

DETECCIÓN Y ESTUDIO DE RAYOS CÓSMICOS

Gerardo de Jesús Rodríguez Becerra (1), Jordan de Jesús Ortiz Villanueva (2), Julián Félix Valdez (3)

¹ [Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías] | [rodriguezbg2012@licifug.ugto.mx]

² [Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías] | [ortizvj2012@licifug.ugto.mx]

³ [Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato] | [felix@fisica.ugto.mx]

Resumen

En muchos de los detectores de rayos cósmicos, un problema a resolver es la determinación de la posición y la incertidumbre en la posición por donde pasan las partículas que son detectadas. Este problema se puede tratar con una cámara multialámbrica plana, que es un tipo de detector de radiación ionizante, cuya característica principal es que se puede obtener la posición con precisión milimétrica, e incertidumbres del orden de micras, que opera con mezclas de gases a diferentes presiones. Presentamos la planeación, el diseño, la construcción, y la caracterización de una cámara multialámbrica de 4 canales para detectar radiación ionizante en espacios de 3 cm X 3 cm e incertidumbres de orden de mm. Opera con aire a una atmósfera de presión, voltajes de cerca de 1200 V cd.

Abstract

In many of the cosmic ray detectors, a problem to solve is determining the position and uncertainty in the position through which pass the particles are detected. This problem can be treated with a plane multiwire chamber, which is a type of ionizing radiation detector, whose main feature is that you can get the location with pinpoint accuracy, and uncertainties on the order of microns, which operates with different gas mixtures pressures. We are introducing the planning, design, construction, and characterization of a 4-channel multiwire chamber to detect ionizing radiation in space of 3 cm x 3 cm and uncertainties mm order. It operates with air at one atmosphere pressure, voltages of about 1200 V dc.

Palabras Clave

Rayos Cósmicos; Ionización; Cámara Multialámbrica.

INTRODUCCIÓN

Los rayos cósmicos son partículas altamente energéticas provenientes del espacio exterior, que al colisionar con átomos de la atmósfera terrestre producen otras partículas, algunas de ellas llegan hasta la superficie terrestre, básicamente muones, donde son detectadas. En la detección de los rayos cósmicos, radiación ionizante, hay a veces problemas, entre otros muchos, de espacios reducidos. Este trabajo es acerca de la planeación y el diseño de una cámara de 32 canales, y la planeación, el diseño, la construcción, la caracterización, y las aplicaciones de una cámara multialámbrica de 4 canales para detectar radiación ionizante en espacios de 3 cm X 3 cm. Las aplicaciones básicas son en la detección, medición de flujos, y medición de isotropías espaciales de los rayos cósmicos. Hay muchas otras aplicaciones potenciales todavía por explorar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base para el montaje de los alambres (diámetro, 0.00254 cm), colocados a 25 g de tensión, se fotografiaba en sendas placas fenólicas, de 1.0 mm de espesor, con 16 canales cada una, se empalman a 90°, formando una malla cuadrangular de 1.9 mm de lado; se fijan con tornillos a un marco de dos piezas de aluminio, de 6 mm de espesor, con entrada y salida lateral de gas y cerrado por ambos lados con placa de aluminio de 2 mm de espesor, sellado en las uniones con laminitas de hule. Ver Fig. 1.

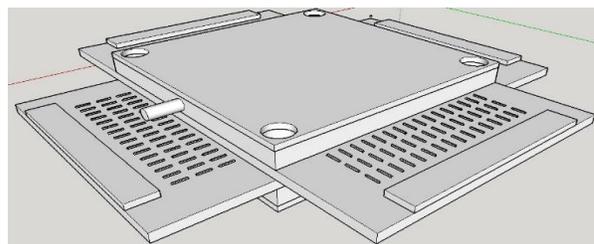


Figura 1. Diseño del prototipo en Sketch Up.

La electrónica mínima, en cada alambre, es un C, 450 pF, en serie con una R, 1 ohm. Ver Fig. 2.

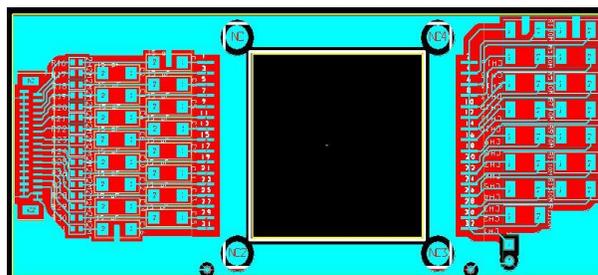
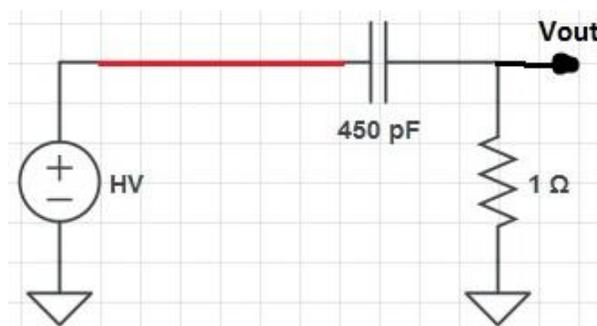


Figura 2. Electrónica mínima para la cámara multialámbrica. Se trata de un filtro pasa bajas pasivo de primer orden. El segmento de alambre color rojo representa la fibra que estará dentro de la cámara.

La resolución planeada en la posición de la partícula ionizante es de 0.9 mm X 0.9 mm; se caracterizará usando rayos cósmicos.

Las tarjetas bases de la cámara de 32 canales, en construcción, se diseñaron con OrCAD (Ver Fig. 3 y 4) y Mextronics las manufacturó.

Figura 3. Diseño de la tarjeta (I) electrónica que se usará en la cámara multialámbrica de 32 canales. Cada tarjeta cuenta con 16 canales.

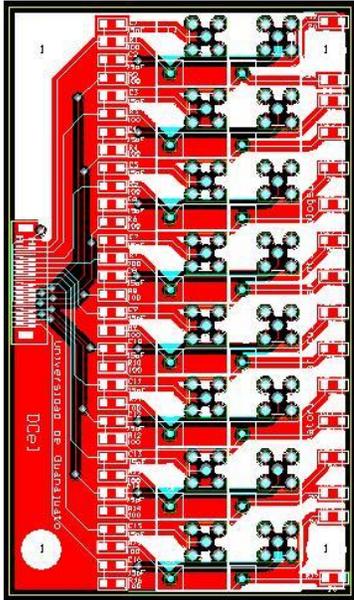


Figura 4. Vista del diseño de la tarjeta (II) que se usará para visualizar las señales, y toma de datos. Las dos tarjetas se conectarán entre sí por medio de un flat flexible cable.

Se construyeron en el laboratorio de partículas elementales dos tarjetas para armar una cámara de 4 canales, y probar el funcionamiento del arreglo propuesto. Ver Fig. 5.

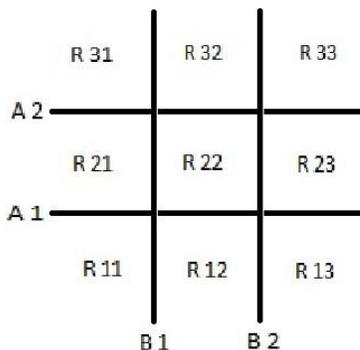


Figura 5. Arreglo formado por las fibras de las tarjetas de 2 canales. Se identifican las fibras por una letra y un número, y las distintas regiones de la malla por medio de coordenadas, empezando en la esquina inferior izquierda.

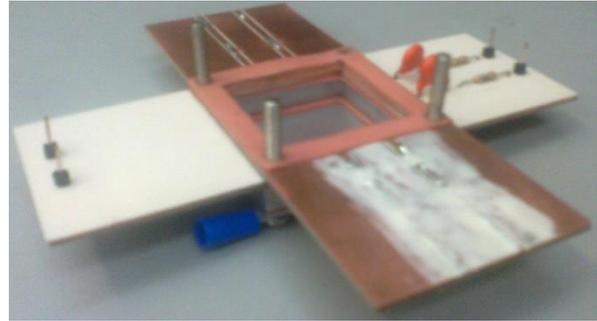
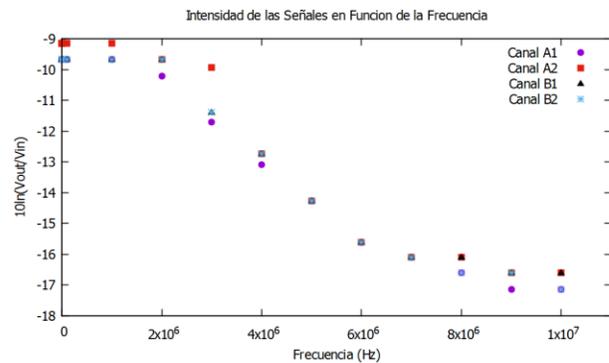


Figura 6. Cámara multilámbrica de 4 canales construida en el laboratorio de partículas elementales.

Para caracterizar los canales, se conectaron uno a la vez a un generador de funciones Tektronix AFG 3101, se configuró para que la señal de entrada fueran pulsos de 1 V pico a pico y ciclo de trabajo de 5%. Se usó aire a presión de 1 atm.

Para visualizar las señales de salida se utilizó un osciloscopio Tektronix TDS 3034 B. Los cuatro canales tuvieron un funcionamiento similar; no se apreciaba una atenuación considerable de la amplitud de las señales que se obtenían a frecuencias menores a 1 MHz. Ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Intensidad de las señales obtenidas como función de la frecuencia de los pulsos.

Se construyó en un breadboard el circuito que se usará en la tarjeta II (Fig. 7), y se hicieron pruebas variando las resistencias y capacitores.

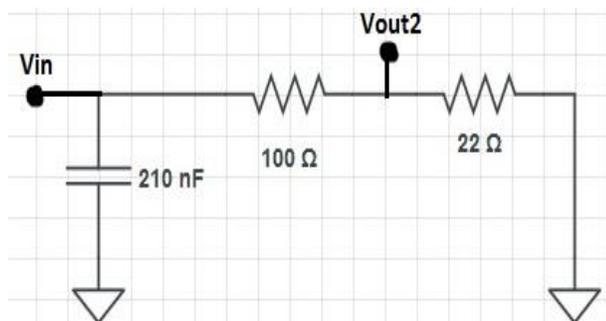


Figura 7. Circuito implementado en la tarjeta II. Los valores de los elementos que se muestran son los que se usarán en las tarjetas. Los dos circuitos (Fig. 3 y 7) están conectados en cascada, Vin en el segundo circuito está conectado a Vout en el primero.

Se observó que la intensidad de las señales cambiaba en los nodos Vout y Vout2 al variar los valores de los componentes. Se eligieron los elementos electrónicos tal que las señales tuvieran buena intensidad y decayeran rápido (Ver Fig. 8).



Figura 8. Señales obtenidas en Vout (Azul) y Vout2 (Verde) con pulsos de 1 Vpp y frecuencia de 100 kHz.

Finalmente se ensambló la cámara multilámbtrica para hacer observaciones con los cuatro canales funcionando simultáneamente. El equipo utilizado fue una fuente de alto voltaje ultravioleta M series 3M24-P1 y un osciloscopio Tektronix TDS5104B. Se probaron los canales uno por uno, luego en pares y por último los cuatro a la vez.

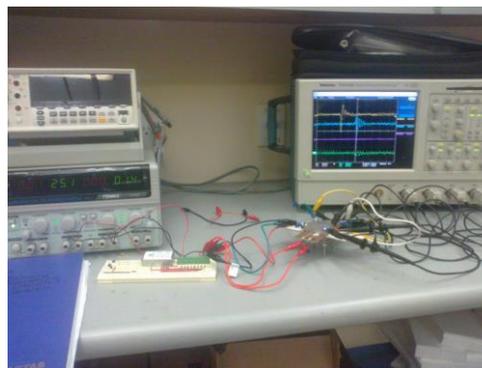


Figura 9. Cámara multilámbtrica con los cuatro canales en funcionamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuatro canales se registraron los primeros pulsos a voltajes similares, ver Tabla 1. En el canal A 1, a 1100 V, se tuvieron arcos en el capacitor, lo cual ocasionaba que hubiera pulsos debidos a las descargas; por esto, las terminales del capacitor se cubrieron con esmalte para aislarlas mejor. Se siguieron teniendo arcos, pero ahora a 1345 V.

Canal	V ₀ (V)
A 1	915
A 2	1040
B 1	1040
B 2	795

Tabla 1. Voltajes a los cuales se registraron los primeros pulsos en los cuatro canales.

En las figuras 10, 11, 12, 13, 14 se muestran pulsos que se obtuvieron en los distintos canales.



Figura 10. Pulso en el canal A1 operando a 1280 V.

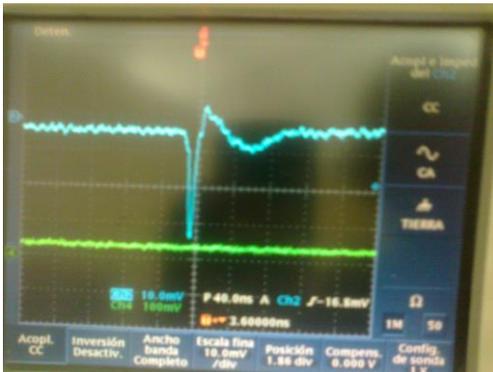


Figura 11. Pulso en el canal A2 a 1040 V.



Figura 12. Pulso en el Canal B1 a 1100 V.

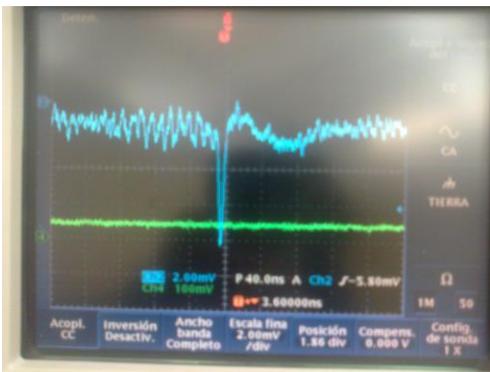


Figura 13. Pulso en el Canal B2 a 795 V.

Se conectaron simultáneamente los dos canales de cada tarjeta, y por último los cuatro a la vez. Las señales por lo general tenían pulsos al mismo tiempo, pero había ocasiones en que no ocurrían en todos los canales. Esto se debe a que depende

de la región por la que pase la partícula ionizante para que haya un pulso simultáneamente en algunos canales; ésta es la característica más importante de la cámara multilámblica.

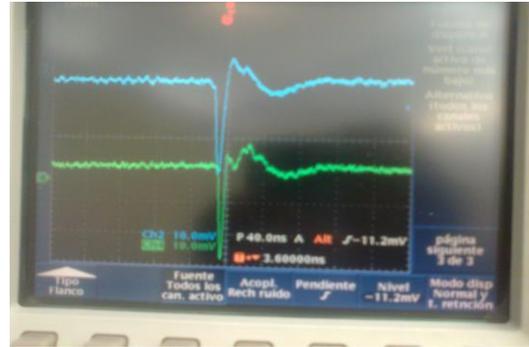


Figura 14. Canal A1 (Azul) y A2 (verde) a 1040 V.



Figura 15. Canal B1 (Azul) y B2 (Verde) a 1100 V.

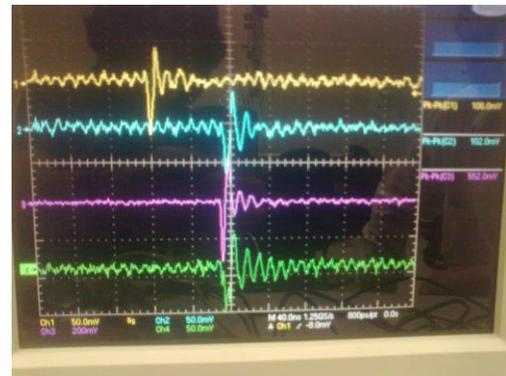


Figura 16. Los cuatro canales operando simultáneamente a 1100 V. De arriba a abajo, A1, A2, B1, B2. El desfase de la señal en A1 no es porque el pulso se registre primero en dicho canal, sino por un problema de calibración en el osciloscopio.

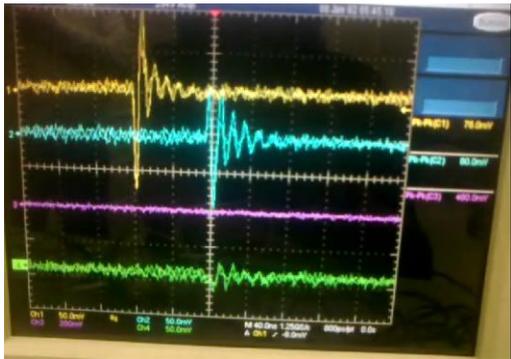


Figura 17. Se observa que hubo un pulso en A1, A2 y B2, pero no en B1. Ésto se debe a que una partícula pasó por la región R23.

"The Nobel Prize in Physics 1992". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 3 Jul 2015.

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1992

"Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers". cds.cern.ch. Web. 5 Jul 2015.

<https://cds.cern.ch/record/117989/files/CERN-77-09.pdf>

CONCLUSIONES

Se planeó, y diseñó una cámara de 32 canales, y se planeó, diseño, desarrolló una mini cámara multialámbrica de 4 canales. Los pulsos observados son evidencia de la detección de rayos cósmicos en espacios reducidos y de que la cámara multialámbrica funciona bien. El desarrollo de la mini cámara de 32 canales y sus aplicaciones están trabajándose. Se caracterizará, se calibrará, y se medirán flujos, isotropías de distribución, y tiempos de vuelo de los rayos cósmicos. Se desarrollarán aplicaciones de los rayos cósmicos usando esta mini cámara multialámbrica, como reconstrucción de imágenes y caracterización de materiales.

AGRADECIMIENTOS

A Luis Jorge Arceo Miquel Y Diego Armando Andrade Aldana por enseñarnos a utilizar OrCAD.

A la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado de la UG, por la beca que nos proporcionó para manutención durante la estancia.

REFERENCIAS

"The Nobel Prize in Physics 1936". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 1 Jul 2015.

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1936/