

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 522**

51 Int. Cl.:

H01L 21/56 (2006.01)

H01L 23/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2012** E 12177541 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016** EP 2573805

54 Título: **Capa dieléctrica de aerogel**

30 Prioridad:

23.09.2011 US 201113200477

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

07.06.2017

73 Titular/es:

**RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 02541-1449, US**

72 Inventor/es:

**HAUHE, MARK S.;
CISCO, TERRY C.;
MILNE, JASON G.;
GOULD, GEORGE;
NAHASS, PAUL y
ZAFIROPOULOUS, NICK**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 615 522 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Capa dieléctrica de aerogel

5 **Campo**

La presente invención se refiere en general a capas dieléctricas de aerogel y, más específicamente, a capas dieléctricas de aerogel en chips de circuitos integrados.

10 **Antecedentes de la invención**

Los chips monolíticos de circuitos integrados de microondas ("MMIC") se montan a menudo en una placa de circuito mediante postes de metal o de soldadura para formar un sistema de chips MMIC. Cuando se monta un chip MMIC con los circuitos enfrentados a la placa de circuitos, se denomina "sistema de chip invertido MMIC". La diferencia en las propiedades de expansión térmica entre el chip invertido MMIC y la placa de circuito puede crear tensiones mecánicas en los postes de metal o de soldadura cuando el sistema experimenta ciclos de temperatura o grandes fluctuaciones térmicas. Estas tensiones pueden hacer que el sistema no sea fiable.

Una solución convencional es insertar un material de relleno inferior que tenga propiedades mecánicas deseables entre el chip invertido MMIC y la placa de circuito para reducir las tensiones en los postes de metal o de soldadura. Sin embargo, debido a las propiedades dieléctricas indeseables, los componentes sensibles al contacto con relleno inferior del chip invertido MMIC puede degradar el rendimiento eléctrico del chip.

Las soluciones anteriores a este problema incluyen el uso de postes altos de metal o de soldadura que proporcionan suficiente flexibilidad durante la expansión térmica para aliviar la necesidad de relleno inferior. Otro enfoque consiste en aplicar el relleno inferior cuidadosamente para evitar los componentes sensibles del chip invertido MMIC. Ambos enfoques requieren procesos no estándar y, por lo tanto, no están disponibles o son costosos de implementar.

El documento US2011074012 describe un sustrato con un elemento semiconductor incorporado y un método para fabricar un sustrato con un elemento semiconductor incorporado que suprime los efectos de un dieléctrico sobre un elemento semiconductor que está estructurado para incluir un circuito distribuido constante y que puede proteger el elemento semiconductor de la carga aplicada al mismo en el momento de la fabricación.

El documento US2005006766 describe un dispositivo semiconductor que incluye un sustrato semiconductor, un primer cableado dispuesto sobre el sustrato semiconductor, una primera almohadilla del electrodo conectada eléctricamente al primer cableado y una película de resina orgánica porosa que cubre la superficie frontal del sustrato semiconductor de tal manera que primera almohadilla del electrodo está expuesta al exterior.

40 **Sumario**

La presente invención está definida por las reivindicaciones independientes con más detalles de realizaciones específicas proporcionadas por las reivindicaciones dependientes.

En una realización, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos y una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa). En otra realización, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos y una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa). En otra realización, el aerogel tiene una densidad de aproximadamente 0,05 g / cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g / cc (0,30 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758 MPa). En otra realización más, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc (0,10 g/cm³) a 0,25 g / cc (0,25 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 360 psi (2,482 MPa).

El aerogel puede tener una tangente de pérdida de aproximadamente 0,002 a 0,007, y la capa dieléctrica de aerogel puede tener aproximadamente 5 µm a 20 µm de espesor.

El chip invertido de MMIC se puede fijar a la placa de circuito por uno o más bolas de soldadura o postes de soldadura.

En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos.

En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos.

65 En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa).

ES 2 615 522 T3

En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758 MPa).

- 5 En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una densidad de aproximadamente 0,05 g/cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g/cc (0,30 g/cm³).

10 En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el circuito es un circuito integrado de microondas monolítico y el aerogel está dispuesto sobre una porción del circuito integrado de microondas monolítico que comprende al menos un transistor de efecto de campo.

En un refinamiento adicional de la placa de circuito, se aplica un relleno entre el circuito y la placa de circuito, y en el que el aerogel está dispuesto entre el relleno y una parte del circuito.

- 15 En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc (0,10 g/cm³) a 0,25 g / cc (0,25 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 360 psi (2,482 MPa).

20 En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el aerogel tiene una tangente de pérdida de aproximadamente 0,002 a 0,007.

En un refinamiento adicional de la placa de circuito, el espesor de la capa dieléctrica es de aproximadamente 5 µm a 20 µm.

- 25 En un refinamiento adicional de la placa de circuitos, el circuito integrado monolítico de microondas se fija a la placa de circuitos mediante una o más bolas de soldaduras o postes de soldadura, en el que se aplica un relleno inferior entre el circuito integrado monolítico de microondas y la placa de circuito, y en el que el aerogel está dispuesto entre el relleno inferior y la parte del circuito integrado monolítico de microondas que comprende al menos el transistor de efecto de campo.

30 En una realización adicional, la invención se refiere a un método para preparar una capa dieléctrica para un circuito en un chip dirigido a una placa de circuito y separado de la placa de circuito, comprendiendo el método: aplicar un aerogel entre el circuito y la placa de circuito.

- 35 En un refinamiento del método, el aerogel se aplica mediante: depósito de una solución precursora gelificante en un parte del circuito; procesar la solución precursora gelificante para formar la capa dieléctrica que comprende el aerogel en la parte del circuito; y montar el circuito a la placa de circuito de manera que el aerogel se encuentre entre el circuito y la placa de circuito.

40 En un refinamiento del método, comprendiendo además el método aplicar un relleno inferior entre el circuito y la placa de circuito, en el que el aerogel está dispuesto entre la parte del circuito y el relleno inferior.

45 En un refinamiento del método, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos y una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100 psi.

En un refinamiento del método, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos, una densidad de aproximadamente 0,05 g / cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g / cc (0,30 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758 MPa).

- 50 En un refinamiento del método, el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc (0,10 g/cm³) a 0,25 g / cc (0,25 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 360 psi (2,482 MPa).

55 En un refinamiento del método, la solución precursora de gelificación se deposita mediante recubrimiento por rotación, impresión serigráfica o dispensación de puntos.

En un refinamiento del método, la solución precursora de gelificación se deposita mediante dispensación de puntos.

60 En un refinamiento del método, la solución precursora gelificante se aplica a una parte del circuito que comprende un transistor de efecto de campo.

En un refinamiento del método, el aerogel tiene una tangente de pérdida de aproximadamente 0,002 a 0,007.

65

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A es una vista esquemática en planta de un chip de circuito integrado monolítico de microondas ("MMIC") que tiene una capa dieléctrica de aerogel sobre áreas seleccionadas de acuerdo con una realización de la invención.

5 La figura 1B es un diagrama esquemático parcialmente en sección transversal del chip invertido MMIC mostrado en la figura 1A colocado sobre una placa de circuito.

10 La figura 1C es un diagrama esquemático parcialmente en sección transversal del chip invertido MMIC y de la placa de circuitos mostrados en la figura 1b montados por postes de soldadura.

15 La figura 1D es un diagrama esquemático parcialmente en sección transversal del chip invertido MMIC y de la placa de circuitos mostrados en la figura 1c con relleno inferior dispuesto entre el chip invertido MMIC y la placa de circuito.

La figura 2 es una vista en sección transversal de un chip invertido MMIC montado en una placa de circuito que muestra una capa dieléctrica de aerogel sobre áreas seleccionadas del chip invertido MMIC y un relleno inferior entre el chip invertido MMIC y la placa de circuito.

20 La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un método para preparar un sistema de chip invertido MMIC que tiene una capa dieléctrica de aerogel de acuerdo con una realización de la invención.

25 Las figuras 4A y 4B son gráficos que comparan el rendimiento de los chips MMIC sin y con una capa dieléctrica de aerogel.

La figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre la densidad y la constante dieléctrica para tres tipos de aerogeles.

30 La figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre la densidad y la resistencia a la compresión para tres tipos de aerogeles.

La figura 7 es un gráfico que muestra la relación entre la densidad y la tangente de pérdida para tres tipos de aerogeles.

35 **Descripción detallada**

Haciendo referencia ahora a los dibujos, las realizaciones de una capa dieléctrica de aerogel se incorporan en un sistema de chip invertido MMIC que incluye un chip invertido MMIC montado en una placa de circuito. La placa de circuito puede incluir cualquiera de una variedad de tipos de placas conocidos, incluyendo, sin limitación, placas de circuitos impresos, placas de cableados impresos, placas híbridas y similares. Por conveniencia, la expresión "placa de circuito" se usará para referirse a cualquiera de los tipos de placas con los que se utiliza la invención. En la invención, la capa dieléctrica de aerogel está dispuesta entre componentes sensibles del chip invertido MMIC, por ejemplo un transistor de efecto de campo (FET) y la placa de circuito. En los sistemas chip invertido MMIC que incluyen un relleno inferior entre el chip invertido MMIC y la placa de circuito, la capa dieléctrica de aerogel se muestra entre los componentes sensibles del chip invertido MMIC y el relleno inferior.

50 Como se muestra en la FIG. 1A, el chip invertido MMIC incluye un chip 12 que contiene al menos un FET 14 y una pluralidad de bolas de soldadura 30a. Una capa dieléctrica de aerogel 20 cubre partes de la superficie del chip invertido MMIC 10, incluyendo el FET 14 y cualquier otro componente sensible (no mostrado).

La figura 1B muestra los componentes del chip invertido MMIC 10 que incluye el FET 14 y la pluralidad de bolas de soldadura 30a frente a la placa de circuito 40. La capa dieléctrica de aerogel 20 cubre el FET 14 en un lugar entre el FET 14 y la placa de circuito 40.

55 La figura 1C muestra el chip invertido MMIC 10 montado en la placa de circuito 40 para formar un sistema de chip invertido MMIC 100. La pluralidad de las bolas de soldadura 30a se calienta o licuan de otro modo para formar una pluralidad de postes de soldadura 30b que conectan el chip 12 a la placa de circuito 40. La pluralidad de postes de soldadura 30b están dimensionados de tal manera que la capa dieléctrica de aerogel 20 y cualquier otro componente (no mostrado) del chip invertido MMIC 10 están separados de la placa de circuito 40. En una realización, el espacio entre el chip MMIC y la placa de circuito es de aproximadamente 100 a 150 μm .

60 Como se muestra en la figura 1D, el sistema chip invertido MMIC 100 incluye además un relleno inferior 50 entre el chip invertido MMIC 10 y la placa de circuito 40. La capa dieléctrica 20 de aerogel evita que el relleno 50 contacte el FET 14 y otros componentes sensibles (no mostrados).

65 La figura 2 ilustra un sistema de chip invertido MMIC 100 que incluye un chip invertido MMIC 10 que tiene un chip 12

que soporta una pluralidad de circuitos críticos 16. La capa dieléctrica de aerogel cubre la pluralidad de circuitos críticos 16 e impide que el relleno inferior 50 contacte con la pluralidad de circuitos críticos 16. El sistema de chip invertido MMIC 100 incluye además un material de encapsulado 60 para reducir el choque y la vibración y excluir la humedad y los materiales corrosivos.

5 La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un proceso 100 para preparar un sistema de chip invertido MMIC que tiene una capa dieléctrica de aerogel de acuerdo con una realización de la invención. En particular, el proceso 200 puede usarse para preparar un sistema de chip invertido MMIC 100 como se muestra en las figuras 1A-1D. El proceso 200 incluye proporcionar 210 un chip MMIC que tiene al menos un circuito. El procedimiento incluye además depositar 220 una solución precursora gelificante sobre una porción del circuito que incluye un componente sensible, por ejemplo un FET. La solución precursora gelificante puede depositarse mediante cualquier proceso adecuado tal como, por ejemplo, recubrimiento por rotación, impresión serigráfica o dispensación de puntos. En una realización, la solución precursora gelificante se deposita mediante dispensación de puntos. A continuación, la solución precursora gelificante se procesa 230 en la parte del circuito que incluye un componente sensible para formar una capa dieléctrica de aerogel en esa porción del circuito. El tratamiento puede incluir el secado por cualquier proceso adecuado, por ejemplo, secado con CO₂ supercrítico a 55 °C y 1600 psi. El proceso incluye montar 240 el chip MMIC a una placa de circuito de manera que la capa dieléctrica de aerogel se coloca entre el circuito y la placa de circuito. El montaje puede incluir suministrar bolas de soldadura o postes de soldadura para unir el chip MMIC a la placa de circuito. El proceso incluye, opcionalmente, aplicar 250 un relleno inferior entre el chip MMIC y la placa de circuito, en el que la capa dieléctrica de aerogel está situada entre la porción del circuito y el relleno inferior. El relleno inferior rellena el hueco entre el chip MMIC y la placa de circuito a través de acción capilar y, luego, se endurece. En una realización, el relleno inferior es una epoxi que se endurece por curado.

La adhesión del relleno inferior al chip MMIC depende parcialmente del contacto entre el relleno inferior y el propio chip MMIC. Por lo tanto, en muchas realizaciones, la capa dieléctrica de aerogel no cubre todo el chip MMIC. Sin embargo, los materiales que tienen una alta constante dieléctrica, tal como el relleno inferior, colocados adyacentes a componentes sensibles del chip MMIC, tal como FET, tienden a degradar el rendimiento del chip MMIC interfiriendo con los campos eléctricos creados durante su funcionamiento. Un aerogel que tiene una constante dieléctrica baja reduce la extensión de cualquier interferencia con estos campos eléctricos y, por lo tanto, reduce cualquier impacto adverso en el rendimiento del chip MMIC. La degradación del rendimiento debida a la proximidad cercana a un relleno inferior de constante dieléctrica alta se puede reducir proporcionando una capa dieléctrica de aerogel que tenga una constante dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos y un espesor de aproximadamente 5 µm a 20 µm dispuesto entre al menos las porciones del chip MMIC que tengan componentes sensibles y el relleno inferior. En una realización, la capa dieléctrica de aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos.

La figura 4A muestra la diferencia de potencia de salida entre siete chips que tienen un relleno inferior y los mismos chips sin un relleno inferior. Como se muestra, la potencia de salida está significativamente comprometida cuando se aplica el relleno inferior. La figura 4B muestra la diferencia de potencia de salida entre cuatro chips que tienen un aerogel, por ejemplo como se muestra en la figura 1C, y los mismos chips que tienen un aerogel y un relleno inferior, por ejemplo como se muestra en la figura 1D. Como se muestra, la diferencia de potencia de salida con y sin relleno inferior es pequeña cuando hay aerogel presente. Por tanto, el impacto del relleno inferior se reduce con una capa de aerogel entre el chip y el relleno inferior.

45 En una realización, el aerogel de la capa dieléctrica de aerogel tiene una densidad de aproximadamente 0,05 g/cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g/cc (0,30 g/cm³). La figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre la densidad y la constante dieléctrica para tres tipos de aerogeles. Las muestras de aerogel de poliimida, PMSQ y sílice que tienen densidades de aproximadamente 0,05 g/cc (0,05 g/cm³) to 0,30 g/cc (0,30 g/cm³) tenían todas ellas constantes dieléctricas inferiores a 1,5.

50 El aerogel debe ser lo suficientemente fuerte como para mantenerse en su lugar durante los procesos que conducen a la aplicación de relleno inferior. El aerogel debe ser también lo suficientemente fuerte como para resistir el flujo del relleno inferior durante la aplicación de relleno inferior, de manera que el aerogel permanezca en su lugar sobre los componentes sensibles del chip MMIC. En una realización, el aerogel de la capa dieléctrica de aerogel tiene una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa). En otra realización, la resistencia a la compresión del aerogel es de aproximadamente de 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758 MPa). La figura 6 muestra la relación entre la densidad y la resistencia a la compresión para tres tipos de aerogeles. La poliimida (PI) muestra la mayor resistencia a la compresión más alta para una densidad dada en comparación con sílice y PMSQ.

60 La capa dieléctrica de aerogel puede tener una tangente de pérdida de aproximadamente 0,002 a 0,007. Una tangente de pérdida baja es deseable porque reduce la velocidad a la que se disipa la energía electromagnética. La figura 7 es un gráfico que muestra la relación entre la densidad y la tangente de pérdida para tres tipos de aerogeles. La poliimida (PI) presenta una tangente de pérdida menor que cualquiera de PMSQ o sílice sobre el intervalo deseado de densidades.

La Tabla 1 muestra las propiedades de tres muestras de aerogeles de poliimida. Estas tres muestras exhiben una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc ($0,10 \text{ g/cm}^3$) a 0,25 g / cc ($0,25 \text{ g/cm}^3$), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi ($0,689476 \text{ MPa}$) a 360 psi ($2,482 \text{ MPa}$).

Tabla 1

	Constante dieléctrica	Densidad(g/cc) (g/cm^3)	Resistencia a la compresión (psi) [MPa]
PI-3	1,18	0,131	(101,6) [0,70051]
PI-4	1,36	0,227	(356,8) [2,46]
PI-5	1,28	0,180	(220,7) [1,5217]

- 5 Aunque la descripción anterior contiene muchas realizaciones específicas de la invención, estas no deben interpretarse como limitaciones del alcance de la invención, sino más bien como ejemplos de realizaciones específicas de la misma. En consecuencia, el Alcance de la invención debe determinarse no mediante las realizaciones ilustradas, sino mediante las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un ensamblaje de la placa de circuito (100), que comprende:

- 5 Una placa de circuito (40);
 Un chip de inversión de circuito integrado monolítico de microondas (12) unido a la placa de circuito (40),
 teniendo el chip integrado (12) una pluralidad de componentes sensibles (14) mirando a la placa de circuito (40) y
 en el que el chip invertido está separado de la placa de circuito en una configuración de chip invertido;
 una pluralidad de zonas de la capa dieléctrica (20) entre la pluralidad de componentes sensibles (14) y la placa
 10 de circuitos (40), en la que las zonas de la capa dieléctrica (20) están separadas y comprenden un aerogel; y
 un relleno inferior (50) entre el chip invertido y la placa de circuito, estando el relleno inferior conectado a la placa
 de circuito y el chip invertido, en el que las zonas de la capa dieléctrica impiden que el relleno inferior se ponga
 en contacto con los componentes sensibles.
- 15 2. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aerogel tiene una constante
 dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos.
3. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el aerogel tiene una constante
 dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos.
- 20 4. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el aerogel
 tiene una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758 MPa).
5. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el aerogel
 25 tiene una densidad de aproximadamente 0,05 g/cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g/cc (0,30 g/cm³).
6. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el aerogel
 está dispuesto sobre una porción del chip invertido (12), que comprende al menos un transistor de efecto de campo
 (14).
- 30 7. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el aerogel
 tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc
 (0,10 g/cm³) a 0,25 g / cc (0,25 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476
 MPa) a 360 psi (2,482 MPa).
- 35 8. El ensamblaje de placa de circuito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el aerogel
 tiene una tangente de pérdida de aproximadamente 0,002 a 0,007.
9. Un método (200) para preparar una pluralidad de zonas de la capa dieléctrica para una pluralidad de
 40 componentes sensibles (14) sobre un chip invertido de circuito integrado monolítico de microondas que mira a una
 placa de circuito (40) y separado de la placa de circuito (40) en una configuración de chip invertido, comprendiendo
 el método (200):
 aplicar un aerogel sobre la pluralidad de componentes sensibles para cubrir, respectivamente, la pluralidad de
 45 componentes sensibles, en la que las zonas de la capa dieléctrica están separadas lateralmente y entre e chip
 invertido (12) y la placa de circuito (40); y
 Aplicar un relleno inferior entre el chip invertido (12) y la placa de circuito (40), en el que el relleno inferior (50)
 entra en contacto con la placa de circuito (40) y el chip invertido (12).
- 50 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el aerogel se aplica mediante.
 Depósito (220) de una solución precursora gelificante sobre una parte del chip invertido (12);
 Procesamiento (230) de la solución de precursora gelificante para formar las regiones de la capa dieléctrica que
 comprenden el aerogel en la parte del chip invertido (12); y
 55 Montaje (240) del chip invertido (12) en la placa de circuito (40) de manera que el aerogel se encuentra entre el
 chip invertido (12) y la placa de circuito impreso (40).
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el que el aerogel tiene una constante
 dieléctrica de aproximadamente 2,0 o menos y una resistencia a la compresión de al menos aproximadamente 100
 60 psi (0,689476 MPa).
12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el aerogel tiene una constante
 dieléctrica de aproximadamente 1,5 o menos, una densidad de aproximadamente 0,05 g / cc (0,05 g/cm³) a 0,30 g /
 cc (0,30 g/cm³), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 400 psi (2,758
 65 MPa).

13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el aerogel tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 1,15 a 1,40, una densidad de aproximadamente 0,10 g / cc ($0,10 \text{ g/cm}^3$) a 0,25 g / cc ($0,25 \text{ g/cm}^3$), y una resistencia a la compresión de aproximadamente 100 psi (0,689476 MPa) a 360 psi (2,482 MPa).

5

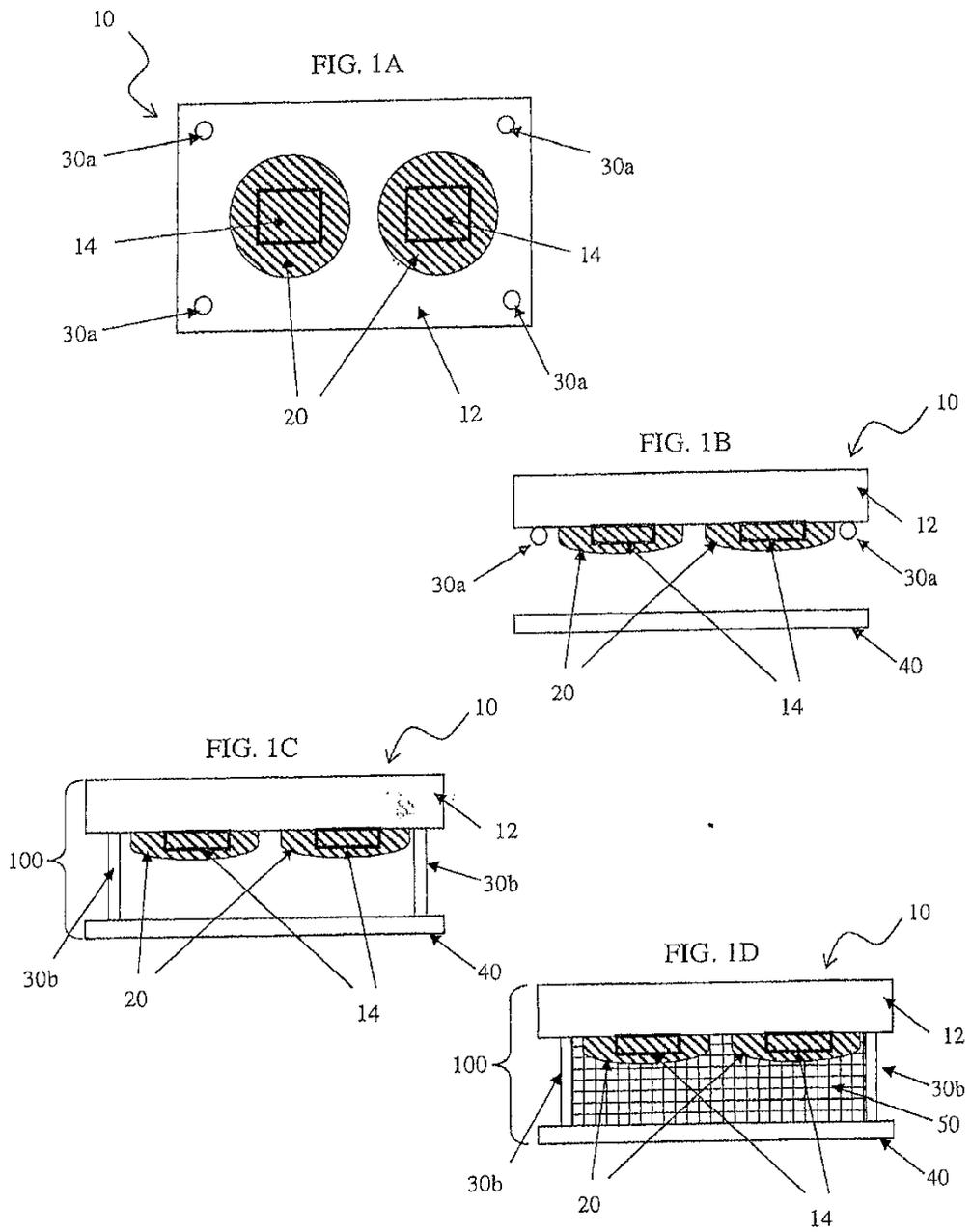


FIG.2

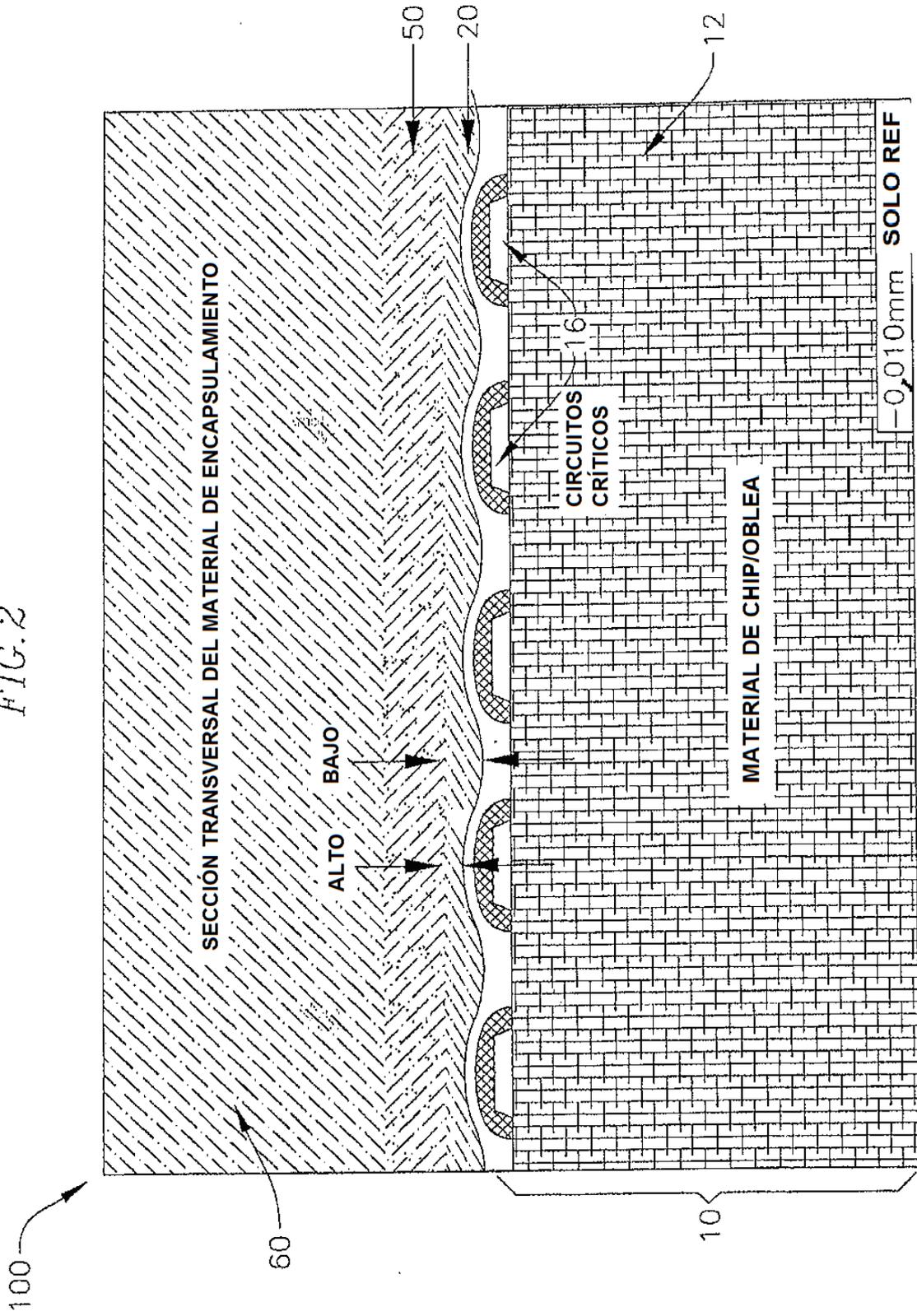


FIG. 3

200. Proceso para preparar un sistema de chip invertido que tiene una capa dieléctrica de aerogel

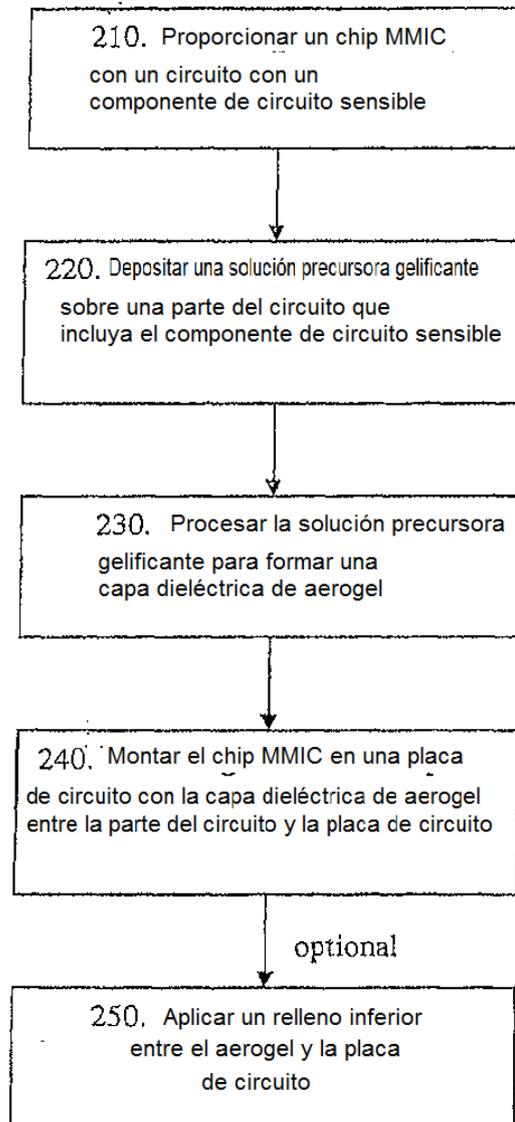


FIG. 4 A

IMPACTO NEGATIVO DEL RELLENO INFERIOR SOBRE EL RENDIMIENTO ELÉCTRICO
 HPA MMIC CON RELLENO INFERIOR APLICADO CON RESPECTO AL RENDIMIENTO DEL QUE NO TIENE RELLENO INFERIOR

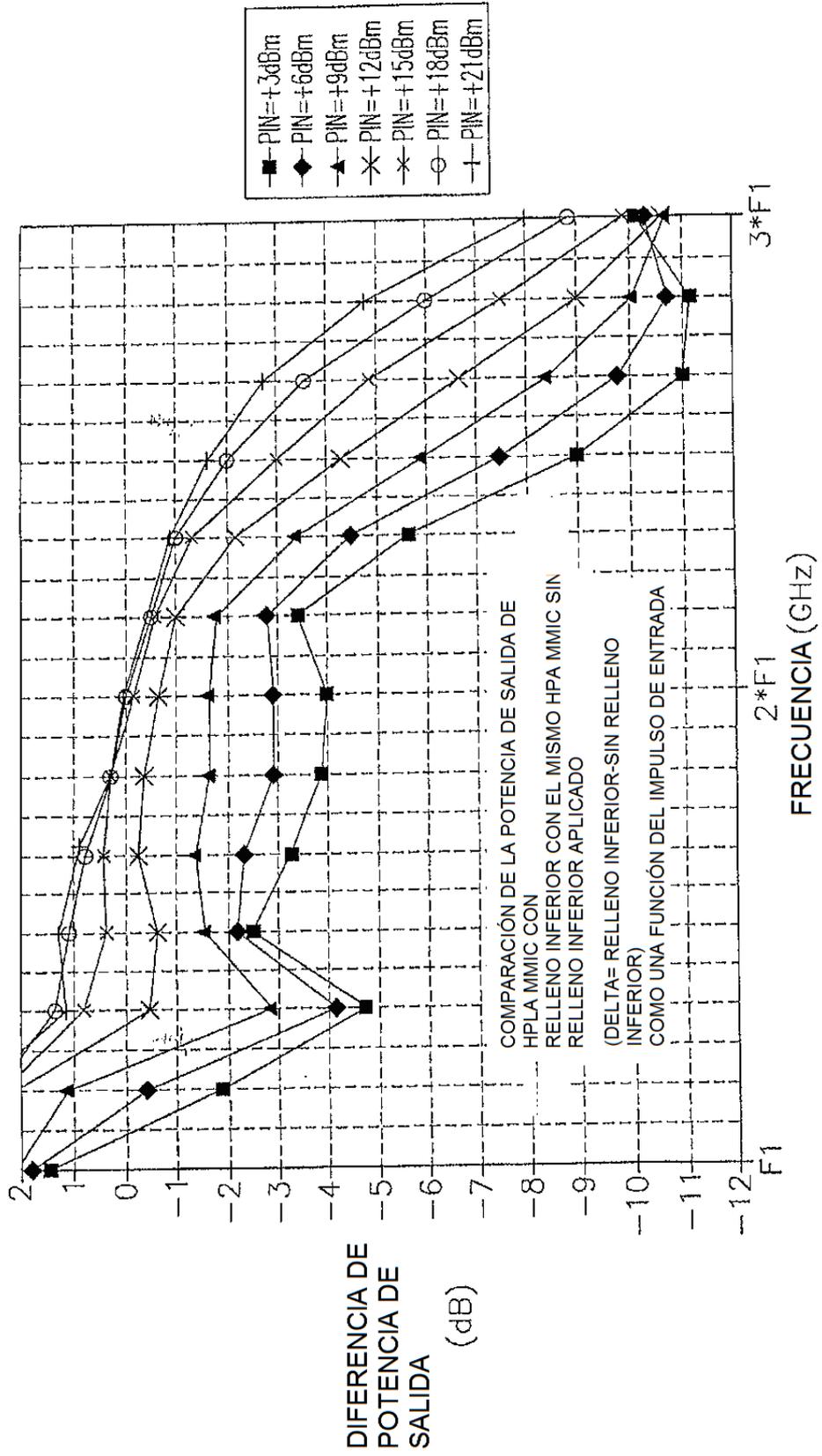


FIG.5

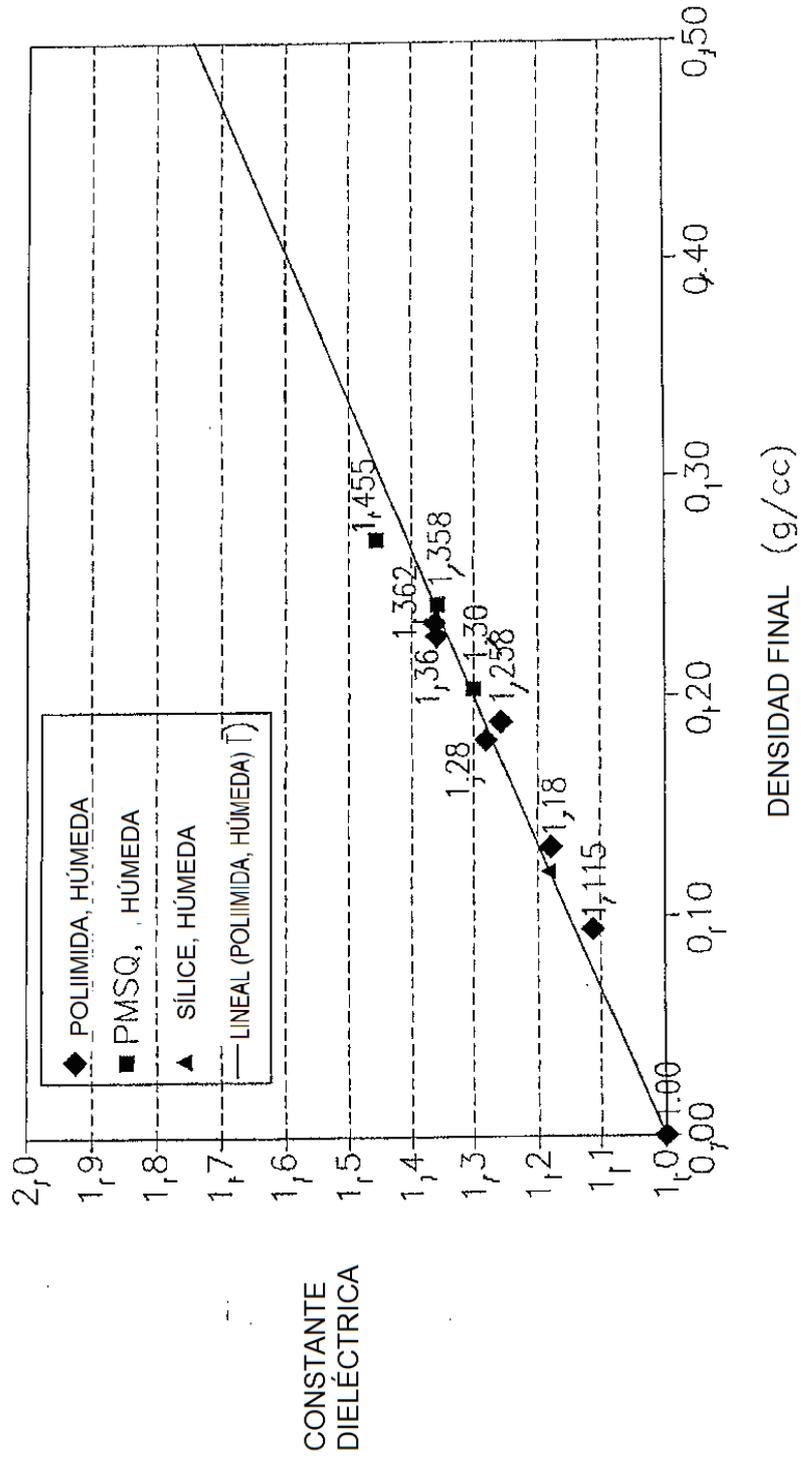


FIG. 6

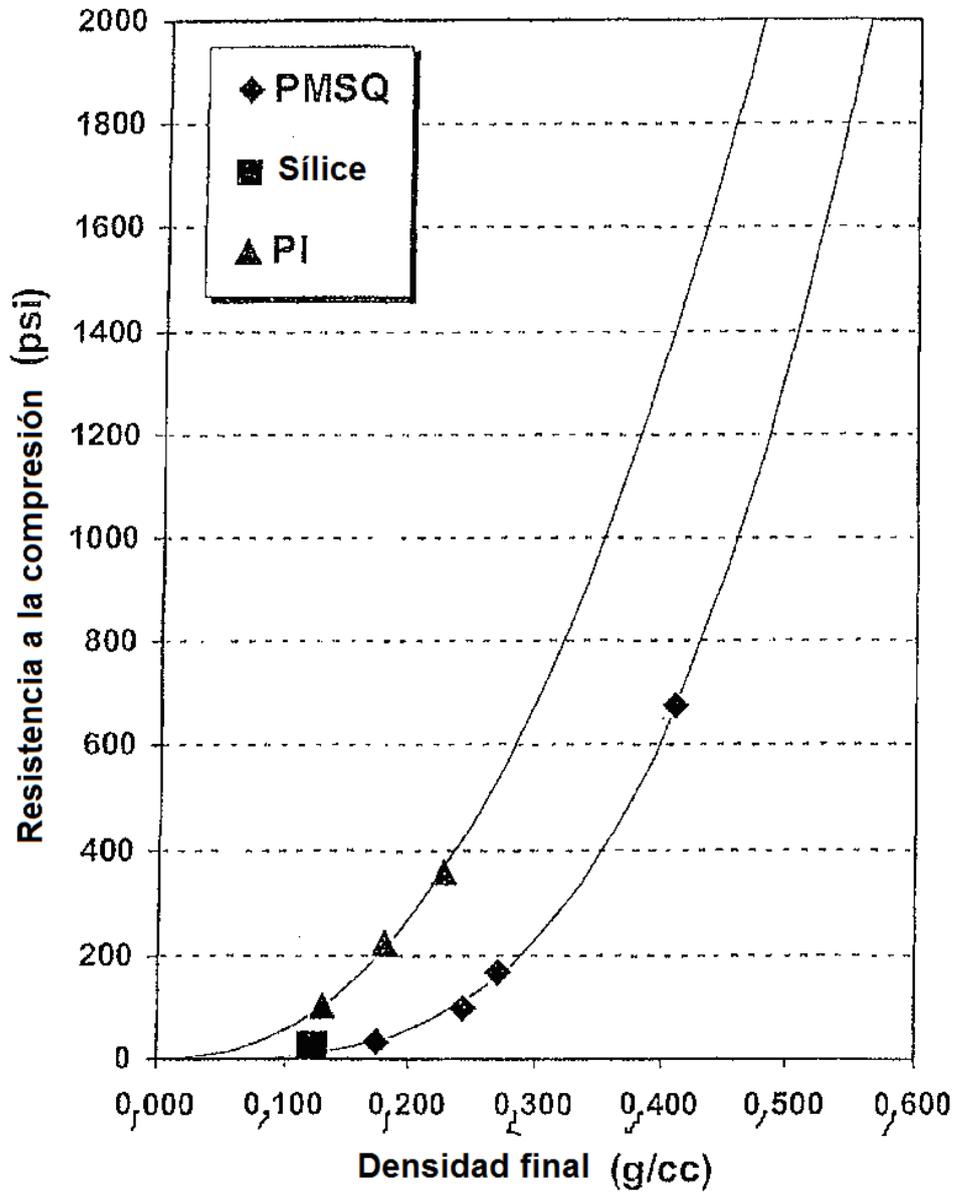


FIG.7

