

# Praktikum B - Versuch B3.2a $\gamma$ -Spektroskopie mit einem HPGe-Detektor

Jesco Talies, Timon Danowski, Erik Gasmus

28. November 2020

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Versuchsaufbau . . . . .	3
1.2	Ziel . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Versuchsvorbereitung</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Messwerte</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Auswertung</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Versuchsaufbau

## 1.2 Ziel

Der Versuch dient als Einführung in die Messmethoden der  $\gamma$ -Spektroskopie.

# 2 Versuchsvorbereitung

Folgende Fragen sind notwendig für das Verständnis des Versuchs und dienen als Vorbereitung für diesen.

### 1. Kernzerfälle und $\gamma$ -Strahlung

- Durch welche Quantenzahlen wird ein Kern charakterisiert?
  - Hauptquantenzahl  $n$ , beschreibt die Schale des Elektrons (kein Kern)
  - Nebenquantenzahl  $l$ , beschreibt die Form des Atomorbitals
  - Magnetquantenzahl  $m_l$ , beschreibt die räumliche Orientierung des Elektronen-Bahndrehimpulses
  - Spinquantenzahl  $s$ , ?
  - Kernspin  $I$
  - Paritätsquantenzahl, Gesamtdrehimpulsquantenzahl, Kernspin
- Ab welchem Energiebereich spricht man von  $\gamma$ -Strahlung?
  - Gammastrahlung bezeichnet Strahlung mit über 200 keV
- Welche Erhaltungsgrößen sind bei der  $\gamma$ -Emission entscheidend?
  - Energieerhaltung  $E_f = E_i - \hbar\omega$
  - Drehimpulserhaltung  $J_f = J_i + l$
  - Parität  $\pi_f = \pi_i \cdot \pi_\gamma$
- Welche Multipolübergänge gibt es und wie hängen diese vom Kern-drehimpuls ab?
  - Monopol:  $\Delta L = 0$
  - Dipol:  $\Delta L = 1$
  - Quadrupol:  $\Delta L = 2$
  - Oktupol:  $\Delta L = 3$
  - Hexadekapol:  $\Delta L = 4$

### 2. Wechselwirkung von $\gamma$ -Quanten mit Materie

- Was bedeutet der Wirkungsquerschnitt anschaulich und in welcher Einheit wird er angegeben?
  - Der Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  kann anschaulich als "Trefferfläche" der Teilchen im Target angesehen werden.

- Er hat die Dimension Fläche und wird in Barn ( $1b = 10^{-28}m = 100fm^2$ ) angegeben.
- Wie hängen die Wirkungsquerschnitte von Photoeffekt, Compton-Streuung und Paarbildung jeweils von der Ordnungszahl  $Z$  und der Photonenenergie  $E_\gamma$  ab?
  - Photoeffekt:  $\gamma \propto Z^5 E_\gamma^{-3,5}$
  - Compton Streuung  $Z E_\gamma^{-1}$
  - Paarbildung  $Z^2 \ln(E_\gamma)$
- Warum ist die Paarbildung erst ab einer Energie  $E_\gamma \geq 1022MeV$  zu beobachten?
  - Da bei der Paarbildung die gesamte Energie in die Entstehung der beiden Teilchen und deren Kinetischer energie gesteckt wird, muss bei einer Kinetischen energie von 0 eV mindestens die Energie für die beiden ruhmassen von  $2 \cdot m_e \cdot c^2 = 1,022MeV$  aufgebracht werden.

$$E_{\gamma,min} = 2m_e c^2 (1 + \frac{m_e}{M})$$

- Welche physikalischen Hintergründe haben die in Abbildung 2 auftretenden Strukturen?

–

### 3. Der Halbleiterdetektor

- Wie groß ist die Bandlücke für Leiter, Halbleiter und Isolatoren?
  - Leiter: 0 eV
  - Halbleiter: 0,1 eV - 3 eV
  - Isolator:  $>3eV$
- Was ist die Intrinsische Leitfähigkeit eines Halbleiters?
  - Die Intrinsische Leitfähigkeit ist beschreibt im Prinzip die menge der Gitterfehler eines Festkörpers die eine Ladungsbewegung ermöglichen
- Was geschieht bei der Dotierung? wann ist ein Kristall n-, wann p-Dotiert?
  - Dotierung beschreibt das einbringen von Fremdatomen in einen Festkörper, man erzeugt künstliche Störstellen im Halbleitermaterial.
  - Bei der p-Dotierung werden Fremdatomen implantiert die als Elektronen-Akzeptoren dienen, dh. denen natürlicherweise Elektronen fehlen.
  - Bei der n-Dotierung werden Elektronen-Donatoren implantiert.
- Wieso kann Intrinsische Leitfähigkeit durch kühlung unterdrückt werden?

- Da die Temperatur direkt in zusammenhang steht mit der Energie des Materials stellt man fest das je weiter man gegen den absoluten nullpunkt geht nicht mehr genug Energie zu verfügung steht um Elektronen in das Leitungsband oder auf Störstellenniveaus anzuregen.

#### 4. Detektorgeometrie

- Was genau geschieht bei der Zusammenführung eines p- und n-Kontakts?
  - Bei der Zusammenführung von einem p-, und einem n-leitendem Material entsteht ein Grenzbereich, in diesem Grenzbereich füllen die Donatoren der n-dotierung die Akzeptoren der p-Dotierung und das Material wird weniger bzw. im Idealfall gar nicht leitfähig. Legt man jedoch eine Spannung an, verhindert das diese Wechselwirkung und das Material bleibt bzw. wird leitfähig.
- Warum wird der Detektor in Sperrrichtung betrieben?
  - Durch den Betrieb in Sperrrichtung entsteht eine Verarmungszone in der nur Ortsfeste Raumladungen verbleiben und somit  $\gamma$ -Teilchen in diesem Bereich besonders gut zu unterscheiden sind
- Wie genau sieht die n- bzw. p-dotierung bei einem planaren bzw. koaxialen Detektor aus?
  -
- Welche Kapazität hat ein planarer bzw. koaxialer Detektor und wieso ist diese Spannungsabhängig?
  -

#### 5. Elektronik

- Wozu dient die gesamte Elektronik?
  - Die  $\gamma$ -Quanten lösen im Material eine Elektronenkaskade aus diese führt zum elektrischen Feld und dieses wiederum zum Stromimpuls. Dieser muss jedoch durch eine geeignete Elektronik verstärkt werden. Die Entladung der Elektronenkaskade gleicht der Entladung einer Kapazität, diese Kurve wird über einen Hochpass in einen Peak geschwandelt und dieser wird über einen Analog to Digital converter in für uns nutzbare Werte gewandelt.
- Wie funktionieren Hoch- und Tiefpässe?
  - Ein Hochpass filtert schnelle Übergänge bzw. hohe Frequenzen.
    - Bild: Bei niedrigen Frequenzen ist der Kondensator mit geringer Kapazität voll geladen und wirkt als unendlicher Widerstand, welcher den Stromfluss unterdrückt
  - Ein Tiefpass — Bild
- Was ist ein FET und warum kann man damit Signale verstärken?

- Ein Feldeffekttransistor ist eine Gruppe von Transistoren ??
- Da FET's besonders niedrige durchlassspannungen haben kann selbst mit einem minimalen signal ein weitaus größerer strom geschaltet werden und somit das signal verstärkt werden — Bild
- Wozu wird die Pole-Zero Einstellung benötigt?
  - Sollten die Signale nach dem Hauptverstärker einen Unter- bzw. Überschwinger aufweisen, so können diese mit Hilfe der Pole-Zero-Einstellung korrigiert werden.

#### 6. Detektoren und Eigenschaften

- Welcher Detektor hat die bessere Intrinsische auflösung, ein Germanium- oder Silizium-Detektor?
  - 50 keV Germanium, j 50keV Silizium TODO WARUM
- Ist der parameter b in gleichung 15 positiv oder negativ?
  - b ist negativ  $-1/2$
- Was geschieht beim Trapping?
  - Beim trapping werden Ladungen kurzzeitig in Energielücken „eingefangen“. Dieser effekt entsteht durch die Energielücken der Dotierung btw Gitterfehler.
- Warum ist die Energieauflösung eines Szintillators schlechter als bspw. bei einem Germaniumdetektor?
  - Szintillatoren können Energie nur gequantelt darstellen, df  $E = h \cdot f$

### 3 Versuchsdurchführung

### 4 Messwerte

### 5 Auswertung

### 6 Diskussion