

ELECTRÓNICA DE POLÍMEROS. PANORÁMICA.

NEFTALÍ NÚÑEZ MENDOZA nnunez@euiitt.upm.es

SECCIÓN DEPARTAMENTAL DE ELECTRÓNICA FÍSICA, EUIITT, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
TELEFÓNICA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La aplicación de polímeros a la electrónica pasa por una etapa de desarrollo acelerado; las razones son muchas: económicas, nuevas aplicaciones, ecológicas, etc. Los nuevos polímeros intrínsecamente conductores ó semiconductores se utilizan en aplicaciones ópticas y médicas, con la perspectiva de desarrollar una nueva era de chips y sensores a escala molecular. Por otra parte, los compuestos poliméricos conductores y adhesivos han mejorado sus propiedades, aplicándose en la fabricación de circuitos, encapsulados, y para conexión de componentes SMT y chips. En este artículo se analizan las características, y perspectivas de la electrónica de polímeros.

Los polímeros son materiales constituidos por cadenas de moléculas (monómeros), formadas por la interconexión de átomos de carbono de moléculas adyacentes. Es un material orgánico, y sus posibilidades de manipulación son ilimitadas cambiando el monómero, peso molecular, estructura y materiales con que se dopa o mezcla, consiguiéndose estructuras de gel, plástico ó sólido.

Parte de los polímeros utilizados en electrónica son aislantes, y se utilizan en forma de lámina rígida, como sustrato de circuitos impresos, flexibles y módulos multichip (MCM), pero en este artículo, vamos a centrarnos en los polímeros utilizados en la realización del circuito, y el montaje de chips y componentes. En estos campos se están produciendo los avances con aplicaciones más inmediatas.

Dividiremos los materiales con polímeros en dos tipos, dependiendo de la estructura del material:

1) *Polímeros intrínsecamente conductores o semiconductores.* Desarrollados en la década de los 70, tienen estas propiedades debido a la estructura molecular del polímero, o al material con que se dopa. Su conductividad va desde la de un metal, a la conductividad y estructura equivalente a la unión p-n de los semiconductores inorgánicos. La importancia de estos materiales reside en que pueden conectarse con sistemas orgánicos, y a que en un próximo futuro permitirán el desarrollo de chips a escala molecular: la nanoelectrónica. Por estas razones,

sus inventores recibieron el año pasado el Premio Nobel de Química.

2) *Compuestos poliméricos.* Su desarrollo comenzó en la década de los 40, para realizar conductores en circuitos impresos e híbridos. Ahora permiten circuitos multicapa, con un proceso sencillo, y sobre todo tipo de sustratos. Actualmente, se desarrollan adhesivos conductores y aislantes, y materiales para protección de chips, en estos campos sus avances son importantes, debido a la posibilidad de modificar el compuesto en busca de las características ideales [1].

POLÍMEROS INTRINSECAMENTE CONDUCTORES Y SEMICONDUCTORES

Estos polímeros son la base de la electrónica molecular.

Con cadenas poliméricas, se crean en laboratorio, hilos conductores, y diodos a escala molecular, que permiten formar puertas lógicas AND, OR y XOR en un área de 3 nm x 4 nm, lo que permitirá realizar cualquier dispositivo lógico en un tamaño un millón de veces inferior al de los componentes actuales [2].

Otro método para realizar diodos y transistores, a mayor escala, es dopar determinados polímeros con Na, K, y Li para semiconductores tipo n, y I₂, PF₄, BF₄, AsF₆ para tipo p, consiguiéndose diodos y transistores [3].

Las ventajas de estos materiales son su tamaño, la potencia que consumen, y su posibilidad de integración en sistemas orgánicos

(músculos artificiales). Su limitación es la falta de estabilidad sometidos al agua o al oxígeno.

Actualmente sus aplicaciones comerciales son: sensores biológicos (análisis de sangre), fibras ópticas, dispositivos optoelectrónicos, y diodos LED que emiten luz en varios colores y con los que se fabrican pantallas planas flexibles.

COMPUESTOS POLIMÉRICOS

Los compuestos poliméricos, son la mezcla de un polímero como material base, un solvente, y una fase funcional, que proporciona las características buscadas. La fase funcional está formada por partículas de un metal (Ag, Au, Cu, carbón), un material resistivo (carbón, grafito) o un material dieléctrico. Las propiedades del compuesto en forma de pasta o tinta, permiten su aplicación por extrusión o serigrafía, en estado líquido permiten su aplicación por aerosol. En este caso permiten apantallar equipos de las interferencias electromagnéticas.

Sus mayores virtudes son la buena adhesión a todos los sustratos, y la baja temperatura de proceso.

Podemos dividir el uso de compuestos poliméricos en tres áreas de aplicación:

- Realización de circuitos multicapa.
- Realización de encapsulados y protección de chips.
- Pegado y conexión de componentes SMT y chips, a circuitos.

Las razones para utilizar pastas polímeras en la fabricación de circuitos impresos, flexibles, híbridos y MCM (módulos multichip), son: económicas, aumento de la densidad del circuito, y necesidades específicas.

En el campo de los encapsulados de componentes, su utilización es generalizada.

Como adhesivo conductor permite la conexión de componentes SMT y chips. Se consigue conectar encapsulados con gran densidad de integración, es ecológico (no contiene plomo), y cura a baja temperatura.

Circuitos realizados con tintas polímeras

Para realizar circuitos se utilizan tres tipos de pastas polímeras: conductoras, resistivas y dieléctricas.

El proceso de fabricación de un circuito multicapa con tintas polímeras es aditivo, se serigrafía (imprime) la tinta que formará el conductor, las capas de conductor se separarán con capas de dieléctrico, y finalmente se serigrafían las resistencias integradas en el circuito. La pasta endurece curándola a una temperatura entre 85°C y 210°C, durante un tiempo variable que depende del fabricante y del tipo de curado. Esta tecnología se denomina polimérica de capa gruesa (PTF = Polymer Thick Film).

El proceso PTF, al ser aditivo no genera residuos, cura a baja temperatura, y para algunas aplicaciones específicas, es más barato que el circuito impreso. Además es compatible con soldadura de Sn/Pb y adhesivos poliméricos.

Pueden realizar circuitos de 6 capas conductoras, 3 por cada lado del sustrato, sobre cualquier tipo de sustrato; el más habitual es el polietileno de tereftalato, un sustrato flexible.

El espesor de cada capa del circuito es de 10-30 μ , y la anchura mínima de pista es de 200 μ .

Los conductores tienen una conductividad mínima de 10 m Ω /cuadro, y las tintas resistivas se venden en toda la gama de valores, pero tienen una estabilidad inferior a las resistencias cermet de circuito híbrido (Figura 1) [4].

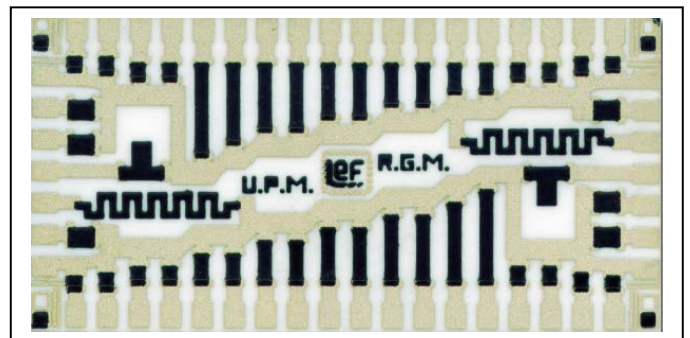


Figura 1. Circuito de tintas polímeras sobre alúmina, para ensayos de fiabilidad de tintas resistivas polímeras.

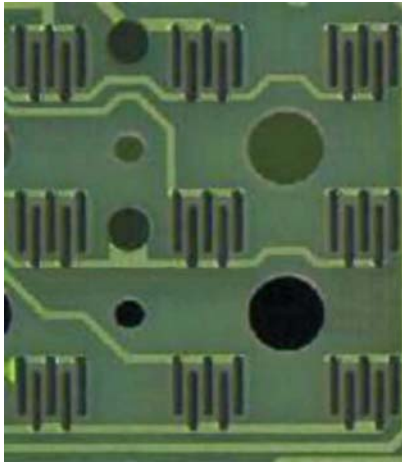
Sus aplicaciones actuales se concentran en circuitos flexibles, pero también se utilizan en otras tecnologías.

Circuitos impresos rígidos y flexibles

Las principales aplicaciones de las PTF son: teclados sobre sustratos rígidos y flexibles,

interruptores, potenciómetros, paneles de coches con tintas polímeras luminiscentes, así como la realización de resistencias integradas en el sustrato para aumentar la densidad y abaratar los circuitos (Figura 2).

Figura 2. Teclado realizado con PTF conductoras



de carbón, sobre circuito impreso.

Otras aplicaciones son la protección de los contactos de cobre de la placa con tintas de carbón, que reducen el coste al eliminar el proceso de acabado con oro/níquel, y la realización de cruces entre pistas para evitar utilizar una capa más [5].

La PTF es habitual en la realización de circuitos flexibles que incluyen LCD y teclados sobre el mismo circuito; teléfonos, agendas de bolsillo y juegos.

Circuitos híbridos

Se utilizan las PTF para reducir el costo del circuito, al simplificarse y abarataarse el proceso de fabricación, y para conectar componentes SMT de paso ultrafino y chips.

Circuitos multichip

Los polímeros son el sustrato y dieléctrico de varios tipos de circuitos MCM-L y MCM-D, además de utilizarse, como en cualquier otro tipo de circuito, para el montaje de chips y componentes.

Encapsulados para chips

Los polímeros se utilizan en forma de gel, silicona o epoxy, como relleno de encapsulados no herméticos, para hacer encapsulados moldeados, y para protección de chips conectados con wire-bonding.

También se utilizan polímeros para el relleno del espacio entre el sustrato y los BGA (Ball Grid Array), o flip-chip. El montaje del chip con tecnología flip-chip se consigue con la creación de protuberancias sobre los pads del chip, al que se da la vuelta y se conectan las protuberancias al circuito. El polímero de relleno aporta rigidez mecánica a la conexión y además absorbe el estrés mecánico; ya que tiene un coeficiente de dilatación entre el chip de silicio (3 ppm/°C), y el circuito impreso (17 ppm/°C).

Adhesivos poliméricos

Los adhesivos poliméricos son aislantes o conductores.

Se vende en forma de pasta o de película. Como pasta se puede depositarse con jeringuilla neumática o serigrafía. El endurecimiento del adhesivo se realiza con luz ultravioleta, o con calor.

Los adhesivos poliméricos se dividen en termoendurecibles y termoplásticos. Los primeros endurecen irreversiblemente al aplicar calor, los segundos son reversibles, se vuelven fluidos al aplicar calor, y al enfriarse retornan al estado sólido sin deteriorarse las propiedades del polímero, lo que permite la reparación del circuito.

El desarrollo de los adhesivos termoplásticos es reciente, y aparecen como solución al problema de la reparación, y a la adhesión sobre circuitos flexibles.

Por otra parte, teniendo en cuenta la estructura de las partículas metálicas dispersas en el polímero, éste puede ser isotrópico, que conduce en todas las direcciones, o anisotrópico, que conduce sólo en la dirección del eje Z.

El adhesivo más utilizado actualmente es el epoxy con alto contenido en plata. Es un adhesivo anisotrópico termoendurecible, que cura a baja temperatura, las reparaciones son complicadas con este material termoendurecible, las prestaciones con buenas,

aunque todavía inferiores a la soldadura de Sn/Pb..

Los adhesivos conductores anisotrópicos, se utilizan en pasta o película, y tienen una baja concentración de partículas metálicas (Figura 3). Conducen sólo en sentido vertical, porque no hay contacto entre las partículas metálicas adyacentes. El principal problema, es que la aleatoriedad de las partículas metálicas puede producir cortocircuitos en zonas con excesiva concentración de partículas, o malas conexiones en zonas con poca concentración. La solución es el nuevo desarrollo de películas donde se colocan las partículas ordenadamente.

Conexión de componentes SMT

Los adhesivos poliméricos aislantes se utilizan de forma generalizada, para pegar el cuerpo del componente al circuito, antes de realizar la soldadura por ola con estaño-plomo (Sn/Pb).

Los adhesivos poliméricos conductores, se pueden utilizar para conectar componentes SMT y son junto con las aleaciones sin plomo, las alternativas ecológicas que se están desarrollando para sustituir la soldadura Sn/Pb.

Podemos destacar como ventaja de estos adhesivos: una baja temperatura de curado (85°C – 150°C) que mejora la fiabilidad del circuito, y un modulo de elasticidad bajo, que evita los fallos de conexiones de los encapsulados de tecnología de paso fino y BGA, y cuyo problema es la rotura de conexiones, por la diferencia de dilatación entre el sustrato del circuito y el encapsulado.

Actualmente las pastas adhesivas conductoras son mucho más caras que el Sn/Pb, y se utilizan en aplicaciones donde no puede utilizarse la soldadura por razones térmicas o técnicas.

Las mejoras que se están realizando en los adhesivos poliméricos, son conseguir compatibilidad con cualquier acabado de terminales de componentes, y, aumentar la fiabilidad cuando son sometidos a pruebas de envejecimiento [5].

Hay que tener en cuenta, que la baja tensión superficial de los adhesivos, no produce la acción de centrado de terminales, que sí realiza la soldadura del Sn/Pb.

Una aplicación muy común es la adhesión de LCD ó chips a circuitos impresos, mediante la interposición de una película anisotrópica conductora. Los LCD tienen alta densidad de conexiones y son sensibles a la temperatura de soldadura, por lo que se utilizan polímeros que realizan la interconexión por la combinación de presión y temperatura (Figura 3).

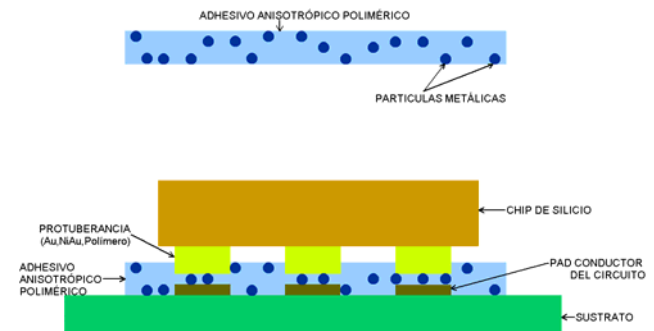


Figura 3. Aplicación del adhesivo polímero anisotrópico conductor en película, para conectar un chip con tecnología flip-chip.

Por último, hacer referencia a los adhesivos térmicos, que se utilizan en el pegado de disipadores, y que deben su alta conductividad térmica, a la mezcla con partículas de alúmina o nitruro de aluminio.

Conexión de Chips

Como adhesivos aislantes o conductores, en forma de pasta o película cortada al tamaño del chip, permiten pegar los chips al sustrato, haciendo de interfaz mecánico y eléctrico entre los dos materiales.

Los nuevos adhesivos termoplásticos con estructura lineal, y bajo módulo de elasticidad (blandos), permiten la reparación de chips, y su flexibilidad mejora aún más el estrés mecánico entre chip y sustrato.

Este material es especialmente necesario en los MCM, limitados actualmente a la utilización de chips ya probados, y donde la densidad buscada, obliga a utilizar flip-chip.

Otra utilidad de las pastas polímeras es crear las protuberancias de los flip-chip, para conectarlos al circuito.

CONCLUSIONES

Los polímeros producirán uno de los mayores cambios en la industria electrónica, ya que utilizar un plástico conductor o semiconductor como base de un circuito ó chip, ofrece una flexibilidad y posibilidad de manipulación de la que carecen los metales y semiconductores orgánicos.

Los polímeros intrínsecamente semiconductores, que hasta ahora sólo se utilizan en diodos, y sensores biológicos, permitirán una nueva era de la electrónica a escala molecular: la nanoelectrónica.

Las tintas poliméricas, aumentarán la variedad de aplicaciones en que son utilizadas, debido a sus cualidades de baja temperatura de curado, compatibilidad con cualquier sustrato, integración de resistencias en el circuito, y proceso económico.

Por último, la necesidad de utilizar materiales ecológicos y nuevas tecnologías, para la conexión de componentes SMT cada vez más miniaturizados, ayudará a la consolidación de los adhesivos poliméricos como alternativa a la soldadura clásica.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. Álvarez, R., Nuñez, N. (1998) "Curso sobre plasturgia electrónica". E.U.I.T.T., U.P.M.

[2]. Ellenbogen, J.C., Love, J.C. : "Architectures for Molecular Electronic Computers", Proceedings of the IEEE, vol 88, N° 3 Marzo 2000.

[3]. Sansores, L.E. : "Estructura electrónica del poli(para-fenileno vinileno)" Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, Méjico.

[4]. Nuñez, N., "Tintas polímeras de capa gruesa". Eurofach n° 290.

[5]. Cavero, J.M. ,Rodriguez, A. : "Polymer thick film technology for telecommunication application". Comunicaciones de Telefónica I+D, vol 31.

[6]. Hvims, H. (1994), Preliminary Report on Conductive Adhesives for SMT, DELTA, Denmark.