



Untersuchung von strahlenharten Multigeometry Pixelsensoren

für den zukünftigen CMS
Spurdetektor im Rahmen
der HPK-Kampagne

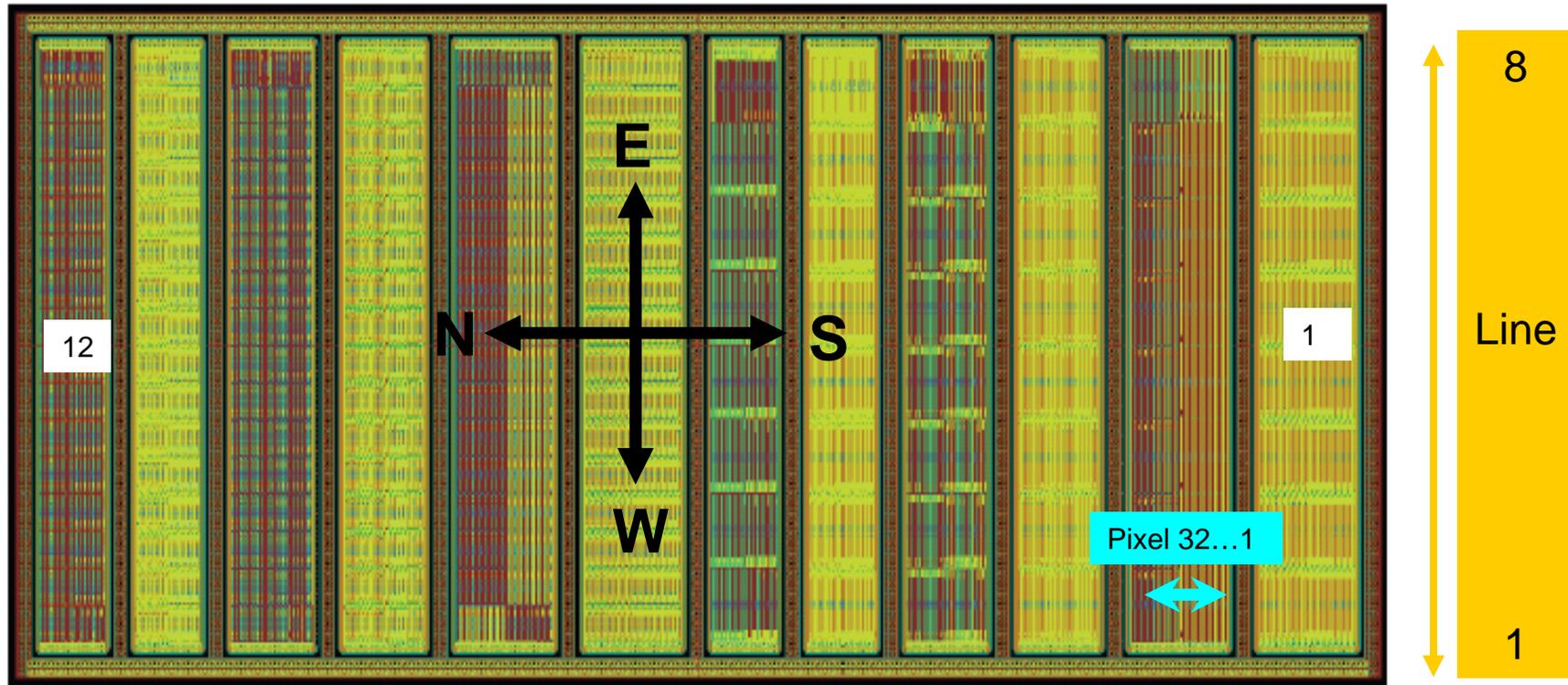
Kurzeinleitung



- Das CMS-(**C**ompact **M**uon **S**olenoid)-Experiment ist eines der 4 Hauptexperimente am LHC (**L**arge **H**adron **C**ollider) und liefert wichtige Ergebnisse zur Entdeckung “neuer Physik” ~> *verweis*
- Die Wechselwirkungsintensität (engl. Luminosity) des LHC wird in mehreren Phasen erhöht. Dadurch werden neue Anforderungen wie höhere Strahlungshärte und höhere Auflösung (engl. granularity) an alle Detektorkomponenten gestellt
 - Umfangreiche Forschungs- & Entwicklungsprogramme an allen Experimenten ~>T63
- Für den CMS Spurdetektor: „HPK*-Campaign“:
 - Untersuchung verschiedener Siliziumsubstrate (**F**loat **Z**one, **M**agnetic Czochralski und **E**pitaxiales Silizium);
 - verschiedener Dicken (**320, 200, 120, 100, 50** μm)
 - und verschiedener Prozess- und Isolationstechnologien (p-in-n (**N**), p-in-n pstop (**P**), p-in-n pspray (**Y**))
 - *produziert von einem Hersteller!!!*
- Im folgenden werden aus dieser Kampagne Messergebnisse für Multigeometry-Pixel (MPIX)-Strukturen präsentiert)
- *Namensschema: Material + Dicke + Technologie*

*Hamamatsu Photonics KK

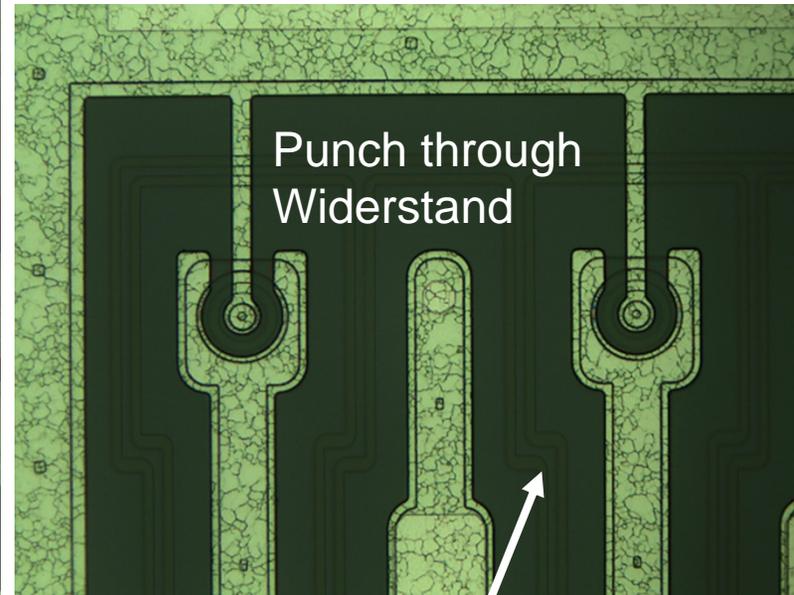
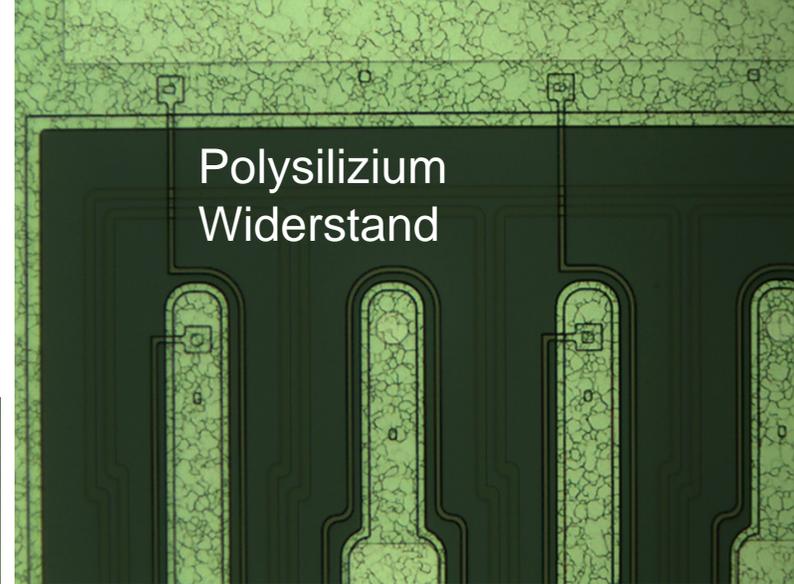
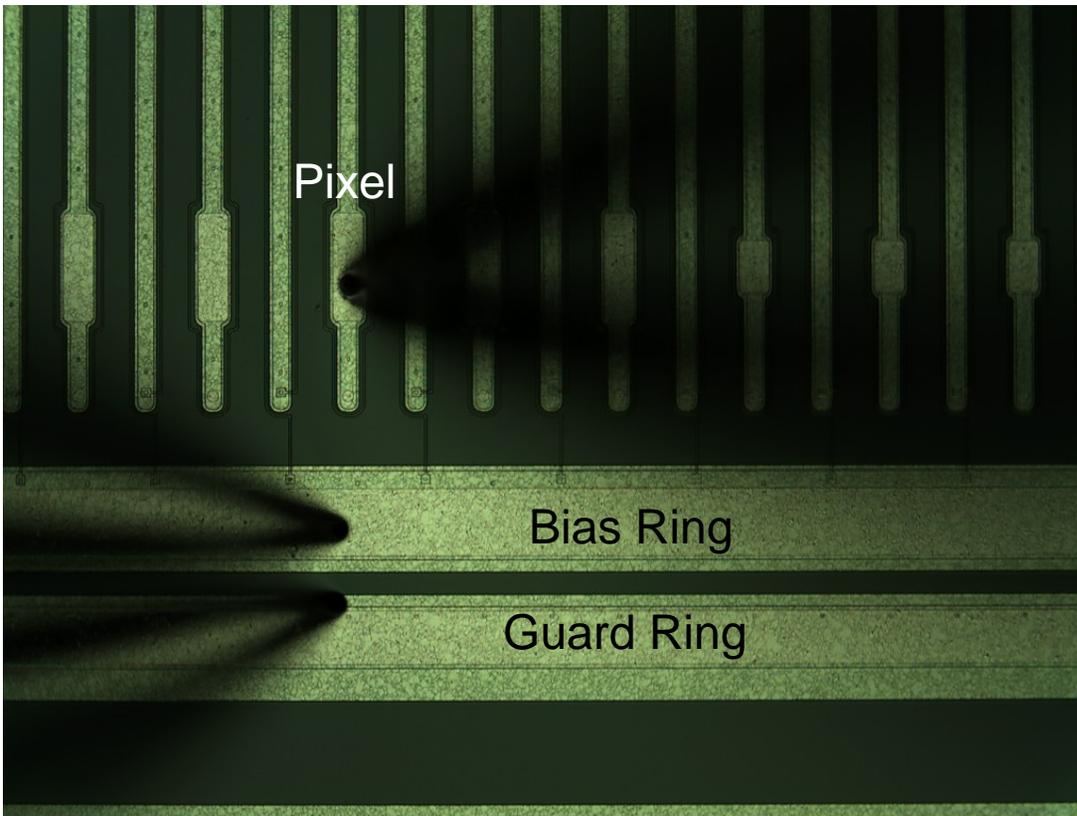
Multi-Pixel



- 12 regions (3 ratios w/p, 2 diff. pixel lengths, 2 diff. Bias)

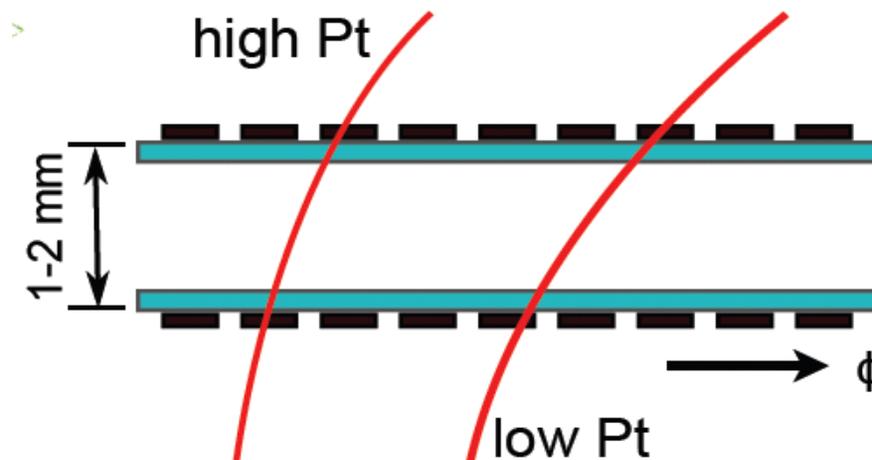
region	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
p+/n+	18	18	23	23	28	28	18	18	23	23	28	28
alu	31	31	36	36	41	41	31	31	36	36	41	41
length alu	1171	1171	1171	1171	1171	1171	2421	2421	2421	2421	2421	2421
pitch	80	80	100	100	120	120	80	80	100	100	120	120

Mpix -2



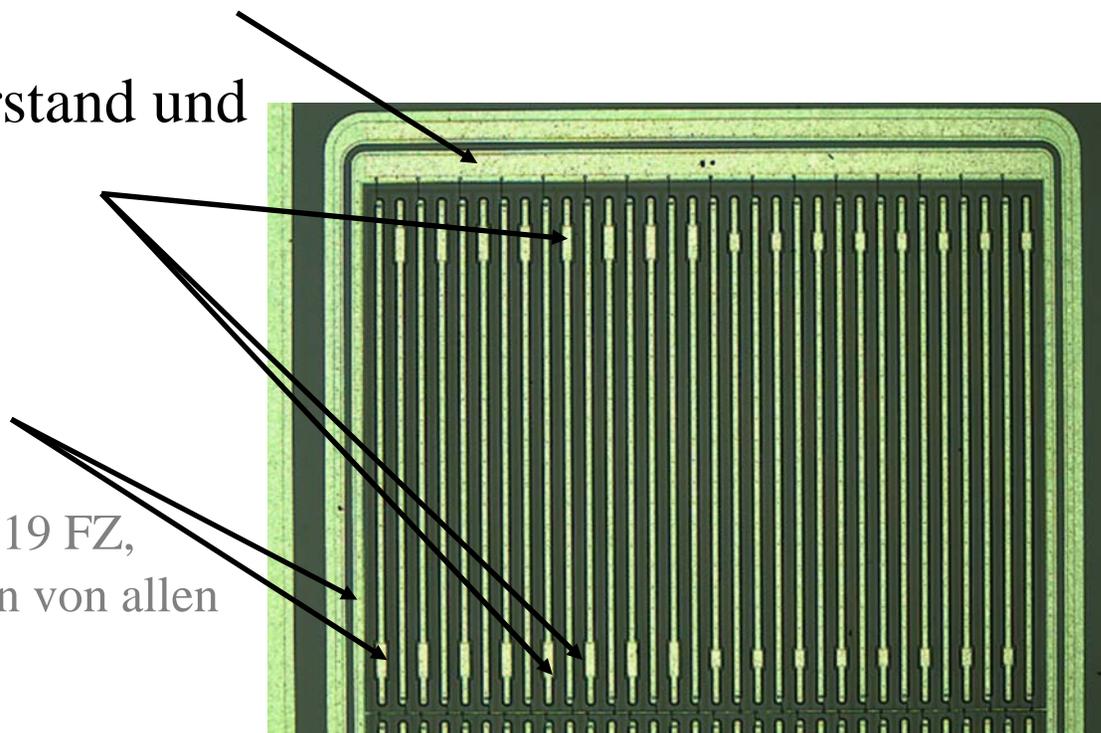
Besonderheiten

- Teststrukturen für Sensoren des innersten Bereich des zukünftigen Spurdetektors “PT-model”
- Einzige Teststruktur innerhalb der Kampagne mit Punch through Bias-Widerstand
 - Besonders Augenmerk bei der Auswertung auf den Vergleich der beiden Bias-Methoden



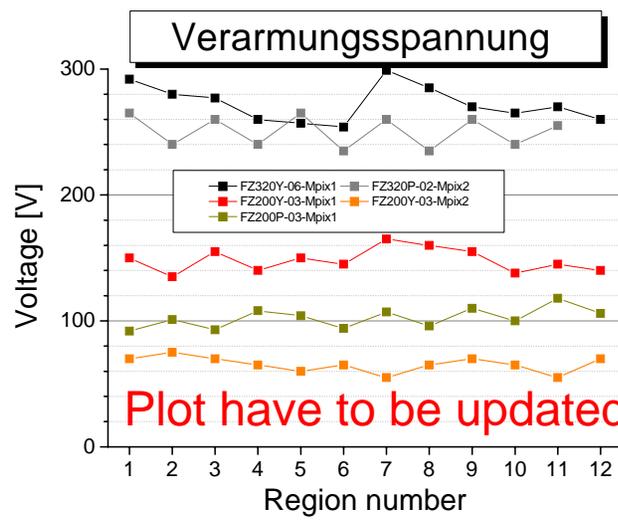
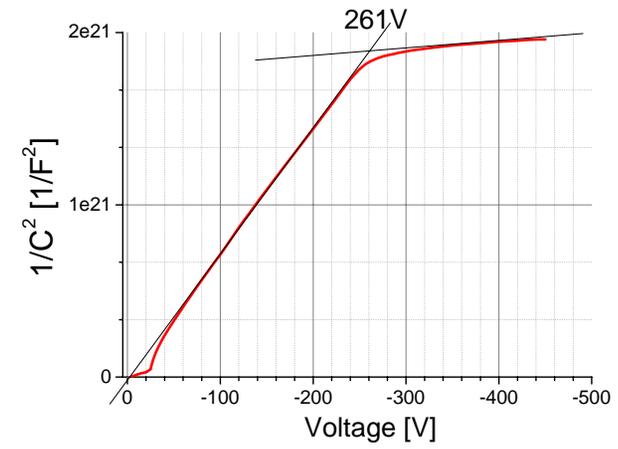
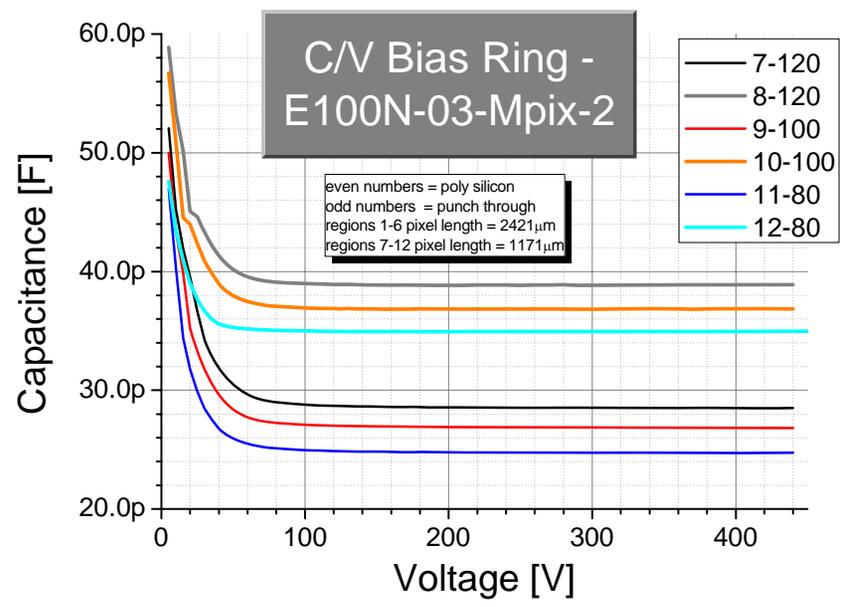
Messungen

- C/V und I/V Kurve des Biasrings
- Zwischenpixelwiderstand und -kapazität
- Pixelstrom und -kapazität
- Biaswiderstand
- Gemessen wurden bisher 19 FZ, 8 Mcz und 6 Epi Sensoren von allen verfügbaren Dicken und Technologien
 - Gute Übersicht über die Eigenschaften der unbestrahlten Sensoren!



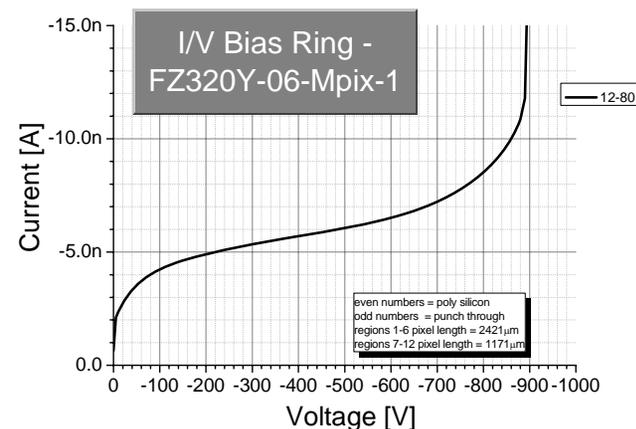
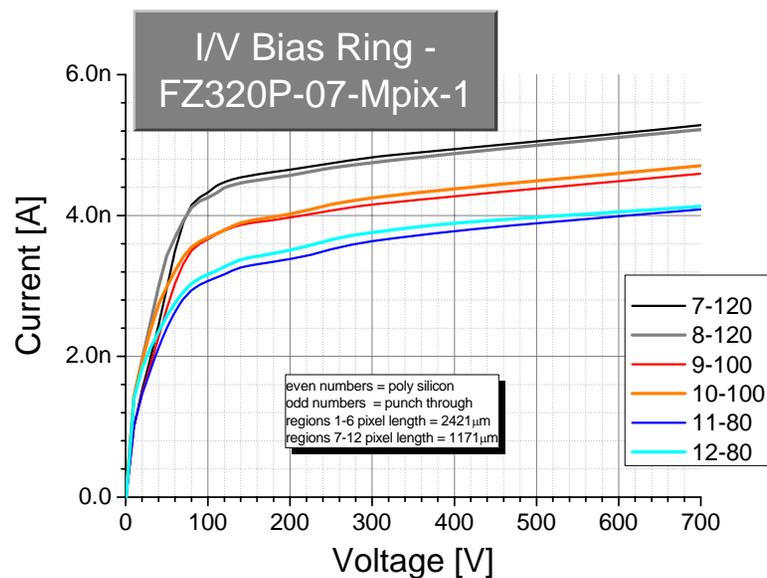


C/V Biasring



Plot have to be updated...

I/V Biasring

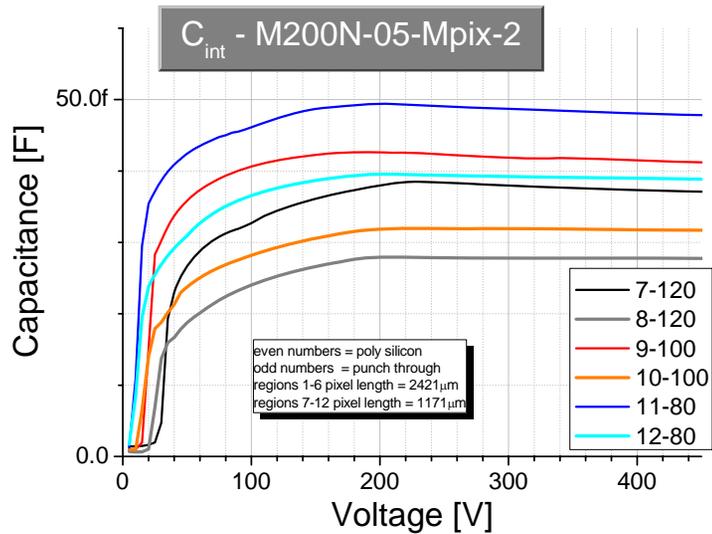


- Durchbruchsspannung
Typische Werte:

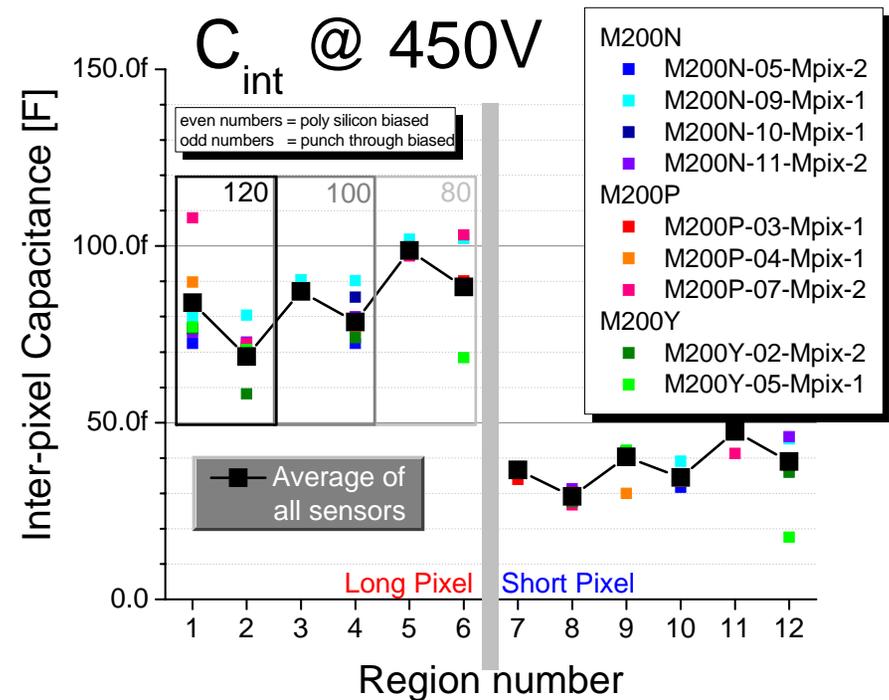
FZ320	> 1000V
FZ200, M200	> 700V
FZ120	> 500V
E100	> 500V
E50	> 350V

C_{int}

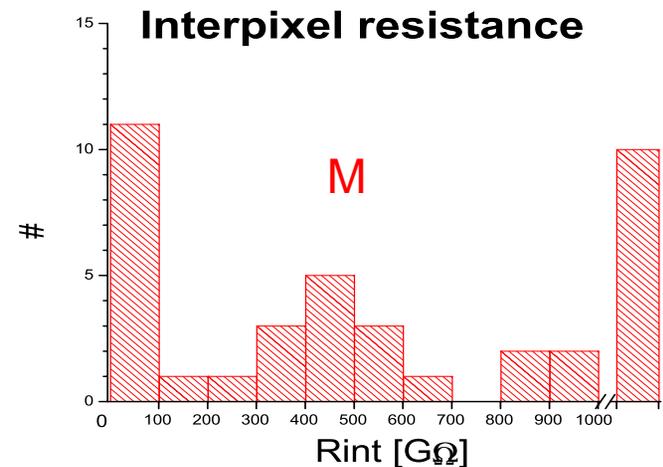
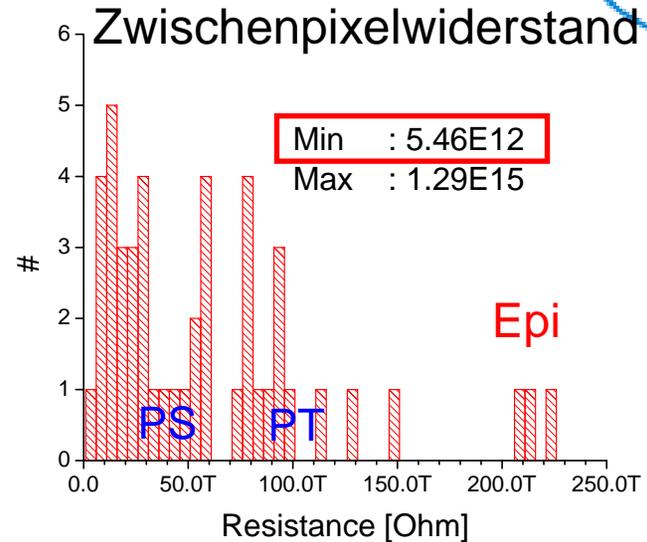
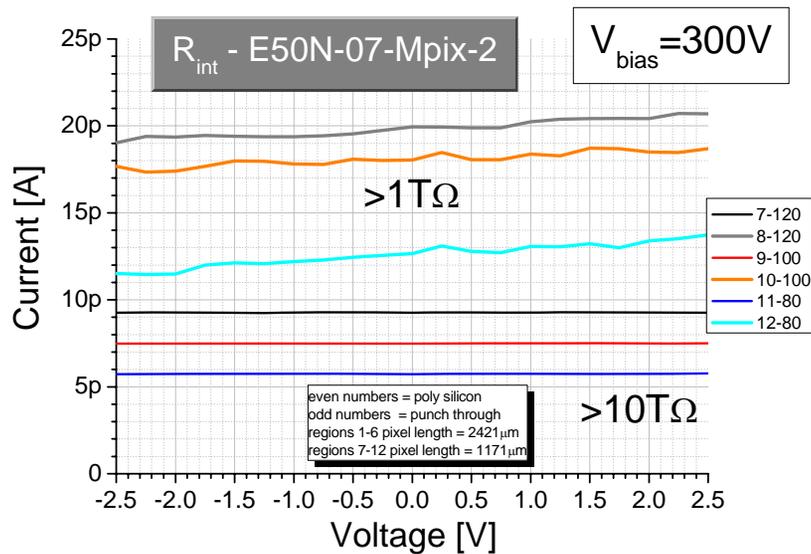
- Keine Abhängigkeit von der Technologie !!!



- $C_{PT} > C_{PS}$
- $C_{120\mu m} > C_{100\mu m} > C_{80\mu m}$
- $C_{lang} \sim 2 * C_{kurz}$



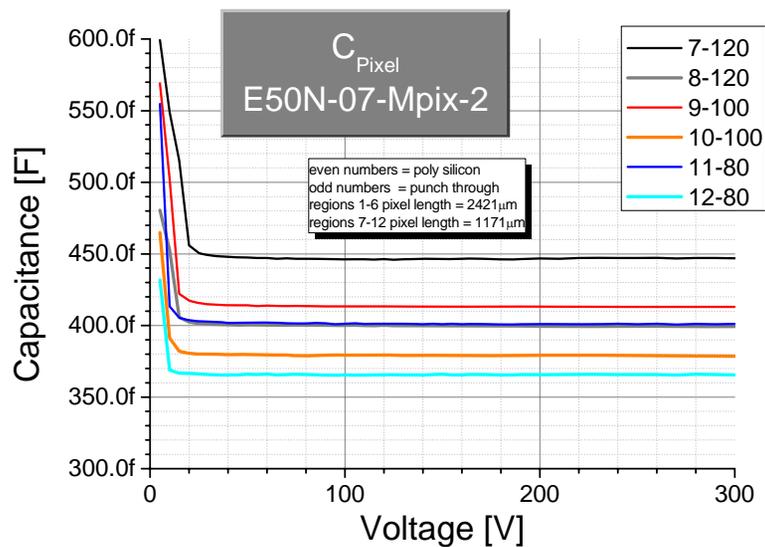
R_{int}



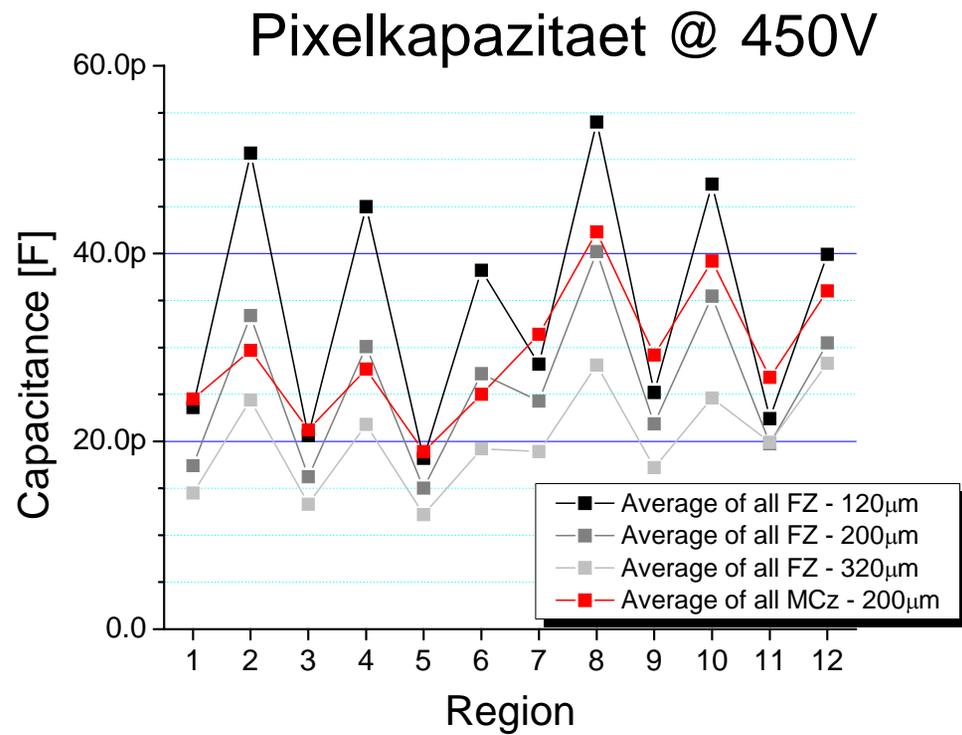
- $R_{int}(PT) > R_{int}(PS)$
- $>1T\Omega$ für Epi
- $>1G\Omega$ für M



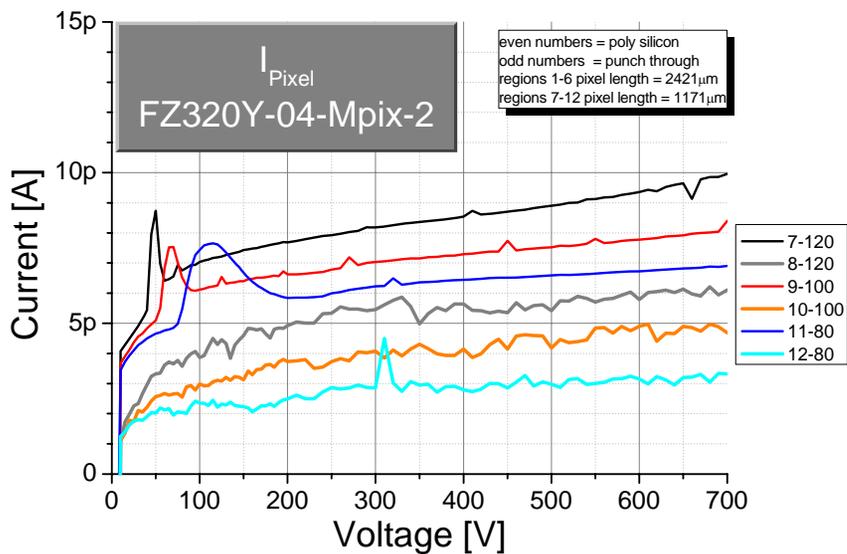
C_{pixel}



- $C_{\text{PT}} > C_{\text{PS}}$
- $C_{120\mu\text{m}} > C_{100\mu\text{m}} > C_{80\mu\text{m}}$
- $C_{\text{lang}} \leq C_{\text{kurz}}$

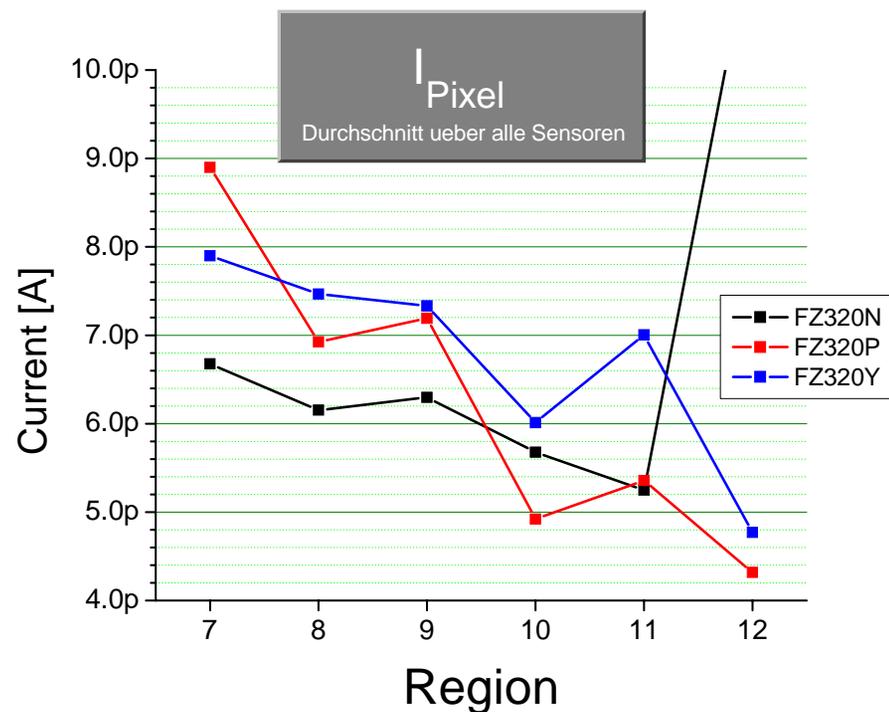


I_{Pixel}



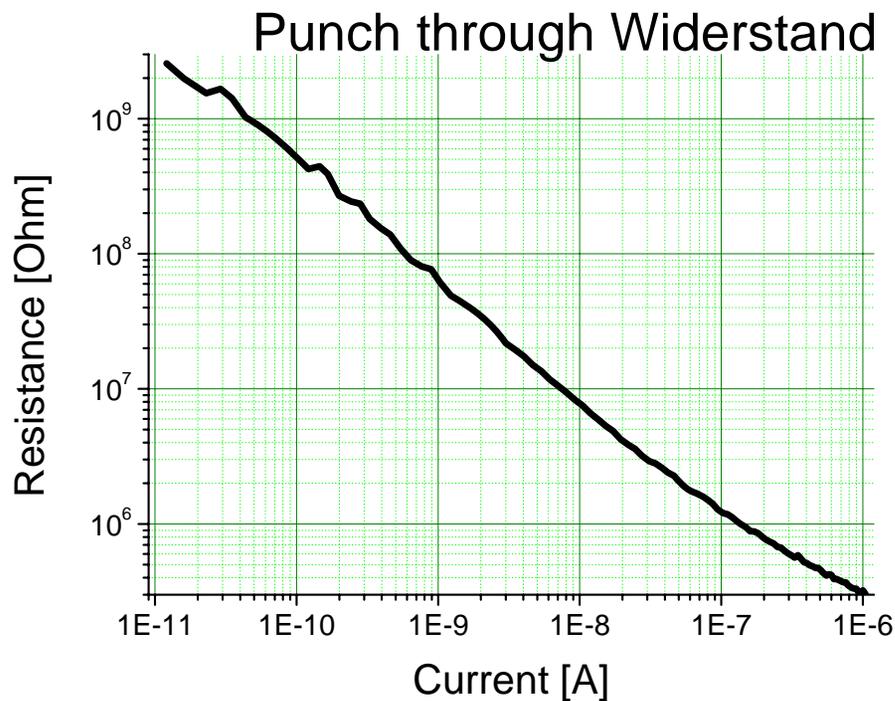
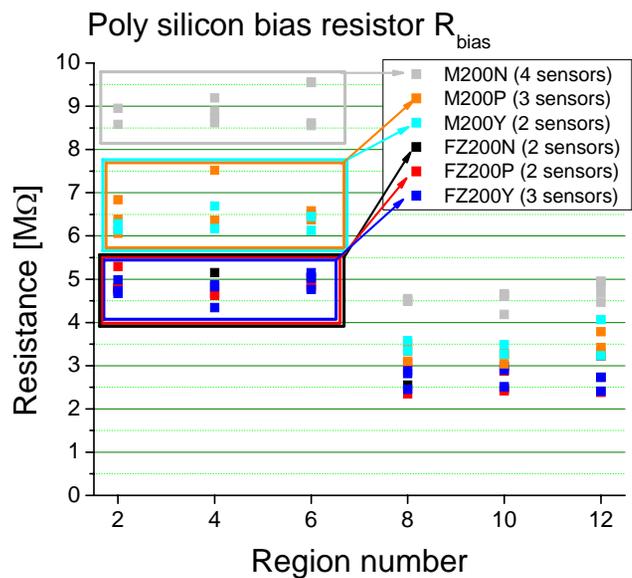
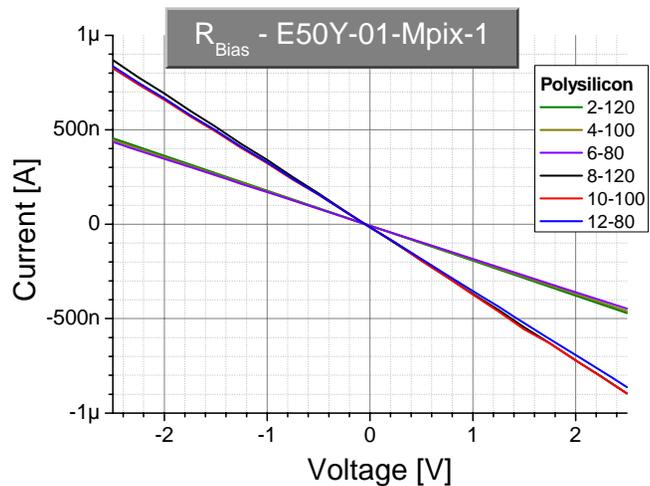
- $I_{PT} > I_{PS}$
- $I_{120\mu m} > I_{100\mu m} > I_{80\mu m}$

- Technologien zeigen gleiches Verhalten





R_{bias}



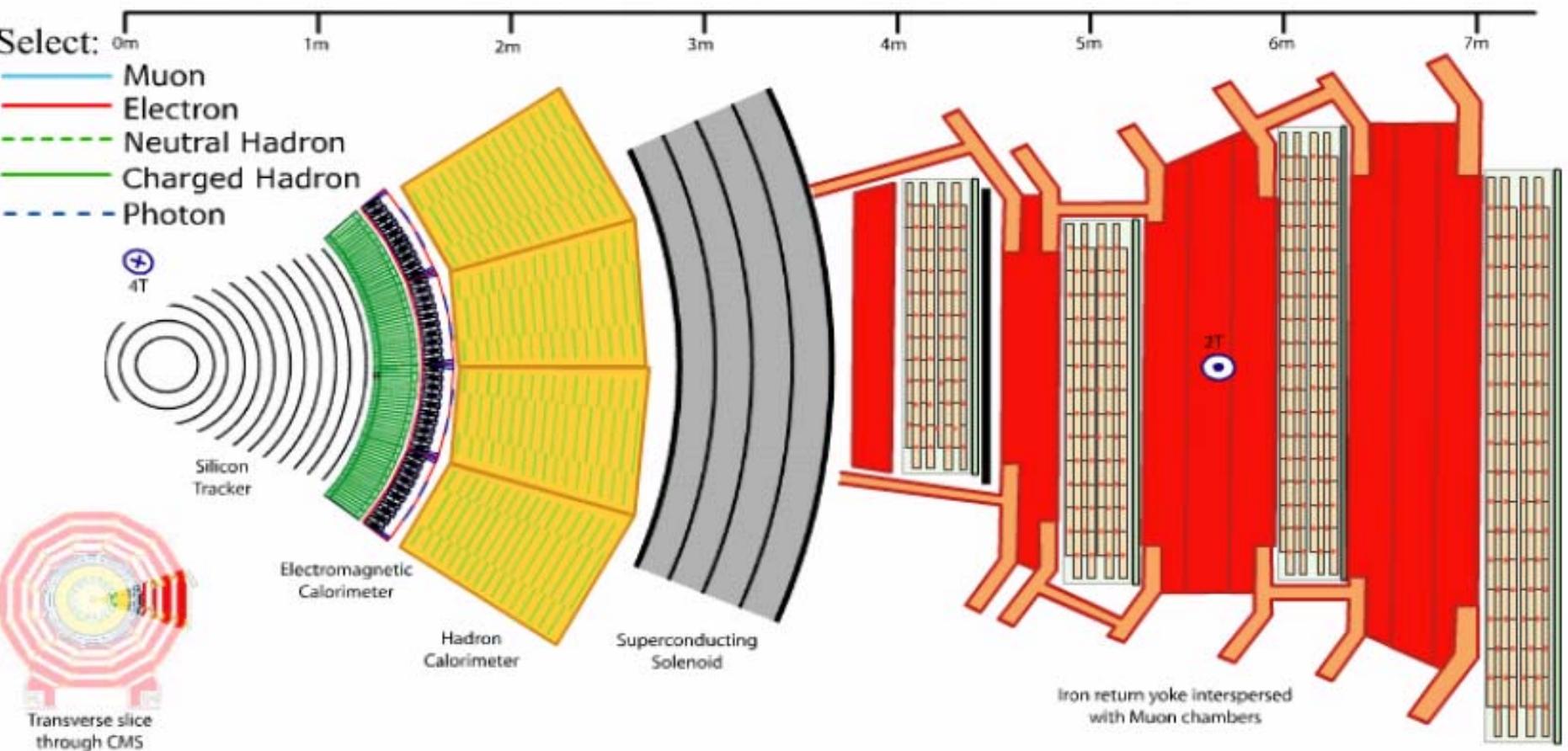


Zusammenfassung

- Alle untersuchten Mpix-Sensoren weisen eine gute Qualität auf
- Deutliche Unterschiede der elektrischen Eigenschaften für die verschiedenen Bias-Methoden
- Mpix Sensoren werden derzeit mit Protonen und Neutronen bestrahlt und anschließend erneut gemessen
- Parallel zu den elektrischen Messungen sind Teststrahlungsmessungen vorgenommen und Simulationen durchgeführt worden



Anhang





1. HPK# Campaign (1)

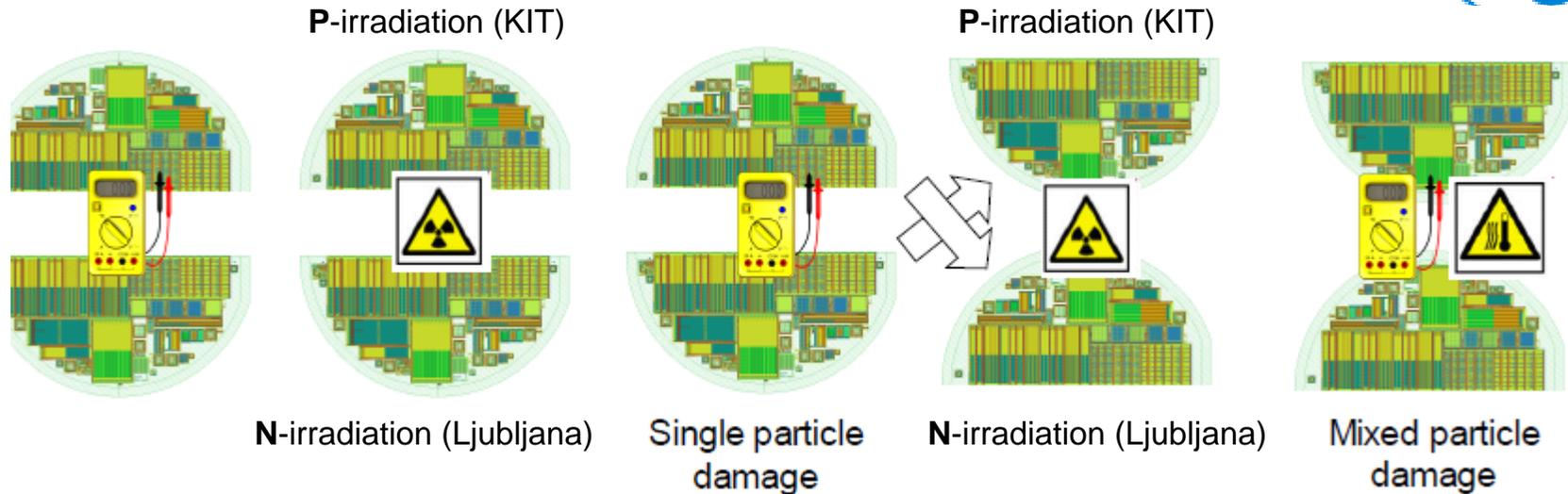
- The goal is to find the best material and geometry choice for the upgrade of the CMS (silicon) tracker
- To achieve this goal **one wafer layout** was designed and produced with **different substrates, thicknesses** and different **production technologies** *but* with same production process from **one manufacturer!** (Hamamatsu)

technology / material	FZ-320 μ m	FZ-200 μ m	FZ-200 μ m*	FZ-120 μ m	FZ-120 μ m*	MCz-200 μ m	Epi-100 μ m	Epi-50 μ m
P-in-N	6	6	6	6	6	6	6	6
N-in-P pstop	6	6	6	6	6	6	6	6
N-in-P pspray	6	4	6	4	6	6	6	6
2'nd metal P-in-N			6	FZ – Floating Z one silicon MCz – M agnetic C zochralski silicon Epi – EPI taxial silicon				
2'nd metal N-in-P pstop			6					
2'nd metal N-in-P pspray			6					

* Physical thickness is 320 μ m, active thickness is reduced by a “Deep Diffusion” process
#

In total 158 wafers have to be qualified, irradiated and re-qualified.

1. HPK Campaign (3)

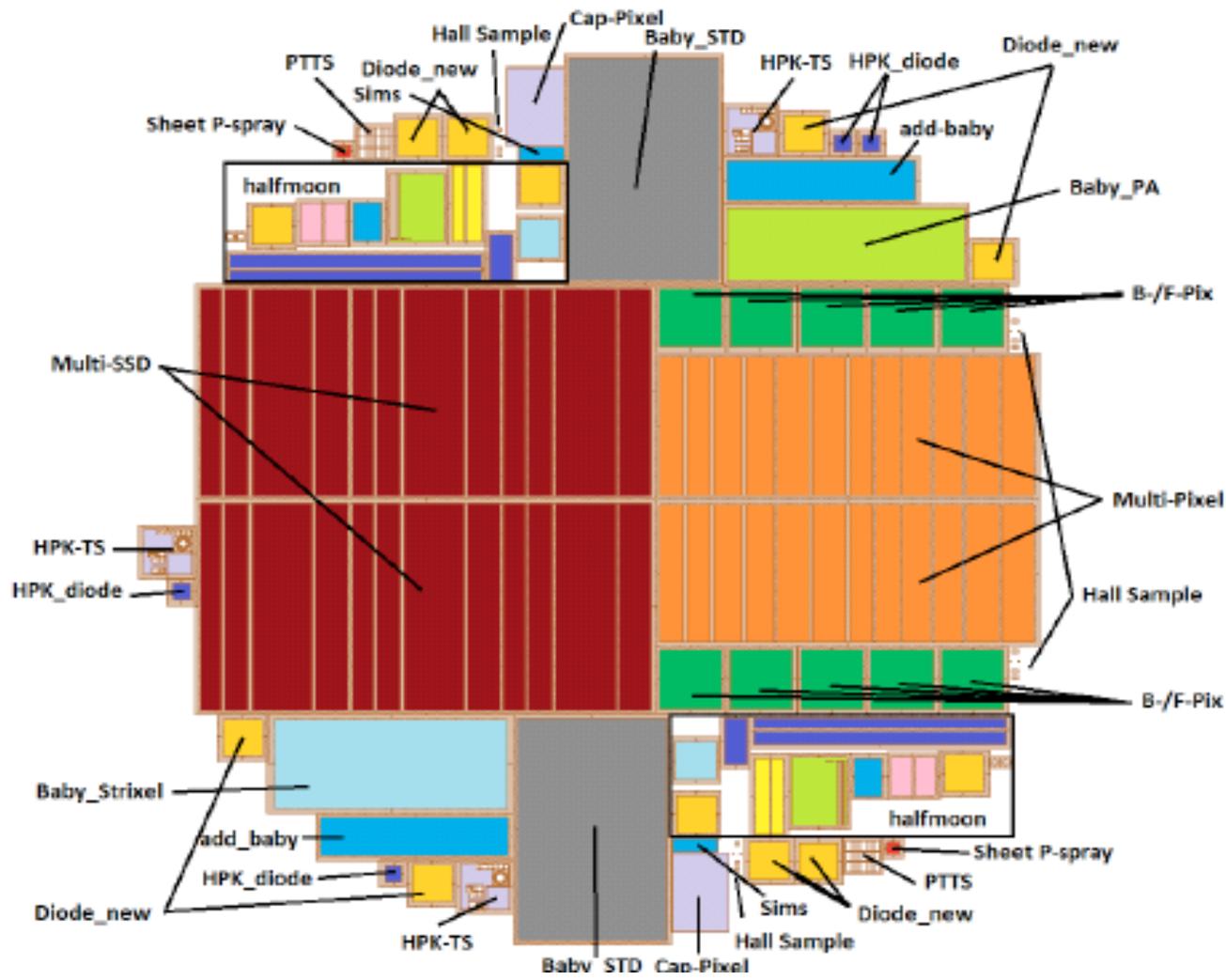


Expected fluences at 3000fb⁻¹ for CMS

Radius [cm]	Protons [10 ¹⁴ n _{eq} /cm ²]	Neutrons [10 ¹⁴ n _{eq} /cm ²]	Sum [10 ¹⁴ n _{eq} /cm ²]	Ratio P/N
5	130	10	140	13
10	30	7	37	4.3
15	15	6	21	2.5
20	10	5	15	2
40	3	4	7	0.75

- Corresponding to simulated fluences
- Single and mixed particle irradiation for 5 radii
 - Electrical measurements after each irradiation
 - Several beam tests
 - Annealing studies after irradiation

Wafer Layout





Biasing and isolation technics

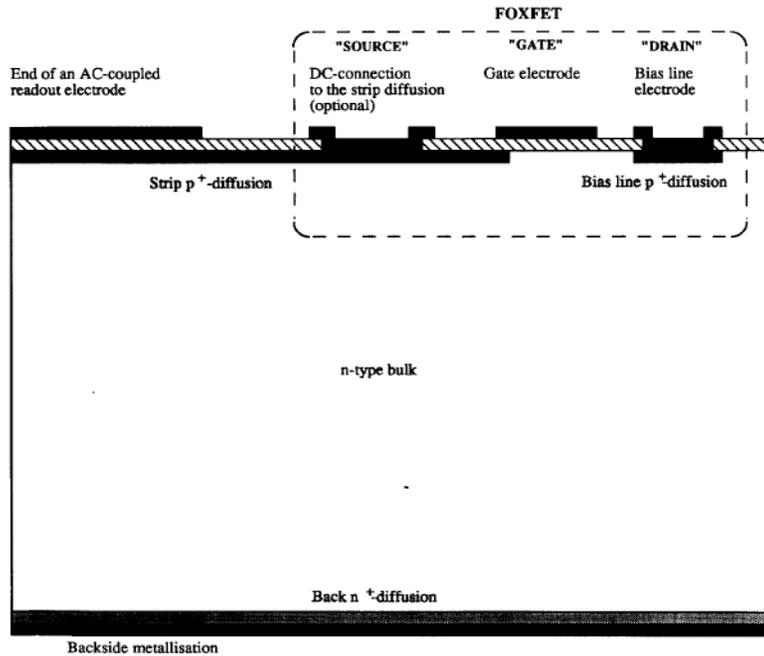
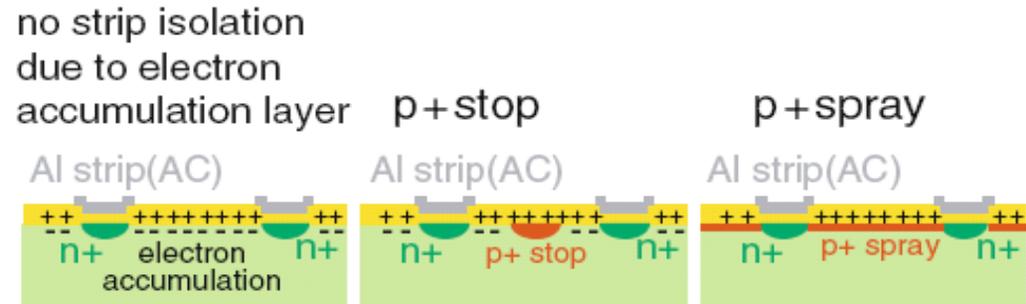


Fig. 1. A cross section along the direction of the strips of the FOXFET structure.



Operation and radiation resistance of a FOXFET biasing structure for silicon strip detectors

M. Laakso

Particle Detector Group, Fermilab, Batavia, IL, USA; and
Research Institute for High Energy Physics (SEFT), Helsinki, Finland

P. Singh, E. Engels, Jr. and P.F. Shepard

Department of Physics and Astronomy, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA