

Detector de Partículas Beta

Hernán Alejandro Silva
Facultad Regional Avellaneda
Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina
hernansilva2002@gmail.com

Elías Ramírez
Facultad Regional Avellaneda
Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina
foo@gmail.com

Florencia Mincone
Facultad Regional Avellaneda
Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina
foo@gmail.com

Nicolás Lahorca
Facultad Regional Avellaneda
Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina
foo@gmail.com

Luciano Justiniano
Facultad Regional Avellaneda
Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina
foo@gmail.com

Abstract—Constantemente los objetos que nos rodean emiten partículas que los sentidos humanos no son capaces de percibir. Estas partículas pueden ser perjudiciales para la salud y es necesario cuantificarlas y/o detectarlas para evitar o reducir la exposición a ellas. Para lograr ese objetivo, en este documento se presenta la realización de un dispositivo que cumpla la función de detectar un tipo de radiación, llamada radiación β . En particular, se hará hincapié en la radiación por emisión de electrones, a este tipo de radiación se la conoce como radiación β^- . Además, se propone el análisis de su principio de funcionamiento, los materiales necesarios para su construcción y sus limitaciones.

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento sirve como informe sobre el proyecto de fin de año de la asignatura Física Electrónica. Dicho proyecto se trata de un detector y contador de partículas beta, cubriendo de esta forma el tema de "Radiación" de la asignatura. Para más información sobre el proyecto, se recomienda visitar el repositorio del mismo que se encuentra en el siguiente enlace: (enlace al repo del proyecto).

II. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

A. ¿Que son las radiaciones β ?

Las radiaciones β son un tipo de radiación ionizante, la cual se caracteriza por emitirse durante el proceso de desintegración o decaimiento β . Dicho proceso puede producirse de dos diferentes formas.

- 1) *Emisión de electrones*: Un núcleo inestable de un átomo emite un electrón y un antineutrino, convirtiéndose de esta manera un neutrón en un protón como *Desintegración β^-* .
- 2) *Emisión de positrones*: El núcleo inestable emite un positrón, es decir, un electrón cargado positivamente, junto con un neutrino. De esta forma se logra transformar un protón en un neutrón. Este proceso recibe el nombre de *Desintegración β^+* .

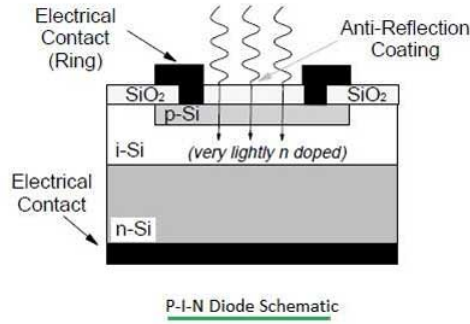
Generalmente, las fuentes más comunes de radiación de partículas β son piedras con pequeñas cantidades de uranio, y diferentes fuentes de potasio, como el cloruro de potasio

(KCl), el cual contiene baja cantidad del isótopo potasio 40 (K^{40}), capaz de emitir partículas β^- .

B. Formas de captar las partículas

El dispositivo electrónico más estudiado y utilizado para detectar la radiación de diferentes tipos de partículas es el diodo PIN o fotodiodo. Como muestra la figura 1, este es similar en cuanto a estructura a un diodo de juntura PN, la diferencia radica en que el PIN tiene una zona de material semiconductor intrínseco (zona I) entre la zona dopada positivamente (zona P) y la zona dopada negativamente (zona N).

Al ser un material semiconductor, la zona I contiene átomos de silicio que, al momento de ser impactados por una partícula irradiada debido a una fuente radioactiva, genera la rotura de los enlaces covalentes del átomo, produciendo un *par electrón-laguna*. La generación de este par tiene como consecuencia un pulso de corriente de decenas hasta cientos de microampere que atraviesan al diodo. Esta corriente puede ser medida. Cuando al diodo se lo polariza en forma inversa (cátodo con potencial más alto que el del ánodo), se generan dos regiones de vaciamiento: La primera se encuentra localizada entre la zona P y la zona I, y la otra entre dicha zona intrínseca y la zona N; en estas regiones, no se encuentran portadores libres, sino que existen iones fijos cargados positiva y negativamente. Estos iones fijos son los responsables que en dichas regiones se encuentre un campo eléctrico, el cual atrapa e impulsa a los portadores, aumentando la intensidad de corriente eléctrica a través del diodo.



chch

Fig. 1. Corte transversal de una estructura típica del diodo PIN

C. El fotodiodo como detector de partículas β

La zona intrínseca explicada anteriormente es conocida como *zona sensible*, porque es donde las partículas irradiadas impactan. Como se menciona en [1], las zonas sensibles de los fotodiodos son capaces de absorber algunos tipos de radiaciones ionizantes. La detección de las partículas que impactan está directamente relacionada con la profundidad de la zona sensible del diodo; esta zona (región de vaciamiento) aumenta de profundidad al elevar el voltaje de polarización inversa del dispositivo, dicha relación responde matemáticamente a

$$d(V) = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{C(V)} \quad (1)$$

donde:

- $d(V)$ es la profundidad de la zona sensible.
- ϵ_r es la permitividad relativa del material, en este caso el Si (silicio).
- ϵ_0 es la permitividad del vacío.
- A es el área física de la zona sensible del diodo.
- $C(V)$ es la capacitancia del diodo a un determinado nivel de voltaje de polarización inversa.

Este valor de profundidad permite conocer la energía cinética máxima que se puede detectar de una partícula. Como se mencionó anteriormente, los valores de interés corresponden a partículas β^- (electrones). Para establecer el valor de energía mencionado, es necesario conocer la magnitud del rango *CSDA* (*continuous slowing down approximation*). El rango CSDA es una aproximación muy cercana del promedio de longitud de una trayectoria que recorre una partícula cargada a medida que se frena hasta alcanzar el reposo [2]. Para los electrones, los valores del CSDA están tabulados en [2].

Para obtener una medición fiable, es necesario que el rango CSDA sea menor que la profundidad de la zona sensible del diodo; esto es

$$R_p < d(V)$$

donde R_p es el rango CSDA.

III. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL DETECTOR

REFERENCES

- [1] O. Keller, M. Benoit, A. Müller, and S. Schmeling, "Smartphone and tablet-based sensing of environmental radioactivity: Mobile low-cost measurements for monitoring, citizen science, and educational purposes," *Sensors*, vol. 19, 2019. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4264>
- [2] M. Berger, J. Coursey, M. Zucker, and J. Chang, "Stopping-power & range tables for electrons, protons, and helium ions," National Institute of Standards and Technology, Tech. Rep., October 2009. [Online]. Available: <https://www.nist.gov/pml/stopping-power-range-tables-electrons-protons-and-helium-ions>
- [3] U.S. Department of Energy. Doe explains...beta decay. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/science/doe-explainsbeta-decay>