

Geiger-Müller-Zähler

Gruppe K

Gruppenleiter: Simon Lautenbach

Mitglieder: Lukas Bovermann, Vincent Freudenreich, Ilja Jaroschewski, Julia Blex

Einleitung

Das Ziel unseres Projekts bestand darin, einen funktionsfähigen PIN-Dioden-Zähler zur Detektion von radioaktiver Strahlung aufzubauen und seine Eigenschaften zu bestimmen.

Grundlagen

Eine PIN-Photodiode besteht aus einem p-dotierten und einem n-dotierten Halbleiter mit einer undotierten intrinsischen Schicht dazwischen. Trifft ein Photon auf die intrinsische Schicht, so kommt es zum inneren Photoeffekt, der ein Ladungsträgerpaar, bestehend aus einem Elektron und einem Loch, erzeugt. Aufgrund des angelegten E-Feldes driften die beiden Ladungsträger zur jeweils entgegengesetzten Halbleiterschicht, sodass ein Strom messbar wird. Dazu muss die Photonenenergie größer als der Energieabstand zwischen Valenz- und Leitungsband sein, also mindestens 1,1 eV bei der verwendeten Silizium-Photodiode.

Mit einer Lichtabschirmung für die Diode kann so auch Gamma-Strahlung gemessen werden. Neben dem Photoeffekt kommt es dann zum Comptoneffekt und zur Paarbildung. Da die Intensität und dadurch der entstehende Strom klein sind, wird zusätzlich eine Verstärkerschaltung zur Detektion benötigt. Alpha- und Beta-Strahlung können ebenfalls durch Stoßvorgänge detektiert werden.

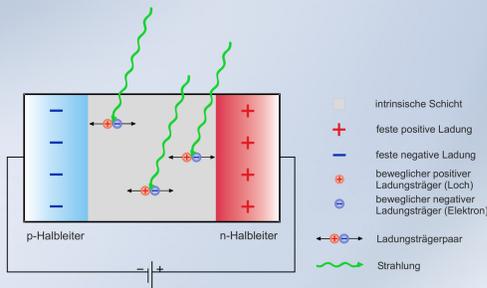


Abb. 3: PIN-Photodiode mit angelegter Spannung in Sperrichtung und auftreffender Strahlung

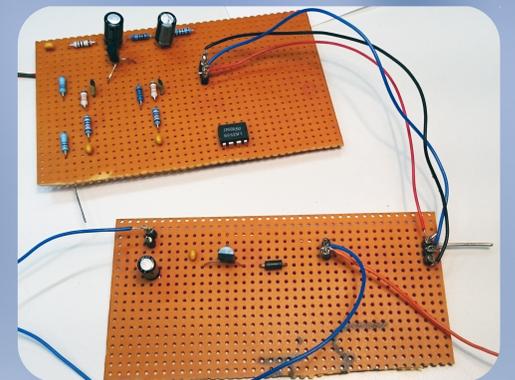


Abb. 1: gelötete Schaltung

Vorgehensweise

1. Löten der Schaltungen (soweit Bauteile vorhanden)
2. Messung der Hintergrundstrahlung, einer ⁶⁰Co-Probe und eines Mischpräparats aus ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr und ²⁴¹Am
3. Vergleichsmessung der Proben mit einem Szintillationsdetektor, dazu Kalibrierung mit ¹³⁷Cs

Messungen

- Spannung der Schaltung mit Analog-Digital-Converter (ADC)
- Spannung und Strom der Dioden ohne Schaltung mit angeschlossenem Messverstärker und ADC
- Spannung einer alternativen Verstärkerschaltung mit einem Speicheroszilloskop

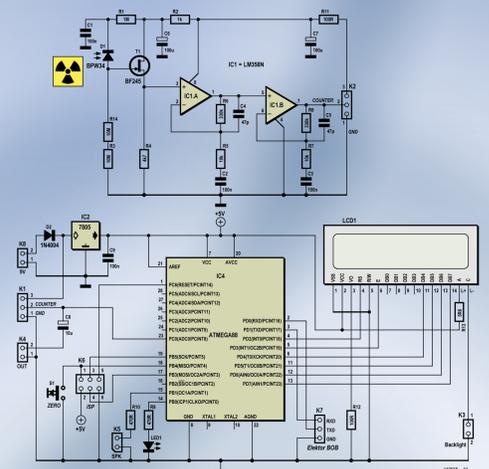


Abb. 2: Schaltplan (oben Verstärkerschaltung, unten Controllerschaltung)

Schaltung mit Analog-Digital-Converter

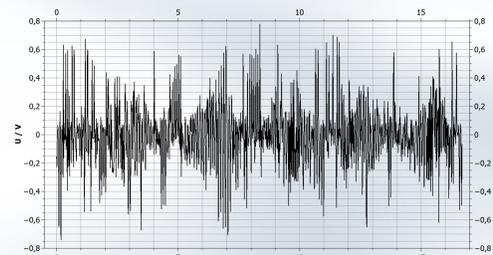


Abb. 4: Spannungsverlauf der Hintergrundstrahlung

selbstgeschriebenes Programm zur Auswertung (Ersatz für Mikrocontroller)

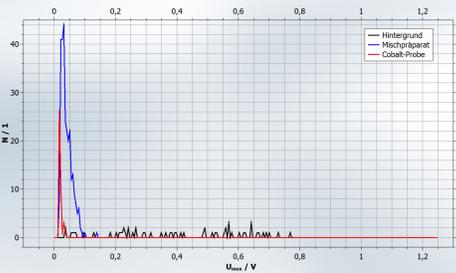


Abb. 5: Energiespektren der Schaltung mit Analog-Digital-Converter

Verstärkerschaltung

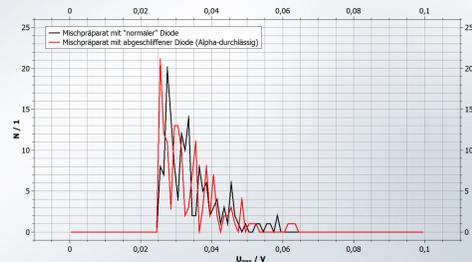
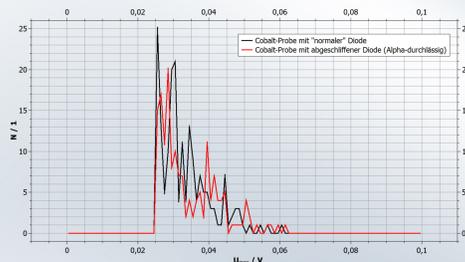


Abb. 6 und 7: Energiespektren der Verstärkerschaltung



Vergleichsmessungen

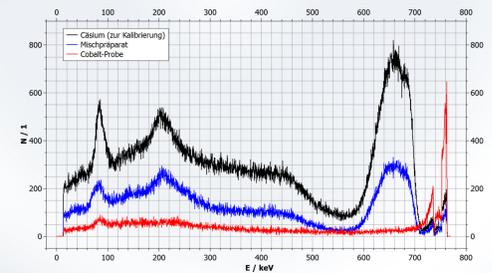


Abb. 8: Vergleichsmessung mit einem Szintillationsdetektor (Messzeit: 300s)



Abb. 9: Beispiel eines erwarteten Gamma-Spektrums (Pechblende hinter einer Aluminium-Folie)

Fazit

Insgesamt konnte mit keiner Schaltung zuverlässig radioaktive Strahlung detektiert werden. Bei einigen Schaltungen änderte sich das Ergebnis von Messung zu Messung, bei anderen gab es keinen Unterschied zwischen der Messung mit und ohne Probe. Auch die oben gezeigten Spektren sind möglicherweise nur durch Störsignale entstanden. Eine Zuordnung der Impulshöhen zu Teilchenenergien und eine genaue Bestimmung der Totzeit waren nicht möglich. Die Ursache für diese Schwierigkeiten war, dass nicht alle Bauteile rechtzeitig geliefert werden konnten. Daher musste die Schaltung mit störanfälligen, langen Kabeln aufgebaut werden.

Quellen

- Kainka, Burkhard: Verbesserter Strahlungsmesser – Der Alpha-/Beta-/Gamma-Zähler. Elektor 11-2011 S. 18-23
 Kainka, Burkhard: Strahlenmessung mit BPW34. <http://www.elektronik-labor.de/Projekte/Alpha.html> (zuletzt aufgerufen am 21.6.2015)

