

Die 360° Kamera aus gebogenen Siliziumsensoren für Teilchenkollisionen am CERN

Autorin: Julia Els

Der Detektor

Das ITS2



Siliziumsensoren als flache Streifen
Nachteile:

- Sensorflächen unterschiedlich weit vom Strahl entfernt
- Sensoren überlappen sich
- hoher Stabilisierungsaufwand zur Vermeidung von Verformungen
 Folge: Messungsgauigkeiten

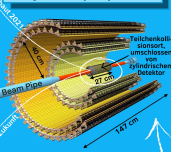
Das ITS3



Siliziumsensoren, gebogen zu Halbzylindern
Vorteile:

- perfekte zylindrische Form
- lückenlose Abdeckung ohne Überlappung
- weniger Stabilisierung nötig
- bessere Detektion, da ca. 21% näher am Kollisionspunkt
 Folge: weniger Störstreuung

Das "Inner Tracking System" (ITS)



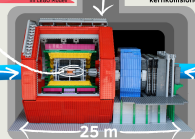
Fragestellung

Ist es möglich, flache Siliziumsensoren zu biegen, ohne die integrierte Elektronik zu beschädigen?

Das Experiment



ALICE Experiment

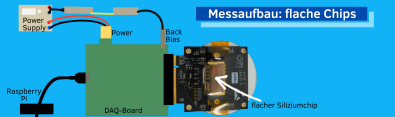


Erforschung des Urkernals durch Erzeugung eines sehr dichten Materiezustands bei Bleikernekkollisionen

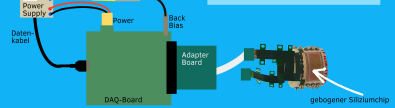
Die Messungen

Vergleich flacher und gebogener Chips anhand von sieben verschiedenen Funktionstests (Power-on Test, FIFO Test, Digital Test, Analog Test, DAC Test, Threshold Scan, Fake-hit-rate Test)

Messaufbau: flache Chips



Messaufbau: gebogene Chips



Large Hadron Collider (LHC)

Bleikerne

Bleikerne

27 km Umfang

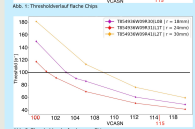
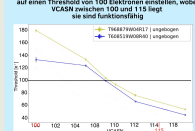
Der Threshold Scan

Wenn Teilchen durch den Sensor fliegen, werden die Siliziumatome ionisiert, dabei werden Elektronen frei. Deren Anzahl kann gemessen werden.

Da in Silizium immer auch freie Elektronen vorhanden sind, legt man eine Schwelle fest, ab der die Anzahl der Elektronen als Signal gewertet werden soll.

Diese Schwelle muss bei gebogenen Chips genauso gut einstellbar sein wie bei flachen. Um die Einstellbarkeit der Schwelle zu überprüfen, wird ein Threshold Test gemacht (Threshold = Schwelle).

Flache Chips (Abb. 1) und gebogene Chips (Abb. 2) lassen sich auf einen Threshold von 100 Elektronen einstellen, wobei VCASN zwischen 100 und 115 liegt (siehe zwischenfunktionstest)



Durchführung

am Beispiel des Threshold Scan

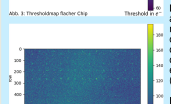
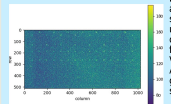
Durch einen Parameter (VCASN, angelegte Spannung) wird der Threshold in regelmäßigen Abständen verändert. Erfahrungsgemäß soll er für die Nutzung des Sensors bei 100 Elektronen liegen (schwarze Linie, Abb. 1 und 2).

Der Sensor ist in Ordnung, wenn der VCASN Wert bei einem Threshold von 100 Elektronen zwischen 100 und 115 liegt (rote Skalaberschriftung).

Das ist sowohl bei den flachen Sensoren, als auch bei den gebogenen Chips der Fall.

Thresholdverteilung

Die Verteilung des Thresholds eines flachen Chips (Abb. 3) und eines gebogenen Chips (Abb. 4), über die Pixel ist bei einem Threshold von 100 Elektronen homogen



Ein Siliziumsensor besteht aus 512 x 1024 Pixeln. Diese Pixel haben alle einen unterschiedlichen Threshold. Ein Chip ist nur dann funktionsfähig, wenn die Verteilung homogen ist. Ansonsten wäre die Messgenauigkeit über die Sensorfläche variieren würde.

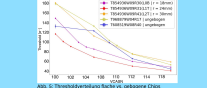
Die Verteilung kann man anhand einer Thresholdmap erkennen. Dort sind die Schwellen der Pixel auf dem gesamten Chip in den der Farbskala entsprechenden Farben dargestellt (s. Abb. 3 und 4).

Flache und gebogene Sensoren haben eine ähnlich gute Thresholdverteilung.

Ergebnis

am Beispiel des Threshold Scans

Ähnlicher Thresholdverlauf von flachen und gebogenen Chips



- Die Verläufe des Thresholds liegen sowohl für die flachen als auch für die gebogenen Chips im Normalbereich und unterscheiden sich kaum voneinander

- Die Verteilung des Thresholds über die Pixel ist bei beiden Chips sehr ähnlich

→ Die Schwellen beider Chips lassen sich einstellen

- Ähnliche Ergebnisse auch bei den anderen 6 Tests

Gebogene Chips können gleichermaßen verwendet werden wie flache. Die Vorteile können daher für das neue ITS genutzt werden, das voraussichtlich 2025 als erster Detektor aus gebogenen Siliziumsensoren im ALICE Experiment verbaut werden kann.