

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO /	ANO 1977

09.77.04

CNEA-NT 8/77

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

EL DIODO RECTIFICADOR COMO GENERADOR DE CORRIENTES PARA RADIACIONES IONIZANTES
DE ELEVADA INTENSIDAD

JOSE NAKASONE

1977

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

EL DIODO RECTIFICADOR COMO GENERADOR DE CORRIENTES PARA RADIACIONES IONIZANTES
DE ELEVADA INTENSIDAD

JOSE NAKASONE

RESUMEN

Se presentan los resultados de experiencias realizadas con ciertas variedades de diodos rectificadores de silicio, con el fin de utilizarlos para el monitoraje de campos intensos de radiación, de 30 R/min o superiores, con una precisión de unas pocas décimas de por ciento.

SUMMARY

Results of experiences performed with certain types of silicon semiconductor rectifiers are presented. These are proposed to be used for the monitoring of intense radiation fields, down to 30 R/min, with a few tenths per cent of accuracy.

EL DIODO RECTIFICADOR COMO GENERADOR DE CORRIENTES PARA RADIACIONES IONIZANTES DE ELEVADA INTENSIDAD

INTRODUCCION

Se ensayaron varios diodos semiconductores en irradiadores de Co-60 de haz externo y de celdas cerradas, con intensidades comprendidas entre 1 R/seg y 70 R/seg. En las experiencias se utilizaron los diodos rectificadores BY127, MR991 y 1N4002, cuyas corrientes se midieron con un electrómetro de "lengüeta vibrante" y con un picoamperímetro de válvula.

El objetivo del trabajo es el uso de los diodos como monitores de radiación, en casos tales como control de haces, medición de homogeneidad de campo, transferencia durante las calibraciones, mediciones de homogeneidad y calibración de fuentes selladas.

1- Características de los diodos examinados

	V(P.I) (v)	V(ef.I) (v)	I(Inv) (μ A)	I(D) (A)	V(D) (V)	Φ (mm)	l (mm)
BY127	800	--	10	1	--	6	12
MR991	1.500	1.050	10	0,25	3,5	4	8
1N4002	100	70	30	1	1,6	2,5	5

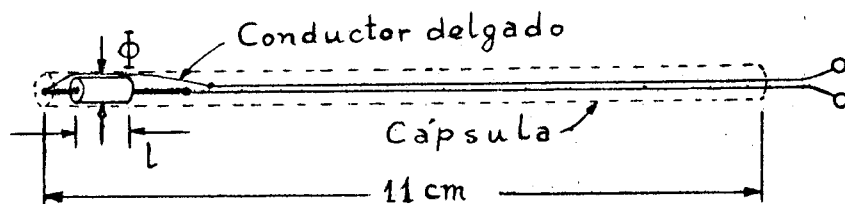


Figura 1

2 - Decaimiento en la generación de la corriente en los diodos

La capacidad inicial de generación no depende solamente de los tipos de diodos sino también de cada ejemplar particular; se detectaron así, diferencias de hasta 55% entre diodos de una misma variedad.

En cuanto a la rapidez de la degradación, en general, los MR991 y 1N4002 descendieron sistemáticamente en su intensidad entre 0 y 3%/MRad desde el comienzo; este ritmo varió según el ejemplar ensayado. El BY127 se redujo levemente (0,3%/MRad) inicialmente. Luego de recibir 20 MRad se invirtió la tendencia: la generación de la corriente se incrementó en 2,5% /MRad, hasta que tras 30 MRad el ritmo se mantenía en 1%/MRad.

Tanto en las variaciones positivas como las negativas, el ritmo de variación decrece con la cantidad de dosis recibida.

La curva característica de uno de los diodos, que recibió 20 MRad, se suavizó en su codo, aunque sin variar la posición de éste. Entre 0,4 y 0,5 V, la resistencia creció en un 70%.

3 - Anisotropía

Dada la simetría cilíndrica de los diodos, únicamente se midió en una de las direcciones a lo largo del eje (borne positivo hacia el foco). Se observó una reducción del 14% en una de las muestras de MR991. Si en dicha dirección incidiera el 30% de la radiación total, el error sería del 4,2%. En la selección de los diodos la anisotropía será uno de los factores a tenerse en cuenta.

4 - Electrómetros para la medición de corrientes

Todas las mediciones fueron efectuadas con el electrómetro de lengüeta vibrante Cary 32, utilizándose en la realimentación resistencias de 10^6 y $10^8 \Omega$ de buena calidad. Las corrientes medidas fueron del orden de las que entregan las "cámaras normales" de los dosímetros PTW. Por lo tanto, en principio, las corrientes pueden ser medidas con electrómetros de válvulas; más aún, es posible utilizar sistemas de control con fuentes radiactivas.

Un picoamperímetro de válvula fue utilizado conjuntamente con el

Cary durante las mediciones; sin embargo se observó una diferencia importante: el Cary no sólo es más preciso y seguro sino que tampoco produce efecto de polaridad de los diodos, o sea, diferencias de corrientes medidas en "Directa" e "Inversa" (ver fig 2). En cambio, en el electrómetro de válvula, ello vale solo con los diodos no irradiados, ya que luego de recibir unos 15 MRad, la conexión Directa debe ser excluida.

La sobretensión de entrada del electrómetro de válvula perturba la juntura del diodo conectado en Directa; en algunos de los casos la corriente se redujo a la mitad, aproximadamente.

Por otra parte, si en el Cary 32 se reemplaza la resistencia de realimentación R por una capacidad C inferior a $0,5 \mu\text{F}$, se perciben efectos de polaridad de los diodos. Es posible que dicho problema no se presente con C de varios μF y de buena calidad dieléctrica.

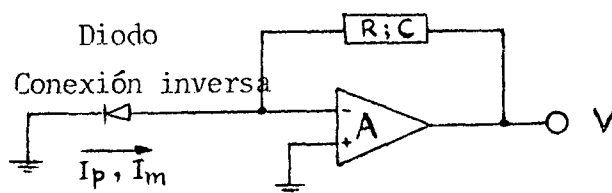


Figura 2

Debido a la gran extensión del cable que une los diodos a los amplificadores, éstos y el blindaje del cable deben conectarse firmemente a tierra.

Cables y amplificadores no constituyen, en general, fuentes importantes de pérdidas y ruidos. Sin embargo, es preciso que en los tramos expuestos a la radiación se considere la colección de electrones de altas energías.

5 - Equilibrio electrónico en un diodo MR991

En el haz de Co-60, este diodo logra el equilibrio con unos $0,017 \text{ g/cm}^2$ de material equivalente a tejido biológico. Por razones prácticas, el diodo fue encapsulado en un delgado tubo de P.V.C.

6 - Corrientes de pérdidas

La corriente del diodo I_m en conexión Inversa es positiva. La corriente "negra" o de origen térmico I_p , posee el mismo signo; a temperatura

ambiental su magnitud aconseja que la intensidad de dosis sea superior a varios R/seg.

A mayor temperatura, mayor es la pérdida I_p ; en cambio la corriente I_m generada por la radiación varía a lo sumo en una proporción muy inferior a la de I_p , en función de la temperatura. A unos 40°C la corriente I_p equivale a la generada por varios R/min.

La pérdida será medida antes y después de la irradiación debido a posibles influencias de las dosis recibidas y de los tiempos de relajación. Fuera de medición el diodo se mantendrá en ambiente seco.

7 - Calibración contra el dosímetro de referencia en haz de Co-60

Mediante el "Cary" se efectuaron mediciones en un haz de un Picker de algunas decenas de R/min. Uno de los diodos presentó un factor de:

$$K_c = 2,59 \text{ (R/seg/nA)}$$

Dos calibraciones en días sucesivos dieron una diferencia de 4%.

En el centro de un "Gammacell 220", cuya exposición es de 70 R/seg, la calibración da:

$$K'_c = 2,22 \text{ (R/seg/nA)}$$

o sea, un 14% menor que K_c . El "Gammacell" da un campo casi isótropo y con abundancia de radiaciones secundarias, a diferencia del haz de Picker, que es colimado y con escasa proporción de radiación secundaria.

8 - Usos del diodo

El más indicado es para monitoraje de haces y para mediciones de homogeneidad de campos X, gamma y de partículas de altas energías, tanto a niveles de radioterapia como a los de los irradiadores industriales.

Para la selección entre las diversas variedades, conviene decidirse primero sobre el tamaño y la anisotropía admisibles para el problema a resolver.

9 - Interpretación de los hechos observados (Ver CNEA-NT 7/77)

Según CNEA-NT 7/77, la juntura de un diodo posee una anchura de w

que es función de su perfil de impurezas y del potencial total aplicado. Esta capa dipolar no sólo da lugar a las propiedades de rectificación y de capacidad variable, sino también a la sensibilidad a las radiaciones ionizantes. En el silicio, la formación de un par hueco-electrón requiere 3,6 eV; además, el autopotencial crea en la juntura un intenso campo eléctrico que impide que dicho par se recombine; por lo tanto, el intervalo w se asimila al espacio interelectródico de una cámara de ionización.

La radiación de alta energía genera fallas en los semiconductores incrementándose las posibilidades de recombinación y deformando el perfil de impurezas. Ambos fenómenos explican las variaciones en el rendimiento en corriente de los diodos en función de la dosis.

Siendo que la juntura se forma por la difusión de los portadores mayoritarios hacia el semiconductor opuesto, la polarización será opuesta a la polaridad del diodo. Luego, la corriente de ionización tendrá sentido opuesto al del diodo.

Sin polarización, la tensión externa aplicada al diodo procede de la sobretensión del electrómetro, por lo que se opone al autopotencial, reduciéndose w eventualmente.

RECONOCIMIENTOS

Se agradecen las colaboraciones prestadas por el Ing Rubén GONZALEZ y la Lic Elisabeth DORDA de CANCIO en las experiencias de irradiación de los diodos semiconductores, realizadas en las instalaciones del Depto Fuentes Intensas de Radiación, y al Ingeniero Santiago F Pinasco por la colaboración prestada al facilitar los equipos ensayados.