

# **Fortgeschrittenen-Praktikum Teil I**

## **Versuch:**

### **Mikrostreifen-Detektor**

**Durchführung in Raum D-08.24**

Kontakt : P.Gerlach  
Raum : D-08.22  
Telephon : 2821  
email : peter.gerlach@physik.uni-wuppertal.de

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Zielsetzung des Experiments</b>	<b>2</b>
<b>2 Vorkenntnisse</b>	<b>3</b>
<b>3 Literatur</b>	<b>4</b>
<b>4 Laser- und Strahlenschutz</b>	<b>4</b>
<b>5 Durchführung des Versuchs</b>	<b>5</b>
<b>A Standardeinstellungen Driverbox</b>	<b>9</b>
<b>B Programme zur Auslese und Datenanalyse</b>	<b>9</b>

## 1 Zielsetzung des Experiments

Mikrostreifen-Detektoren sind moderne Halbleiter-Detektoren, die zur Ortsmessung und Abbildung der Bahnen ionisierender Teilchenstrahlung verwendet werden. Sie bestehen aus dünnen Silizium-Wafern, die in eine große Anzahl von schmalen Streifen aufgeteilt sind.

Mikrostreifen-Detektoren haben in den letzten Jahren in vielen Experimenten der Teilchenphysik, wie etwa am LEP-Speicherring am CERN, aber auch in astrophysikalischen und medizinischen Anwendungen Einsatz gefunden.

Bei den z.Zt. im Bau befindlichen Großexperimenten am CERN (CMS und ATLAS) werden Steifendetektorsysteme mit bis zu  $200 \text{ m}^2$  Detektorfläche die bisher als Spurdetektoren eingesetzten Driftkammern ablösen.

In diesem Versuch sollen Sie einen Mikrostreifen-Detektor kennenlernen und betreiben, wie er im Vertex-Detektor des DELPHI-Experiments am CERN verwendet wurde. Das zur Verfügung stehende Testsystem wurde im Rahmen einer Diplomarbeit im Labor für Detektorentwicklung des Fachbereichs Physik aufgebaut. Es besteht neben eigenentwickelter Signalelektronik zur Auslese und Ansteuerung des Silizium-Detektors aus einem Digitaloszilloskop, welches von einem PC ausgelesen wird.

Sie werden einige grundlegende Eigenschaften von Mikrostreifen-Detektoren untersuchen und elektrische Messungen am Auslesesystem sowie Messungen mit einem  $\beta^-$ -Präparat am Detektor durchführen. Die Auswertung und graphische Darstellung der Daten erfolgt auf dem PC.

## 2 Vorkenntnisse

- Anwendungsgebiete ortsauflösender Detektoren für Teilchenstrahlung, Anforderungen an diese Detektoren
- Unterschiede zwischen Gas- und Halbleiter-Detektoren, Detektor-Eigenschaften von Halbleitern, Vor- und Nachteile von Halbleiter-Detektoren
- Funktionsweise von Halbleiter-Detektoren: pn-Grenzschicht, Raumladungszone, Sperrspannung, Leckstrom, Detektor-Kapazität, Energieverlust ionisierender Teilchenstrahlung in Halbleitern: Signalentstehung, Signalgröße, minimal ionisierende Teilchen, Nachweis (niederenergetischer) Photonen
- Segmentierung von Halbleiter-Detektoren, Ortsauflösung, ihre Begrenzung, Rauschen, Verteilung des Signals über den Streifendetektor, Prinzip der Herstellung
- Auslese von Mikrostreifen-Detektoren, kapazitiv gekoppelte Auslese, Multiplexing, Analog-Digital-Konvertierung, Signal-Prozessor, Begriff „Pedestal“
- Aufbau eines Vertex-Detektors für Hochenergiephysik-Experimente, typische Anzahl von Auslesekanälen, Dauer der Auslese, Prinzip der Rekonstruktion einer Teilchenspur
- Test von Mikrostreifen-Detektoren mit IR-Licht und  $\beta^-$ -Präparat, Zerfallschema von  $^{90}\text{Sr}$ , Funktionsweise von Laserdiode, Lichtwellenleiter, Szintillierenden Fasern, Photomultiplier

### 3 Literatur

1. K. Kleinknecht, *Detektoren für Teilchenstrahlung*, 3. Aufl., Teubner-Verlag Stuttgart, 1992  
Bibliothek: Signaturen 72UHQ1161(3), 91UHP1310(3)
2. C. Grupen: *Teilchendetektoren*, BI-Wiss.-Verl., 1993  
Bibliothek: Signatur 73 UHQ1200
3. W.R. Leo: *Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach*, Springer-Verlag, 1994  
Bibliothek: Signaturen 72UHX4677, 91UHX4677(2)  
Kapitel 10: *Semiconductor Detectors*,
4. G. Lutz: *Semiconductor radiation detectors*, Springer, 1999  
Bibliothek: Signatur 73 UHQ1218
5. A.M. Litke, A.S. Schwarz: *Siliciumstreifen-Detektoren*, Spektrum der Wissenschaft, August 1995, S. 54-59
6. [http://delonline.cern.ch/delphi\\$www/public/delphi/delphi.html](http://delonline.cern.ch/delphi$www/public/delphi/delphi.html)
7. M. Caccia, *The DELPHI Microvertex Detector*,  
DELPHI preprint 92-137 PHYS 236
8. Oder einfach unter <http://www.google.de> nach  
„DELPHI Microvertex Detector“ suchen :-)

### 4 Laser- und Strahlenschutz

Beachten Sie die in der zu Beginn des Semesters in der Strahlenschutz-Belehrung gegebenen Verhaltensregeln. Zusätzlich werden Sie über den Umgang mit Laserstrahlen belehrt.

## 5 Durchführung des Versuchs

### 5.1 Komponenten des Versuchs

Machen Sie sich mit den Komponenten des Versuchsaufbaus und ihrer Funktion vertraut:

- Driverbox, Netzteile
- Mikroskop, Detektor auf Verfahrtsch, Leitungsverstärker, Motorsteuerung
- IR-Laser-Einkoppelung
- Trigger-Detektor, Photomultiplier, CAEN Hochspannungsversorgung, NIM-Komponenten
- Speicher-Oszilloskop
- PC-Auslesesoftware

### 5.2 Was sieht man?

Beobachten Sie mit der am Mikroskop angebrachten Videokamera die Struktur des Mikrostreifen-Detektors auf dem Monitor. Verfahren Sie den sichtbaren Ausschnitt mit der Motorsteuerung. Beschreiben Sie Details und Dimensionen.

### 5.3 Welche Signale kommen raus?

Schalten Sie das Oszilloskop und die Driverbox ein. Überprüfen Sie die Einstellungen an der Driverbox laut Anhang [A](#).

Beobachten Sie einige Driverbox-Steuersignale zur Datennahme- und Auslesephase des Mikrostreifen-Detektors auf dem Oszilloskop. Triggern Sie auf RDB(SI), beobachten und erläutern Sie z.B. die Funktion von RO,  $\Phi 1$  und PlsConv.

Starten Sie die Driverbox, indem Sie den Schalter von Burst auf Test umstellen. Sie können Ausdrücke der Oszilloskop-Anzeige anfertigen (siehe Anhang [B.1](#)).

### 5.4 Läßt sich das optimieren?

Betreiben Sie den Mikrostreifen-Detektor im folgenden im Dunkeln (Türe des Versuchsaufbaus schließen).

Schalten Sie die Netzteile ein. Stellen Sie  $U_{BIAS}$  so ein, daß  $I_{BIAS} \leq 35\mu A$ . Wählen Sie  $U_{GATE} = -15V$  und  $U_{DRAIN} = 4.45V$ .

Beobachten Sie am Oszilloskop die Analog-Ausgangssignale aus dem Leitungsverstärker. Triggern Sie auf RDB(SI)-NIM der Driverbox (Oszilloskop Kanal 2, 0.5 V, 50  $\Omega$ , trig. -670 mV, time base 10  $\mu s$ , record length 2500).

Kanal 1: Analog Out des Leitungsverstärkers (1 V, 50  $\Omega$ ).

Kanal 3: konvertiertes  $\Delta PlsConv$  (TTL) (2 V, 50  $\Omega$ ).

Wie ändern sich die Signalhöhen der Kanäle, wenn  $U_{BIAS}$ ,  $U_{GATE}$  und  $U_{DRAIN}$  variiert werden? Stellen Sie günstige Werte ein. Welche Auffälligkeiten stellen Sie fest?

### **5.5 Wie reagiert der Detektor auf Lichtpulse?**

Benutzen Sie einen fokussierten IR-Laser-Lichtpunkt zur Untersuchung der einzelnen Streifen. Der Laser-Treiber muß an die Buchse BCP der Driverbox angeschlossen werden.

Warum wird dieser Wellenlängen-Bereich verwendet?

Der Laser wird im Pulsmodus betrieben. Warum, und was passiert bei Dauerstrichbetrieb? Paßt das mit dem Bild der Kamerea zusammen?

Verfahren Sie den Laser-Spot mit der Motorsteuerung über den Detektor. Wie ändert sich das Signal dabei (und warum)?

Gibt es defekte oder auffällige Streifen? Wie wirken sich diese Defekte aus?

Worin unterscheiden sich „Rauschen“ und „Pedestals“? Schätzen Sie unter zu Hilfe nahme der „persistence“-Funktion des Oszilloskopes das Rauschen des Ausgangssignales ab.

### **5.6 Auslese mittels PC**

Die im Oszilloskop nach einer analog/digital Wandlung gespeicherten Spannungsverläufe vom Ausgangssignal und vom Takt werden in den PC übertragen. Die extraktion der gültigen Spannungswerte des Signals an den Taktflanken wird von der Software übernommen. Zur Darstellung dieser Prozedur dient der erste Programmteil.

### **5.7 Pedestals**

Zur Verdeutlichung von „Pedestals“: Benutzen Sie den Programmteil PEDESTALS und vergleichen Sie die Daten von je einer einzelnen Auslesephase mit und ohne Laser-Lichtpunkt auf dem Detektor.

Nennen Sie Ursachen, die zum Auftreten der Pedestals führen und die durch sie möglicherweise verursachten Komplikationen bei der Nutzung von Daten aus Mikrostreifen-Detektoren.

Auf welche Weise könnte man den Einfluß der Pedestals kompensieren?

### **5.8 Finden von Treffern**

Benutzen Sie den Programmteil IRLASER und zeichnen Sie Laser-Signale an vielen Stellen des Detektors auf. Achten Sie darauf, einen Abstand zwischen den Aufnahmepositionen von mindestens zehn Streifen einzuhalten.

Wir wirkt sich eine Variation der Schwelle auf einzelne Aufnahmen aus?  
Läßt sich eine allgemeingültige Schwelle finden (Unterprogrammteil SUMME)?

## 5.9 Dynamischer Bereich des Systems

Untersuchen Sie mit Hilfe der Testeingänge der Multiplex-Chips das dynamische Verhalten der Ausleseelektronik.

Stellen Sie an der Driverbox den Schalter von PED auf CAL und benutzen Sie die Schalter Cal1–Cal4 zur Selektion jedes ersten bis vierten Testkanals. Die Höhe der während der Datennahmeperiode erzeugten Testpulse kann am Potentiometer U-Cal eingestellt werden. Arbeiten Sie im Testmodus und beobachten Sie das Oszilloskop-Bild.

Welche Auffälligkeiten gibt es bei der Auswahl einer der vier Kalibrationskanäle, bei sehr kleinen oder sehr großen Werten von Ucal?

Nutzen Sie die Cursor-Funktion des Oszilloskops, um einen groben Verlauf der Kalibrationskurve (Ausgangssignal der Streifen gegen Ucal an Driverbox) für einige Streifen aufzunehmen.

Wie müssen hierbei die unterschiedlichen Pedestals berücksichtigt werden? In welchem Bereich zeigt sich ein linearer Zusammenhang?

Nehmen Sie für Ucal-Werte unter- und oberhalb des linearen Bereiches einen genauen Verlauf für einige Streifen auf (wieder mit der Cursor-Funktion des Oszilloskops).

Nutzen Sie den Programmteil CALIB, um für viele Streifen den linearen Bereich aufzunehmen und Geraden anzupassen. Diskutieren Sie die Fehler der Geradenanpassungen.

Passen die vom Rechner ermittelten Werte mit den von Ihnen von Hand aufgenommenen Kurven zusammen?

Welche maximale Ladung kann die Elektronik verarbeiten? (zur Umrechnung: Testkapazität 192 fF)

Schätzen Sie die für ein minimal ionisierendes Teilchen zu erwartende Signalhöhe ab. Welche Schlußfolgerung ergibt sich daraus für den Detektorbetrieb?

## 5.10 Nachweis ionisierender Teilchen

Nachweis von (minimal) ionisierenden Teilchen mit dem Mikrostreifen-Detektor:

Lassen Sie vom Assistenten das  $^{90}\text{Sr}$ -Stabpräparat installieren. Als Trigger-Detektor dient eine szintillierende Faser von 1 mm Durchmesser, die parallel zu den Streifen orientiert ist.

Warum ist das  $^{90}\text{Sr}$ -Präparat geeignet? Wie ist der Einfluß dieser Trigger-Konstruktion auf registrierte Teilchendurchgänge einzuschätzen? Welches Verhältnis der Zählraten der NIM-Zähler „Photomultiplier-Pulse“ und „Driverbox-Auslesen“ ist zu erwarten?

Schalten Sie die CAEN-Hochspannungsversorgung des Photomultipliers an (Kanal 4, 1450 V). Beachten Sie dazu die Bedienungsanleitung auf dem Tasten-

feld der Hochspannungsversorgung!

Der Ausgang des NIM-Diskriminators wird an den Trigger-Eingang der Driverbox angeschlossen.

Oszilloskop-Einstellungen: triggern auf Kanal 2, 0.5 V, 50  $\Omega$ , trigger level -670 mV, trigger position 0%, time base 10  $\mu$ s, record length 2500. Kanal 1: Analog Out des Leitungsverstärkers (**10 mV**, 50  $\Omega$ ). Kanal 3: konvertiertes  $\Delta$ PlsConv (TTL) (2 V, 50  $\Omega$ ).

Starten Sie den Programmteil SOURCE und lesen Sie eine größere Anzahl von Ereignissen aus (100 – 1000). Wiederholen Sie den Nachweis der Elektronen an verschiedenen Stellen des Detektors, indem Sie den Verschiebetisch verstellen.

Welche Signalverteilung in den Streifen erwarten Sie? Diskutieren Sie die untersuchten Aspekte des Detektors zum Teilchennachweis.

## A Standardeinstellungen Driverbox

Größe	Wert	Einstellung
$\Delta RST$	850 ns	Schalter: 8
$\Delta S1$	1000 ns	Schalter: 14
$\Delta S2$	2.5 – 13 $\mu s$	Schalter: 28 – FF
$\Delta CAL$	$\approx 200$ ns	Schalter 0 – 2
$\Delta DTCP$	0 – 100 ns	Schalter 0 – 1
TimeConv	1000 ns	Schalter: F
$W\Phi$	100 ns	(Poti)
$\phi\Phi$	300 ns	(Poti)
$\Delta PLSCONV$	$\approx 800 - 900$ ns	Schalter: 28
W-PLSCONV	50 ns	(Poti)
#MPX	4 MX3-Chips auslesen	Schalter: 3
#f.Sirocco	Trigger Type	Schalter: 0

## B Programme zur Auslese und Datenanalyse

### B.1 Programm zum Ausdruck der Anzeige des Oszilloskops

Das Programm `hardcopy` erlaubt Ihnen die Speicherung und/oder den Ausdruck der Anzeige des Oszilloskopes. Nutzen Sie dieses Programm, um Ihre Beobachtungen und Messmethoden zu dokumentieren.

### B.2 Programm zur Datennahme und Analyse

Alternativ zum Programm `hardcopy` können Sie das Programm `fp_mikro` starten. Dieses erlaubt Ihnen für alle beschriebenen Teile des Versuches die Visualisierung und den Ausdruck der genommenen Daten und Ihrer Auswertung.