

# SISTEMA DE METROLOGÍA POR INTERFEROMETRÍA LÁSER PARA LA INSPECCIÓN DE MÓDULOS DE SILICIO PARA EL DETECTOR ATLAS

M. Miñano<sup>1</sup>, J.V. Civera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFIC (Centro mixto Univ. De Valencia-CSIC), Edificio de Institutos de Investigación, Apto. de Correos 22085 E-46071 Valencia

## I. INTRODUCCIÓN

El experimento ATLAS<sup>[1]</sup> es uno de los detectores que se situarán en los puntos de interacción del LHC, el próximo colisionador protón-protón del CERN.

La parte más interna de este detector, que se encarga de reconstruir con precisión la trayectoria de las partículas cargadas, está constituida por detectores de silicio de pixel y microbandas de tipo p+n. Los detectores de microbandas se agrupan formando módulos, unidades independientes de dos o cuatro detectores de silicio con electrónica de lectura.

El ensamblaje de los módulos es un proceso delicado en el que las distancias entre los detectores han de estar dentro de tolerancias estrictas ( $\sim 5\mu\text{m}$ ) y por tanto, requiere un sistema de control de calidad complejo.

Por ello, en el laboratorio de Silicio del grupo SCT del IFIC<sup>[2]</sup> se ha realizado un test de metrología a cada uno de los 280 módulos de silicio para la zona forward del subdetector SCT de ATLAS, ensamblados en el mismo laboratorio.

En el presente artículo se describe el dispositivo de metrología, de gran precisión y que se adapta a las características de los módulos, combinando la interferometría láser y el procesamiento digital de imágenes.

## II. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

El proceso de medida consiste esencialmente en conocer la posición de unas marcas de referencia o fiduciales presentes en la superficie de los detectores. Como los módulos poseen detectores por las dos caras, el dispositivo de metrología mide por ambas caras sin necesidad de manipularlo en el proceso, de forma automática.

El dispositivo consta de tres posicionadores lineales mecánicos que permiten mover el módulo en tres direcciones perpendiculares entre sí. Los posicionadores de los ejes X e Y lo desplazan en un plano para poder observar cualquier punto del módulo. El tercero (eje Z) permite acercar el módulo a las cámaras de uno y otro lado para enfocar la imagen. Sendas cámaras corresponden a los dos sistemas ópticos, uno a cada lado del módulo para tomar imágenes de las marcas fiduciales. Utilizan lentes de 1000 aumentos, a fin de conseguir una buena resolución. Por último, consta de un sistema interferométrico para la medida de incrementos de distancias. Está compuesto por un cabezal láser de HeNe, divisores de haz, espejos, retroreflectores y

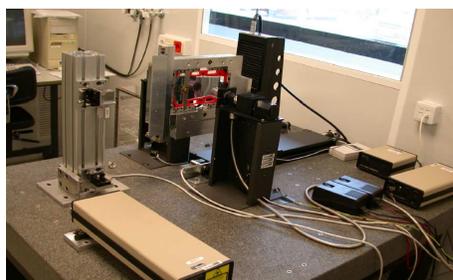


Figura 1. Fotografía que muestra el dispositivo de metrología.

electrónica para la lectura de los datos. En nuestro caso, se ha utilizado dos espejos planos en dos de los lados del módulo para medir sus desplazamientos en los ejes X e Y.

Para la iluminación se han escogido dos fuentes (una para cada cara) de luz fría de 150W, de intensidad regulable y conducida mediante fibra óptica hasta el accesorio de iluminación integrado en la óptica.

Todo este conjunto está situado sobre una mesa de granito sobre unas patas de acero con soportes de goma para aislarlo de posibles vibraciones.

También debemos tener en cuenta las fuentes de error: las condiciones ambientales influyen sobre las medidas, debidas por ejemplo, a la dilatación térmica de los materiales que conforman la máquina, errores en el procesamiento de imágenes debido a marcas fiduciales imperfectas y también pueden darse errores geométricos como por ejemplo la no ortogonalidad en los espejos del sistema interferométrico.

La precisión del sistema ha sido evaluada y los resultados de dicho estudio teniendo en cuenta los factores anteriores de forma global muestran que la precisión que se consigue en la medida de la posición de los fiduciales es del orden de 1  $\mu\text{m}$ .

### III. SOFTWARE DE CONTROL Y MEDIDA

Todos los instrumentos se controlan mediante un programa en Visual C++. Se realiza la metrología de forma automática: control de posicionadores, sensores de ambiente, fuentes de luz, el procesamiento de las imágenes y la obtención de los resultados de medida.

En el proceso de metrología se puede distinguir dos pasos:

1. Obtención de las coordenadas X,Y de las 16 (8 por cara) marcas fiduciales que se encuentran en las esquinas de los detectores. A partir de sus posiciones se estudia si el módulo ha sido correctamente ensamblado.
2. Medida del espesor del módulo. Se realiza por un mecanismo de enfoque automático a partir de imágenes de 100 puntos distribuidos sobre la superficie del módulo. La precisión de enfoque es de 2 $\mu\text{m}$  que es aceptable si comparamos con la tolerancia en la medida del espesor del módulo que es de 115 $\mu\text{m}$ .

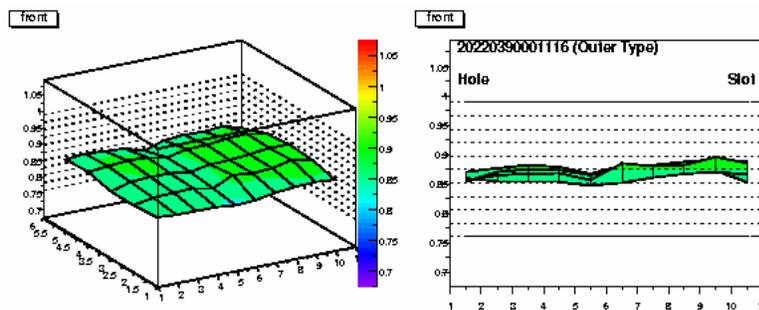


Figura 2. Vista 3D y proyectada en 2D de una de las caras de un módulo

### Referencias

- [1] ATLAS Collaboration: Inner Detector Technical Design Report. CERN/LHCC/97-17
- [2] IFIC: <http://ific.uv.es>