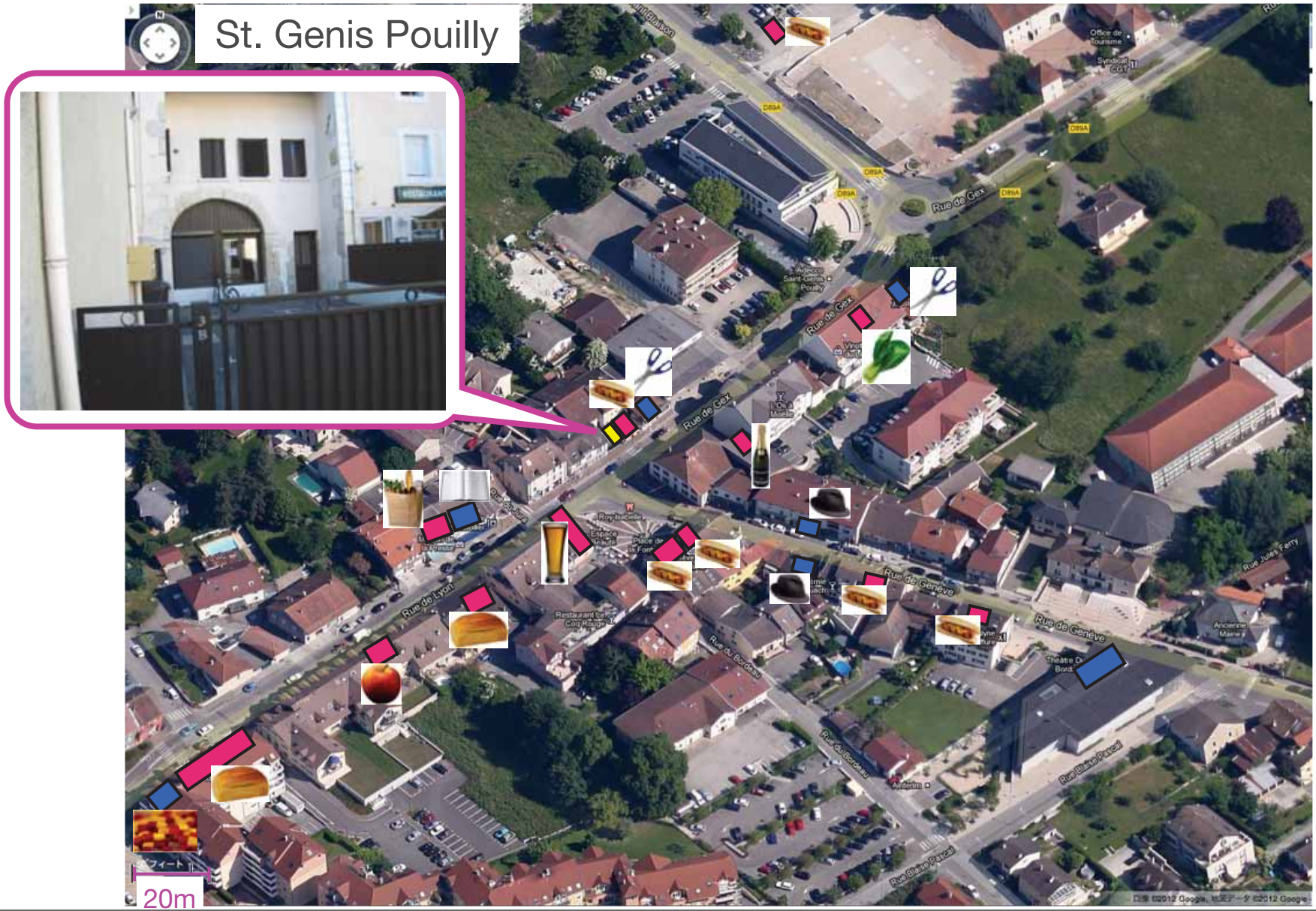
仕事を通して

- 開発への取り組み方、問題解決へのアプローチ法など。。。
- 自身の欠点
- 取り組んだ仕事に対する評価
- SOIグループとの違い

Outline

- 派遣期間、派遣先
- 仕事内容
- 生活
- 今後CERN研修に行く方へ

住んでいた場所


St. Genis Pouilly
Rue de Gex
Rue de Lyon
Rue de Genève
Rue Jules Ferry
Rue du Bordeau
Rue Blaise Pascal
20m

周辺

CERN レストラン１

- レストランでの料理 : ~15CHF
- 併設のカフェショップ：~10CHF(量少なめ)

CERNでの友人

ヨーロッパ旅行

London

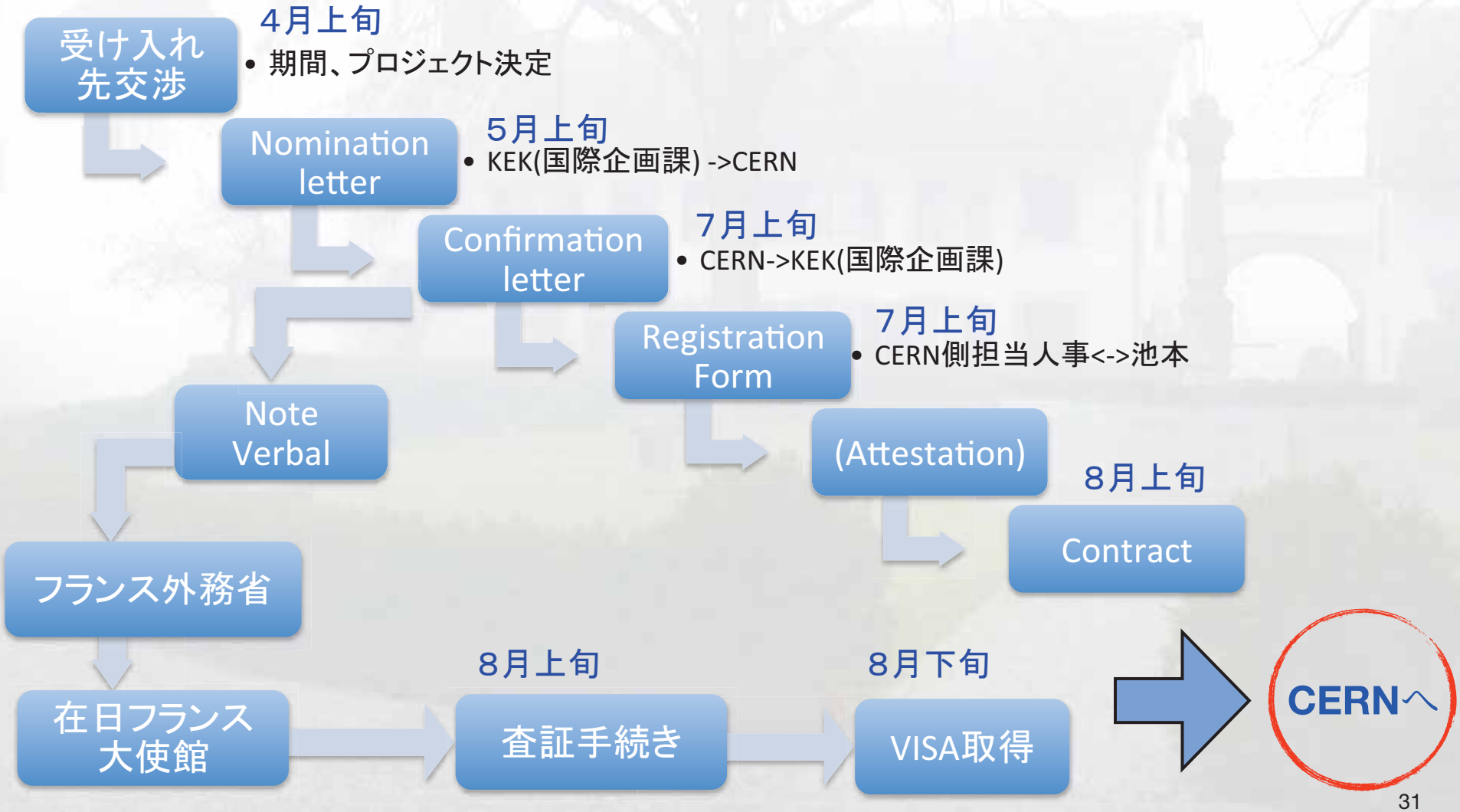
Prague

Outline

- 派遣期間、派遣先
- 仕事内容
- 生活
- 今後CERN研修に行く方へ

今後CERN研修に行く方へ - 出発前の手続き

- Unpaid AssociateというCERNの人事管理下の身分



今後CERN研修に行く方へ

出発前に

- アパート、免許、住民票、クレジットカード、荷物郵送、在留届
- 放射線従事者登録の休止、健康診断書、海外保険資料（KEK加入分）

到着後に

- 銀行アカウント（住民票）
- アクセス(ID)カード、スイスカード、フレンチカード、 ルームキー 、PCアカウント
- Dosimetry、レンタル自転車

最後に

- 実は小学生時代からのあこがれの場所
- 言語、文化の違いによる考え方の違い
- 異なる研究機関での取り組み
- これからの仕事に対する姿勢
- いい経験ができました！