

Estudio de sensores de imagen CMOS para la detección de la posición de haces láser

A. L. Virto¹, I. Vila¹, T. Rodrigo¹, F. Matorras¹, C. Martínez-Rivero¹, C. F. Figueroa¹, E. Calvo¹, A. Calderón¹, 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, 39005 Santander.

² Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), 28040 Madrid.

Se presenta un estudio de caracterización de sensores comerciales de imagen 2D en tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) para validar su utilización como sensores de detección de posición de haces láser de referencia para el Sistema Link de Alineamiento del detector CMS, los requisitos exigidos son una precisión en la reconstrucción espacial de la posición del haz láser de 5-10 μm y resistencia a la radiación hasta una dosis total de 10 Gy^{-1} .

Varias muestras del sensor RadEye1 de Radicon Corp. ² han sido caracterizadas. El sensor, diseñado para imagen en el visible, es una matriz bidimensional de fotodiodos (512x1024 pixels de 48 μm entre centros) y un área activa total de 24.6x49.2 mm^2 . Otras especificaciones comerciales son una baja corriente de oscuridad de 30 pA/cm^2 a temperatura ambiente, un rango dinámico de 85 dB, velocidad de lectura de 2.5 MHz y tolerancia a la radiación hasta 1 kGy. La correspondiente lógica de control y circuitería de lectura están integradas en el propio sensor. Su salida es analógica. Una tarjeta de National Instruments y un módulo en Labview se encargan del control y la adquisición de datos. La imagen adquirida (una matriz de 512x1024 enteros con signo de 16-bits) es analizada por una cadena posterior de programas.

El estudio realizado ha comprendido: reconstrucción del centro del haz luminoso, medidas de estabilidad para la obtención de la resolución de dicha reconstrucción, determinación de la sensibilidad y uniformidad de la respuesta del sensor frente a iluminación uniforme, medidas de linealidad, análisis de la influencia en la reconstrucción de la posición de la iluminación de fondo y finalmente un estudio de efecto de la radiación γ sobre el funcionamiento del sensor.

Para la determinación de la resolución intrínseca de posiciones se hizo incidir un láser He-Ne (633 nm), sobre las muestras tomándose varias medidas de estabilidad en estas condiciones de hasta 12 horas de duración. Se calcularon las proyecciones de las matrices respuesta del sensor (en las direcciones X,Y) sobre las que se aplicó un ajuste gaussiano. Los valores medios de los ajustes se toman como el centro de la mancha luminosa. En todos los casos se ha obtenido una resolución en la determinación de la posición de la mancha láser en oscuridad menor de 1 μm en ambas direcciones.

Para calcular la sensibilidad y la uniformidad de la respuesta del sensor se controló la irradiancia externa aplicada sobre el sensor mediante una célula fotovoltaica calibrada. La curva de respuesta del sensor obtenida (en ADC) frente a esta irradiancia, muestra un comportamiento lineal en 600-1500 nW/cm^2 , alcanzando la saturación en 1500 nW/cm^2 .

Para obtener la uniformidad en la respuesta sobre el área activa del sensor, este se expuso a una luz blanca y uniforme, encontrándose un patrón de no-uniformidad característico y similar en su forma en todas las muestras. Las variaciones de respuesta entre pixels fueron del orden de 10–13%. Para estudiar la influencia de este patrón sobre la

precisión en la reconstrucción de la posición de la mancha láser se realizaron medidas de linealidad en una área activa de $20 \times 20 \text{ mm}^2$ que indican como de bien se reconstruyen desplazamientos de la mancha luminosa. Para ello, el sensor se montó en dos plataformas motorizadas y se realizaron barridos con un haz láser de 780 nm. En cada punto de este barrido se reconstruyó a partir de la imagen adquirida el centro de la mancha láser, la diferencia entre los desplazamientos reales dados por las plataformas y los reconstruidos por el sensor muestran una buena linealidad (Figura 1) por debajo siempre de $5 \text{ }\mu\text{m}$. También se estudio la influencia de la luz

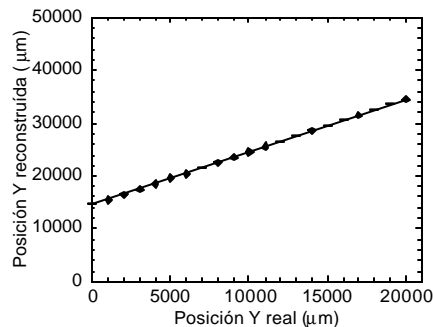


Figura 1. Ejemplo de medida de linealidad del sensor CMOS

de fondo en la reconstrucción de la posición del haz láser, implementándose distintos algoritmos de reconstrucción a partir de la imagen adquirida y repitiéndose también las medidas de linealidad. Una precisión mejor de $10 \text{ }\mu\text{m}$ se conserva en presencia de fondos de luz ambiente de hasta 1000 nW/cm^2 .

Finalmente una muestra fue irradiada con rayos γ en la instalación NAYADE (CIEMAT) hasta una dosis total de 250 Gy (Si), a $4.60 \pm 014 \text{ Gy/min}$ y temperatura ambiente. Tras la irradiación se observó un aumento de la corriente de oscuridad que pasó del valor inicial a $\sim 2074 \text{ nA/cm}^2$. Para evaluar la influencia de su efecto se repitieron las medidas de linealidad sobre la muestra irradiada y se obtuvo una precisión en la reconstrucción de posiciones $< 5 \text{ }\mu\text{m}$. La dosis máxima prevista para estos sensores en el sistema Link es de 10 Gy , por tanto se ha probado su resistencia a TID para su aplicación en CMS. Estudios de irradiación con neutrones se están realizando en la actualidad.

Agradecimientos: Agradecemos a los Drs. J. Cárabe y J. Gandía (IER, CIEMAT) la calibración de la célula fotovoltaica empleada en el proceso de caracterización de los sensores, así como al Dr. J. Fuentes (NAYADE, CIEMAT) y a su equipo el proceso de irradiación de los mismos.

Referencias

¹ The CMS Collaboration, "The Muon Project Technical Design Report", CMS TDR3, CERN/LHCC 97-32, 15 December 1997.

² Rad-icon Imaging Corp, 3193 Belick Street, Unit 1, Santa Clara, CA95054, (<http://www.rad-icon.com>).