

Caracterización de nuevos sensores ALMY para el sistema LINK de alineamiento del detector CMS

A. Calderón¹, E. Calvo¹, C.F. Figueroa¹, C. Martínez-Rivero¹, F. Matorras¹,
T. Rodrigo¹, I. Vila¹, A.L. Virto¹
P. Arce², J.M. Barcala², A. Ferrando², M.I. Josa², J.M. Luque², A. Molinero²,
J. Navarrete², J.C. Oller²

¹ Instituto de Física de Cantabria (IFCA), CSIC-Universidad de Cantabria, Santander.

² CIEMAT, Madrid.

Los sensores ALMY son sensores de posición 2D transparentes. Estos sensores se construyen sobre un substrato cristalino y emplean silicio amorfo (a-Si:H) como material fotoactivo, el cual, tiene la propiedad de ser transparente para láminas finas de material. Gracias a su transparencia en un determinado rango espectral, se pueden realizar medidas en distintos puntos a lo largo del mismo haz, eliminando la necesidad de dividir el haz para tomar diferentes muestras del mismo. Esta característica los destaca frente al resto de sensores ópticos de posición opacos¹. La elección de silicio amorfo como material se debe a su resistencia en ambientes de alta radiación² así como a la insensibilidad a campos magnéticos debida a su baja corriente Hall y a la pequeña longitud de deriva de los portadores. Estas propiedades permiten su funcionamiento en el entorno de trabajo del detector CMS, dentro de LHC, que será especialmente exigente en lo que ha prestaciones de componentes se refiere.

La contribución de estos sensores al error total en el sistema de alineamiento ha de estar por debajo de $5\mu\text{m}$ en la reconstrucción de la posición verdadera del haz, y con desviaciones del haz inferiores a $5\mu\text{rad}$ tras atravesar las capas de material del sensor. Con estas limitaciones al error permitido será posible alcanzar las $100\mu\text{m}$ a nivel de las cámaras de muones en la zona del barril³.

En un principio, los ALMY fueron sensores comerciales. Las primeras pruebas fueron realizadas con sensores matriciales de silicio amorfo de dimensiones $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ y **** de grosor, segmentados en 64 electrodos horizontales y 64 electrodos verticales. Cada tira de electrodo tiene una anchura de $312.5\mu\text{m}$, aunque la precisión que puede obtenerse es de $1\mu\text{m}$ combinando la información de varios electrodos. En la actualidad están siendo producidos, en el *Institut für Physikalische Elektronik* de la Universidad de Stuttgart, los primeros prototipos de un sensor mucho más evolucionado que su predecesor comercial. El área activa de estos nuevos sensores ALMY es de $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ y **** de grosor. Hasta el momento se han estudiado las propiedades ópticas de transmisión de los nuevos prototipos, para proceder a continuación a depositar los electrodos y realizar las pruebas de linealidad correspondientes a las señales eléctricas que generan⁴.

Desde el punto de vista de su utilización en el sistema de alineamiento, un sensor de posición ALMY queda caracterizado por el estudio de linealidad (o bondad en la reconstrucción de la posición del haz de luz sobre el sensor) y el estudio de la transmisión del haz, ya que se trata de un sensor transparente. Las pruebas realizadas con los primeros sensores muestran la existencia de una falta de homogeneidad en la reconstrucción de la posición del haz sobre la superficie del sensor y en la reconstrucción de la posición del haz transmitido. Dichas inhomogeneidades son estables y repetibles, no dependiendo del movimiento realizado, sino que están ligadas al sensor, pero si dependientes de la longitud

de onda utilizada. Además presentan patrones de inhomogeneidad diferentes para la linealidad y para la transmisión. Los valores obtenidos para la resolución en la reconstrucción fueron siempre menores de $5\mu\text{m}$, dentro de los límites exigidos.

La reconstrucción del haz en un sensor de posición situado detrás del sensor en estudio demuestra que la propagación rectilínea del haz es afectada por la presencia del primer sensor. Interpretando la desviación introducida por el primer sensor como un ángulo de deflexión pueden observarse dos tendencias superpuestas, una variación lineal del ángulo deflectado con la posición del haz sobre el primer sensor y una oscilación. La curvatura del sustrato sería la responsable del comportamiento lineal mientras que las oscilaciones son debidas a las interferencias en las capas de material. Por ello se ha incorporado un tratamiento antireflejante para minimizar el problema de las interferencias.

En los primeros sensores comerciales, los valores medios de los ángulos de deflexión fueron siempre $<175\mu\text{rad}$ con una dispersión de hasta $20\mu\text{rad}$. Estos valores están bastante alejados de los $5\mu\text{rad}$ requeridos por el sistema de alineamiento, lo que obliga a realizar correcciones mediante el uso de matrices de precalibración. Las medidas de deflexión realizadas en cuatro sensores ALMY de nueva generación, con tratamiento antireflejante, han dado como resultado un valor medio del ángulo de deflexión de $13\mu\text{rad}$ y una dispersión de los valores de $3\mu\text{rad}$, por debajo del valor máximo requerido. También fueron medidos los ángulos de deflexión de dos nuevos sensores ALMY sin tratamiento antireflejante (G031 II y G031 VI) obteniéndose un valor medio de $13 \pm 5 \mu\text{rad}$.

La absorción del a-Si:H es muy dependiente de la longitud de onda. En los primeros ALMY probados los valores de transmisión obtenidos fueron $\sim 15\%$ para láseres de He-Ne y hasta el 80% empleando láseres semiconductores. Los valores de la transmitancia obtenidos en los nuevos ALMY pueden verse en la tabla 1 para tres valores de longitud de onda antes y después de ser irradiados hasta una dosis de 50KGy (Si).

Tabla 1. Transmitancia: sensores ALMY de nueva generación

Sensor	T (670nm) (%)	T(785nm) (%)	T(1060nm) (%)
G031 II	87 ± 2	89 ± 2	82 ± 2
G031 VI	86 ± 2	90 ± 2	81 ± 2
AI01 I	94 ± 2	91 ± 2	79 ± 2
AI01 II	93 ± 2	92 ± 2	76 ± 2
AI01 III	92 ± 2	92 ± 2	74 ± 2
AI01 IV	92 ± 2	92 ± 2	78 ± 2
G031 II (50 KGy)	78 ± 2	83 ± 2	74 ± 2
G031 VI (50 KGy)	77 ± 2	85 ± 2	75 ± 2

I. REFERENCIAS

¹ M. Fernández, “ Sensores Matriciales transparentes de silicio amorfo para el sistema de alineamiento de CMS ”. Tesis de Licenciatura.

² M. Yamaguchi, S.J. Taylor, S. Matsuda & O. Kawasaki, Applied Physics Letters, 68 (1996) 3141-3143.

³ P. Arce et al., “ Error budget of the full CMS Link Alignment System. The Alignment Project. Engineering Design Report. CMS MUON-EDR-06, 2002.

⁴ M. Fernández, “ An Alinment System for the CMS (Compact Muon Solenoid) Experiment at the Large Hadron Collider (LHC) “. Tesis Doctoral, 2001.