

HV-MAPS Performance Tuning am Beispiel des Prototypen MuPix6

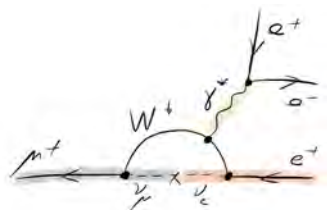
Jan Hammerich
für die Mu3e Kollaboration

Physikalisches Institut Heidelberg

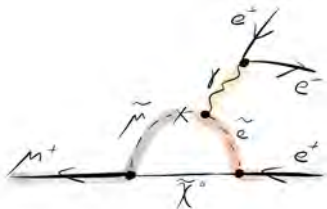
DPG Frühjahrstagung Wuppertal



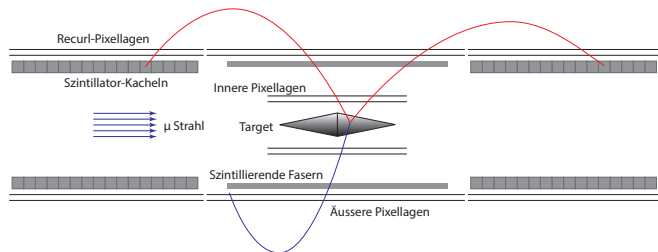
Mu3e Physik Motivation



- $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^+$ ist im Standard Model um $< 10^{-54}$ unterdrückt
- Aktuelle exp. Grenze: BR $< 10^{-12}$ (SINDRUM)
- Ziel ist eine Sensitivität von 1 in 10^{16} Zerfälle
- Signal wäre ein Zeichen für neue Physik

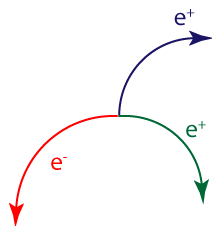


Das Mu3e Experiment

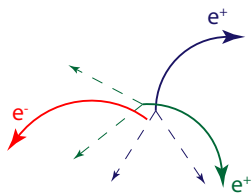


- Myonen zerfallen in Ruhe: $\Sigma \vec{p} = 0$
- 1T Magnetfeld
- $p_e \leq \frac{m_\mu c}{2} = 53 \frac{\text{MeV}}{c}$ (Energie-Impuls-Erhaltung)
- Rekonstruktion der invarianten Masse aus den Signalen

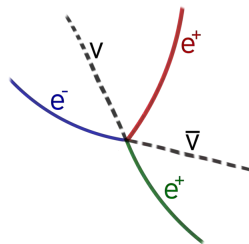
Hintergrundprozesse



Signal



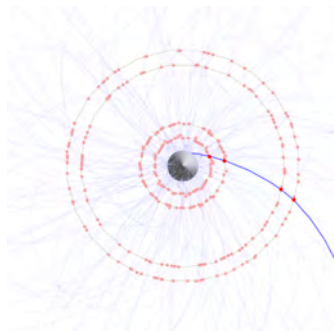
kombinatorisch



Interne Konversion

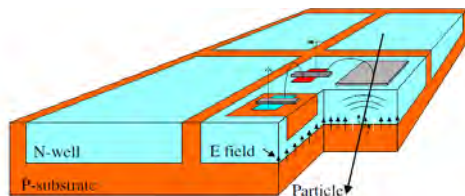
- 10^9 Zerfälle pro Sekunde
- Zufälliger Hintergrund
- Interne Konversion

Detektoransprüche



- Gute Vertexpfauflösung
- Gute Zeitaufauflösung
- Gute Impulsaufauflösung
- Mehrfachstreuung dominiert
- PixelgröÙe: $80 \times 80 \mu\text{m}^2$
- Zeitaufauflösung: $< 20\text{ns}$
- Materialbudget: $\leq 1\text{‰}X_0$
- Effizienz: $> 99\%$

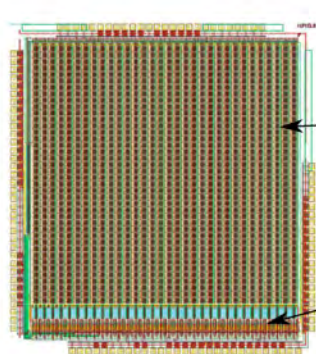
Hochspannung monolithische aktive Pixelsensoren



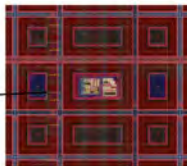
I. Peric, P. Fischer et al., NIM A 582 (2007) 87

- Tiefe n-Wanne in p-dotiertem Substrat mit Hochspannung in Sperrrichtung
- Verarmungszone ist das aktive Sensorvolumen
- Schnelle Ladungssammlung via Drift
- Sensor kann auf $\leq 50\mu\text{m}$ gedünnt werden

Der Chip



Pixel

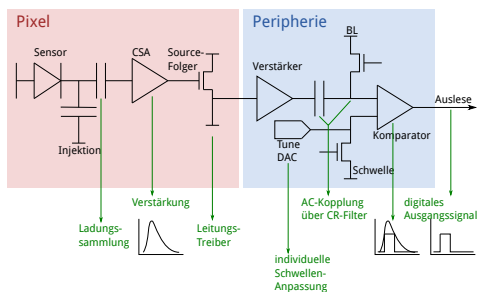


Digitalteil



- 32 x 40 Pixel
- 80 x 102 μm

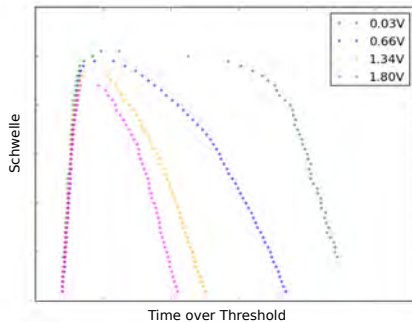
Pixel Elektronik



- Ladungssensitive Verstärker im Pixel
- Komparator in der Peripherie
- Digitale Auslese
- Verhalten wird von Bias-Strömen kontrolliert
- Komparatorschwelle kann pro Pixel individuell angepasst werden (tuning)

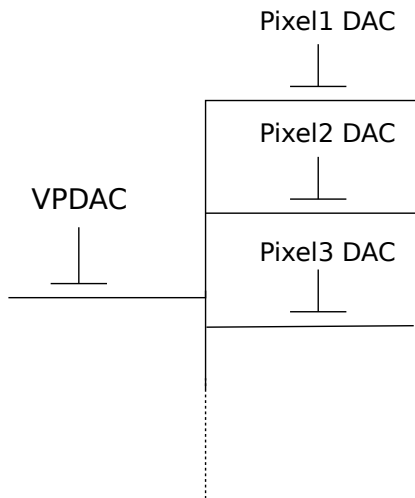
Pulsformung

Pulsform für verschiedene BLRes Werte



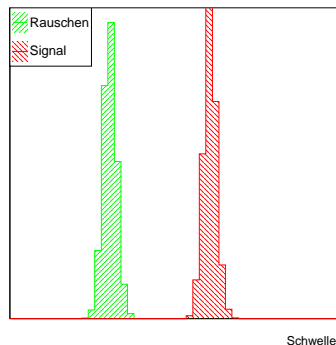
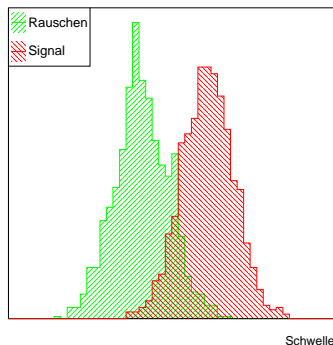
- Ströme steuern die Verstärkung und die Pulsform
- Dominieren den Stromverbrauch
- Kürzere Pulse erlauben kürzere Totzeiten

Pixel-Tuning



- Jedes Pixel hat einen eigenen 4-Bit DAC
- TuneDACs werden von einem globalen Bias Strom versorgt
- Bias Strom fließt in jedes Pixel
- verbraucht viel Leistung/Strom
- soll minimal aber groß genug sein

Methodik

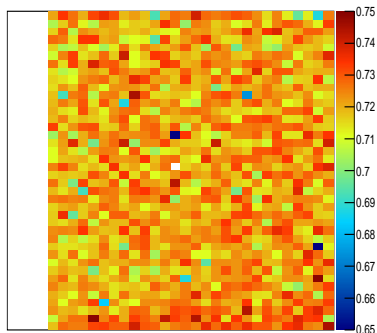


Messung der Rauschschwelle (50%)

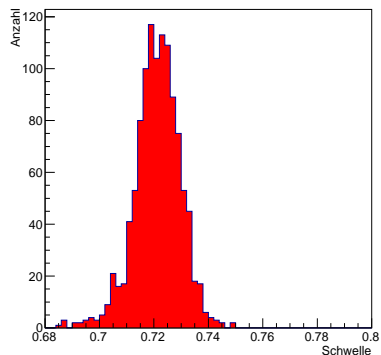
Schiebe mit dem TDAC bis zu einer gewählten Schwelle

Vorher

Baseline Map

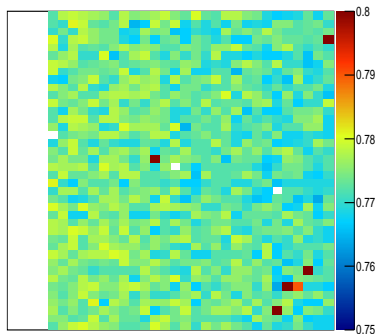


Baseline Verteilung

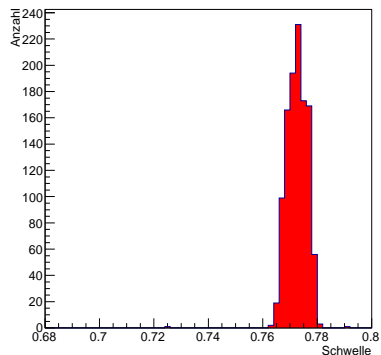


Nachher

■ Baseline Map

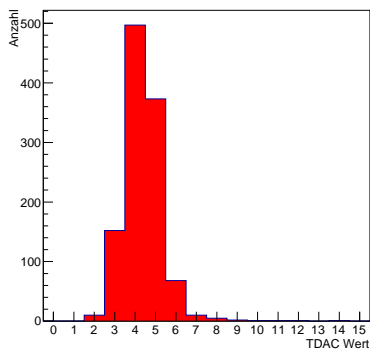


Baseline Verteilung



Ergebnisse

TDAC Verteilung



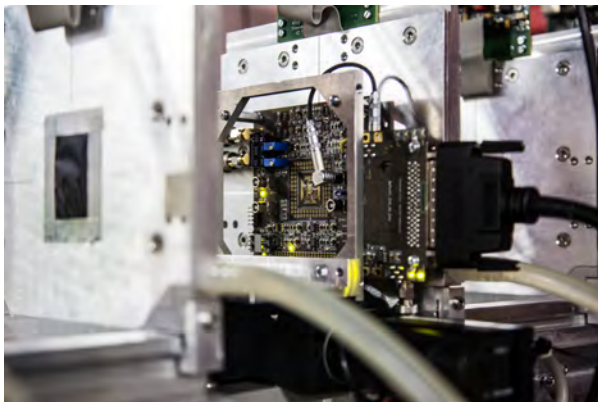
- Baseline Verteilung viel schmaler
- Mehr Effizienz
- Einige Ausreißer
- Methoden müssen noch weiter verbessert werden

Zusammenfassung

- Erste Tuningansätze zeigen vielversprechende Ergebnisse
- Effizienzsteigerung wird mit Testbeam-Messungen untersucht
- Weitere signalgetriebene Tuningmethoden werden untersucht
- Erste Tuningergebnisse bestätigen großes Potenzial der HV-MAPS Technologie

Ausblick

- Analyse des Testbeams März @ Desy
- MuPix7 serielle Auslese und interne State Machine
- Nächste MuPix Generationen mit größeren Chips



MuPix Generationen

	MuPix2	MuPix4	MuPix6	MuPix7
#Pixel	42×36	40×32	40×32	40×32
Pixelgröße	$30 \times 39 \mu m^2$	$80 \times 92 \mu m^2$	$80 \times 102 \mu m^2$	$80 \times 102 \mu m^2$
Aktive Fläche	$1.7 mm^2$	$9.4 mm^2$	$10.4 mm^2$	$10.4 mm^2$
#DACs	8	9	12	12
Neuheit	Funktionsbeweis	digitale Auslese	2. Verstärker	Serieller Ausgang, interne State Machine
Auslese	Rolling Shutter	Priorität	Priorität	Priorität