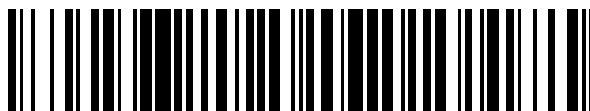


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 129**

51 Int. Cl.:

C30B 25/02	(2006.01) H01J 37/32	(2006.01)
C30B 25/10	(2006.01)	
C30B 25/12	(2006.01)	
C30B 25/14	(2006.01)	
C30B 25/20	(2006.01)	
C30B 29/04	(2006.01)	
C23C 16/27	(2006.01)	
C23C 16/54	(2006.01)	
C23C 16/44	(2006.01)	
C23C 16/458	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.04.2013 PCT/SG2013/000144**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13154504**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2013 E 13721420 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2836622**

54 Título: **Aparato de deposición química de vapor asistida por plasma de microondas**

30 Prioridad:

12.04.2012 US 201213445070

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

31.01.2018

73 Titular/es:

**IIA TECHNOLOGIES PTE. LTD. (100.0%)
65 Chulia Street N° 38-02/03 OCBC Centre
Singapore 049513, SG**

72 Inventor/es:

MISRA, DEVI SHANKER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 652 129 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

Aparato de deposición química de vapor asistida por plasma de microondas

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al cultivo de diamantes monocristalinos así como de diamantes libres de inclusiones gráficas y no gráficas en un aparato capaz de efectuar la deposición química de vapor con microondas asistida por plasma. Además, la invención también se refiere al cultivo de diamantes de color blanco usando un conjunto de
10 plataformas de sustrato que controla la proporción de las moléculas de metano gaseoso y de los iones/radicales de metilo excitados en la fase gaseosa en el plasma.

Antecedentes

15 Los diamantes artificiales de cristal único tienen potencial para varias aplicaciones científicas, industriales y comerciales, por ejemplo, en joyería, en disipadores de calor, en dispositivos electrónicos, en ventanas de láser, en ventanas ópticas, en detectores de partículas y en dispositivos de computación cuántica. Como la demanda comercial de diamantes de cristal único aumenta con los años, es esencial aumentar la producción de diamantes de cristal único de clasificación óptica y científica de alta calidad sin comprometer la calidad del diamante de cristal
20 único. De hecho, el requisito de calidad en los cristales únicos para aplicaciones en productos científicos es muy estricto, especialmente para los dispositivos semiconductores y detectores de partículas. Los defectos, inclusiones, límites de grano microscópicos, otras orientaciones son algunos defectos destacados en los diamantes de cristal único y deben caracterizarse profundamente en los detalles.

25 Hasta ahora, la técnica anterior ha utilizado una cámara de deposición en la que se suministran gases adecuados tales como metano, hidrógeno y otros gases como nitrógeno, oxígeno y diborano para cultivar diamantes de cristal único, saliendo los gases de escape a la atmósfera. Los gases se descomponen en varias formas iónicas y radicales usando un campo eléctrico de microondas intenso a una frecuencia de 2,45 GHz. Las impurezas se incorporan a
30 menudo a la estructura de diamante desde las tuberías de gas, las cámaras y otras fuentes de contaminación. Sin embargo, un punto importante a señalar es que la eficiencia de la descomposición de los gases en su forma iónica es sustancialmente baja y quizás no se tenga en cuenta que el escape aún puede contener los gases constituyentes para un mayor crecimiento del diamante. Además, la composición del gas también se purifica tras pasar a través de la fase de plasma ya que el plasma habría eliminado la mayoría de las impurezas. Es el esfuerzo para comprender esto y utilizar este hecho fundamental al que se dirige la presente invención.

35 En la patente de Estados Unidos N.º 3.030.187 se divulgó un proceso de cultivo de granos policristalinos de diamante. Desde entonces, se han ideado diversas técnicas de deposición química de vapor (CVD, por sus siglas en inglés, Chemical Vapor Deposition) para producir diamantes policristalinos y monocristalinos, mediante las que se utilizan el metano y el hidrógeno como gases precursores. La función del metano es garantizar el suministro de
40 carbono en la fase gaseosa, mientras que el hidrógeno desempeña una función importante en la estabilización de la fase de diamante. La patente de Estados Unidos 4 466 380 A describe un aparato de CVD de microondas con una pluralidad de cámaras de deposición conectadas entre sí. El diamante policristalino, a pesar de tener propiedades similares a los diamantes monocristalinos, no es un material recomendado para nuevas aplicaciones industriales debido a la presencia de límites de grano y defectos contenidos en él. Además, la conductividad térmica de un
45 diamante policristalino es inferior a la de un diamante monocristalino. Además, los límites de grano en diamantes policristalinos desempeñan una función de deterioro e inhiben la exhibición de las propiedades superiores exclusivas de los diamantes naturales porque los límites de grano actúan como centros de dispersión. La presencia de los límites de grano en diamantes policristalinos es un gran inconveniente en aplicaciones industriales.

50 En consecuencia, existe una clara preferencia por usar diamantes monocristalinos en aplicaciones industriales. Sin embargo, es difícil cultivar diamantes monocristalinos con la misma textura, claridad, pureza y acabado que los de un diamante natural. Aunque el diamante monocristalino tiene propiedades superiores en comparación con el diamante policristalino, las inclusiones gráficas y no gráficas microscópicas y macroscópicas, las nieblas (defectos de línea larga) son muy comunes en el diamante monocristalino cultivado con CVD.

55 La caracterización detallada de defectos en el diamante monocristalino cultivado con CVD puede realizarse por espectroscopía Raman y por difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés, X-ray diffraction) que revela los defectos que comprenden regiones gráficas que tienen un tamaño en el intervalo de submicrómetros a varios micrómetros contenidas en el mismo.

60 La existencia de inclusiones gráficas y no gráficas en el diamante monocristalino producido por deposición química de vapor (diamante CVD) puede deberse a la presencia de metano sin reaccionar en la cámara de deposición. Casi todas las técnicas emplean una mezcla de gases metano e hidrógeno para la producción CVD de diamante. El gas metano se descompone eléctricamente y da lugar a la formación de compuestos de grupos metilo excitados (iones CH_3^+) debido al campo eléctrico de microondas de 2,45 GHz de frecuencia. La descarga eléctrica de los gases metano e hidrógeno forma un plasma caliente que consiste en iones CH_3^+ , hidrógeno atómico,
65

iones H_2^+ y una concentración significativa de electrones. La región de plasma de la técnica anterior tiene una forma sustancialmente elipsoide y envuelve por completo el conjunto de plataformas de sustrato.

Las plataformas de sustrato de la técnica anterior generalmente están hechas de molibdeno en forma de disco plano que se utiliza como pedestal para cargar las semillas de diamante (sustratos) de tamaños que varían desde 1 mm×1 mm a 10 mm×10 mm y que tienen un espesor de 1 mm a 3 mm según sea el caso. El pedestal también puede estar hecho de tungsteno o de cualquier otro metal adecuado. A medida que los iones de metilo alcanzan el sustrato a una temperatura de 900 °C, su movilidad es alta y comienzan a formar una red de diamantes unidos por enlaces sp^3 en presencia de una alta concentración de hidrógeno. El límite (periferia externa) de la región de plasma puede contener el gas metano molecular neutro y puede descomponerse térmicamente. La descomposición térmica del metano se produce a 800 °C y el resultado de la descomposición térmica es la formación de hollín de carbón negro que puede inducir las impurezas gráficas y no gráficas en el depósito de diamantes.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una plataforma de sustrato que proporcione uniformidad del campo eléctrico de microondas y aumente la concentración de iones CH_3^+ en la región de plasma y reduzca la proporción de metano sin reaccionar en la región de plasma. La plataforma de sustrato también asegura que la corriente de calor fluya de tal manera que la temperatura de la periferia de la plataforma sea mucho más baja que la del resto del pedestal. Como resultado, puede evitarse por completo la formación de hollín de carbón.

Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato para cultivar diamantes, como se establece en la reivindicación 1, y un método para cultivar diamantes, como se establece en la reivindicación 12.

Breve descripción de los dibujos

Esto generalmente describe la invención, pero para ayudar con la comprensión, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos que muestran las realizaciones preferidas de la invención.

En los dibujos:

la figura 1 muestra una vista esquemática de un aparato para cultivar diamantes de calidad gema de acuerdo con la primera realización de la invención;
la figura 2 muestra una vista esquemática de una cámara del aparato como se muestra en la figura 1 de acuerdo con la primera realización de la invención;
la figura 3 muestra una plataforma de sustrato a utilizar en una cámara de acuerdo con la primera realización de la presente invención;
la figura 4 muestra una vista en sección transversal de la plataforma de sustrato de la figura 3;
la figura 5 muestra una vista esquemática de un aparato para cultivar diamantes de calidad gema de acuerdo con la segunda realización de la invención;
la figura 6 muestra una vista esquemática de un aparato para cultivar diamantes de calidad gema de acuerdo con la tercera realización de la invención.

Descripción detallada

La figura 1 muestra una vista esquemática de un aparato para el cultivo de diamantes de calidad gema de acuerdo con la primera realización de la presente invención y la figura 2 muestra una vista más detallada de parte del aparato de la figura 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el aparato comprende una o más cámaras, cada cámara está en conexión fluida con una o más cámaras diferentes. En una primera realización de la presente invención como se muestra en la figura 1, el aparato 50 comprende una serie de cámaras 52 dispuestas en serie con tubos de flujo de gas 56 entre cada cámara. Un suministro de gas suministra gases a una primera cámara 52a a través de una entrada de gas 54. Una bomba de vacío 58 dispuesta después de la cámara final 52g evacúa todas las cámaras y aspira a través de la serie de cámaras los gases de proceso, como se analiza a continuación, desde la entrada de gas 54 en la primera cámara 52a.

Cada cámara 52 tiene uno o más conjuntos de plataforma de sustrato 32 y una disposición de microondas 37.

De acuerdo con una primera realización de la presente invención como se muestra en la figura 1, durante la aplicación, los gases suministrados se utilizan en secuencia con el gas que sale de la primera cámara convirtiéndose en la entrada para la segunda cámara. El vacío en todas las cámaras se crea mediante la misma bomba de vacío 58. El gas usado se extrae por la salida de gas 62. Cada cámara tiene sus propios medios de medición de presión 60 independientes adaptados para medir la presión dentro de la cámara. Como la pureza del gas mejora significativamente a medida que pasa a través de cada cámara, la calidad del diamante mejora significativamente y da lugar a la creación de cristales únicos de diamante libres de defectos. Mediante esta invención, es posible

conectar varias cámaras de esta manera. Los medios de medición (no mostrados) pueden fijarse a la cámara y adaptarse para medir la relación de calidad del gas dentro de la cámara. Se sostiene que el número de cámaras alcanzaría un número máximo una vez que la relación de calidad del gas en la última cámara alcance un cierto nivel. Por lo tanto, si puede determinarse el número máximo de cámaras, puede evitarse el exceso de cámaras.

La composición del gas puede formularse de tal manera que los diamantes se cultivan en cada cámara con una tasa de crecimiento similar y al conservar el coste, puede cultivarse una mayor cantidad de diamantes con un rendimiento mayor.

Se afirma que es posible una reducción del coste de fabricación del diamante de alta calidad y una reducción en la cantidad de emisión de gases de escape mediante la reutilización de los gases suministrados a las cámaras de la manera mencionada anteriormente. Siempre que el número de cámaras no supere el número máximo, que está determinado por los medios de medición, los gases pueden reutilizarse. Los gases pueden reutilizarse canalizándolos desde una cámara a una o más cámaras precedentes.

La figura 2 muestra una cámara para la producción de diamante de calidad gema libre de inclusiones de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

En la primera realización de la presente invención, la cámara 52 tiene una caja 30 adaptada para alojar un conjunto de plataforma de sustrato 32 en su interior. En otras realizaciones, la cámara puede comprender 2 o más conjuntos de plataforma de sustrato. El conjunto de plataforma de sustrato 32 comprende una plataforma de sustrato 10 como se explica a continuación con más detalle y un reflector periférico 34. El reflector periférico 34 comprende un cuerpo cilíndrico alrededor de la plataforma de sustrato 10 y está separado lateralmente del borde elevado periférico 13 de la plataforma de sustrato 10. El reflector periférico 34 que puede funcionar como una pantalla térmica se utiliza en el exterior de la plataforma de sustrato 10 de modo que la plataforma de sustrato 10 puede alcanzar la temperatura requerida para un valor apropiado de potencia para la cámara. La plataforma de sustrato 10 y el reflector periférico 34 están soportados sobre una placa de metal 35 que se enfría mediante un refrigerante fluido tal como agua, nitrógeno líquido, etc. La placa 35 está hecha de un metal con alta conductividad térmica, como cobre, molibdeno, etc.

El reflector periférico 34 se utiliza principalmente para contener el calor y tiene una función menor de contener los campos eléctricos de microondas. Su construcción es un anillo anular circular muy fino hecho de molibdeno con una superficie interior bruñida para la contención de calor. Se mantiene a aproximadamente 2,5 mm de la plataforma de sustrato 10. Como la contención de calor es efectiva, puede alcanzarse la temperatura del sustrato a una potencia de microondas menor y mejorar el perfil de potencia de la máquina.

La disposición de microondas 37 para suministrar potencia de microondas a la cámara 52 genera una microonda de 2,45 GHz y dirige la energía de microondas a la cámara 52 en la región de la plataforma de sustrato 10 para formar una región de plasma esferoidal achatada 14. Los gases que se analizan a continuación se añaden a la cámara 52 para formar los diamantes. El gas se proporciona desde un suministro de gas o desde una cámara previa en la serie de cámaras a través del orificio 56a y se extrae de la cámara a una cámara posterior a través del orificio 56b.

En las figuras 3 y 4 se muestra una primera realización de una plataforma de sustrato para su uso dentro de la serie de cámaras de acuerdo con la presente invención.

La nueva plataforma de sustrato 10 y el conjunto de plataforma de sustrato 32 para controlar la temperatura de los diferentes sectores de la plataforma de sustrato está diseñada de manera que la descomposición térmica del gas metano se controla en la proximidad de los sustratos y el campo eléctrico es uniforme en toda la región de la ubicación de los sustratos.

Se afirma que la periferia de la plataforma de sustrato 10 está a una temperatura mucho más baja que la del volumen de la plataforma de sustrato 10 y, por lo tanto, se reduce significativamente la formación del hollín de carbón.

La plataforma de sustrato 10 tiene una base plana sustancialmente circular 12 y un borde elevado periférico 13 a la base 12. El borde elevado periférico 13 define una superficie de recepción de sustrato rebajada central 15. La superficie de recepción de sustrato rebajada central 15 es sustancialmente plana. El borde elevado periférico 13 comprende un borde exterior 13a y un borde interior 13b y el borde interior 13b comprende un bisel 24 que se extiende hacia abajo de la superficie de recepción de sustrato rebajada 15.

En uso, las semillas de diamante 19 que pueden variar en tamaño entre 1 mm×1 mm y 10 mm×10 mm y que tienen un espesor que varía de 1 mm a 3 mm se colocan en un conjunto o matriz sobre la superficie de recepción de sustrato rebajada central 15 como se analiza con más detalle a continuación.

El borde elevado periférico 13 a la base comprende una superficie superior 13c y una superficie inferior 13d. En una primera realización de esta invención, el borde elevado periférico 13 comprende una acanaladura anular 18a, 18b en al menos una de las superficies superior e inferior 13c y 13d, respectivamente. En otra realización de la presente

invención, existen acanaladuras anulares 18a y 18b en las dos superficies superior e inferior 13c y 13d, respectivamente.

Se cargan múltiples semillas de diamante en una región rebajada 21 en la superficie de recepción de sustrato rebajada central 15. El tamaño uniforme de las semillas de diamante que van desde 1 mm×1 mm y 10×10 mm y que tiene un espesor que varía de 1 mm a 3 mm se coloca en un diseño de matriz. Cuando la potencia de microondas se acopla a la cámara en presencia de gas hidrógeno, se forma una región de plasma 14 (véase la figura 2) y toda la región de soporte se calienta a una temperatura de 900 °C a 1200 °C. En la periferia de la región rebajada 21, la superficie cónica o biselada 24 ayuda a gestionar la forma de la región de plasma 14. Específicamente, el bisel 24 define un borde afilado superior, que es el borde interior 13b, y un borde afilado inferior 17, como se muestra en la figura 3. Se afirma que el borde afilado superior y el borde afilado inferior conjuntamente ayudan a definir y mantener la forma y las propiedades deseadas de la región de plasma 14.

De acuerdo con una primera realización de la presente invención, la plataforma de sustrato 10 está hecha de molibdeno. El molibdeno tiene una alta conductividad térmica que ayuda a mantener una temperatura uniforme en la base 12.

La periferia exterior 16 de la plataforma de sustrato 10 está aislada del volumen principal del conjunto mediante las acanaladuras anulares o ranuradas 18 que están preferentemente en ambas superficies superior e inferior de la plataforma de sustrato 10. La conducción de calor hacia la periferia exterior es menor debido a la pestaña estrecha 20 y, como resultado, la temperatura de la periferia exterior 16 es menor que la del volumen del conjunto de plataforma 12. Se afirma que la reducción de la temperatura de la periferia evita la descomposición térmica del metano y, por lo tanto, la formación de impurezas de carbono.

La presencia de la acanaladura ranurada 18 y del borde biselado 24 proporciona uniformidad al aumentar la concentración de iones CH_3^+ en la región de plasma y al reducir la proporción de metano sin reaccionar en la región del plasma. La plataforma de sustrato 10 también proporciona estabilidad al plasma al intensificar el campo eléctrico de la radiación de microondas en la región. Por último, pero no menos importante, la plataforma de sustrato 10 asegura que la corriente de calor fluya de tal manera que la temperatura de la periferia de la plataforma sea mucho más baja que la del resto del pedestal.

Un objetivo de la presente invención es producir diamante libre de inclusiones, preferentemente diamante de calidad gema, usando la plataforma de sustrato 10 de manera que se evite la descomposición térmica del gas metano en la región en la que se encuentran las semillas de diamante.

En una primera realización de la invención, se utilizan gases que contienen metano, hidrógeno, nitrógeno y diborano como precursores para el proceso de deposición química de vapor asistida por plasma de microondas. La concentración dominante de los gases en la cámara es metano e hidrógeno. Preferentemente, el flujo de gas hidrógeno es de 800 sccm (centímetros cúbicos estándar por minuto) y del gas metano es de 55 sccm. El plasma de estos gases se genera en la región 14 por encima de la plataforma de sustrato 10. Como el campo eléctrico será intenso en los bordes afilados, el plasma es más estable y uniforme en la configuración descrita de la plataforma de sustrato 10.

La figura 5 muestra una vista esquemática de un aparato para la fabricación de diamantes de calidad gema de acuerdo con la segunda realización de la invención, en el que una pluralidad de cámaras están interconectadas a través de tubos de flujo de gas para formar una red. Algunos componentes del aparato de fabricación de diamantes 550 son sustancialmente los mismos que los del aparato de fabricación de diamantes 50 y, por lo tanto, la descripción anterior con respecto a la figura 1 será suficiente para describir los componentes numerados de la misma manera en la figura 5. Por ejemplo, la entrada de gas 54, los tubos de flujo de gas 56, la disposición de microondas 37, el conjunto de plataforma de sustrato 32, el aparato de medición de presión 60 y la bomba de vacío 58 son sustancialmente los mismos que los descritos en la figura 1.

Como se muestra en la figura 5, las cámaras 52a1, 52a2, 52a3 y una bomba de vacío 58 están dispuestas en serie con los tubos de flujo de gas 56 entre medias, para formar una primera derivación en una red de cámaras. Las cámaras 52b1, 52b2, 52b3 y las cámaras 52c1, 52c2, 52c3 están dispuestas de forma similar para formar una segunda derivación y una tercera derivación, respectivamente. La primera derivación, la segunda derivación y la tercera derivación se ejecutan en paralelo entre sí. Además, se suministran gases a cada derivación desde una tubería de gas principal 500 a través de cada entrada de gas 54. La tubería de gas principal 500, la primera derivación, la segunda derivación y la tercera derivación juntas forman la red de cámaras, en la que fluyen los gases.

La figura 6 muestra una vista esquemática de un aparato para la fabricación de diamantes de calidad gema de acuerdo con la tercera realización de la invención, en el que una pluralidad de cámaras están interconectadas mediante tubos de flujo de gas para formar otra red. Algunos componentes del aparato de fabricación de diamantes 650 son sustancialmente los mismos que los del aparato de fabricación de diamantes 50 y 550 y, por lo tanto, la descripción anterior con respecto a la figura 1 y a la figura 5 será suficiente para describir los componentes numerados de la misma manera en la figura 6. Por ejemplo, la entrada de gas 54, los tubos de flujo de gas 56, la

disposición de microondas 37, el conjunto de plataforma de sustrato 32, el aparato de medición de presión 60 y la bomba de vacío 58 son sustancialmente los mismos que los descritos en la figura 1. En otra realización, la tubería de gas principal 500 es sustancialmente la misma que la descrita en la figura 5.

5 Como se muestra en la figura 6, las cámaras 52a1, 52a2 y una bomba de vacío 58a están dispuestas en serie y conectadas mediante tubos de flujo de gas 56 para permitir el flujo de gas entre las cámaras. Por lo tanto, las cámaras 52a1, 52a2 y la bomba de vacío 58a forman una primera derivación en una red de cámaras. Una bomba de vacío 58b está acoplada a una cámara 52b1 en serie, de modo que las dos juntas forman una segunda derivación en la red de cámaras. Un tubo de flujo de gas 56s en la primera derivación está acoplado a una entrada de gas 54s de una cámara 52b1 en la segunda derivación para permitir el flujo de gas entre las derivaciones. La tubería de gas principal 500, la primera derivación y la segunda derivación juntas forman la red de cámaras, entre las que fluyen los gases. Debe entenderse que una red de cámaras puede comprender cualquier número de derivaciones y una derivación puede comprender cualquier cantidad de cámaras y el número de derivaciones en una red y el número de cámaras en una derivación depende de las capacidades del sistema de bomba de vacío y del sistema de suministro de gas.

Además, se afirma que, aunque se requiere una cantidad relativamente pequeña de nitrógeno, debe haber al menos algo de gas nitrógeno en combinación con gas diborano para estar presente en los gases suministrados durante el proceso de CVD para aumentar la tasa de crecimiento de los diamantes depositados mediante un proceso de CVD. Además, al usar cantidades muy pequeñas de nitrógeno y en combinación con el diborano, el color y la claridad de los cristales de diamante pueden mejorar notablemente. Se afirma que la presencia de boro en la estructura de diamante que contiene átomos de nitrógeno hará que el diamante de color marrón amarillento se vuelva incoloro, convirtiéndolo en un diamante de calidad gema.

25 Un método para cultivar diamante monocristalino usando una plataforma de sustrato de acuerdo con una primera realización de la invención que implica un proceso de CVD que utiliza plasma de microondas es el siguiente.

El diamante se cultiva sobre una semilla de diamante 19 que puede variar en tamaño entre 1 mm×1 mm y 10 mm×10 mm y que tiene un espesor que varía de 1 mm a 3 mm. El método se lleva a cabo en una cámara de plasma de microondas.

Se determina la orientación cristalográfica de las semillas de diamante 19 y las semillas de diamante 19 que tienen una orientación distinta de {100} se rechazan. Las semillas de diamante 19 que tienen una orientación de {100} se pulen hasta un acabado óptico con rugosidad en el orden de la longitud de onda de la luz visible en preparación para el proceso de CVD.

Una vez que las semillas de diamante 19 están dispuestas dentro de la cámara 52, la temperatura dentro de la cámara 52 se aumenta desde la temperatura ambiente a una temperatura en el intervalo de 750 °C a 1200 °C y la presión dentro de la cámara se reduce a una presión en el intervalo de 120 mbar a 160 mbar.

La cámara se alimenta con gases adecuados para el cultivo de diamantes y los gases comprenden metano (CH₄), hidrógeno (H₂), nitrógeno (N₂) en combinación con diborano (B₂H₆) y helio (He) y estos gases pasan a través de cada una de las cámaras a un caudal de gas de 30 l/h.

45 El gas nitrógeno en combinación con el gas diborano se suministra en una cantidad que comprende de 0,0001 a 0,1 % en volumen de los gases equilibrados para el cultivo de diamantes. Para la mezcla óptima de nitrógeno y diborano, la tasa de crecimiento del diamante es de aproximadamente 18-20 micrómetros por hora.

Se aplica un campo eléctrico para rodear las semillas de manera que el plasma se genera a partir de los gases en la cámara 52. El campo eléctrico se genera mediante un magnetrón que funciona a 6000 vatios y a 2,45 GHz. El campo eléctrico generado hace que el gas hidrógeno se ionice, formando plasma en la proximidad de las semillas de diamante 19. En estas condiciones de proceso, el diamante se hace crecer en las semillas de diamantes 19.

El patrón de crecimiento del diamante es escalonado y, por lo tanto, permite que el diamante crezca sustancialmente libre de defectos y de impurezas.

Para un experto en la materia es evidente que pueden realizarse muchas modificaciones, alternativas y variaciones a la realización preferida de la presente invención como se ha descrito anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención. En consecuencia, se pretende abarcar todas las modificaciones, alternativas y variaciones que entren dentro del alcance de las reivindicaciones incluidas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (50) para cultivar diamantes, comprendiendo el aparato:

una o más cámaras (52), estando cada cámara (52) en conexión fluida con una o más otras cámaras (52), comprendiendo cada cámara uno o más conjuntos de plataforma de sustrato (32) dentro de la cámara para soportar una plataforma de sustrato (10) , en donde el conjunto de plataforma de sustrato (32) comprende una placa (35), dicha plataforma de sustrato (10) y un reflector periférico (34); estando soportados la plataforma de sustrato (10) y el reflector periférico (34) en la parte superior de la placa (35),

caracterizado por que

las cámaras (52) están dispuestas en serie con tubos de flujo de gas (56) entre cada cámara, o las cámaras están dispuestas en una red de manera que cada cámara está conectada a una cámara adyacente, para permitir el flujo de gas entre las cámaras.

2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cámara comprende además una disposición de microondas (37) para suministrar energía de microondas a la cámara (52), generando la disposición de microondas opcionalmente una microonda de 2,45 GHz y dirigiendo la energía de microondas a la cámara de vacío en el región de la plataforma de sustrato (10) para formar una región de plasma esferoidal achatada (14).

3. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cámara tiene una caja (30) adaptada para alojar el conjunto de plataforma de sustrato (32) en su interior.

4. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la plataforma de sustrato (10) comprende:

una base plana sustancialmente circular (12);

un borde elevado periférico (13) a la base, definiendo de este modo el borde elevado periférico una superficie de recepción de sustrato rebajada central (15), siendo la superficie de recepción de sustrato rebajada central sustancialmente plana, comprendiendo el borde elevado periférico (13) a la base un borde interior (13b) y un borde exterior (13a), comprendiendo el borde interior (13b) un bisel (24).

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el borde elevado periférico comprende una acanaladura anular (18a).

6. El aparato de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5, en el que el borde elevado periférico comprende una superficie superior (13c) y una superficie inferior (13d) y el borde elevado periférico comprende una acanaladura anular (18a, 18b) en al menos una de las superficies superior o inferior.

7. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el reflector periférico (34) comprende un cuerpo cilíndrico alrededor de la plataforma de sustrato (10) y el reflector periférico está separado lateralmente del borde elevado periférico (13) de la plataforma de sustrato (10).

8. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que el bisel (24) define un borde afilado superior y un borde afilado inferior, ayudando conjuntamente el borde afilado superior y el borde afilado inferior a definir una región de plasma en uso.

9. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que la plataforma de sustrato (10) está hecha de molibdeno.

10. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, en el que la periferia exterior de la plataforma de sustrato (10) está aislada del volumen principal del conjunto de plataforma de sustrato (32) mediante las acanaladuras anulares o ranuradas que están preferentemente en las superficies superior e inferior de la plataforma de sustrato.

11. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además uno o más de:

un suministro de gas dispuesto antes de la primera cámara (52a) del aparato y adaptado para suministrar gases para formar diamantes en las cámaras (52);

una bomba de vacío (58) dispuesta después de la cámara final (52g) del aparato y adaptada para evacuar todas las cámaras y aspirar a través de la serie de cámaras los gases de proceso desde la entrada de gas a la primera cámara;

un medio de medición fijado en cada una de las cámaras del aparato y adaptado para medir la relación de calidad del gas dentro de la cámara; y

un medio de medición de presión (60) que está fijado en cada una de las cámaras del aparato y adaptado para medir la presión dentro de la cámara.

12. Un método de cultivo de diamantes, que comprende:

- proporcionar un aparato (50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11;
- crear vacío en las cámaras (52);
- 5 suministrar gases a las cámaras de modo que la pureza del gas mejore a medida que pasa a través de cada cámara;
- medir la presión dentro de las cámaras;
- medir la relación de calidad del gas dentro de las cámaras;
- 10 formular la composición de los gases para que los diamantes crezcan en cada cámara con una tasa de crecimiento similar.

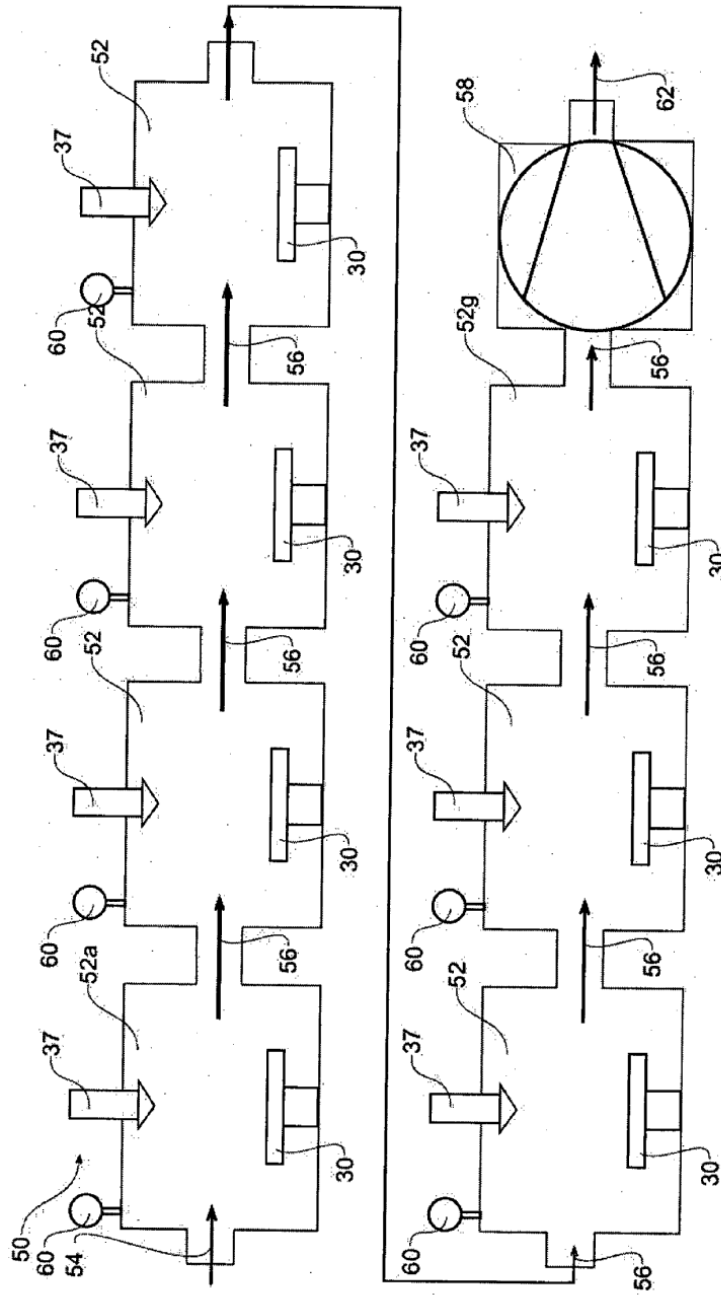


Figura 1

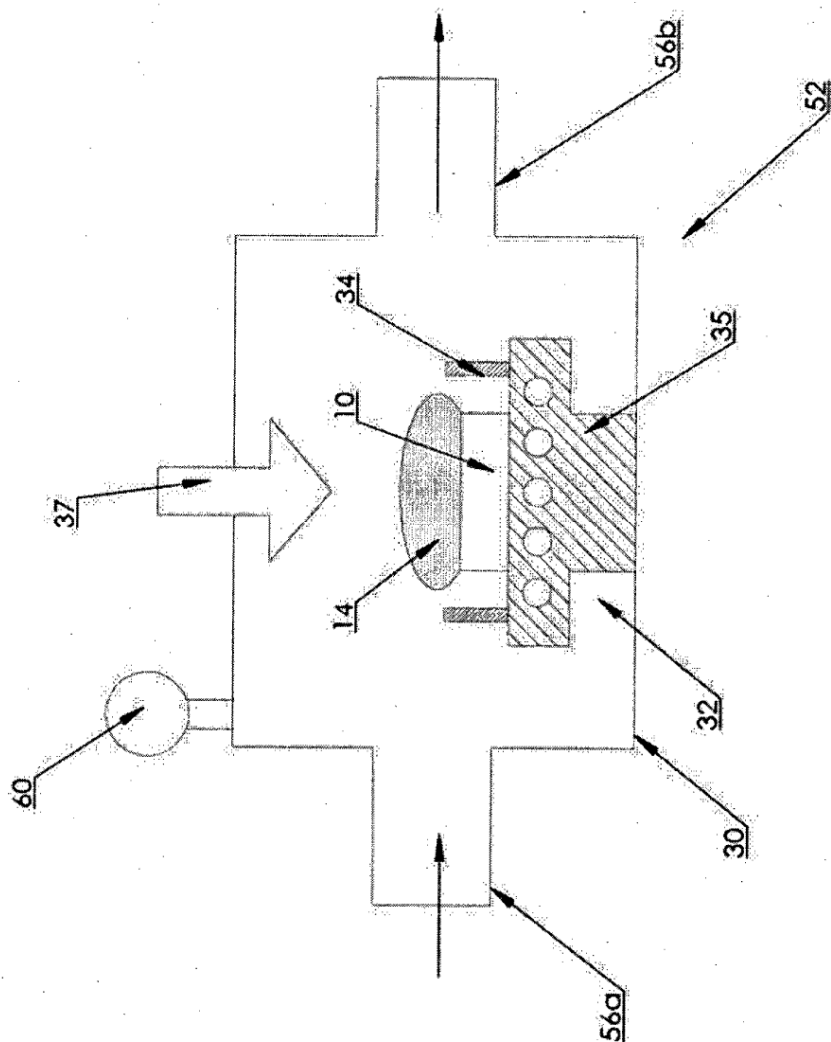


Figura 2

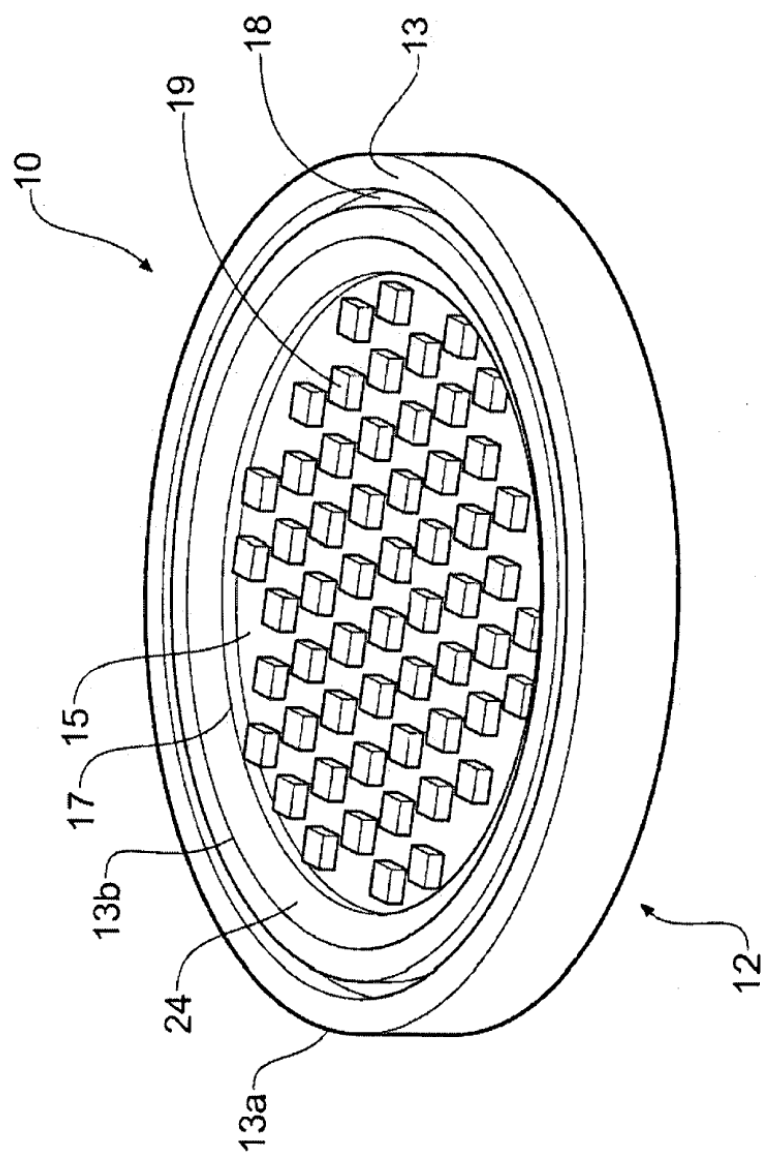


Figure 3

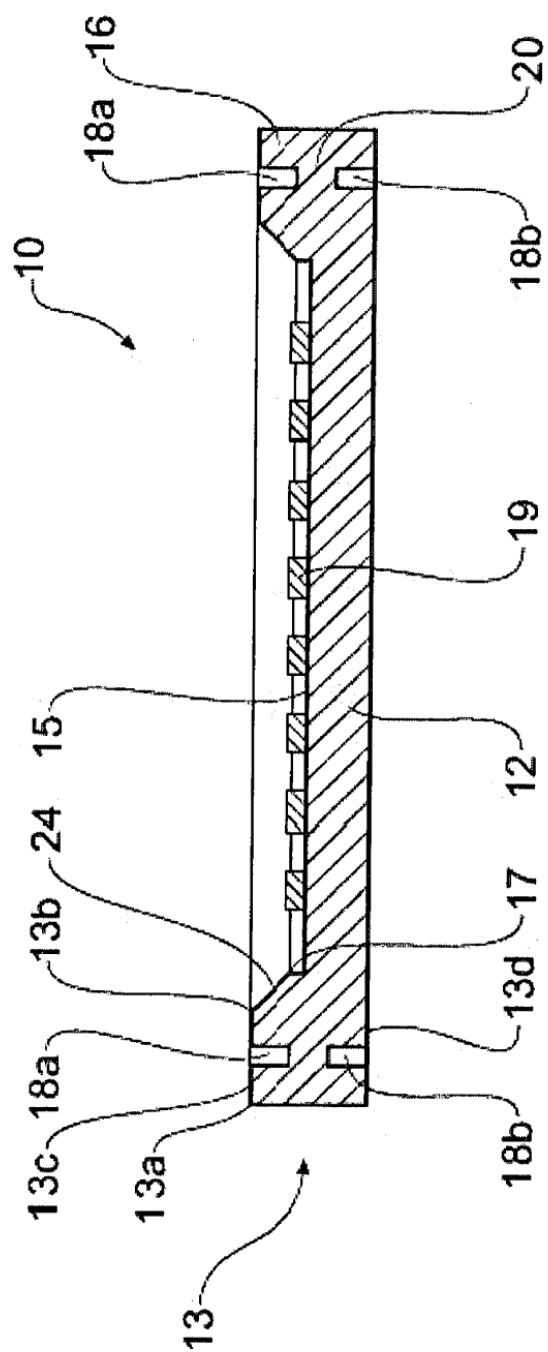


Figura 4

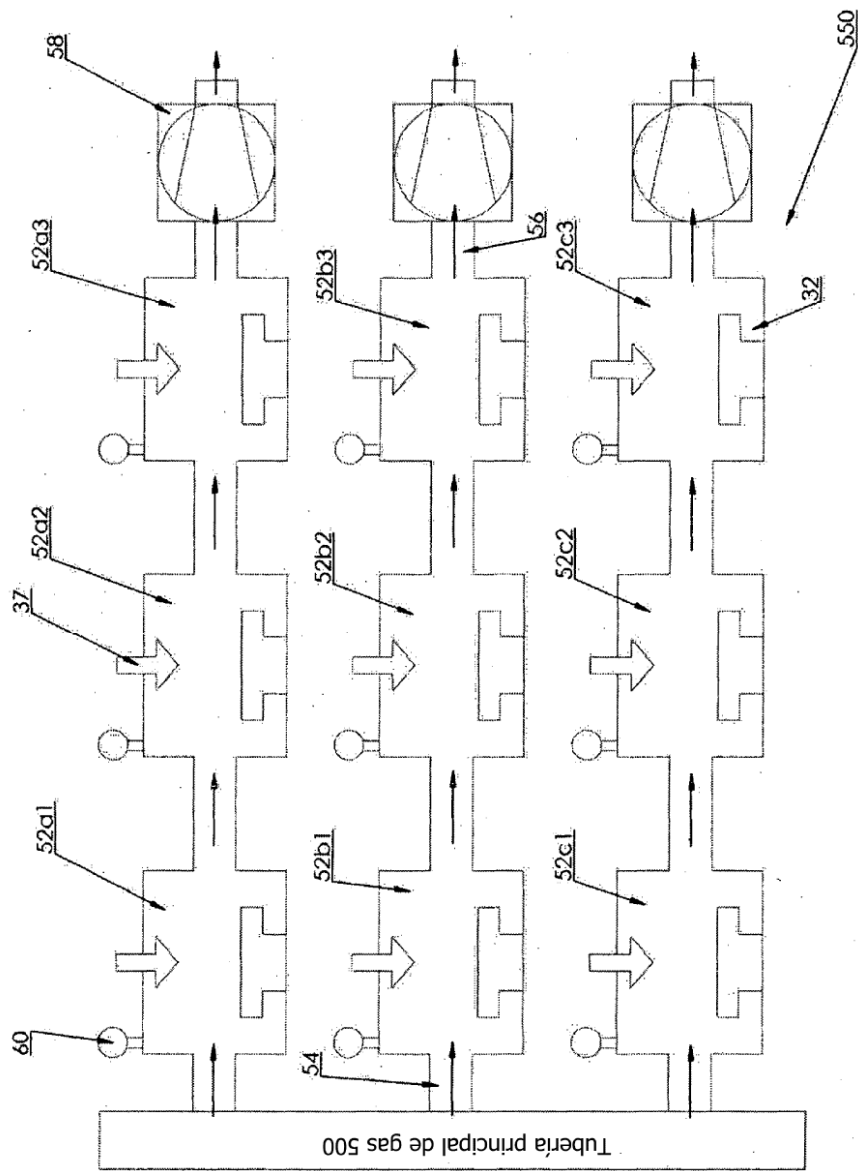


Figura 5

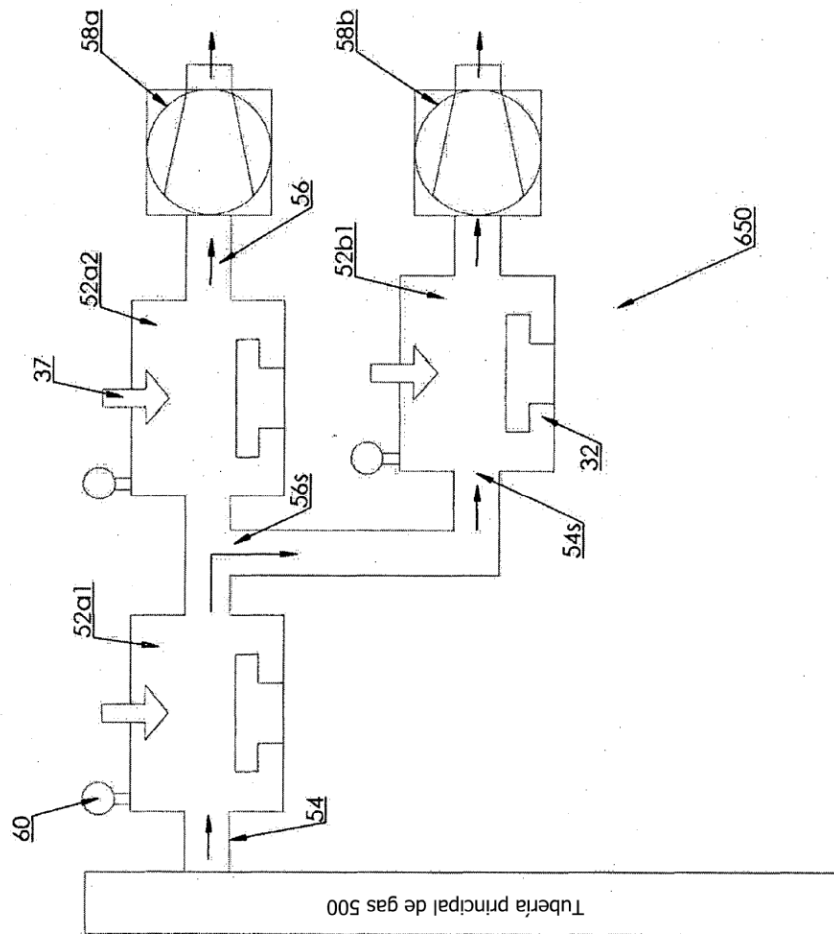


Figura 6