

Planar Pixel Sensor (PPS) Beam Test及び解析

陣内 修 (東工大)

on behalf of

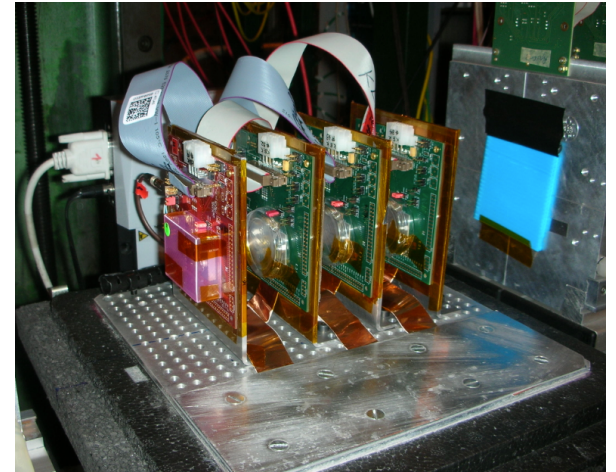
アトラス日本シリコングループ

2013.5.23 @名古屋大学

新学術領域研究 研究会

Contents

- ビームテストを行う意義
- 近年行われたビームテストの概要
- 2012年9月(CERN) 解析結果(メイン)
- 2013年3月(DESY) 解析の近況
- 2011年 high-etaデータ解析、phi方向傾斜データ解析
- 今後の見通し



ビーム試験：意義、手法

- (PPS用)p型センサー様々な開発設計→性能評価が必須
- 放射線照射後に バイアス構造、アイソレーション構造、HV edgeプロテクション等の性能を確認
→ 善し悪しを評価し、次回の設計へFeed-Back
- 構造解析 1 pixel ($250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$) 内の検出効率分布を知る必要がある
- そこでビームテスト： 高位置分解能検出器
「テレスコープ」 $\Delta x \sim 3\mu\text{m}$ でビームの貫通位置を特定

2011年 PPSグループ ビームテスト

	7月@CERN				9月 @ CERN		
照射量	未照射 + 1.1e15/16 (p)				未照射+ 2e15(p)		
FEタイプ	FE-I3, FE-I4				FE-I4	後で少々触れる	
角度	0度	phi=15度	high-eta1	high-eta2	0度	phi=15度	high-eta2
レコ*	Done	Done	Not yet	Not yet	Done	Done	Done (old)
解析担当	永井	萩原	(John)	(John)	永井	萩原	本橋

ビームテスト解析 プーレーヤーの紹介

本橋 (東工大M2)
 山口 (東工大M1)
 留目 (東工大M1)
 萩原 (筑波大M1)

ルキー

レコ* = Reconstruction (生データ→トラック再構成、解析できるフォーマットへ)

コーチ兼現役 中村(KEK)

監督 海野(KEK) 助監督 池上、田窪(KEK)

マネージャー 陣内(東工大)、原(筑波大)

引退 永井(東工大D2), 久保田(東工大OB)

2012/2013年 PPSグループ ビームテスト

	2012年3月	2012年5月	2012年8月	2012年9月	2013年3月
場所	DESY	CERN	CERN	CERN	DESY
FEタイプ	FE-I4	FE-I3, FE-I4	FE-I3	FE-I4	FE-I4
照射量	2e15(p)	2e15/5e15(p)	2-5e15(n)	1e16(n)	5e15(p)
角度	0 deg	0 deg	0 deg	0 deg	0 deg
レコ*	Done	Not yet	Not yet	Done	Done (almost)
解析担当	(久保田)	TBA	TBA	久保田	本橋、中村

このトークのメイン

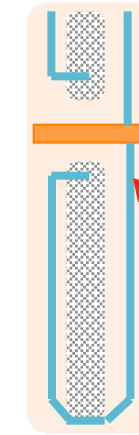
- 各人担当のデータがアサインされている
- PPSグループOfficialな形式で結果を出す必要性
 - Reconstructionソフトのversionを合わせる
 - 共通解析ツールを利用
- (AJ)グループ内の情報共有化が非常に有効

試験中のセンサー構造

[1] バイアス構造

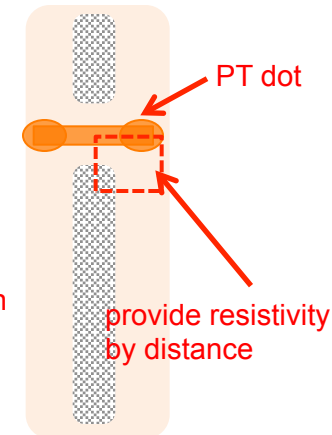
- GNDへ各ピクセルを抵抗を介してつなぐ→各ピクセルは分離
- **‘Poly-Silicon抵抗’**, or **‘Punch Through (PT) 抵抗’** 設計

Poly-Silicon



or

Punch Trough

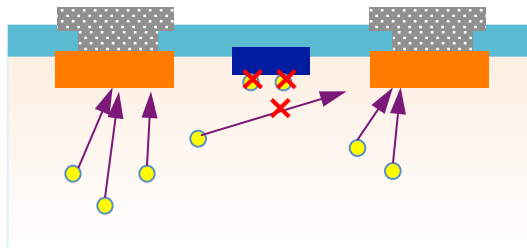


[2] 電極分離構造

- 酸化膜のチャージアップ（+）による電荷收拾効率の低下を防ぐ
- **‘Common P-stop’**, or **‘P-spray’** 設計

P-stop

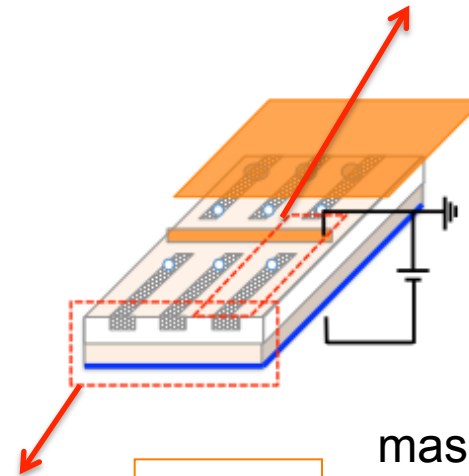
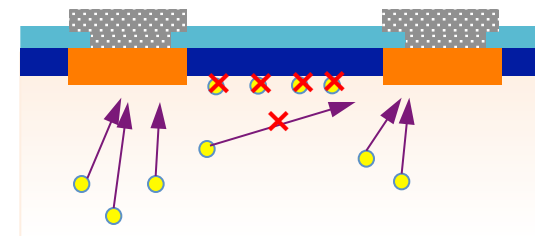
partially masking btw electrode with p+



P-spray

masking uniformly btw electrode with p+

or



1 PIXEL内の性能評価が必要

2012年9月のビームテスト解析

未照射 FE-I4 サンプル
バイアス・スキャン: 6 – 700V

照射 neutrons-1E16neq/cm² FE-I4サンプル
バイアス・スキャン: 200 – 1200V

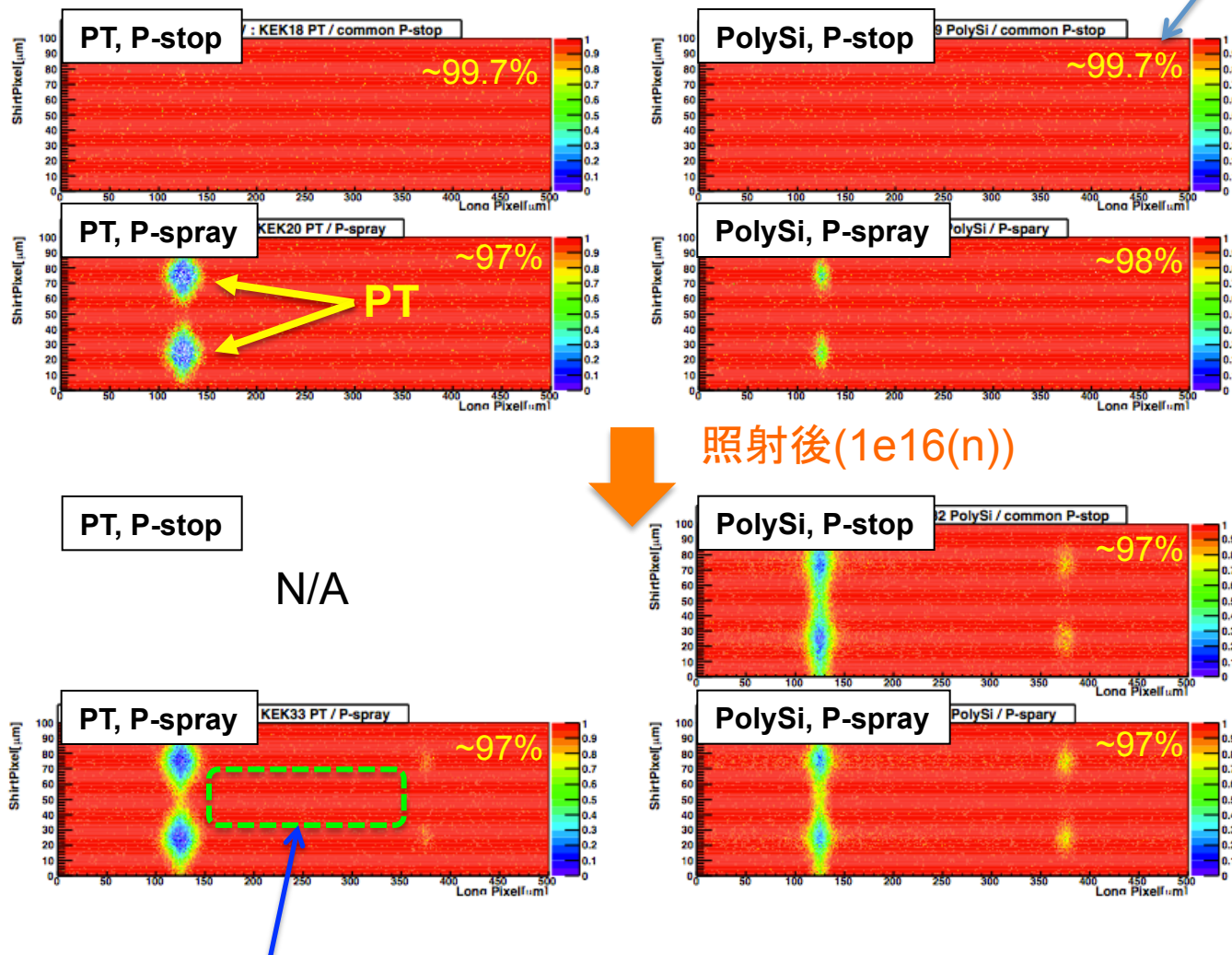
Sensor ID	Bias Type	Separation
#18	Punch Through	P-stop
#19	Poly Silicon	P-stop
#20	Punch Through	P-spray
#21	Poly Silicon	P-spray

Sensor ID	Bias Type	Separation
NA	-	-
#32	Poly Silicon	P-stop
#33	Punch Through	P-spray
#34	Poly Silicon	P-spray

	Punch Through (PT)	Poly-Silicon (PolySi)
P-Stop	#18, 	#19, #32 
P-Spray	#20, #33 	#21, #34 

全て150um厚

照射前&後の Hit Efficiency map



全体の測定効率

Bias = 100V (全空乏化)

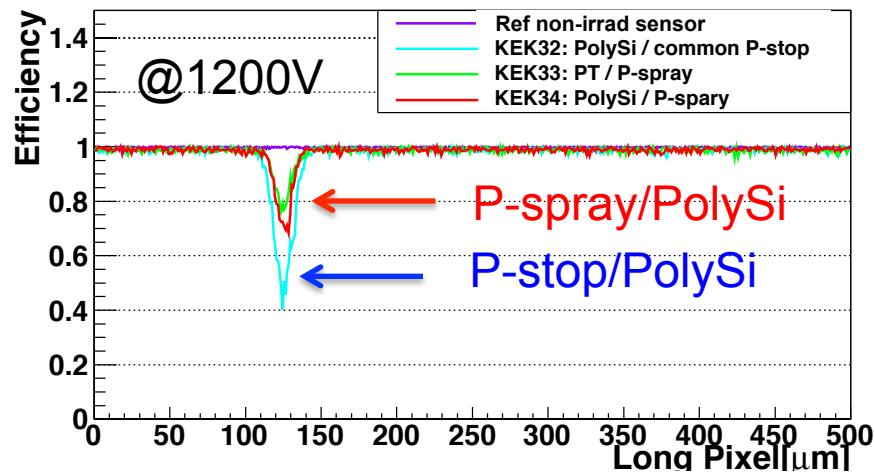
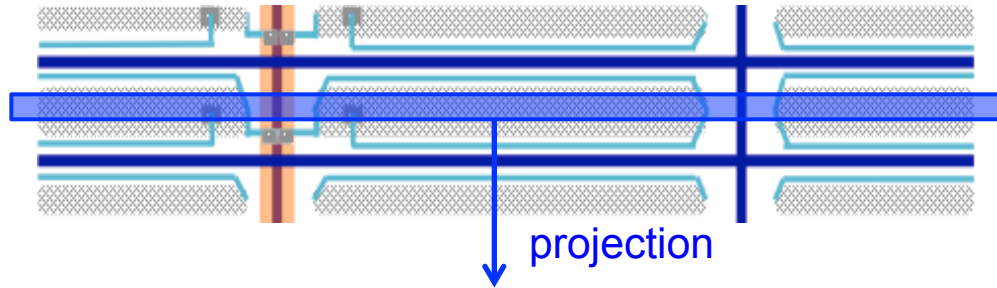
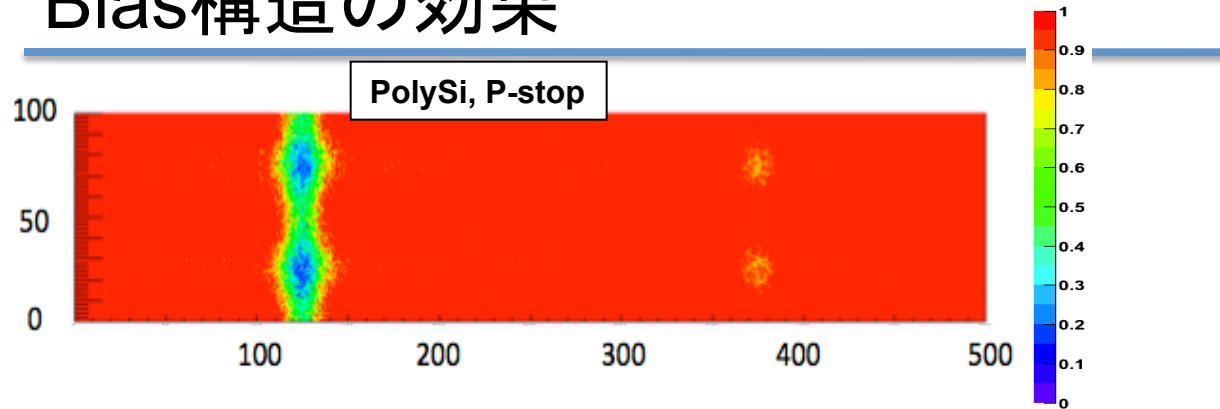
bias構造が P-sprayタイプで見られる (inefficiency)

Bias = 1200V

inefficient 領域が確認された
bias rail, PT dot, PolySi

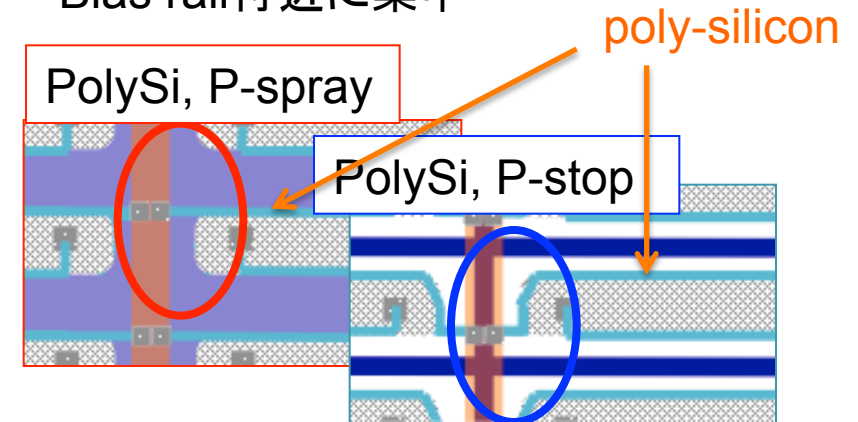
>99.7% @ 600V (各サンプルの電極領域)

Bias構造の効果



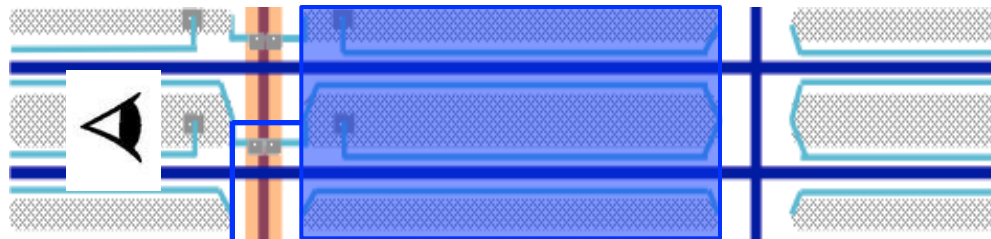
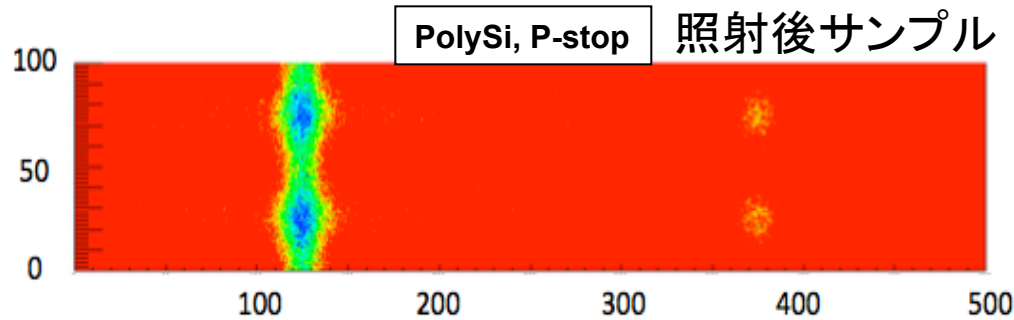
同じPolySi同士だが 異なる測定効率

P-stop サンプルにはより多くのPolySiが Bias rail付近に集中



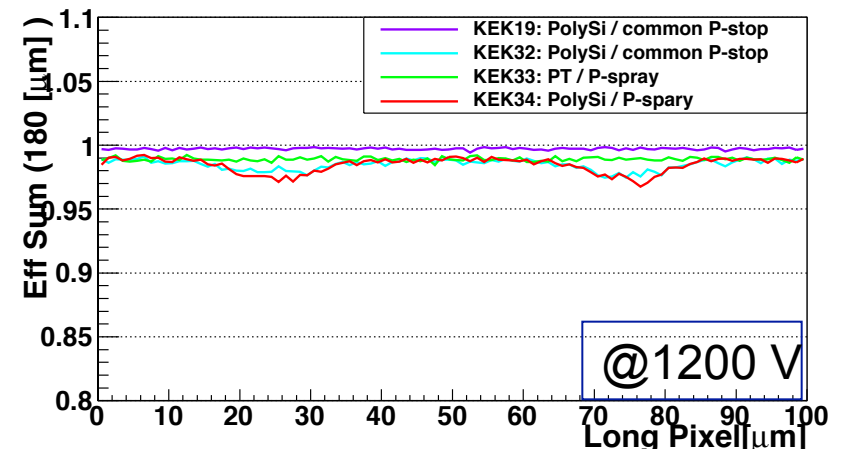
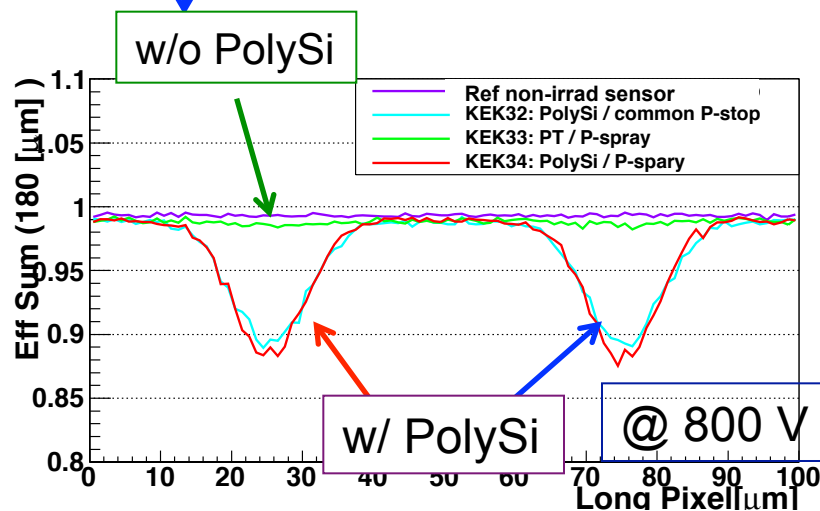
PolySi が非効率を生んでいる可能性が高い
(最終結論には PT/P-stopの結果が必要)

Poly-Silicon抵抗効果



- PolySiの下で効率が落ちることが確認された→同じ結論
- 完全空乏化する1200Vでは効果が減少, しかしまだ見える
- 電荷收拾量がPolySiの下で落ちていることも確認 (Backup)

→ 次期設計に活かされている



2013年3月DESYビームテストデータの現状

PT/common p-stop (照射後)これは9月データになかった(貴重)

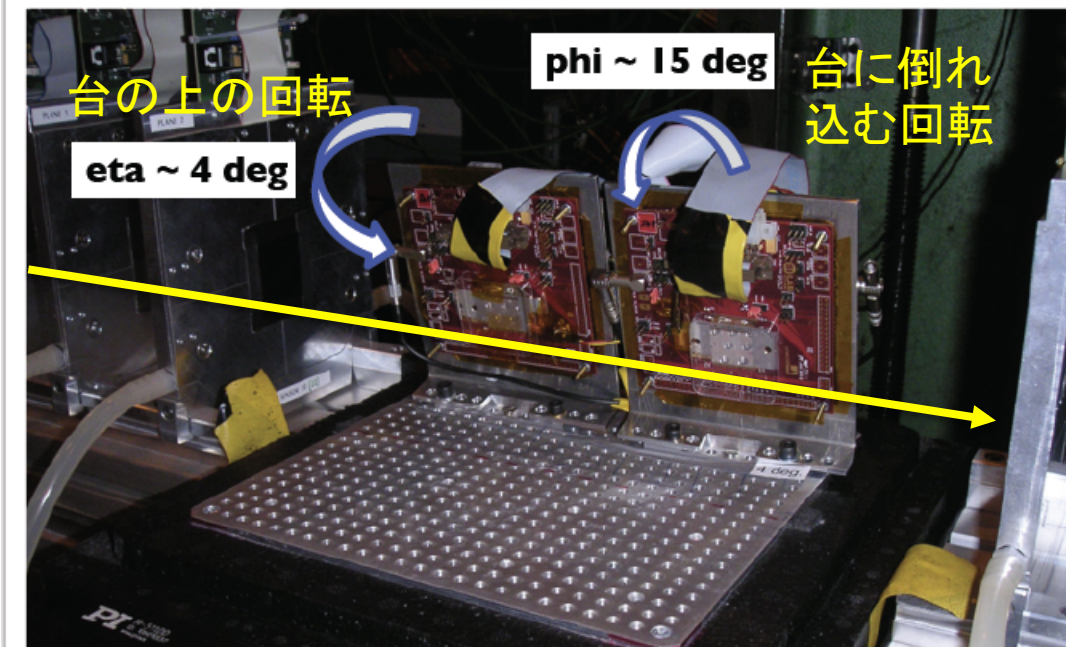
Batch	Sensor ID	Bias	Separation	Thickness	Dose
1a	#09	PolySi	Individual P-stop	150um	0
1e	#18	PT	Common P-stop	150um	5.1E15
1b	#19	PolySi	Common P-stop	150um	5.0E15
1d	#20	PT	P-spray	150um	5.6E15
1c	#21	PolySi	P-spray	150um	5.6E15
ref	#22	PT	P-spray	320um	0

9月の試験で
用いたものを
照射して試験

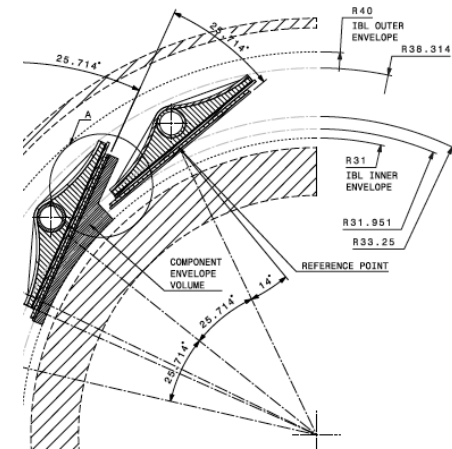
- 通常、日本グループの順は中盤→別グループが既にセットアップ
今回日本グループ最初→セットアップのノウハウを身につけた
- 上記サンプルは Parylen N でedge protectionされた(後に照射試験)
- 1200Vまでバイアスをかけられることを確認
- 現在Reconstructionが終わりデータを見始めているところ

入射粒子角度依存性

- Barrel状に配置
 - phi方向に 0-15度 程度
 - eta方向に 90-4度 程度想定して性能評価を行う (重要)

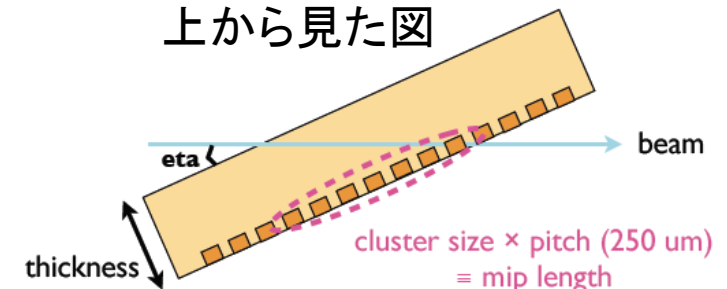


IBL ϕ 方向14度傾き



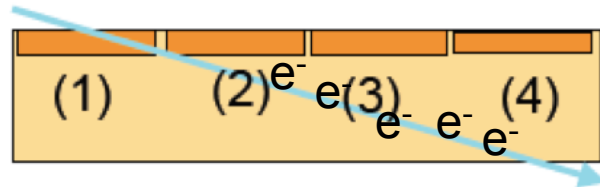
IBLはeta=3 (5.7度まで)

上から見た図



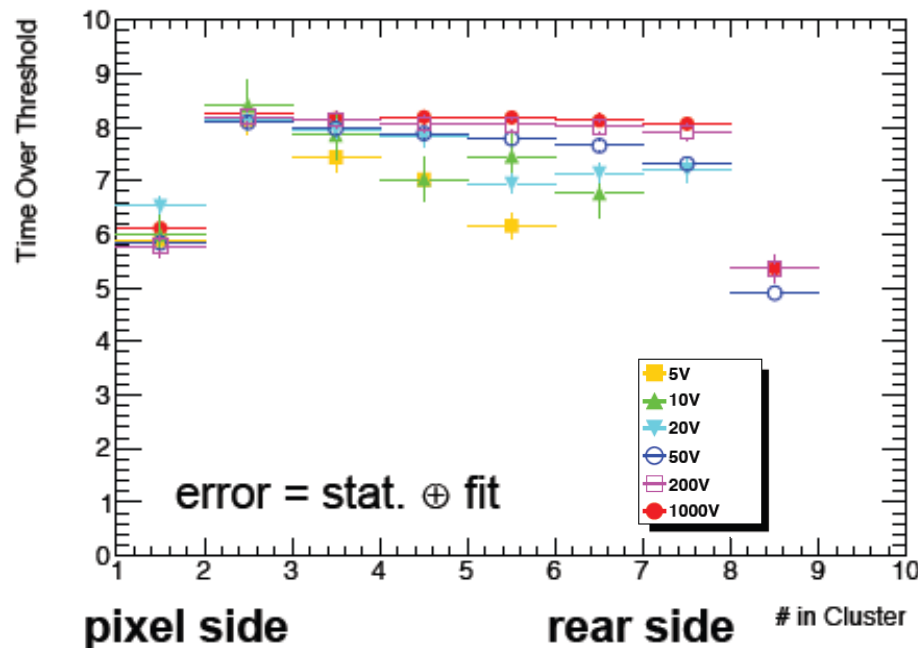
high-eta解析の一部を紹介

- 空乏化度合いを確認することができる

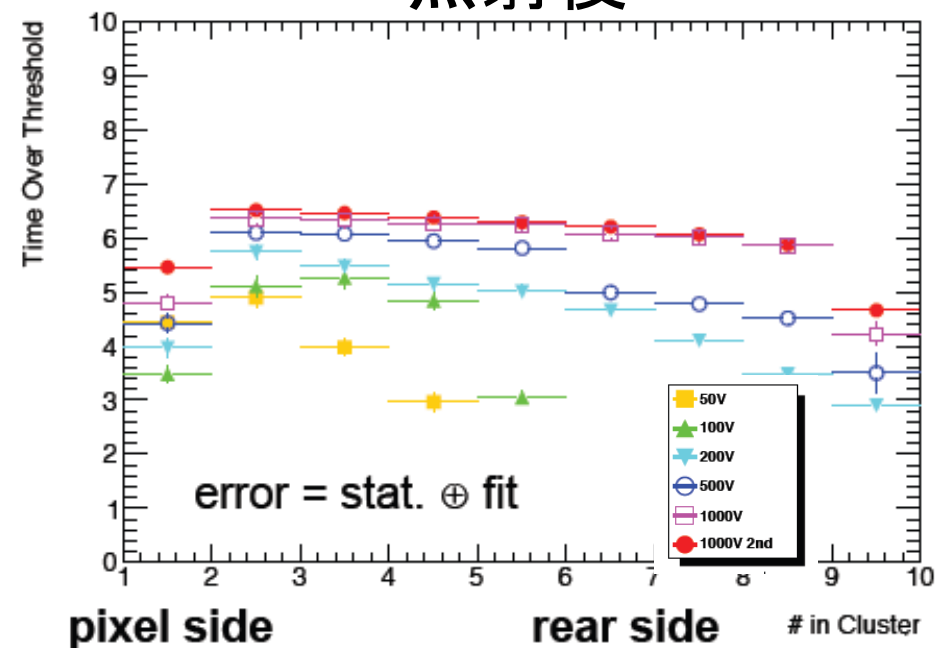


照射前: HVを上げる→クラスタサイズ大
→收拾電荷量も増える
照射後: 電荷トラップの効果で收拾電荷量減る

照射前



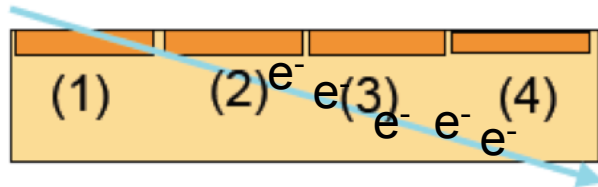
照射後



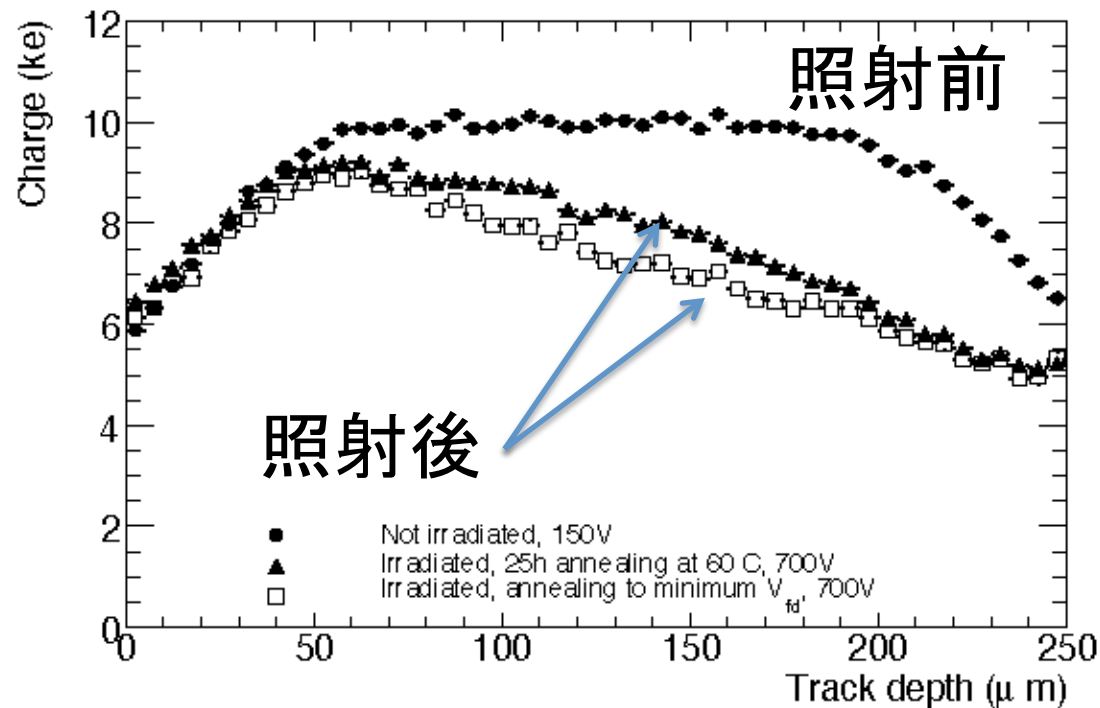
high-etaデータのトラッキング電荷の絶対較正が現在の課題

high-eta解析の一部を紹介

- 空乏化度合いを確認することができる



照射前:HVを上げる→クラスタサイズ大
→收拾電荷量も増える
照射後: 電荷トラップの効果で收拾電荷量減る



high-etaデータのトラッキング電荷の絶対較正が現在の課題

phi方向傾斜 解析の一部を紹介

- phi方向傾斜により

- シリコン通過距離増加→収拾電荷増&測定効率向上
- 特定の構造がぼやける

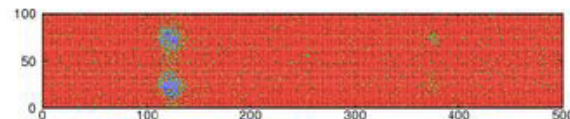
照射前サンプル

Bias = 100V, センサー150 μ m厚

phi = 0度

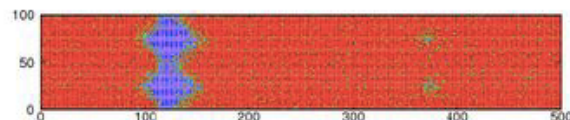
全体のefficiency: 0.988985 ± 0.000279135

Poly-Si, indiv p-stop



全体のefficiency: 0.943798 ± 0.000622912

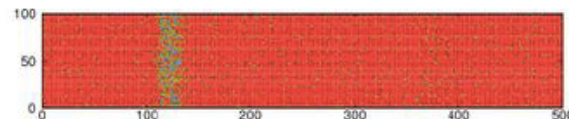
PTLA, indiv p-stop



phi = 15度

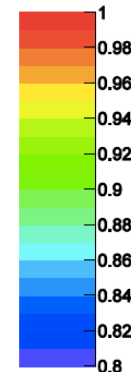
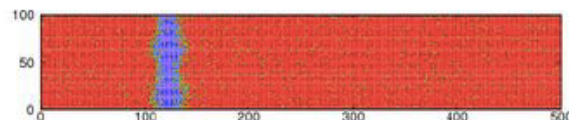
全体のefficiency: 0.991037 ± 0.000237035

Poly-Si, indiv p-stop



全体のefficiency: 0.964551 ± 0.000479076

PTLA, indiv p-stop

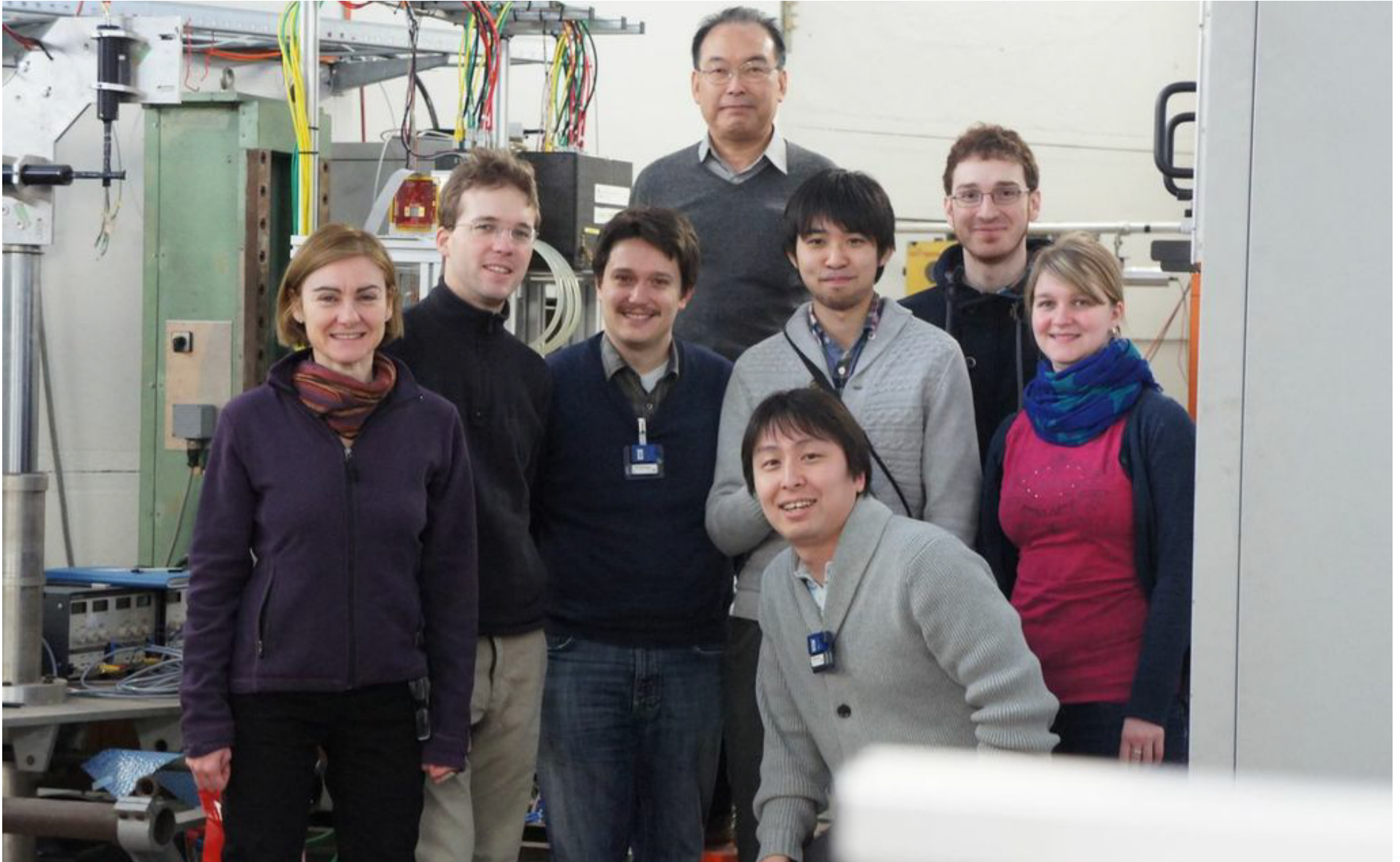


基本的な傾向は確認できた
各構造における影響の違いを今後詳しくみていく

今後の見通し

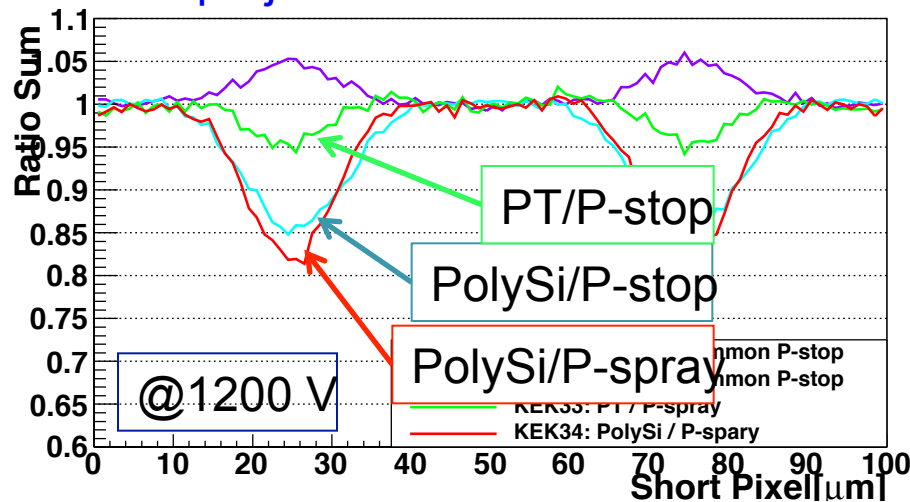
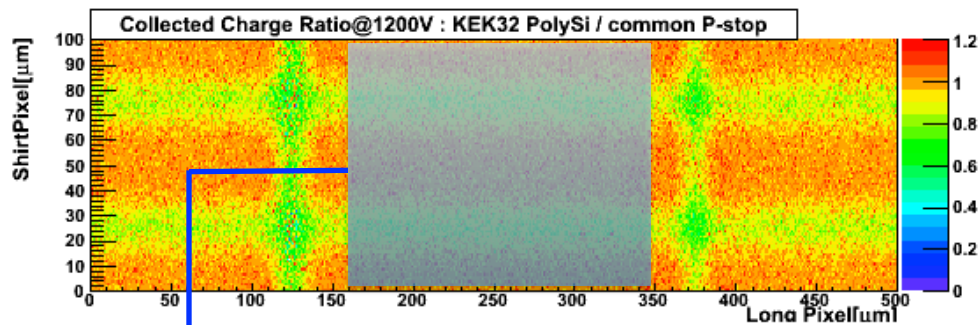
- ビームテスト解析
 - 2011年角度付きデータの解析
(high-eta 本橋・山口、 Phi 萩原)
 - 2011年0度データ 未解決トピックス (留目)
 - 2012/2013年3月 DESY (中村、本橋)
 - 2012年9月 CERN 未解決問題、TOTの絶対較正 (中村)
 - 2012年5/8月 担当者の割当必要
- 今後のビームテスト
 - 2013年8月下旬 DESYにて
新設計センサー (未照射) をビーム試験
 - 2014年2月 DESY ビーム試験を予定

extra materials



Charge collection ratio

- The ratio is defined as
 - $(TOT_{obs}) / (TOT_{ave})$ where TOT_{ave} is average TOT in electrode region
- N.B since $TOT \rightarrow$ charge calib is not done & calib. is non-linear, this ratio is not pure charge ratio



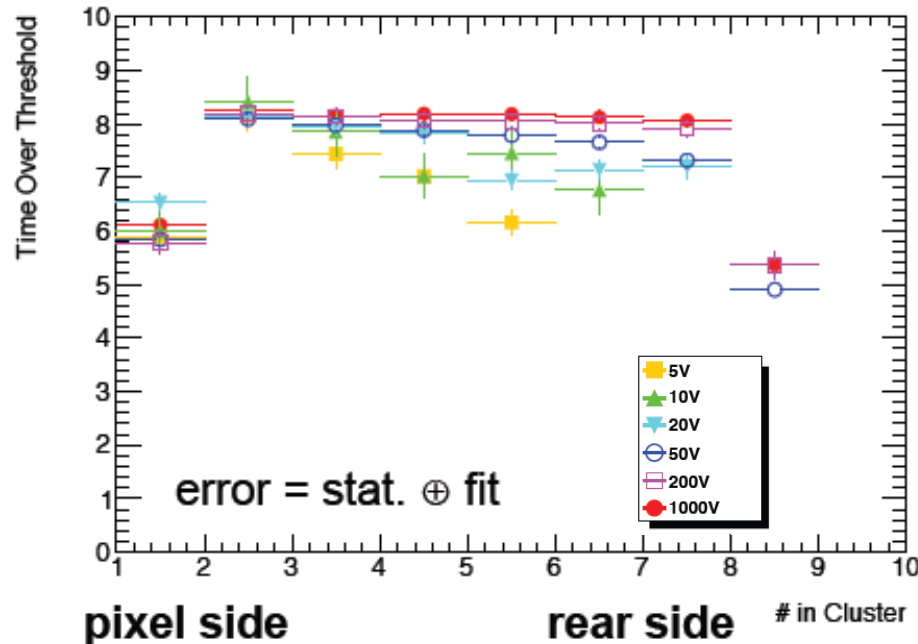
- charge loss at 1200V
 - PT/P-spray : 5.0%
 - PolySi/P-stop : 14.7%
 - PolySi/P-spray : 18.1 %
- charge loss in 'PolySi' types are significant
- **Short Conclusion** : PolySi register have caused the inefficiency (at least with the current design)
- possible explanation for the charge loss is in backup material

high-eta data (2011) analysis status

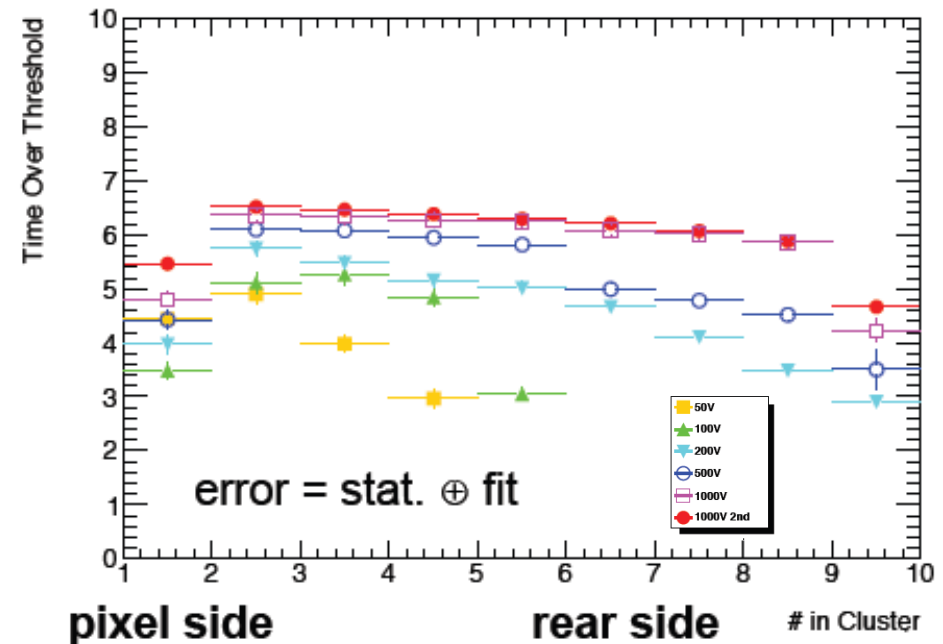
- High-eta run : 2011 July for non-irrad, Sept. for irrad sensors
 - Analysis carried out by **John Idarraga** using **Mafalda** framework (the results presented in 8th Hiroshima Sympo. (Taiwan 2011 Dec))
 - **Kazuki Motohashi** revisits high-eta analysis with **TBmon** framework, currently works on the Sept. data
- Reconstruction of Sept data is done, however the reconstruction seems to be not properly done (has problem with the alignment) Kazuki is going to rerun the reconstruction with proper setup
- Several analysis (based on the cluster size, TOT without tracking info) are done, analysis class under TBmon are prepared by Kazuki

TOT vs Pixel # in Cluster

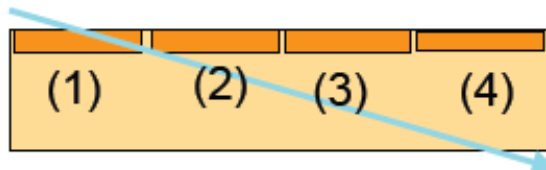
SCC94 non-irrad



SCC96 irradi



- beam passed through sensors from pixel side to rear side



- TOT of first & last pixel is low
→ beam passed narrow region

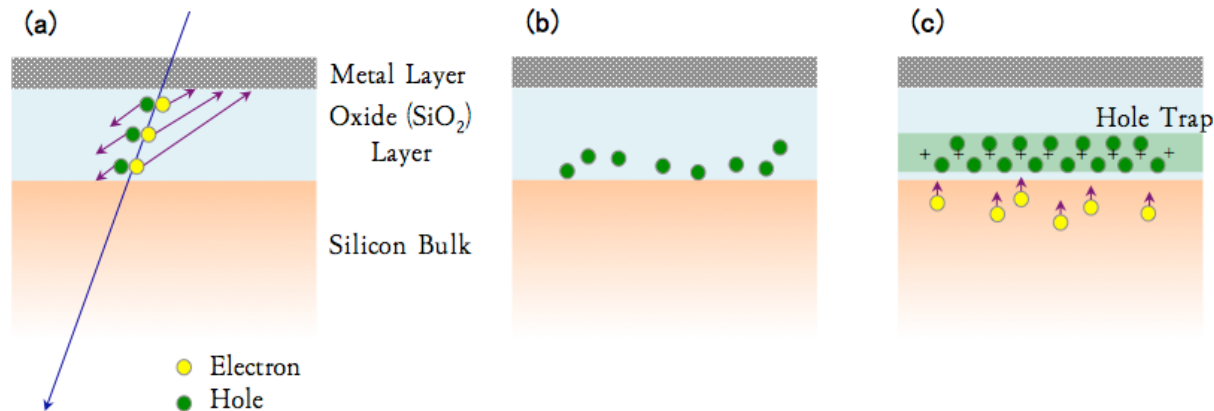
- depletion zone get widen with increasing HV
- more HV, more TOT
- irrad** : more distant, less TOT
→ effect of trapping charge?

- these effect not appear so much in non-irrad

March 2013 TB measurement list

- ❑ Scan type : **Bias voltage scan** without sensors tilted
 - Batch1a (0.5M triggers)
 - **KEK22** (ref) & **KEK09** (non-irrad : PolySi, individual p-Stop)
 - HV_{both} : 6, 14, 25, 40, 57, 100, 200, 400V
 - Batch1b (1M triggers)
 - KEK22 (ref) & **KEK19** (irrad : PolySi, Common p-Stop)
 - HV_{ref} : 300V, HV_{DUT} : 260, 15, 65, 145, 400, 600, 800, 1000, 1200V
 - Batch1c (1M triggers)
 - KEK22 (ref) & **KEK21** (irrad : PolySi, Common p-Stop)
 - HV_{ref} : 300V, HV_{DUT} : 200, 400, 600, 800, 1000, 1200V
 - Batch1d (1M triggers)
 - KEK22 (ref) & **KEK20** (irrad : PT, p-spray)
 - HV_{ref} : 300V, HV_{DUT} : 200, 400, 600, 800, 1000, 1200V
 - Batch1e (1M triggers)
 - KEK22 (ref) & **KEK18** (irrad : PT, Common p-Stop)
 - HV_{ref} : 300V, HV_{DUT} : 200, 400, 600, 800, 1000, 1200V
- ❑ Kazuki and Koji are trying to reconstruct these data

Charge Loss Mechanism : Surface Damage



- The efficiency loss due to the bias structure is explainable from the surface damage of the Oxide layer
- Surface damage mechanism
 - ionizing radiations would create electron-hole pairs
 - the electrons are absorbed in the metal layer owing to its larger mobility
 - holes are trapped in oxide layer (at the transition region)
 - electric field are effectively decreased, causing slower charge collection, end up with the lower collected charge with certain readout
 - Under Bias rail and, poly-silicon resisters, such effect would happen