

Tecnología de fabricación y caracterización de adaptadores de paso (*fanins*) para módulos detectores en física de altas energías.

M. Ullán¹, M. Lozano¹, F. Campabadal¹, C. Fleta¹, M. Key¹,
C. García², F. González², J. Bernabeu²

¹ Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM) CSIC. Campus UAB, 08193-Bellaterra, Barcelona, Spain. e-mail: Miguel.Ullan@cnm.es.

² Instituto de Física Corpuscular (IFIC) CSIC, Paterna, Valencia, Spain

I. INTRODUCCIÓN

Los módulos detectores de radiación utilizados en muchos de los experimentos de partículas para la reconstrucción de trazas y vértices secundarios, están compuestos básicamente de una serie de detectores fabricados en silicio de gran área interconectados a una electrónica de lectura realizada con tecnología híbrida multicapa. Esta interconexión se realiza mediante microsoldaduras (*wire bonding*), sin embargo en la práctica aparece una dificultad. El espaciado de las pistas de los detectores de silicio está en torno a las 80 μm con el objeto de obtener las resoluciones espaciales requeridas en los experimentos. Conseguir estos espaciados en tecnología de circuito impreso o circuito híbrido es de una gran dificultad y elevado coste. Por ello se recurre a intercalar entre los módulos detectores de silicio y los circuitos impresos unos adaptadores de paso, denominados en inglés *pitch adapters* o *fanins*, que permitan adaptar las 80 μm del detector a las 200 μm del circuito.

II. TECNOLOGÍA

Los *fanins* constan de un sustrato de vidrio con pistas de metal sobre él y una capa de pasivación opcional para su protección. Las características y espesores de los diferentes materiales utilizados aparecen especificadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características y espesores de los materiales usados en los *fanins*.

Elemento	Material	Espesor
Substrato de vidrio	Tipo DESAG 263T	300 \pm 20 μm .
Metal de las pistas	Al (99.5%) Cu (0.5%)	1 \pm 0.25 μm
Pasivación	Fotoresina positiva HiPR6512 (Arch Chemical Inc.)	1 \pm 0.25 μm

El metal preferible es una aleación de aluminio (99.5%) y cobre (0.5%) para aumentar la resistencia a la electromigración. Es necesario utilizar metal de alto grado de pureza y depositarlo por pulverización catódica (*sputtering*) para garantizar una buena adherencia y soldabilidad de los *pads*. Las pistas de metal están protegidas por una capa de pasivación con aperturas para los *pads* de soldadura. Esta capa se fabrica con resina fotosensible positiva de las utilizadas habitualmente en microelectrónica.

III. RESISTENCIA A LA RADIACIÓN

En los experimentos de partículas los detectores internos deben ser resistentes a altos niveles de radiación, los *fanins* tendrán que soportar estos mismos niveles de radiación. Por

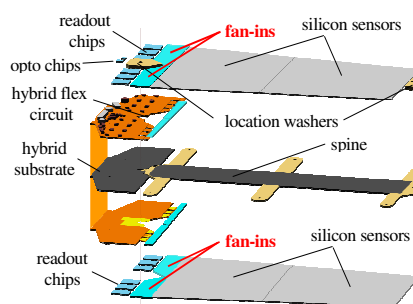


Figura 1. Esquema de la colocación de los fanins dentro de un módulo ATLAS-SCT.

ejemplo, para los módulos del *Semiconductor Tracker* (SCT) de ATLAS, estos niveles, según los cálculos realizados, serán del orden de 10 Mrads(SiO₂) y 2×10^{14} equivalente neutrones de un 1MeV. Para asegurar que los *fanins* podrán funcionar durante los 10 años previstos de operación de ATLAS sin sufrir una degradación excesiva, muestras de *fanins* han sido sometidas hasta los niveles de radiación citados y comprobando que la degradación sufrida está dentro de unos niveles aceptables.

Hasta ahora se han realizado pruebas de irradiación con rayos X y con protones de 24 GeV. Se han realizado pruebas de la degradación de la conductividad de las pistas, la corriente de fuga entre pistas y la resistencia mecánica de la resina de pasivación. Los resultados demuestran que la conductividad de las pistas de metal, así como la resistencia entre pistas no sufre degradación apreciable después de dosis de irradiación comparables con las dosis esperadas en ATLAS-SCT. Respecto a las pruebas mecánicas sobre la resina de pasivación, se ha realizado el test estándar de dureza ASTM D-3363/92, con rangos de dureza especificados así: 6B-5B-4B-3B-2B-B-HB-F-H-2H-3H-4H-5H-6H, donde 6B es el valor de menor dureza y 6H el valor de mayor dureza. Los resultados obtenidos tras las irradiaciones muestran un ligero aumento de la dureza de la resina después de la irradiación, pasando de un valor 'F' antes de irradiar, a un valor '2H' después de la irradiación. Todas la pruebas realizadas demuestran que los *fanins* fabricados en la sala blanca de IMB-CNM son resistentes a la radiación al menos hasta los niveles máximos esperados en el *Semiconductor Tracker* (SCT) del experimento ATLAS.

IV. TESTS DE SOLDABILIDAD

Los *fanins* deben de asegurar una conexión óptima y segura entre el módulo de detección y el circuito de lectura. Esta conexión se realiza mediante microsoldaduras por ultrasonidos entre los *pads* de soldadura de los *fanins* y los *pads* de los detectores. La resistencia mecánica de estas uniones se mide a través de la fuerza máxima que soporta el hilo con el que se realiza la microsoldadura antes de romperse. Por otra parte, la forma en la que se produce esta rotura nos permite determinar cuál es la parte más frágil de la misma. Se han realizado en el IFIC distintos tipos de microsoldaduras entre pistas de dos *fanins* variando la intensidad de la soldadura, la forma del hilo entre soldaduras y la altura del mismo. Mediante un *pull-tester* se determina la fuerza de ruptura en todo el rango de parámetros considerado. En primer lugar, se ha observado que la rotura se produce siempre por el hilo entre microsoldaduras sin que se desprenda la microsoldadura de la pista del *fanin*, lo que demuestra la buena adherencia de la soldadura a la pista. En segundo lugar, se ha calculado el valor de esta fuerza aplicada directamente sobre la soldadura a partir de la fuerza con la que tira el *pull-tester*, la alturas entre pistas y el ángulo del hilo con la pista. Esta fuerza, en amplio rango de los parámetros de microsoldado, es mayor de 9 gramos. Esta fuerza es superior a la mínima requerida en el *Semiconductor Tracker* del experimento ATLAS cuyo valor es de 6 gramos. Este estudio se ha realizado tanto entre pistas de *fanins* como entre pistas de un *fanin* y un detector de silicio, correspondiente al caso real en un detector de partículas, obteniendo similares resultados.

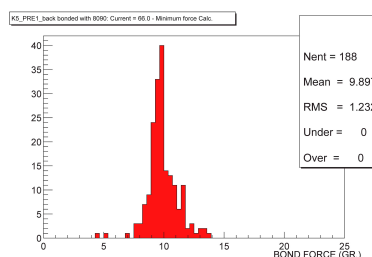


Figura 2. Fuerza de ruptura de la soldadura entrefanin y detector de silicio.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto coordinado FPA2000-1560-C02 de la CICYT del MCyT.