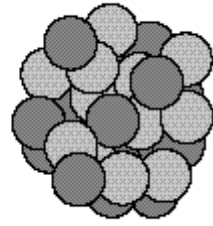




Praktikum für Fortgeschrittene  
Institut für Kernphysik  
Technische Universität Darmstadt



## **VERSUCH 2.3:** **$\alpha$ -Spektroskopie mit einem Halbleiterzähler**

### Aufgabe:

Sie sollen sich mit dem Meßsystem Halbleiterdetektor mit anschließender Elektronik (ladungsempfindlicher Vorverstärker, Hauptverstärker mit Impulsformung, Analog-Digitalconverter, Datenspeicher) und den Grundlagen des  $\alpha$ -Zerfalls vertraut machen.

Zunächst führen Sie mit einem Impulsgenerator und einem  $\alpha$ -Präparat eine Energieeichung durch, indem Sie die Energie einer prominenten Linie des  $^{241}\text{Am}$  als bekannt voraussetzen. Aus dem gemessenen Impulshöhenspektrum bestimmen Sie dann die Energie aller anderen  $\alpha$ -Linien des  $^{241}\text{Am}$  Präparates sowie die relativen Intensitäten aller beobachteten  $\alpha$ -Linien. Aus dem Vergleich der Breite einer Pulserlinie mit einer  $\alpha$ -Linie können Sie auf den Anteil der gemessenen Linienbreite schließen, der nicht durch das Rauschen der Elektronik bedingt ist.

Im zweiten Teil des Versuches ist der differentielle Energieverlust von  $\alpha$ -Teilchen in Luft zu messen.

## Vorbereitung:

Sie sollten das Wichtigste über Halbleiterzähler wissen:

1. Grundbegriffe der Halbleiterphysik: Bändermodell, p-Leitung, n-Leitung, Eigenleitung, pn-Übergang, Oberflächenzustände.

Lit.: Gerthsen, Physik (1982), S. 710-718, 279, 706-710; Knoll, Radiation Detection and Measurement (1979), S. 359-372; Geist, Halbleiterphysik II (1970), S. 4-5, S. 19-24, Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (1969), S. 306-308, S. 358-359, s. 367-372, S. 386-391; Kuhn, Halbleiter- und Kristallzähler (1969), S. 29-42, 47-50; Bertolini u. Coche, Semiconductor Detectors (1968), S. 11-25.

2. Die Halbleiterdiode als Teilchendetektor: Raumladung, Feld- und Potentialverlauf in der Sperrschicht einer pn-Diode, Oberflächensperrschicht (surface-barrier)-Detektoren.

Lit.: Knoll, Radiation Detection and Measurement (1979), S. 375-387; Czulius, Engler, Kuckuck, Halbleiter-Sperrschichtzähler, in: Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Bd. 34, S. 244-248, S. 251-255; Neuert, Kernphysikalische Messverfahren (1966), S. 266; Kuhn, Halbleiter- und Kristallzähler (1969), S. 86-92; Bertolini u. Coche, Semiconductor Detectors (1968), S. 103-149.

3. Energieauflösung von Halbleiterdetektoren: Energieaufwand pro Elektron-Loch-Paar, Fano-Faktor, Detektorrauschen

Lit.: Knoll, Radiation Detection and Measurement (1979), S. 372-375, 390-393; Neuert, Kernphysikalische Meßverfahren (1966), S. 292; Kuhn, Halbleiter- und Kristallzähler (1969), S. 133-141; Bertolini u. Coche, Semiconductor Detectors (1968), S. 75-103.

4. Zeitauflösung: Impulsanstieg, Sammelzeit, der Ladungsträger.

Lit.: Knoll, Radiation Detection and Measurement (1979), S. 393, 390-393; Neuert, Kernphysikalische Meßverfahren (1966), S. 297- 299; Bertolini u. Coche, Semiconductor Detectors (1968), S. 243-279.

5. Ladungsempfindliche Vorverstärker, Hauptverstärker mit Pulsformung:

Lit.: Knoll, Radiation Detection and Measurement (1979), S. 649-656, 614-628; Foh und Wien, Vorlesungsskript: Physikalische Messtechnik (Darmstadt 1969/70, S. 39, 55-60., Valvo-Broschüre, Halbleiter-Kernstrahlungsdetektoren (1969), S. 59-60; Tietze, Schenk Halbleiterschaltungstechnik (1969), Bertolini u. Coche, Semiconductor Detectors (1968), S. 201-243.

Sie sollten außerdem einige grundlegende Dinge über den  $\alpha$ -Zerfall wissen:

1. Der Zerfall des  $^{241}\text{Am}$ : Welche  $\alpha$ -Linien treten auf?

Lit.: C.M. Lederer; Tables of Isotopes (6th Edition), S. 430; Nuklid-Karte.

2. Gamows Theorie des  $\alpha$ -Zerfalls: Tunneleffekt, Modifikation der Coulombbarriere durch den Drehimpuls (Zentrifugalbarriere).

Lit.: Paul, Nuclear and Particle Physics (1969), S. 50-54; Marmier, Physics of Nuclei and Particles (1969), Mayer-Kuckuck, Physik der Atomkerne (1970), S. 71-79; Segre, Nuclei and Particles (1965), S. 273-285.

Über den Energieverlust schwerer geladener Teilchen in Materie finden Sie das Wichtigste in:

Lit.: Evans, The Atomic Nucleus (1955), S. 637-640; Frank, Stichwort Manuskript: Vorlesung Kernstrahlung und Strahlenschutz (Darmstadt 1968), S. 4-6.

## Durchführung und Auswertung:

### 1. Einbau der Quelle und Inbetriebnahme der Apparatur

Apparatur: Si-Oberflächensperrschichtdetektor hoher Qualität, mit Spannungsversorgung (Achtung: Maximalspannung für den Detektor 50 V; Detektorspannung niemals plötzlich An- oder Abschalten, sondern langsam innerhalb von 2-3 Minuten von Null auf Maximalwert hochdrehen, bzw. herunterdrehen. Während des Belüftens bzw. Evakuierens der Apparatur darf an der Diode keine Spannung anliegen). Vor- und Hauptverstärker, Impulsanalysator, Präzisionsimpulsgeber mit Ausgangsschwächer /2/5 und /10, Vakuumgefäß, Vakuumpumpe und Kühlfalle,  $\alpha$ -Präparat ( $^{241}\text{Am}$ ).

Der Betreuer hilft bei der Inbetriebnahme der Apparatur. Skizzieren Sie den Versuchsaufbau. Machen Sie sich mit der Funktionsweise der Elektronik vertraut, indem Sie mit einem Oszillographen die Impulse am Ausgang von Vor- und Hauptverstärker beobachten.

### 2. Bestimmung der Energie und relativen Intensitäten der $\alpha$ -Linien im Spektrum

Messen Sie das  $\alpha$ -Spektrum der  $^{241}\text{Am}$ -Quelle. Wählen Sie dazu die Verstärkung am Hauptverstärker und die Einstellung des ADC so, dass die auftretenden Linien gut getrennt werden. Bei dieser Einstellung sollen auch kleine Impulshöhen noch im Spektrum sichtbar werden, damit die Pulseichung durchgeführt werden kann. Zunächst wird aber die Energieauflösung durch Wahl einer geeigneten shaping time optimiert, indem man die Halbwertsbreite der prominenten  $\alpha$ -Linie minimiert.

Die Energieeichung wird mittels dreier Pulserlinien und der prominenten  $\alpha$ -Linie des  $^{241}\text{Am}$  durchgeführt. Zur Erzeugung der Pulserlinien werden bei einer festen Spannung konstante Pulse gegeben. Die Pulsamplitude wird zunächst bei ausgeschaltetem Ausgangsschwächer so gewählt, dass die Pulserlinie nahe bei den  $\alpha$ -Linien liegt. Beim Abschwächen um den Faktor 2 und 5 erhält man die zur Linearitätseichung erforderlichen weiteren Pulserlinien. Die Pulserfrequenz wird so eingestellt, dass in etwa gleiche statistische Genauigkeit für die Pulserlinien und die prominente  $\alpha$ -Linie erreicht wird.

#### Auswertung:

- a) Tragen Sie die Pulserspannung über der Nr. des Kanals auf, in dem die entsprechende Pulserlinie im Spektrum auftritt. Wenn Sie jetzt die Energie der  $\alpha$ -Linie bei 5.486 MeV als bekannt voraussetzen, haben Sie zusammen mit der Pulserreichung eine komplette Energieeichung für die gegebene Einstellung des Spektrometers. Bestimmen Sie jetzt die Energie der anderen  $\alpha$ -Linien sowie die relativen Intensitäten

aller beobachteten  $\alpha$ -Linien. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit den Literaturwerten und diskutieren Sie die Abweichung von der Gamow Theorie.

- b) Bestimmen Sie die Halbwertsbreite der 5.486 MeV-Linie und die Halbwertsbreite einer Pulserlinie in keV. Bestimmen Sie jetzt den Beitrag des  $\alpha$ -Präparates zur beobachteten Linienbreite unter folgenden Näherungsannahmen:
- i) Die beobachtete Breite, der  $\alpha$ -Linie setzt sich aus 3 Anteilen zusammen, nämlich dem elektronischen Rauschen, der statistisch bedingten Schwankung der Anzahl von Elektronen-Loch-Paaren im Detektor (Fanofaktor für Silizium  $F = 0.15$ ) sowie einem Beitrag von der endlichen Dicke des  $\alpha$ -Präparates. Diese 3 Anteile addieren sich quadratisch zur gemessenen Linienbreite.
  - ii) Der Beitrag des elektronischen Rauschens ist durch die Breite der Pulserlinie gegeben.
3. Bestimmung des Energieverlustes von  $\alpha$ -Teilchen in Luft

Nehmen Sie das gesamte  $\alpha$ -Spektrum auf. Belüften<sup>+)</sup> Sie dann die Apparatur und nehmen Sie die Energie der  $\alpha$ -Linien als Funktion der durchlaufenen Luftstrecke. Der Abstand der Ringe auf der Schubstange beträgt 5 mm und ist sorgfältig einzustellen! Messen Sie beim kleinsten Abstand Präparat-Detektor (1. Ring) ca.  $\frac{1}{2}$  bis 1 min. erhöhen Sie die Messzeiten für die anderen Messpunkte so, dass etwa die gleiche statistische Genauigkeit erreicht wird. Zwischen den einzelnen Messungen braucht der Speicher nicht gelöscht zu werden.

Auswertung:

Bestimmen Sie den differentiellen Energieverlust  $dE/dX$  von  $\alpha$ -Teilchen in Luft als Funktion der Energie. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit Literaturwerten.

<sup>+)</sup> Vorsicht! Beachten Sie Punkt 1.

