

Resultados sobre irradiación con rayos gamma de vidrios y adhesivos

J.C. Oller¹, A. Molinero¹, M.I. Josa¹, A. Ferrando¹, M.G. Fernández¹, J.M. Barcala¹, A.L. Virto², I. Vila², T. Rodrigo², C.F. Figueroa², E. Calvo², P. Arce²

¹CIEMAT, Madrid.

²Instituto de Física de Cantabria, CSIC-Universidad de Cantabria, Santander.

En CMS¹, el Sistema de Alineamiento Link², está diseñado para relacionar la posición del detector central de trazas³ y el sistema de cámaras de muones². Estos dos detectores permiten la reconstrucción espacial de partículas cargadas en un rango de pseudorapidez de ± 3 , equivalentes a un ángulo polar de ± 5.7 grados.

En las regiones próximas a $|\eta| = 3$, el nivel de radiación será del orden de 10 kGy/año con LHC trabajando a su luminosidad nominal de $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Entre los componentes del Sistema LINK hay piezas ópticas colocadas a $|\eta| = 3$, que deben conservar su transparencia a pesar de la alta irradiación.

En las unidades que proporcionan los haces de luz láser, prismas de sección romboidal están acoplados a prismas rectos mediante la utilización de pegamentos. La luz atraviesa las piezas por su interior, por lo que no solo el vidrio utilizado debe conservar su transparencia, sino que el adhesivo no debe degradarse ni sufrir deformaciones mecánicas, de forma que no se generen movimientos indeseables entre las piezas pegadas que darían lugar a cambios en la dirección de los haces luminosos.

Por otra parte, y para alcanzar el interior del detector central de trazas, el camino luminoso cambia dos veces de dirección por medio de un periscopio formado por un splitter y un espejo, ambos pegados sobre una barra rígida de silicio fundido.

Para comprobar la resistencia a la radiación de vidrios y pegamentos hemos procedido a irradiar algunas probetas y a medir eventuales cambios en prestaciones.

Hemos comenzado irradiando con rayos gamma, utilizando fuentes de Cobalto, cuatro tipos distintos de vidrio: BK7, BK7-G18, silicio fundido y silicio fundido de calidad óptica (Cuarzo Sintético). La irradiación se realizó en la Unidad NAYADE del CIEMAT. Madrid.

Los cuatro vidrios fueron irradiados hasta una dosis total de 100 kGy, equivalentes a 10 años de utilización en CMS a la luminosidad nominal de LHC y para vidrios colocados en $|\eta| = 3$.

Como resultado de la irradiación, la muestra de BK7 cambio de transparente a absolutamente negra. La muestra de silicio fundido se volvió gris.

Para las probetas de BK7-G18 y Cuarzo Sintético, se midió su poder de transmisión en función de la longitud de onda incidente (desde 400 a 900 nm, un dato por nm) antes y después de la irradiación observándose, en ambos casos, una mínima degradación, inferior al 0.5%, en todo el espectro del visible. Estos dos materiales son pues idóneos para la fabricación de los elementos ópticos.

Para el estudio de comportamiento de adhesivos, se prepararon 8 probetas, 4 en BK7-G18 y otras 4 Cuarzo Sintético. Las probetas consistían en un par de vidrios circulares (15 mm de diámetro y 2.5 mm de espesor cada uno) pegados entre si. En cada probeta, para ambos tipos de material, se utilizó un tipo de adhesivo diferente.

Como pegamentos se utilizaron NOA61, LOCTITE 350 y MELTMOUNT. Para la cuarta probeta se utilizó una técnica conocida como adhesión molecular en vacío (VACUUM en lo que sigue).

Las 8 probetas se irradiaron hasta 150 kGy en pasos de 50 kGy, con rayos gamma procedentes de las fuentes de Cobalto del NAYADE. A las 8 muestras se les midió, con un espectro/goniómetro VIS, la cuña que forman los dos cristales pegados, antes de irradiar y después de cada paso de irradiación. Con ello se trata de averiguar si el pegamento utilizado sufre deformaciones mecánicas que darían lugar a cambios en la dirección emergente de un haz de luz que incidiera sobre una de las caras.

Los resultados obtenidos en la medida de las cuñas (en μrad) para las probetas construidas en BK7-G18 se resumen en la tabla 1.

Tabla 1.- Resultados de la irradiación de cuñas de BK7-G18.

Dosis(kGy)	NOA61	LOCTITE	MELTMOUNT	VACUUM
0	700,1 $\pm$ 2,4	784,5 $\pm$ 2,4	961,9 $\pm$ 3,4	2136,3 $\pm$ 2,4
50	700,6 $\pm$ 2,4	785,7 $\pm$ 2,4	996,8 $\pm$ 3,4	2139,2 $\pm$ 2,4
100	699,2 $\pm$ 2,4	785,2 $\pm$ 2,4	996,6 $\pm$ 3,4	2138,4 $\pm$ 2,4
150	701,6 $\pm$ 2,4	786,4 $\pm$ 3,4	996,8 $\pm$ 3,4	2138,9 $\pm$ 2,4

Como puede verse, las probetas pegadas con NOA61, LOCTITE y aquella en que se utilizó la técnica de vacío, no cambian el valor de las correspondientes cuñas a lo largo del proceso de irradiación. Por el contrario, la muestra en que se utilizó MELTMOUNT sufre un cambio en la cuña de unos 35 μrad tras la primera dosis de 50 kGy, sin que se aprecien cambios ulteriores.

Los resultados obtenidos en la medida de las cuñas (en μrad) para las probetas construidas en Cuarzo Sintético se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.- Resultados de la irradiación de cuñas de Cuarzo Sintético.

Dosis (kGy)	NOA61	LOCTITE	MELTMOUNT	VACUUM
0	1322,2 $\pm$ 6,3	2815,7 $\pm$ 6,9	431,0 $\pm$ 8,0	335,5 $\pm$ 7,6
50	1313,7 $\pm$ 6,0	2817,8 $\pm$ 6,9	421,3 $\pm$ 7,6	330,3 $\pm$ 7,6
100	1315,1 $\pm$ 6,0	2827,1 $\pm$ 7,4	420,6 $\pm$ 7,4	333,1 $\pm$ 6,9
150	1313,8 $\pm$ 6,0	2826,0 $\pm$ 7,6	420,8 $\pm$ 7,6	339,9 $\pm$ 6,9

Para este vidrio se aprecian pequeños cambios, compatibles con la incertidumbre de la medida, en las muestras con LOCTITE, MELTMOUNT y VACUUM. Para la muestra con NOA61 se observa un cambio de unos 19 μrad (3σ) después de los primeros 50 kGy, que no evoluciona después de las dosis posteriores.

Referencias

- ¹ "The Compact Muon Solenoid Technical Proposal", G.L. Bayatian et al. CERN/LHCC 94-38.
- ² "The CMS Muon Project Technical Design Report". CERN/LHCC 97-32.
- ³ "The CMS Tracker Project Technical Design Report". CERN/LHCC 98-6.