

V18 - Hochreine Germaniumdetektoren in der Gamma-Spektrometrie

Ziel des Versuchs

Hochreine Germaniumdetektoren sind wegen ihres hohen Energieauflösungsvermögens im Vergleich zu anderen Detektoren, z.B. Szintillationsdetektoren oder Proportionalzählrohren, das wichtigste Messinstrument in der Gamma-Spektrometrie. Im Versuch sollen zunächst die Energiekalibration des Detektors sowie eine Messung der Vollenergienachweiswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Energie vorgenommen werden. Mit den so gesammelten Daten sollen dann Spektren unbekannter Strahler in Hinblick auf die Energie und die Aktivität ausgewertet werden.

Vorbereitung

Für die erfolgreiche Bearbeitung des Versuchs ist eine Einarbeitung in die elementaren Grundlagen des Germaniumdetektors notwendig. Die Beantwortung ausgewählter Fragen soll Sie auf den Versuch vorbereiten. Die benötigten Informationen finden Sie in der Literatur. Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie werden z.B. in den Referenzen [1] (Kap. 2), [2] (Kap. 2) und [3] (Kap. 3) dargestellt. Die Grundlagen von Halbleiterinstrumenten ist ausführlich in Ref. [5] beschrieben. Halbleiterdetektoren für die Messung von ionisierender Strahlung sind in Referenzen [1] (Kap. 11), [2] (Kap. 3), [3] (Kap. 8) und [4] (Kap. 4-6) dargestellt, die konkrete Anwendung von Germaniumdetektoren wird in Ref. [1] (Kap. 12), [2] (Kap. 3.4), und [3] (Kap. 8.12.1) diskutiert. Für die Auslese wichtige Aspekte der Elektronik können in Referenzen [2] (Kap. 4) und [4] (Kap. 7) nachgelesen werden, praktische Aspekte der Gamma-Spektrometrie finden sich in Ref. [2] (Kap. 5-9). Emissionsenergien und -wahrscheinlichkeiten können in einschlägigen Datenbanken eingesehen werden, z.B. in Ref. [6] oder [7].

Folgende Fragen sollten Sie nach Ihrer Vorbereitung beantworten können:

1. Mittels welcher Prozesse wechselwirken Photonen mit Materie? Welche Prozesse dominieren bei kleinen bzw. bei sehr großen (kernphysikalisch relevanten) Energien? Welche Materialeigenschaften haben einen Einfluss auf die Wechselwirkungswahrscheinlichkeit? Wie hängt diese mit dem Extinktionskoeffizienten zusammen? Wie hängt dieser von der Energie ab?
2. Wie lautet die Vorhersage für den differentiellen Wirkungsquerschnitt als Funktion der Energie für die Compton-Streuung?
3. Durch welche physikalische Größe des Halbleiters ist die Linienbreite von Gammalinien begrenzt? Vergleichen Sie direkte und indirekte Halbleiter. Welche experimentellen Effekte führen zu einer weiteren Linienverbreiterung?
4. Wie werden die Signale aus einem Germaniumdetektor verstärkt? Was ist der Unterschied zwischen Ladungs- und Stromverstärker?
5. Wie werden energiemessende Detektoren kalibriert?

6. Wie kann die Vollenergienachweiswahrscheinlichkeit von Germaniumdetektoren mithilfe einer punktförmigen Quelle in großem Abstand bestimmt werden?
7. Welche charakteristischen Strukturen können in einem monochromatischen Gammaspektrum beobachtet werden?
8. Welches ist die Photonenenergie mit der größten Emissionswahrscheinlichkeit für ^{152}Eu , ^{137}Cs , ^{133}Ba und ^{125}Sb ?

Versuchsdurchführung

Der hier verwendete sogenannte koaxiale Ge-Detektor hat die Gestalt eines Zylinders ($\varnothing = 45 \text{ mm}$, $l = 39 \text{ mm}$, siehe Abb. 1). Die Oberfläche ist durch Eindiffusion von Li-Atomen n -dotiert und damit gut leitend. Sie dient zum Anschluss des Pluspols der Sperrspannung. Im Innern des Detektorkristalles befindet sich eine koaxiale Bohrung, deren (innere) Oberfläche mit Gold bedampft ist. Dieser Metall-Halbleiterkontakt entspricht einer starken p -Dotierung, sodass es zur Ausbildung einer ausgedehnten Verarmungszone kommt, da die Akzeptorendichte im Ge-Kristall sehr klein ist. Der gesamte Detektorkristall ist noch mit einer Schutzhaube aus Al-Blech umgeben, sodass die einfallenden Gammaquanten sowohl die Al-Schicht als auch Li-dotierte Oberfläche durchdringen müssen, um nachgewiesen werden zu können. Das hat zur Folge, dass eine untere Nachweisgrenze für die Gammaenergie existiert. Sie liegt bei dem hier verwendeten Detektor bei 40 bis 50 keV. Für die Bestimmung der Vollenergienachweiswahrscheinlichkeit sollten aus diesem Grund sogar nur Energien größer als 150 keV betrachtet werden.

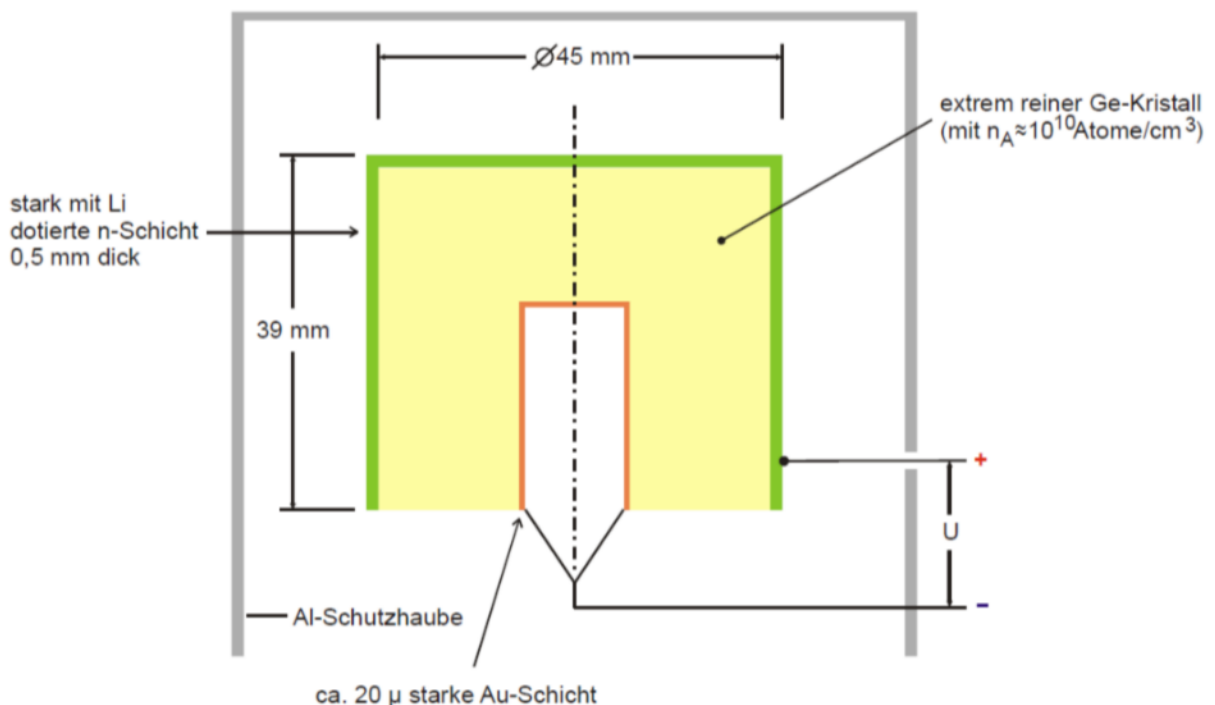


Abbildung 1: Querschnitt eines koaxialen Germaniumdetektors.