

## Diseño, construcción y puesta a punto de una sala limpia para procesos microelectrónicos

Milano, O.<sup>(1)</sup>; Malatto, L.<sup>(1)</sup>; Fraigi, L.<sup>(1)</sup>; Lupi, D.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INTI-Electrónica e Informática

### Introducción

Una sala limpia ("cleanroom - CR") es un ambiente donde se controla el máximo de parámetros ambientales con el fin de proteger de la contaminación "el producto".

Dentro del proyecto "Diseño e implementación de una Planta Piloto de Microsistemas de silicio para servicios de asistencia técnica compleja a la industria", el Laboratorio de Microsistemas detectó la necesidad de contar con un ambiente de estas características.

La manipulación de obleas de silicio durante procesos de grabado y post-procesamiento, encapsulado a nivel de obleas ("wafer level package") y caracterización de chips ("die") sin encapsular, son tareas que requieren un control en la presencia de partículas incluso de tamaño submicrométrico.

La clasificación de una CR está dada por su número de clase. Éste indica el máximo número de partículas permitidas mayores de 0,5µm por pie cúbico, siendo el tamaño la propiedad más importante de una partícula.

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y puesta a punto de una CR clase 100, 1.000 y 10.000 según FED STD 209E (ó clase 5, 6 y 7 según ISO 14.644-1) de un área total de 72m<sup>2</sup>. La construcción se realizó con la participación de las empresas Taiko S.A, Tecno Ibérica SRL y Casiba S.A.

### Diseño de la CR

Existen numerosas consideraciones a tener en cuenta en el diseño de una CR. Dada la aplicación microelectrónica la contaminación por partículas es la más relevante. Es necesario entonces identificar el origen probable de las mismas, como ser: aire exterior, personal, materiales, procesos, fungibles, entre otras.

Otra de las consideraciones importantes es la definición de los laboratorios y sus funciones. Cada uno de ellos requiere condiciones de trabajo específicas, según las tareas a realizar con el equipamiento existente y aquellos a incorporar.

De acuerdo a los objetivos propuestos se definió dividir la CR en los siguientes sectores:

- Lab. de Fotolitografía: compuesto por las áreas de flujo laminar vertical (wet bench) y procesos húmedos (clase 100 y 1000)
- Lab. de Película Gruesa y Delgada (clase 10000)
- Lab. de Encapsulado y Testing (clase 10000)
- Servidumbre (sin clasificar)
- SAS (esclusa / vestuario) (sin clasificar)

Según las especificaciones, se calculó el sistema de inyección de aire de los Laboratorios a partir de las siguientes ecuaciones <sup>[1]</sup>:

$$\text{Caudal de inyección} = \frac{\# \text{ part generadas / min}}{\text{concent part}} \quad (1)$$

$$\# \text{ renovacion} = \frac{\text{velocidad media}}{\text{altura sala}} \quad (2)$$

$$\text{velocidad media} = \text{veloc salida filtro} \cdot \frac{\text{área filtro}}{\text{área techo}} \quad (3)$$

Como ejemplo de generación de partículas podemos tomar como referencia que una persona con indumentaria medianamente compatible con una CR puede llegar a generar unas 2x10<sup>6</sup>partículas/min mayores a 0,5µm.

Además, se tuvo en cuenta las extracciones forzadas necesarias para ciertos procesos involucrados y, considerando una recirculación mayor al 40%, se calculó las áreas necesarias tanto de los filtros de inyección como los retornos. En cuanto al diseño de paredes y cerramientos se buscó lograr la mínima superficie para reducir la acumulación de partículas.

### Construcción y puesta a punto de la CR

Para la purificación de aire se utilizó una unidad de ventilación principal, con sistema de prefiltrado y filtrado de mediana eficiencia. Luego en cada sala se colocaron módulos terminales de inyección, cada uno de ellos con filtros HEPA (High Efficiency Particle Air)

Tabla I. Características de la CR del Laboratorio de Microsistemas

Nombre del área		Laboratorio de Fotolitografía		Laboratorio de Película Gruesa y Delgada	Laboratorio de Encapsulado y Testing	Servidumbre	SAS
		wet	Procesos Húmedos				
Datos de la sala	Clase	100	1000	10000	10000	S/C	S/C
	Área (m2)	12.8		13.7	19.5	16.98	6.5
	Volumen (m3)	35.9		38.5	54.5	47.5	18.1
	Filtros HEPA (% del techo)	100	19.1	6.8	5.7	--	--
	Área de recirculación [m2]	0.61	0.46	0.33	0.50	--	--
Inyección	Caudal [m3/h]	3470	3552	2074	2248	--	--
	Veloc media (m/s)	0.457	0.092	0.042	0.032	--	--
Recirculación	Caudal [m3/h]	3393	1847	924	1547	--	--
Extracción	Caudal [m3/h]	1283	--	178	--	--	--
Pérdida	Caudal [%inyectado]	2	12	47	31	--	--
Renovaciones / hora		1645	119	54	41	--	--
Condiciones ambientales	Temperatura [°C]	20	20	20	20	21	21
	Humedad [% HR]	45	45	45	45	50	50
	Presión [mm agua]	--	+ 28	+ 18	+ 7	--	+ 5
Energía eléctrica	Capacidad conectada [Watts]	8140	11000	22000	22000	22000	--
Agua	Capacidad conectada [salidas]	--	1 de 1/4"	2 de 1/4"	2 de 1/4"	2 de 1/2"	--
Aire Comprimido	Capacidad conectada [salidas]	--	2 de 1/4"	2 de 1/4"	2 de 1/4"	2 de 1/2"	--
Iluminación	Potencia [Watts]	108	72	180	180	108	72

que poseen una eficiencia mayor al 99,97% en remover partículas mayores de 0,3µm del aire inyectado. En total se colocaron 4 módulos terminales en el Lab. de Fotolitografía, 3 en Encapsulado y Testing, y 2 en el Lab de Películas. (ver Fig. 1)



Fig. 1: Laboratorio de Encapsulado y Testing

Las ventanas son de doble vidrio con una cámara de aire con silica gel para evitar condensaciones. La que subdivide el Lab. de Fotolitografía posee una película adherida en el vidrio para filtrar la luz. Las puertas son de doble contacto para disminuir la transferencia de aire y mantener las presiones positivas en cada uno de

los laboratorios. Con las luminarias se trabajó la estanqueidad, para evitar recirculaciones de aire no deseadas, y con acceso frontal para fácil mantenimiento.

En la tabla I se reportan las características y resultados de la puesta a punto de la CR. Para el cálculo de los caudales de inyección, recirculación y extracción se utilizó la ec. (4). Se midió la velocidad en cada uno de los módulos terminales de inyección, tomas de retorno y ductos de extracción forzada. Para ello se utilizó un anemómetro de hilo caliente marca Kanomax, modelo Anemomaster 6162.

$$Caudal = \sum_{i=1}^n \text{velocidad aire} \cdot \text{área} \quad (4)$$

### Conclusiones

Se desarrolló una sala limpia con requerimientos específicos para procesos microelectrónicos, y con ella luminarias, cerramientos, paneles divisorios, sistema de filtración y tratamiento de aire diseñados a medida.

Se logró el desarrollo de proveedores locales de salas limpias aplicados a microelectrónica.

### Referencias

[1] W. Whyte, "Cleanroom Design" Second edition, 1999, John Wiley & Sons Ltd.

Para mayor información contactarse con: Omar Milano [omar@inti.gov.ar](mailto:omar@inti.gov.ar)