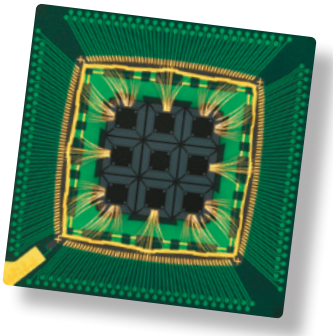


Preparación metalográfica de componentes microelectrónicos

Struers
Ensuring Certainty

Application Notes

En los últimos 25 años, la tecnología de desarrollo y producción de equipos electrónicos ha avanzado de forma rápida y continua. Con anterioridad, los equipos electrónicos y los bienes de consumo eran de gran tamaño y voluminosos, y contenían componentes conectados individualmente por cables sobre grandes placas de circuitos impresos. En la actualidad, la portabilidad de los dispositivos electrónicos es tal que se han miniaturizado, y al igual que los ordenadores, los teléfonos móviles y las cámaras son mucho más compactos e incluyen multitud de funciones. La miniaturización de los componentes ha sido posible gracias al desarrollo de la microelectrónica, que contempla los circuitos integrados (IC) como su parte central. Dichos circuitos integrados han reducido significativamente la necesidad de utilizar componentes electrónicos individuales (resistencias, condensadores, transistores, etc.) como bloques compactos en circuitos electrónicos. Las ventajas de dichos circuitos integrados frente a los circuitos con conductores eléctricos es la gran reducción en cuanto a tamaño y peso, el aumento de fiabilidad, la reducción de costes y un mejor rendimiento del circuito.
Un circuito integrado es un dispositivo que combina (integra) componentes activos como transistores, diodos, etc. y componentes pasivos como resistencias y condensadores, de un circuito electrónico completo en una pieza diminuta de material semiconductor, normalmente de silicona (Fig. 1 y 2). Este dispositivo se denomina "chip". Los chips incorporan las funciones de múltiples transistores, condensadores y otros elementos electrónicos, todos ellos interconectados para realizar la tarea de un circuito complejo. El diseño y la fabricación de los chips interconectados se denomina encapsulado (ver a continuación). Estos componentes basados en chips se ensamblan en placas de circuito impreso que se conectan a una unidad electrónica (Fig. 3).

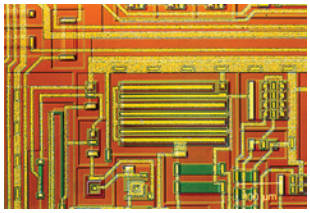


Fig. 1: Detalle de circuito integrado lineal con terminales de conexión, transistores, resistencias, vías y condensadores en el centro

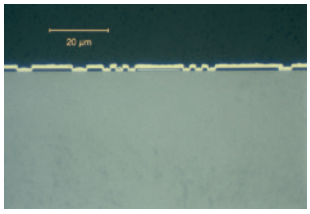


Fig. 2: Sección transversal de oblea de silicona con terminales de conexión de los componentes en circuito integrado

Los componentes se producen en masa de modo que el control de calidad normalmente se limita a un ensayo del ciclo térmico para detectar partes defectuosas. No sólo se debe evaluar el desarrollo, diseño y análisis de fallos de los componentes basados en chips, sino que las secciones transversales requieren un análisis metalográfico de microvías, fracturas, huecos, esferas de soldadura, capas conductoras, conexiones, etc. Además, la metalografía se utiliza para detectar cualquier fallo en las diferentes etapas de producción. Ya que estos componentes son muy pequeños, se requiere el uso de técnicas de preparación y equipos especiales que garanticen la precisión necesaria para preparar y observar estas muestras metalográficas.

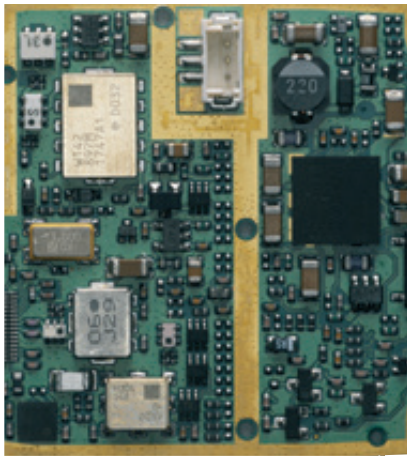
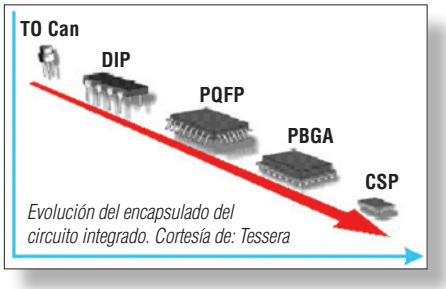


Fig. 3: Componentes ensamblados en placa de circuito impreso



Evolución del encapsulado del circuito integrado. Cortesía de: Tessera

Dificultades durante la preparación metalográfica

Las principales dificultades de preparar muestras microelectrónicas para una inspección metalográfica son las pequeñas dimensiones de la muestra. Los circuitos impresos, pequeños y complejos, entrañan grandes retos de preparación. Durante el proceso de preparación es preciso tener en cuenta el aspecto tridimensional, y esto requiere tiempo, precisión y paciencia para lograr un resultado representativo. A continuación se detallan las dificultades más habituales que surgen durante la preparación:

Corte: Desconchado y fractura de obleas, cristal, cerámica

Embutición: Deformación mecánica y daños térmicos

Esmerilado: Fractura de componentes quebradizos como fibras de cristal o cerámica (Fig. 4).

Pulido: Aparición de manchas en capas de metales blandos. Relieve debido a materiales de diferente dureza en un componente (Fig. 5). Carburo de silicio y partículas de diamante restantes en soldadura (Fig. 6).

Soluciones:

Uso de herramientas especiales y equipos automáticos para cortar, esmerilar y pulir el objetivo con rapidez.
Uso de embutición en frío.
Esmerilado fino y pulido con diamante en discos rígidos y paños de pulido duros.

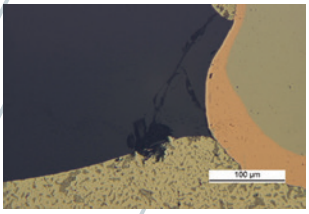


Fig. 4: Daños por fractura en diodo de cristal causados por lámina/papel SiC de esmerilado tosco

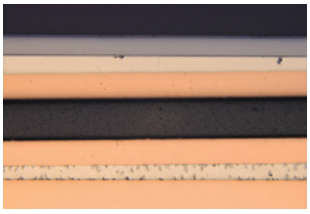


Fig. 5: Relieve de esmerilado debido a materiales de diferente dureza

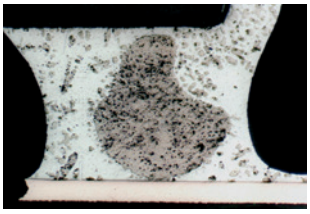


Fig. 6: Partículas de diamante en la soldadura

Proceso de producción y aplicación de microelectrónica

La producción de componentes basados en chips es un proceso muy complejo, e implica a varios fabricantes especializados con un cometido que se solapa desde la concepción de un componente nuevo hasta la obtención del producto final. A continuación se describen brevemente los pasos de producción básicos de un componente basado en chips:

Diseño

Si un fabricante de equipos electrónicos decide fabricar un producto nuevo, necesitará componentes microelectrónicos que suministren al equipo las funciones y las características requeridas. La fabricación de un componente nuevo incluye el diseño del chip, parte del cual reside en la selección del diseño del encapsulado. El fabricante puede diseñar el componente en sus instalaciones, o contratarlo a terceros especializados o a fabricantes de chips.

Prototipos

Por lo general se fabrica y evalúa un gran número de prototipos para comprobar que el nuevo componente tiene las propiedades deseadas. En esta fase, la metalografía juega un papel importante ya que se deben procesar y evaluar metalográficamente un gran número de secciones transversales . Dichas investigaciones metalográficas pueden ser realizadas por el fabricante del dispositivo, el fabricante del chip y/o la empresa encargada del encapsulado.

Producción del chip

En base al diseño del chip, la fabricación se realiza en plantas de fabricación de chips. El material base de los chips es una oblea cortada a partir de un cristal individual (normalmente de sílice).

Encapsulado

Los chips se deben interconectar y ensamblar para que sean funcionales. El diseño y la fabricación de estas interconexiones se denomina encapsulado. Las interconexiones con hilos, las esferas de soldadura y las capas conductoras se recubren con plástico o cerámica al final del proceso de fabricación. Las obleas se cortan en pequeños bloques individuales de material semiconductor *(die)* y se encapsulan de diferentes maneras (Fig. 7). Existen dos tecnologías de interconexión principales: "wire bonding" que utiliza hilos de interconexión con diámetros variables, y "ball grid array" (BGA) que es un tipo de soldadura en matriz de esferas. Para optimizar su aspecto compacto, se puede emplear la tecnología "flip-chip", que establece una interconexión directa entre el chip y la placa de circuito impreso (PCB).

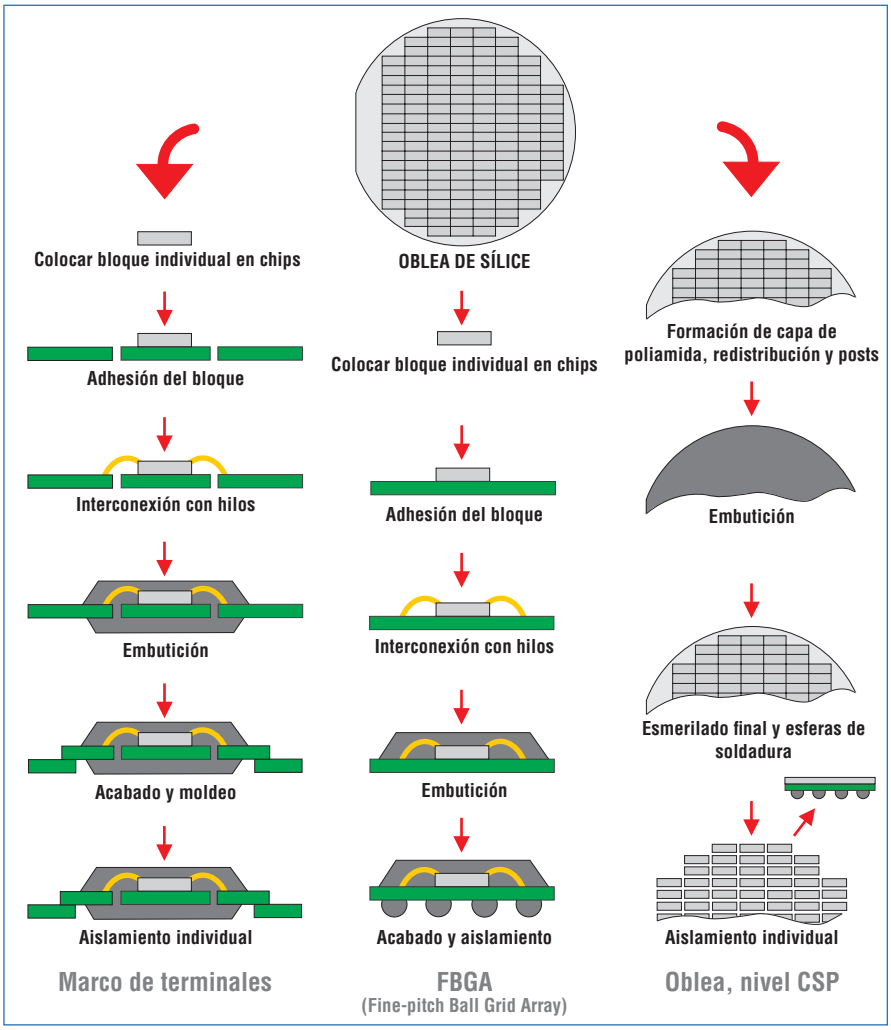


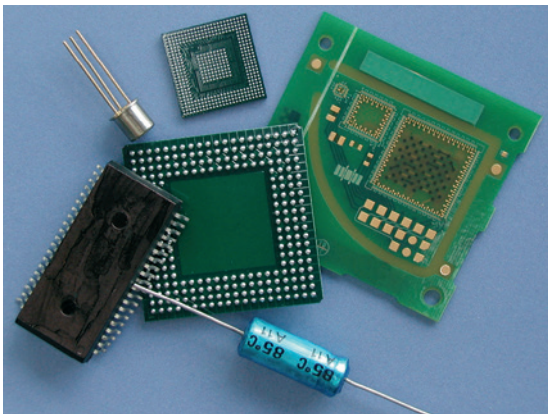
Fig. 7: Diferentes métodos de encapsulado del chip

Ensayo

En esta etapa del proceso de fabricación tiene lugar un control exhaustivo de calidad del ciclo térmico. Éste es un ensayo final para detectar cualquier componente anómalo.

Aplicación

La microelectrónica se aplica a una gran variedad de productos del sector de la comunicación, el procesamiento de datos y los bienes de consumo. Por ejemplo, un coche puede contener hasta 150 ordenadores. Sin embargo, la microelectrónica se está utilizando cada vez más en áreas de aplicación menos tradicionales, y continuamente se están añadiendo nuevas aplicaciones. Por ejemplo: el escaneado automático de alimentos en supermercados a través de finísimos chips flexibles incorporados en cada producto.



Varios componentes microelectrónicos

Continuamente se están añadiendo nuevas aplicaciones como el escaneado automático de alimentos en supermercados a través de finísimos chips flexibles incorporados en cada producto.

Dificultades en la preparación de elementos microelectrónicos

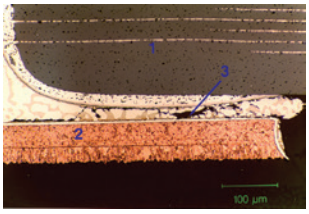
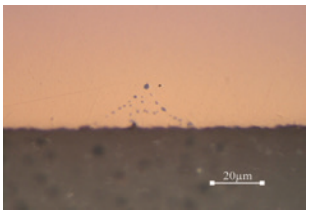
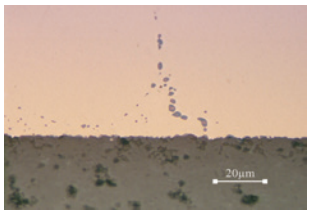


Fig. 9: Condensador multicapa (1) soldado a metalización de cobre del circuito impreso (2). Fractura de fatiga (3) propagada a través de la soldadura



10 a



10 b

Fig. 10 a y b: Cerámica con cobre a gran amplificación para mostrar diferencias de planitud: a) esmerilado fino inicial con lámina/ papel de carburo de silicio b) esmerilado fino inicial con diamante en disco de esmerilado fino MD-Largo

Uno de los principales requisitos de la inspección metalográfica en una muestra específica consiste en evaluar un área concreta dentro de un encapsulado. La técnica manual de "esmerilado y observación" hasta que aparece el objetivo y está listo para su pulido, requiere mucho tiempo. En investigación o en análisis de fallos, la pérdida del objetivo a menudo significa perder una muestra única y/o costosa.

En los componentes microelectrónicos se encapsulan conjuntamente varios materiales con propiedades muy diversas: cristal, cerámica, metal y polímeros (Fig. 8). Las diversas combinaciones de estos materiales requieren una preparación que revelará las características individuales de dichos materiales, pero no introduce ningún defecto como manchas en metales y polímeros, o daños en cristal o cerámica. Esta peculiaridad es importante ya que la investigación de la microelectrónica incluye varios tipos de evaluaciones en las cuales los defectos introducidos durante la preparación pueden desencadenar conclusiones fallidas. Se realizan algunas de las siguientes comprobaciones:

Tamaño y distribución de defectos tales como huecos, inclusiones o fracturas (Fig. 9).
Conexión y adhesión de los materiales y sus interfaces.
Dimensiones y forma de las diferentes partes del encapsulado: grosor de capas, alambres, forma cóncava de la soldadura.
Porosidad y fracturas en cerámica.
La planitud y retención de bordes es especialmente importante ya que, a menudo, capas muy finas entre los diversos materiales se tienen que inspeccionar con una gran magnificación (Fig. 10 a y b).

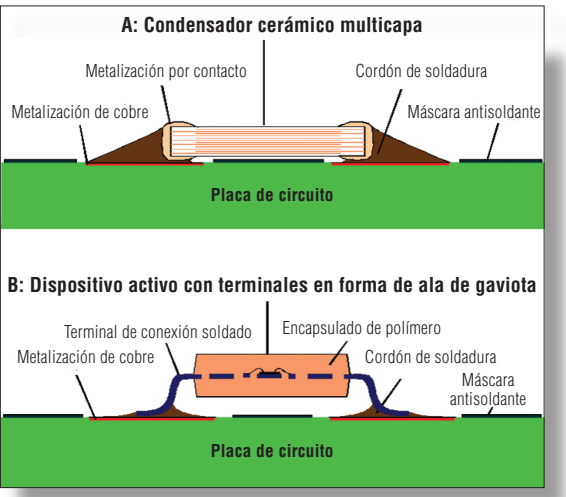


Fig. 8: Ejemplo de composiciones de material en componentes microelectrónicos

Recomendaciones

La mayoría de las investigaciones metalográficas en microelectrónica se realizan en secciones transversales, y los procedimientos mencionados aluden a dichas secciones. No obstante, se puede requerir alguna investigación específica en secciones paralelas, en cuyo caso, la mayoría de las recomendaciones también son válidas.

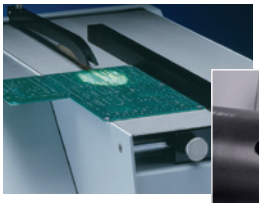
Como se mencionó previamente, uno de los principales propósitos de una sección transversal en un componente microelectrónico es revelar un área objetivo específica en el componente. Se debe extremar el cuidado al retirar material durante los procesos de corte y esmerilado. En ambos casos, se dispone de varias técnicas, y a continuación se describen algunos procedimientos manuales, semiautomáticos y automáticos. El grado de automatización aumenta la tasa de éxito para lograr el objetivo deseado.

Corte: Dependiendo de qué tipo de muestra deba investigarse, el corte se puede realizar en varias máquinas de precisión. Por ejemplo un teléfono móvil o una placa provista de componentes se pueden seccionar transversalmente con facilidad en una máquina de tamaño medio, donde el operario empuja manualmente el dispositivo hacia el disco de corte como en Secotom. Se recomienda usar un disco de corte de diamante galvanizado para cortar plásticos (E1D20) o un disco de diamante con ligante de resina (B0D20). Si los componentes a cortar son de mayor tamaño, se puede utilizar Secotom (aquí se utilizará el mismo tipo de disco de corte, aunque el tamaño puede ser de 20 mm o 15 mm de diámetro para un corte más fino).
Para seccionar componentes individuales, pequeños o frágiles, se recomienda utilizar Accutom (se pueden usar discos de corte más pequeños).

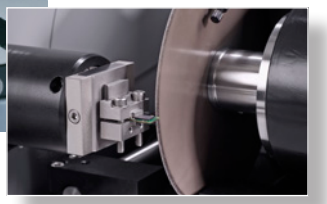
Dependiendo del tamaño o la fragilidad de un componente o ensamblado, puede que sea necesario realizar la embutición antes de cortar para sujetar las piezas o componentes juntos y evitar daños mecánicos.

En cualquier caso, el corte se realizará lo bastante alejado del área actual sometida a observación, para evitar un posible daño directo en la misma. El material restante se podrá retirar cuidadosamente mediante esmerilado tras el corte. Si se extrema el cuidado en este paso inicial, será menos probable que aparezcan fracturas en la cerámica, chips y cristal, evitando igualmente la delaminación de las capas o defectos de soldadura.

Embutición: Debido a su naturaleza compuesta y frágil, los componentes microelectrónicos no son aptos para la embutición en caliente, y por ello se deben montar en frío. Las resinas de embutición en frío, que desarrollan temperaturas de curado elevadas, no se recomiendan en este caso ya que el calor puede afectar a la soldadura y los polímeros, y la contracción elevada de las resinas puede fracturar las obleas de silicona.
Los métodos de embutición difieren según el método analítico utilizado.
En una embutición normal, se utilizan resinas epoxi transparentes en el microscopio óptico (ProntoFix, EpoFix).
Si hay que rellenar huecos y agujeros, se recomienda la impregnación al vacío. La mezcla de un tinte fluorescente (EpoDye) con la resina epoxi ofrece un contraste excelente de los huecos y las fracturas al usar un filtro azul de paso largo o uno naranja de paso corto en el microscopio óptico.
En vías muy pequeñas se recomienda utilizar una resina transparente de baja viscosidad que fluya fácilmente en los huecos.
Al utilizar la herramienta TargetSystem de Struers, los componentes se pueden embutir directamente en el soporte especial de la muestra utilizado para la preparación del objetivo (ver a la derecha).



Secotom



Accutom

Tabla 1
Método de preparación de componentes microelectrónicos, ensamblados, de 30 mm de diámetro

Esmerilado
Después del esmerilado manual o semiautomático con AccuStop próximo al objetivo con lámina/papel de carburo de silicio #320, #500 y #1000, las muestras se introducen en una máquina automática para el esmerilado fino y pulido con diamante.

Paso		FG		
Superficie		MD-Largo		
Abrasivo	Tipo	Diamante		
	Tamaño	9 µm		
Suspensión/ Lubricante		DiaPro Allegro/ Largo 9		
rpm		150		
Fuerza [N]/ muestra		30		
Tiempo (min)		4		

Pulido

Paso		DP 1	DP 2	OP*
Superficie		MD-Dac	MD-Nap	MD-Chem
Abrasivo	Tipo	Diamante	Diamante	Sílice
	Tamaño	3 µm	1 µm	0,04 µm
Suspensión/ Lubricante		DiaPro Dac 3	DiaPro Nap R 1	OP-U NonDry / OP-S NonDry
rpm		150	150	150
Fuerza [N]/ muestra		20	20	15
Tiempo (min)		3	1	0,5

** Paso opcional*

Esmerilado y pulido

Dependiendo del tamaño del componente y el número de muestras a preparar se pueden utilizar métodos de esmerilado y pulido manuales, semiautomáticos o totalmente automáticos, tanto en secciones paralelas como transversales. Como regla general, el esmerilado plano con tamaños de grano altos se debería evitar ya que puede dañar los materiales quebradizos e introducir deformaciones graves en los metales blandos (ver Fig. 4). Para una planitud excelente, se recomienda el esmerilado fino con diamante en un disco rígido (MD-Largo), en vez del esmerilado con lámina/papel de carburo de silicio. El posterior pulido de diamante con un paño de seda conserva muy bien la planitud. En caso de partículas abrasivas incrustadas en metales blandos, el pulido de diamante se debe prolongar hasta eliminar dichas partículas. El pulido final con sílice coloidal (OP-U NonDry) debería ser breve para evitar relieves.

Preparación automática y semiautomática de objetivo

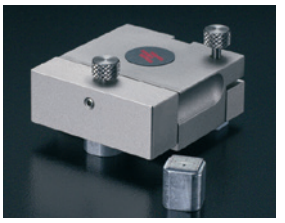
Para la preparación manual de obleas y paquetes no encapsulados, Tripod es una herramienta práctica para el método manual de "esmerilado y apariencia". En este método, las películas abrasivas, con tamaños de grano de 30 µm a 0,05 µm, se ensamblan sobre una lámina de cristal, y la muestra se somete a un esmerilado y pulido manual.
En el control manual y semiautomático de eliminación de material y en la preparación de objetivo con lámina/papel de carburo de silicio, AccuStop y AccuStop-T son portamuestras especiales para el montaje y desmontaje de los componentes microelectrónicos. AccuStop-T incluye una característica de inclinación que permite alinear los objetivos; por ejemplo, una fila de esferas de soldadura, de modo que se puedan esmerilar todas en el mismo plano a la vez.

Tras realizar el esmerilado manual o semiautomático de varias muestras con AccuStop a aproximadamente 50 µm antes del objetivo, las muestras se pueden retirar de AccuStop y transferirse a una máquina semiautomática para su esmerilado fino y pulido como muestras individuales. La Tabla 1 detalla un método de preparación para el esmerilado fino y el pulido semiautomáticos de muestras individuales en Tegramin.

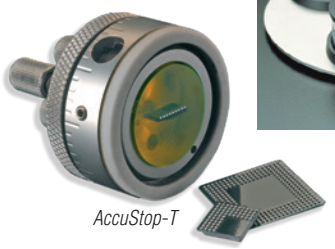
Preparación automática de objetivo

En el control automático de eliminación de material y en la preparación, la herramienta TargetSystem de Struers ofrece una alineación y medición de la muestra antes de la preparación. Las secciones transversales y paralelas de muestras embutidas o sin embutir se pueden esmerilar y pulir conforme a objetivos visibles u ocultos. Un sistema de medición láser garantiza una precisión de ± 5 µm y recalcula automáticamente la tasa de eliminación durante el proceso de preparación.

TriPod



AccuStop portamuestras



AccuStop-T

TargetSystem

Fig. 11: Vídeo Target-Z para posicionamiento y medición de objetivos visibles

Esmerilado

Paso		PG	FG	
Superficie		Foil/Paper	MD-Sat	
Abrasivo	Tipo	SiC	Diamante	
	Tamaño	#320	9 µm	
Suspensión/ Lubricante		Agua	DiaPro Allegro/ Largo 9	
rpm		300	150	
Fuerza [N]/ muestra		35	40	
Tiempo de eliminación (µm) (min)		Según lo calculado por el sistema	20 µm	

Pulido

Paso		DP 1	DP 2	OP*
Superficie		MD-Dac	MD-Nap	MD-Chem
Abrasivo	Tipo	Diamante	Diamante	Sílice
	Tamaño	3 µm	1 µm	0.02/0,04 µm
Suspensión/ Lubricante		DiaPro Dac 3	DiaPro Nap R 1	OP-U NonDry / OP-S NonDry
rpm		150	150	150
Fuerza [N]/ muestra		25	20	10
Tiempo de eliminación (µm) (min)		15 µm	1	0,5

** Paso opcional*

Tabla 2:
Método de preparación para llegar al objetivo de un componente microelectrónico

La alineación y la medición pueden ser con vídeo en las muestras con un objetivo visible (Fig. 11 y 13), o con rayos X en las muestras con un objetivo oculto (Fig. 12). La herramienta TargetSystem precalcula entonces la cantidad de material a eliminar, y detiene automáticamente el paso del esmerilado plano aproximadamente 35 µm antes del plano del objetivo final.

El paso del esmerilado fino reduce la muestra a aproximadamente 15 µm antes del objetivo, y dos pasos de pulido eliminan el material restante hasta el plano objetivo predefinido en la muestra (Fig.14). El proceso de preparación total, incluyendo el corte, dura de 45 a 60 minutos.
La Tabla 2 muestra los datos para la preparación automática del objetivo en un componente microelectrónico.

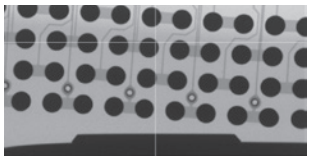


Fig. 12: X-ray of sample with hidden targets

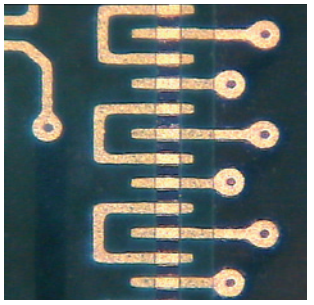


Fig. 13: Muestra con objetivo visible, mostrado a través de vídeo

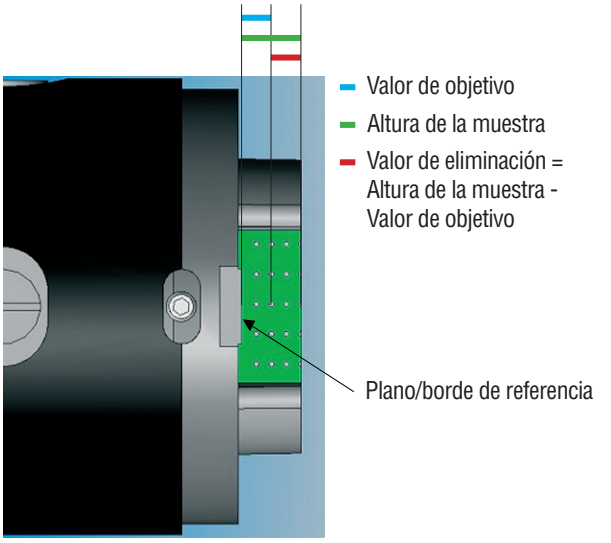


Fig. 14: Soporte con muestra que indica las distancias tras su medición y cálculo automáticos

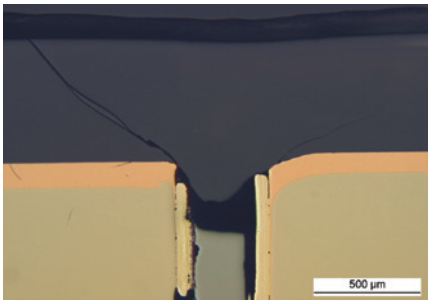
Ataque

Las diferencias de luz, reflejadas desde los diversos materiales de un componente, normalmente ofrecen un contraste suficiente que hace innecesario el ataque. El pulido final con sílice coloidal ofrece un ligero ataque en la soldadura y el cobre, en concreto si el paso de pulido final se realiza con una suspensión OP-S NonDry en vez de la suspensión menos agresiva OP-U NonDry.
Añadir una pequeña cantidad de peróxido de hidrógeno (3%) a la suspensión OP-S NonDry mejorará este ataque de tal modo que se pueda ver la estructura. Se producirá rápidamente un ataque excesivo si el paso de pulido con OP-S NonDry se prolonga más de 30 segundos. Se recomienda comprobar la muestra después de 30 segundos y ampliar el pulido gradualmente según sea necesario.

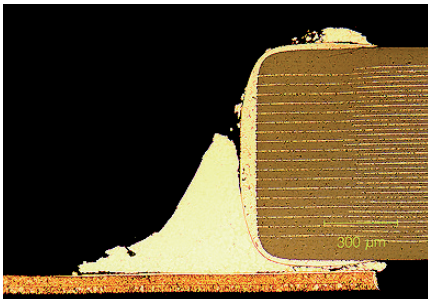
Solución de ataque para cobre y aleaciones de cobre:
25 ml de agua
25 ml de hidróxido de amonio
0,5 -10 ml de peróxido de hidrógeno (3%)

Utilizar diferentes técnicas de iluminación también puede mejorar el contraste de la estructura. El campo oscuro es de utilidad para encontrar fracturas en cerámica; un contraste diferencial en la interfaz y una luz polarizada también aumentan el contraste o color de estructuras de material específicas y puede contribuir a una mejor interpretación de la estructura.

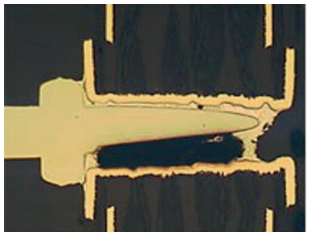
Ejemplos de microestructuras típicas en componentes microelectrónicos



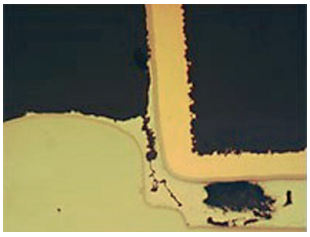
Detección de fractura en un diodo



Sección en condensador cerámico multicapa envejecido con fracturas de fatiga en conexión soldada

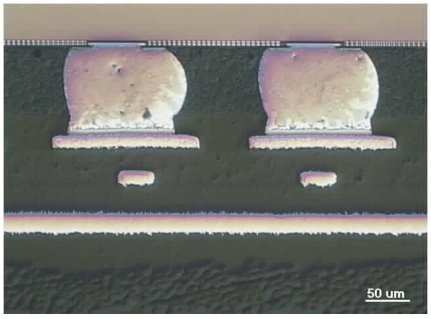


Gran hueco en conexión de agujero pasante metalizado. 50 x



Hueco y fractura en conexión de soldadura de agujero pasante metalizado. 200 x

Struers ApS
Pederstrupvej 84
DK-2750 Ballerup, Denmark
Phone +45 44 600 800
Fax +45 44 600 801
struers@struers.dk
www.struers.com



Sección transversal de esferas de soldadura, DIC (Contraste Diferencial de Interferencia).

Resumen

La miniaturización de dispositivos electrónicos ha sido posible gracias al desarrollo de circuitos integrados, los cuales han reducido la necesidad de contar con componentes electrónicos individuales en la construcción de circuitos electrónicos. La metalografía juega un papel fundamental en el diseño, desarrollo y análisis de errores de componentes basados en chips. La preparación metalográfica de las secciones transversales de estos componentes microelectrónicos lleva mucho tiempo y requiere paciencia y aptitudes para esmerilar y pulir hasta un objetivo específico dentro del componente. Además, los diferentes materiales utilizados en los dispositivos y componentes, tales como: metal, cristal o cerámica, tienen diferentes características lo que dificulta la preparación.

Existen herramientas especiales que ayudan a mejorar la preparación manual y semiautomática a nivel microelectrónico. Para la preparación automática de objetivos, TargetSystem de Struers ofrece un esmerilado y un pulido rápidos y muy precisos de cada objetivo. Para evitar los relieves entre las capas blandas y duras y los materiales, se recomienda el esmerilado de diamante en discos rígidos y el pulido de diamante en paños duros.

Glosario

BGA:	*Ball Grid Array*
CSP:	*Chip Scale Package*
DIP:	*Dual Inline Package*
FBGA:	*Fine-Pitch Ball Grid Array*
IC:	*Integrated Circuit*
PBGA:	*Plastic Ball Grid Array*
PCB:	*Placa de circuito impreso*
PQFP:	*Plastic Quad Flat Package*
TO Can:	*Transistor Outline Canister*

Notas de aplicación

Preparación metalográfica en microelectrónica
Elisabeth Weidmann, Anne Guesnier, Hans Bundgaard, Struers A/S, Copenhague, (Dinamarca).

Agradecimientos
Figuras 1, 8 y 9 cortesía de F. W. Wulff, T. Ahrens, Frauenhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Quality and Reliability, D-25524, Itzehoe, (Alemania).

Figuras 4, 5, 6 y 10 a+b cortesía de Katja Reiter. Mario Reiter,Thomas Ahrens, Institute fur Siliziumtechnologie, Modulintegration, D-25524, Itzehoe, (Alemania).

Bibliografía

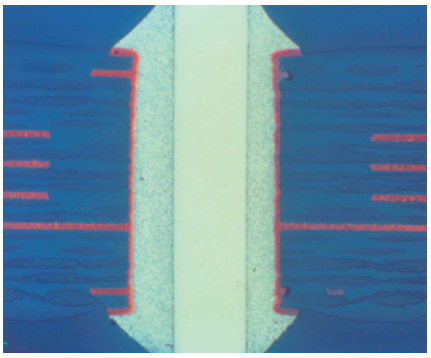
Structure 32, 1998, Microstructure and material analysis for electronic packaging, F. W. Wulff, T. Ahrens, Frauenhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Quality and Reliability, D-25524, Itzehoe, (Alemania)

Structure 34, Special aspects of metallographic preparation of electronic and microelectronic devices, Katja Reiter. Mario Reiter, Thomas Ahrens, Institute für Siliziumtechnologie, Modulintegration, D-25524, Itzehoe, (Alemania).

Struers Structure 28, 1995, Accurate, metallographic preparation of blind, buried and filled holes in printed circuit boards.

Struers Structure 13, 1986, Anschliffe an elektronischen Bauteilen und Komponenten.

Si desea más información sobre los equipos, accesorios y consumibles de Struers citados, por favor visite: ***www.struers.com*** *o contacte con el representante de Struers en su zona.*



AUSTRALIA & NEW ZEALAND
Struers Australia
27 Mayneview Street
Milton QLD 4064
Australia
Tel.: +61 7 3512 9600
Fax: +61 7 3369 8200
info.au@struers.dk

BELGIUM (Wallonie)
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F- 94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

BELGIUM (Flanders)
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

CANADA
Struers Ltd.
7275 West Credit Avenue
Mississauga, Ontario L5N 5M9
Tel.: +1 905-814-8855
Fax: +1 905-814-1440
info@struers.com

CHINA
Struers Ltd.
No. 1696 Zhang Heng Road
Zhang Jiang Hi-Tech Park
Shanghai 201203, P.R. China
Tel.: +86 (21) 6035 3900
Fax: +86 (21) 6035 3999
struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA
Struers GmbH Organizační složka
vědeckotechnický park
Přílepská 1920,
CZ-252 63 Roztoky u Prahy
Tel.: +420 233 312 625
Fax: +420 233 312 640
czechrepublic@struers.de
slovakia@struers.de

GERMANY
Struers GmbH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
D- 47877 Willich
Tel.: +49 (0) 2154 486-0
Fax: +49 (0) 2154 486-222
infoservice@struers.de

FRANCE
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F-94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

HUNGARY
Struers GmbH
Magyarországi Fióktelep
2040 Budaörs
Szabadság utca 117
Phone +36 (23) 80 60 90
Fax +36 (23) 80 90 91
hungary@struers.de

IRELAND
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution@ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

ITALY
Struers Italia
Via Monte Grappa 80/4
20020 Arese (MI)
Tel.: +39-02/38236281
Fax: +39-02/38236274
struers.it@struers.it

JAPAN
Struers K.K
Takanawa Muse Bldg. 1F
3-14-13 Higashi-Gotanda,
Shinagawa
Tokyo
141-0022 Japan
Tel.: +81 3 5488 6207
Fax: +81 3 5488 6237
struers@struers.co.jp

NETHERLANDS
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

NORWAY
Struers ApS, Norge
Sjøskogenveien 44C
1407 Vinterbro
Tel.: +47 970 94 285
info@struers.no

AUSTRIA
Struers GmbH
Zweigniederlassung Österreich
Betriebsgebiet Puch Nord 7
5412 Puch
Tel.: +43 6245 70567
austria@struers.de

POLAND
Struers Sp. z o.o.
Oddział w Polsce
ul. Jasnogórska 44
31-358 Kraków
Tel.: +48 12 661 20 60
Fax: +48 12 626 01 46
poland@struers.de

ROMANIA
Struers GmbH, Sucursala Bucuresti
Str. Preciziei nr. 6R
062203 sector 6, Bucuresti
Tel.: +40 (31) 101 9548
Fax: +40 (31) 101 9549
romania@struers.de

SWITZERLAND
Struers GmbH
Zweigniederlassung Schweiz
Weissenbrunnenstraße 41
CH-8903 Birmensdorf
Tel.: +41 44 777 63 07
Fax: +41 44 777 63 09
switzerland@struers.de

SINGAPORE
Struers Singapore
627A Aljunied Road,
#07-08 BizTech Centre
Singapore 389842
Tel.: +65 6299 2268
Fax: +65 6299 2661
struers.sg@struers.dk

SPAIN
Struers España
Camino Cerro de los Gamos 1
Building 1 - Pozuelo de Alarcón
CP 28224 Madrid
Tel.: +34 917 901 204
Fax: +34 917 901 112
struers.es@struers.es

FINLAND
Struers ApS Suomi
Sahaajankatu 20-22 A6
00880 Helsinki
Tel.: +358 (0)207 919 430
finland@struers.fi

SWEDEN
Struers Sverige
Box 20038
161 02 Bromma
Tel.: +46 (0)8 447 53 90
Fax: +46 (0)8 447 53 99
info@struers.se

UNITED KINGDOM
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution @ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

USA
Struers Inc.
24766 Detroit Road
Westlake, OH 44145-1598
Tel.: +1 440 871 0071
Fax: +1 440 871 8188
info@struers.com

08.04.2020 R02 / 62540004-ES