
Resumen

El sub detector ITS (Inner Tracking System) del detector ALICE (A Large Ion Collider Experiment) es un detector de vértice y es el detector mas cercano al punto de interacción. Se encuentra conformado por 3 tipos de subdetectores, dos capas de pixel de silicio (Silicon Pixel Detectors), 2 capas de acumulación de silicio (Silicon Drift Detectors) y 2 capas de banda de Silicio (Silicon Strip Detectors). La función primaria del ITS es identificar y rastrear las partículas de bajo momentum transversal.

El detector ITS en sus dos capas más internas están equipadas con sensores de silicio basados en píxeles híbridos. Para reemplazar esta tecnología de Píxeles, el detector ITS actual será reemplazado por un nuevo detector de una sola tecnología, ampliando su resolución espacial y mejorando el rastreo de trazas. Este nuevo detector constará de siete capas de sensores de píxeles activos monolíticos (MAPS), las cuales deberán satisfacer los requerimientos de presupuesto de materiales y ser tolerantes a mayores niveles de radiación para los nuevos escenarios de incrementos de luminosidad y mayores tasas de colisiones.

Los sensores MAPS que integran el sensor de imagen y los circuitos de lectura se encuentran en la misma oblea de silicio, tienen grandes ventajas en una buena resolución de posición y un bajo presupuesto material en términos de bajo coste de producción.

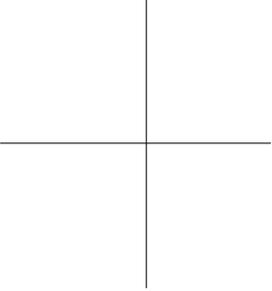
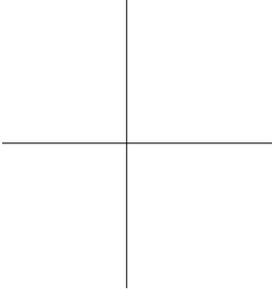
TowerJazz ofrece la posibilidad de una cuádruple-WELL aislando los transistores pMOS que se encuentran en la misma nWELL evitando la competencia con el electrodo de recolección, permitiendo circuitos mas complejos y compactos para ser implementados dentro de la zona activa y además posee una capa epitaxial de alta resistividad. Esta tecnología proporciona una puerta de óxido muy delgado limitando el daño superficial por la radiación haciéndolo adecuado para su uso den-

tro del experimento ALICE. En los últimos cuatro años se ha llevado a cabo una intensiva I+D en MAPS en el marco de la actualización del ITS de ALICE. Varios prototipos a pequeña escala se han desarrollado y probado exitosamente con rayos X, fuentes radioactivas y haces de partículas. La tolerancia a la radiación de ALICE ITS es moderada con una tolerancia de irradiación TID de 700 krad y NIEL de 1×10^{13} $1 \text{ MeV n}_{eq}\text{cm}^{-2}$, MAPS es una opción viable para la actualización del ITS.

La contribución original de esta tesis es la implementación de una nueva arquitectura digital de lectura de píxeles para MAPS. Esta tesis presenta un codificador asíncrono de direcciones (arquitectura basada en la supresión de ceros transmitiendo la dirección de los píxeles excitados denominada PADRE) para la arquitectura ALPIDE, el autor también hizo una contribución significativa en el ensamblaje y verificación de circuitos. PADRE es la principal investigación del autor, basada en un codificador de prioridad jerárquica de cuatro entradas y es una alternativa a la arquitectura de lectura rolling-shutter.

Además de los prototipos a pequeña escala, también se han desarrollado prototipos a escala completa a las necesidades del detector ITS (15 mm y 30 mm) empleando un nuevo circuito de lectura basado en la versión personalizada del circuito PADRE. El pALPIDEfs fue el primer prototipo a escala completa y se caracterizó obteniendo un tiempo de lectura de la matriz por debajo de $4 \mu\text{s}$ y un consumo de energía en el orden de 80 mWcm^{-2} . En general, los resultados obtenidos representan un avance significativo de la tecnología MAPS en cuanto al consumo de energía, velocidad de lectura, tiempo de recolección de carga y tolerancia a la radiación.

El sensor pALPIDE2 ha demostrado ser una opción muy atractiva para el nuevo detector ITS, satisfaciendo los requerimientos en términos de eficiencia de detección, fake-hit rate y resolución de posición, ya que su rendimiento no puede alcanzarse mediante prototipos basados en la arquitectura de lectura tradicionales como es el rolling-shutter diseñado en la misma tecnología. Por esta razón, la I+D en los prototipos ALPIDE ha continuado con el objetivo de optimizar aún más el rendimiento del sensor especialmente en términos del tiempo muerto y estudiar soluciones en otros aspectos de sistemas de integración.



El último circuito de ALPIDE, el pALPDIE3B, consume menos de 50 mW cm^{-2} con una máxima tasa de transmisión de 1,2 Gbps y tiene una eficiencia a la reconstrucción de trazas superior al 99,95%. Con un margen operativo satisfactorio después de irradiación con una fluencia equivalente de $1 \times 10^{13} \text{ 1 MeV n}_{eq} \text{ cm}^{-2}$. Además, validando un consumo de energía por debajo de 50 mW cm^{-2} y una resolución de posición de unos $5 \mu\text{m}$ y una velocidad de lectura aproximada de $2 \mu\text{s}$, cumpliendo con las especificaciones ALICE ITS para su actualización.

Los resultados obtenidos de la caracterización del pALPIDE3B, la fase optimización de los circuitos y de prototipos se finaliza y da pie al inicio de la producción en masa del chip ALPIDE para el año 2017. El nuevo detector ITS se instalará durante el segundo gran parón del LHC en el año 2020 en la caverna de ALICE.