



Alpha-Detektor

09100.00

Betriebsanleitung



1 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Der Alpha-Detektor ist ein lichtdichter Silizium-Oberflächensperrschichtzähler und wird zur Energiespektroskopie von α -Teilchen eingesetzt. Für α -Teilchen mittlerer Energie bis etwa 12 MeV sind die dem Sperrschichtzähler abgegebenen Ladungsimpulse strengproportional zur Energie der einfallenden Strahlung.

Bevor die Ladungsimpulse zur Weiterverarbeitung einer nachzuschaltenden Elektronik zugeführt werden können, müssen sie proportional in (verstärkte) Spannungsimpulse umgewandelt werden.

Da α -Strahlen ihre gesamte Energie in Luft unter atmosphärischem Druck bereits nach einer Wegstrecke von wenigen Zentimetern verlieren, sind genaue Energiemessungen nur im Vakuum durchführbar.

Der α -Detektor eignet sich außerdem zum Nachweis von β -Teilchen. Da bereits relativ niederenergetische β -Teilchen innerhalb der Sperrschicht nicht ihre gesamte Energie verlieren, ist allerdings keine Proportionalität zwischen der Ladung der Einzelimpulse und der β -Energie gegeben. Oberflächensperrschichtzähler sind also nicht zur β -Spektroskopie geeignet, wohl aber zum Nachweis von β -Teilchen. Gegenüber der Nachweismethode mit Zählrohren besitzen Oberflächensperrschichtzähler eine weitaus größere Empfindlichkeit und außerdem den Vorteil, daß die β -Zählrate nicht durch eventuell vorhandene γ -Strahlung verfälscht werden kann.

Der α -Detektor besteht aus einer p-leitenden Siliziumscheibe, die beidseitig durch metallische Aufdampfschichten mit Elektroden versehen ist, und zwar auf einer Seite aus Aluminium und auf der gegenüberliegenden Seite aus Gold. Die Siliziumscheibe ist so in ein Metallgehäuse eingebaut, daß die Aluminiumelektrode, die aufgrund ihrer geringen Schichtdicke von $40 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ α -Teilchen praktisch nicht abbremst, als Eintrittsfenster für die Teilchen dient. Zwischen Kristalloberfläche und Aluminiumschicht entsteht ein pn-Übergang, so daß die Detektoroberfläche nach pol-

richtigem Anlegen der Betriebsgleichspannung als Sperrschicht wirkt.

Die Sperrschicht des α -Detektors arbeitet in dieser Anordnung als Festkörperionisationskammer. Die in der Sperrschicht eindringenden α -Teilchen erzeugen längs ihrer Bahnen freie Ladungsträger (Elektron-Loch-Paare). Die hierbei erzeugte Ladungsmenge ist der Energie der einfallenden α -Teilchen direkt proportional, vorausgesetzt, daß die Teilchen innerhalb der Sperrschicht vollständig abgebremst werden. Die Dicke der Sperrschicht wächst mit zunehmender Betriebsspannung. Die maximale Sperrschichttiefe beträgt ca. $100 \mu\text{m}$, so daß α -Teilchen bis 12 MeV energieproportionale Ladungsimpulse erzeugen.

2 HANDHABUNG

2.1 Allgemeine Hinweise

Der α -Detektor ist ein äußerst empfindlicher Sensor, der von allen groben Umwelteinflüssen geschützt werden muß. Hierzu zählen insbesondere:

- mechanische Belastungen
- reduzierende Gase
- Feuchtigkeit
- Öldämpfe
- starke UV-Einstrahlung
- hohe Temperaturen und starke Temperaturschwankungen
- starke α - und β -Bestrahlung

Lassen Sie den Detektor niemals hinfallen!

Harte Stöße können den Detektor mechanisch irreparabel zerstören.

Befindet sich der Detektor in einem belüfteten Rezipienten, so darf dieser niemals über die Ölluftpumpe belüftet werden. Öldampfniederschläge auf der Detektoroberfläche mindern das Auflösungsvermögen. Deshalb vor dem Ab-

schalten der Pumpe immer den Schlauch zwischen Pumpe und Rezipient mit Schlauchklemme verschließen!

Die vordere Kontaktfläche (Zählfläche) darf nicht mit harten, kratzenden Gegenständen berührt werden. Diese Fläche ist außerdem gegen Feuchtigkeit und Öl zu schützen. Verschließen Sie den Detektor bei Nichtgebrauch stets mit seiner Plastikkappe, und bewahren Sie ihn in seinem kleinen Transportbehälter auf, oder belassen Sie ihn im Rezipienten.

Der Detektor sollte niemals länger als erforderlich einer starken radioaktiven Strahlung ausgesetzt werden. Dies gilt auch beim Einsatz in Experimenten mit intensitätsschwächeren Präparaten, da auch hier über längere Zeit "radiation-damage"-Effekte die Eigenschaften des Detektors, insbesondere hinsichtlich des Auflösungsvermögens, verschlechtern können.

2.2 Anschluß an Peripheriegeräte

Der α -Detektor ist nur in Verbindung mit einem ladungsempfindlichen Vorverstärker zu verwenden, geeignet ist z.B. der Vorverstärker 09100.10 für α -Detektor.

Zum Anschluß des α -Detektors an den Eingang des Vorverstärkers ist ein möglichst kurzes BNC-Kabel ($l \leq 300$ mm) mit einwandfreien Kontakten zu verwenden. Die Kabelverbindung muß grundsätzlich vor dem Einschalten der Betriebsgleichspannung erfolgen, da größere momentane Spannungssprünge den Detektor schädigen können. Aus diesem Grund ist in dem Vorverstärker 09100.10 eine Verzögerungsschaltung eingebaut, die bei Inbetriebnahme für den geforderten allmählichen Spannungsanstieg sorgt.

Der α -Detektor wird mit einer - bezogen auf die Gehäusemasse - negativen Gleichspannung betrieben; sie darf maximal 100 V betragen. Eine Betriebsspannung von -12 V kann dem Vorverstärker 09100.10 entnommen werden. (Achtung! Der entsprechende Umschalter muß stets in Stellung »-« stehen). Eine Spannung von -2 V ist in der Praxis für nahezu sämtliche Experimente mit α -Teilchen ausreichend. Lediglich wenn das extrem hohe Auflösungsvermögen des Detektors voll ausgenutzt werden muß, wie z.B. zur Auflösung der Feinstruktur der α -Linien von Am-241, ist eine höhere Spannung empfehlenswert. Eine geeignete Gleichspannung von -100 V kann dem Impulshöhenanalysator 13725.93 entnommen und über den Vorverstärker dem Detektor zugeführt werden.

Das hohe Auflösungsvermögen des Detektors kann nur dann voll genutzt werden, wenn er im Vakuum eingesetzt wird und nur in Verbindung mit einer entsprechend leistungsfähigen Auswerte-Elektronik betrieben wird. Es empfiehlt sich, den Rezipienten für Kernphysik-Versuche 09103.00 zu benutzen. Der Detektor wird dabei direkt auf den BNC-Stecker im Rezipienten aufgesteckt und ist dort auch bei Nichtgebrauch gut vor Beschädigung und Verschmutzung geschützt.

Achtung! Im zulässigen Betriebsspannungsbereich von -15 V bis -100 V ist der Druckbereich von 10^{-2} bis 1 mbar unbedingt zu vermeiden, da sich sonst an der Detektoroberfläche ein den Detektor schädigendes Mikroplasma ausbilden kann. (Bei Versorgung des Detektors mit der vom Vorverstärker 09100.10 bereitgestellten Spannung von -12 V ist diese Einschränkung des Außendruckbereichs nicht gegeben).

2.3 Lichtunempfindlichkeit

Es gehört zu den besonderen Vorzügen des α -Detektors, daß er gegen Licht unempfindlich ist; die Aluminiumaufdampfschicht auf der Frontfläche verhindert das Eindringen von Licht in den Sperrschichtbereich und damit das Auftreten von Fehlzählungen durch Lichtquanten. Zu vermeiden ist allerdings eine direkte Bestrahlung des Detektors mit ultraviolettem Licht.

2.4 Wartung

Im Gegensatz zu den üblichen Siliziumdetektoren mit einer Goldoberfläche, ist bei dem vorliegenden Detektor mit lichtdichter Aluminiumfrontelektrode ein vorsichtiges Reinigen der Detektoroberfläche möglich.

Falls die Detektoreigenschaften durch Verunreinigung der Detektoroberfläche beeinträchtigt sind, können Sie die Fläche in folgender Weise reinigen, wobei jedes Kratzen mit harten Gegenständen, z.B. den Fingernägeln, zu unterlassen ist.

- Schütten Sie etwas Methanol in ein sauberes Gefäß.
- Tauchen Sie etwas Watte in das Methanol ein, und wischen Sie die Oberfläche vorsichtig ab.
- Weist die Watte Verschmutzungsspuren auf, so wiederholen Sie den Reinigungsvorgang mit frischer Watte.
- Wenn die Oberfläche sauber ist, geben Sie etwas Methanol auf die Oberfläche des Detektors und trocknen Sie sie anschließend in einem sauberen Luft- oder Stickstoffstrom.

3 TECHNISCHE DATEN

Meßfläche	50 mm ²
Energieauflösungsvermögen für α -Teilchen bei 5,486 MeV	≤ 19 keV (für Betriebsspannung 100 V)
Zeitkonstante	0,5 μ s
maximale Sperrschichttiefe	100 μ m
maximale Betriebsspannung	100 V
Polarität der Betriebsspannung	negativ

$$\text{Quotient} \frac{\text{Ladung}}{\text{Teilchenenergie}} = 4,42 \cdot 10^{-20} \frac{\text{As}}{\text{eV}}$$

Hinweis: Jedem Detektor liegt ein Meßprotokoll mit individuellen Daten bei.

4 EXPERIMENTIERLITERATUR

Versuchseinheiten Physik, Kernphysik 3	16150.51
Hochschulpraktikum Physik 1-3	16502.01

5 GERÄTELISTE

Vorverstärker für Alpha-Detektor	09100.10
Impulshöhenanalysator	13725.93
Rezipient für Kernphysik-Versuche	09103.00
Ringblende mit Goldfolie für Rutherfordversuch	09103.02
Ringblende mit Alufolie, für Rutherfordversuch	09103.03
Schreiber, xyt	11416.97