

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 040**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105 (2006.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B29C 64/153 (2007.01)

C22C 32/00 (2006.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2014 PCT/US2014/020638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14138192**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2014 E 14760359 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2964418**

54 Título: **Sistema y procedimiento para fabricación aditiva basado en diodo de alta potencia**

30 Prioridad:

05.03.2013 US 201313785484

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

23.12.2019

73 Titular/es:

**LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL SECURITY,
LLC (100.0%)
2300 First Street, Suite 204
Livermore, CA 94550, US**

72 Inventor/es:

**EL-DASHER, BASSEM S.;
BAYRAMIAN, ANDREW;
DEMUTH, JAMES A.;
FARMER, JOSEPH C. y
TORRES, SHARON G.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 736 040 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

Sistema y procedimiento para fabricación aditiva basado en diodo de alta potencia

Campo

5 La presente divulgación se relaciona con sistemas y técnicas de Fabricación Aditiva para hacer artículos y partes tridimensionales, y más particularmente con un sistema y procedimiento para realizar Fabricación Aditiva usando un sistema de diodo de alta potencia.

Antecedentes

Las declaraciones en esta sección simplemente proporcionan información de antecedentes relacionados con la presente divulgación y pueden no constituir técnica anterior.

10 Fabricación Aditiva ("AM"), también denominada como impresión 3D, es una técnica de fabricación en la que el material se agrega secuencialmente, capa por capa, con el fin de construir una parte. Esto es en contraste con el mecanizado tradicional, en el que la parte comienza como un bloque de material que entonces se reduce a la forma final deseada. Con la elaboración de AM, se usa una fuente de potencia dirigida para aglomerar el material (típicamente polvo) en un artículo casi en forma de red, final. Los artículos tridimensionales se fabrican una capa a la vez como un ensamblaje de secciones bidimensionales. Una ventaja importante de elaboración de AM es que se pueden realizar formas complejas (por ejemplo partes con características internas). Otra ventaja importante es que el material requerido se limita al usado para formar la parte final. De este modo, la elaboración de AM tiene el beneficio de muy poca pérdida de material. Esto es especialmente importante para materiales costosos/firmemente controlados.

20 El uso de AM para la elaboración de metal es relativamente reciente. Históricamente, los plásticos han sido el foco de sistemas comerciales que emplean AM. Sin embargo, el uso de metales con AM es altamente comercial y tecnológicamente importante debido a que la mayoría de las estructuras de ingeniería dependen considerablemente de metales. El metal de AM requiere un haz láser altamente enfocado, de potencia relativamente alta (típicamente en el orden de 100W-1000W) para fundir, fusionar, y/o sinterizar polvo metálico. El polvo de metal típicamente se coloca en un lecho de polvo durante el procedimiento de AM. El haz láser se rastrea a lo largo de la superficie en polvo para hacer una sección bidimensional por paso. Una vez que se completa cada capa, el lecho de polvo se retrae y se coloca por capas el nuevo polvo en la parte superior de la capa recién completada. Teniendo en cuenta que un grosor de capa típico es solo alrededor de 50-100 micrones, se puede ver cómo esta disposición es la etapa que más tiempo consume. Esta es la razón principal por la que los objetos que solo tardarían de dos a tres horas en mecanizarse usando procedimientos de mecanizado tradicionales pueden demorar hasta ocho horas o más usando AM. Además, debido a la necesidad de disponer el haz láser, se puede limitar el tamaño de parte máximo. Actualmente un tamaño de parte de área de 25cmx25cm es el tamaño de parte más grande que se puede hacer con una técnica de AM que involucra disponer el haz láser. Por consiguiente, hay un fuerte deseo de reducir el tiempo requerido para fabricar objetos, y en particular objetos de metal, usando AM. Un desafío importante que aborda la presente divulgación es superar esta velocidad relativamente lenta necesaria por la operación de barrido de disposición empleada con un procedimiento de elaboración de AM convencional.

40 El documento US 2011/0190904 A1 proporciona un procedimiento y un sistema para elaborar cuerpos multimateriales a manera de capas. Estos cuerpos pueden usarse para implantes de estabilización ósea. Adicionalmente se divulga una máscara convencional para bloquear que ciertas porciones de energía óptica alcancen la capa de abajo de material.

El documento US 2009/020901 A1 se relaciona con la fabricación aditiva de partes en lechos de polvo, en el que se puede usar una máscara de LCD para dirigir radiaciones de haz de energía en ubicaciones deseadas para fundir el polvo.

45 El documento US 2004/0200812 A1 enseña un aparato de formación de imágenes por láser que tiene una fuente de láser que genera un haz láser y un dispositivo de visualización electrónico. El dispositivo de visualización electrónico está posicionado corriente abajo de la fuente de láser y es operable para polarizar selectivamente partes del haz láser.

Sumario

50 La presente invención se relaciona con un sistema para realizar un procedimiento de elaboración de Fabricación Aditiva (AM) en un material de polvo que forma un sustrato de acuerdo con la reivindicación 1. El sistema comprende un conjunto de diodos para generar una señal óptica suficiente para fundir o sinterizar un material de polvo del sustrato. Se usa una máscara para prevenir que una primera porción predeterminada de la señal óptica alcance el sustrato, mientras que permite que una segunda porción predeterminada alcance el sustrato. Al menos se usa un procesador para controlar una salida del conjunto de diodos.

55 La presente divulgación se relaciona además con un sistema para realizar un procedimiento de elaboración de Fabricación Aditiva (AM) en un material de polvo que forma un sustrato. El sistema comprende un conjunto de

5 diodos para generar una señal óptica pulsada suficiente en intensidad óptica para fundir o sinterizar un material de polvo del sustrato. Se interpone una máscara entre el conjunto de diodos y el sustrato para prevenir que una primera porción predeterminada de la señal óptica pulsada alcance el sustrato, mientras que permite que una segunda porción predeterminada alcance el sustrato. La máscara está configurada para ser controlada y direccionable por un procesador para permitir electrónicamente que las subporciones seleccionadas del sustrato sean desenmascaradas. Se usa un procesador para controlar electrónicamente la máscara.

10 En otro aspecto la presente divulgación se relaciona con un procedimiento para realizar Fabricación Aditiva (AM). El procedimiento comprende irradiar una capa en polvo de un sustrato usando una señal óptica pulsada suficiente para irradiar al menos una porción sustancial de toda una capa bidimensional dentro de la cual se posiciona el sustrato. Se usa una máscara para bloquear selectivamente que una primera subporción de la señal óptica pulsada alcance la primera capa del sustrato. Una segunda capa de material de polvo se coloca sobre la primera capa. La segunda capa se irradia usando la señal óptica pulsada mientras que se usa la máscara para bloquear selectivamente que una segunda subporción de la señal óptica pulsada alcance la segunda capa del sustrato.

15 Áreas adicionales de aplicabilidad se harán evidentes a partir de la descripción proporcionada aquí. Debe entenderse que la descripción y ejemplos específicos están previstos solo para propósitos de ilustración y no están previstos para limitar el alcance de la presente divulgación.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos descritos aquí son solo para propósitos de ilustración y no están previstos para limitar el alcance de la presente divulgación de ninguna manera. En los dibujos:

20 La figura 1 es una vista esquemática de una realización del sistema y procedimiento presentes para realizar un procedimiento de elaboración de Fabricación Aditiva ("AM") usando un conjunto de diodos de alta potencia y una máscara;

25 La figura 2 es una vista lateral esquemática del sistema de la figura 1 que muestra cómo una porción de los rayos ópticos del conjunto de diodos se refleja mediante un espejo de polarización durante el procedimiento de elaboración para prevenir que alcancen el sustrato;

La figura 3 es un gráfico que ilustra el flujo de potencia promedio requerido para fundir diversos tipos de metales;

La figura 4 es un gráfico que muestra una pluralidad de curvas que representan diversas temperaturas requeridas para fundir diversos materiales, junto con el tiempo requerido para fundir cada material;

30 La figura 5 muestra una forma alternativa del sistema de la presente divulgación en la que se controlan digitalmente distintas "teselas" (áreas predeterminadas) que corresponden a píxeles del sustrato durante el procedimiento de elaboración de AM;

La figura 6 es otra forma alternativa del sistema de la presente divulgación en la que se usan una pluralidad de lentes de enfoque para enfocar simultáneamente la salida del conjunto de diodos en secciones específicas del sustrato para fundir simultáneamente laminas separadas, distintas de material; y

35 La Figura 7 es una vista lateral esquemática de un procedimiento de deposición de diferentes tipos de materiales en forma de polvo antes de la iluminación mediante una matriz de diodos que genera luz para fundir/sinterizar los polvos diferentes entre sí.

Descripción detallada

40 La siguiente descripción es simplemente de naturaleza ejemplar y no está prevista para limitar la presente divulgación, aplicación, o usos. Debe entenderse que a lo largo de los dibujos, los números de referencia correspondientes indican partes y características similares o correspondientes.

45 Refiriéndose a la figura 1 se muestra un sistema 10 de acuerdo con una realización de la presente divulgación para realizar un procedimiento de elaboración de Fabricación Aditiva ("AM"). El sistema 10 incluye un conjunto 12 de diodos de alta potencia y una máscara 14 de área selectiva, controlada por ordenador (de aquí en adelante simplemente "máscara 14"). Se puede usar una fuente 16 de alimentación adecuada para proporcionar potencia eléctrica al conjunto 12 de diodos. Se usa un ordenador 18 u otra forma adecuada de procesador o controlador para controlar la fuente 16 de alimentación para controlar la aplicación de encendido/apagado de potencia para el conjunto 12 de diodos así como controlar de manera selectiva (es decir, digitalmente) la máscara 14 y dar forma o enfocar el haz óptico. Opcionalmente, se pueden usar procesadores u ordenadores separados para controlar el conjunto 12 de diodos y la máscara 14. Controlar electrónicamente de manera selectiva la máscara 14 con el ordenador 18 permite que el haz óptico del conjunto 12 de diodos sea prevenido de alcanzar porciones específicas seleccionadas de polvo que forma un sustrato 20 (es decir, lecho de polvo) de tal manera que esas porciones no sean irradiadas por el haz. La porción 15 en la figura 1 es de rayado sencillo transversal para representar una porción de la salida del conjunto 12 de diodos que no alcanza el material de polvo del sustrato 20.

En una forma preferida el conjunto 12 de diodos puede comprender una única barra de diodos grande. Alternativamente se puede usar una pluralidad de barras de diodos ubicadas adyacentes entre sí para formar el conjunto 12 de diodos. En una forma preferida el conjunto de diodos puede estar formado de conjuntos de barras de diodos cada uno siendo de alrededor de 1cm x 0,015cm para construir un conjunto de diodos de 25cm x 25cm. Sin embargo, se puede usar cualquier número de barras de diodos, y el número y configuración precisos pueden depender de la parte que es construida así como otros factores. Las barras de diodos adecuadas para formar el conjunto 12 de diodos están disponibles en Lasertel de Tucson, AZ, Oclaro Inc. de San José, CA, nLight Corp. de Vancouver, WA, Quantel Inc. de New York, NY, DILAS Diode Laser, Inc. de Tucson, AZ, y Jenoptik AG de Jena, Alemania, así como muchos otros. El conjunto 12 de diodos puede proporcionar una densidad de potencia mínima de alrededor de 10kW/cm² y máxima > 100 kW/cm² a ciclo de trabajo de dos por ciento. Esto hace factible generar suficiente potencia óptica para fundir una amplia variedad de materiales. La figura 3 proporciona una tabla del flujo de potencia promedio que se ha calculado para fundir diversos tipos de materiales. La figura 4 muestra un gráfico que ilustra la efectividad del conjunto 12 de diodos en una variedad de polvos de metal (es decir, Aluminio, Titanio, Hierro y Tungsteno), a un flujo de potencia suficiente para fundir todos los materiales. Los cálculos para obtener los gráficos que se muestran en la figura 4 se realizaron en MATLAB con pérdidas conductoras y radiativas tenidas en cuenta. Se supuso una capacidad de absorción conservadora de 30% junto con un grosor de capa de polvo de 100 μm.

También se apreciará que una ventaja significativa de usar un conjunto de diodos compuesto por una o más barras de diodos es que un ensamblaje tal es fácilmente escalable. De este modo, se pueden construir conjuntos de diodos de diversos tamaños para satisfacer las necesidades de hacer una parte de tamaño específico. Por ejemplo, el conjunto 12 de diodos puede construirse para tener un área de un metro cuadrado, lo que permitiría que se construyan componentes a gran escala correspondientes a través de un procedimiento de elaboración de AM, por supuesto siempre que esté disponible un lecho de polvo de tamaño adecuado para soportar la elaboración de la parte. Otra ventaja significativa es que el sistema 10 se puede integrar en sistemas de elaboración de AM existentes con el beneficio adicional de no tener partes móviles. El sistema 10 permite la elaboración de AM de metal tradicionalmente difícil de elaborar y unir tal como aceros de ODS (endurecimiento por dispersión de óxidos) o cualquier aleación que se forme tradicionalmente usando técnicas de procesamiento de estado sólido (es decir, sin fusión).

Refiriéndose a la figura 2, la máscara 14 forma un "rotador de polarización de cristal líquido" compuesto por un módulo 14a de cristal líquido (LCM) y un elemento 14b polarización, en este ejemplo un espejo de polarización (de aquí en adelante "espejo 14b de polarización"). El espejo 14b de polarización dirige la luz definida por el rotador de polarización de cristal líquido y da forma al patrón óptico que irradia el sustrato 20. El LCM 14a que ayuda a formar la máscara 14 puede estar formado por uno o más conjuntos direccionables electrónicamente (es decir, digitalmente), bidimensionales de píxeles. Los polarizadores de cristal líquido están disponibles comercialmente y forman conjuntos bidimensionales de píxeles direccionables que funcionan al cambiar la polaridad de un fotón entrante que entonces es rechazado por un elemento de polarización. Sin embargo, con el sistema 10, el elemento 14b de polarización forma un componente discreto de la máscara 14 que se usa para ayudar a enfocar y/o dar forma a la señal óptica.

En la figura 2 la máscara 14 recibe luz 22 que se genera del conjunto 12 de diodos a medida que la luz irradia el LCM 14a. Los píxeles del LCM 14a se direccionan de manera independiente usando el ordenador 18 para rechazar la luz en áreas de selección específicas del sustrato 20. Usar el LCM 14a y el espejo 14b de polarización para formar la máscara 14 permite que la luz generada por el conjunto 12 de diodos sea dirigido de manera controlable a solo áreas seleccionadas del sustrato 20 como sea necesario. En la figura 2 la luz indicada por líneas 22a puede pasar a través del espejo 14b de polarización mientras que la luz indicada por líneas 22b es rechazada por el espejo de polarización. Una ventaja importante de usar un LCM 14a controlado por ordenador es que solo una pequeña cantidad de energía óptica es absorbida en el espejo 14b de polarización, de este modo haciendo factible prevenir daños al espejo.

Durante una operación de elaboración de AM real, una primera capa de material de polvo es accionada por el sistema al pulsar el conjunto 12 de diodos para fundir porciones seleccionadas (o posiblemente toda la porción) de la primera capa. Una capa subsiguiente (es decir, segunda) de material de polvo se agrega sobre la capa que acaba de ser accionada por el sistema 10 y se repite el procedimiento. El conjunto 12 de diodos se pulsa para fundir una o más subporciones seleccionadas (o posiblemente la totalidad) de la segunda capa de material. Con cada capa el sistema 10 controla electrónicamente los píxeles de la máscara 14 para bloquear de manera selectiva que porciones predeterminadas, específicas del sustrato 20 sean irradiadas por la señal óptica pulsada del conjunto 12 de diodos. Este procedimiento se repite para cada capa, con el ordenador 18 controlando la máscara 14 de tal manera que, para cada capa, una o más subporciones seleccionadas (o posiblemente la totalidad) del material de polvo quedan bloqueadas por la máscara 14 de estar expuestas a la señal óptica pulsada. Preferiblemente, toda un área bidimensional de cada capa se funde o sinteriza a la vez pulsando el conjunto 12 de diodos. Sin embargo, es tan factible hacer barrido de disposición al conjunto 12 de diodos sobre el área bidimensional en el caso de que toda el área bidimensional no pueda ser irradiada completamente por el conjunto de diodos.

Refiriéndose a las figuras 5 y 6, se muestran dos sistemas 100 y 200 alternativos de acuerdo con implementaciones adicionales de la presente divulgación. El sistema 100 incluye un conjunto 102 de diodos y un telescopio 104 de relé

de diodos. El telescopio 104 de relé de diodos se usa para proporcionar control digital sobre "teselas" dentro de una imagen de conjunto a los "píxeles" en el sustrato 20 (lecho de polvo). La figura 6 ilustra un sistema 200 que tiene un conjunto 202 de diodos y una pluralidad de lentes 206 de enfoque que se usan para enfocar la energía óptica del conjunto en una pluralidad correspondiente de "láminas" que representan el sustrato 20.

- 5 Los sistemas 10, 100 y 200 pueden fundir y sinterizar cada capa en un único "paso" o, dicho de manera diferente, en una única operación al pulsar el conjunto 12 de diodos. La necesidad de hacer barrido de disposición a un haz óptico docenas, cientos o más veces, de un lado para otro a través de una superficie, es por lo tanto eliminada. Esto reduce significativamente el tiempo requerido para fundir y sinterizar cada capa de material de polvo durante el procedimiento de elaboración de AM.
- 10 Refiriéndose a la figura 7, se ilustra un procedimiento de deposición de diferentes tipos de materiales en forma de polvo en el sistema 300. Las boquillas 301, 302 y 303 pueden depositar capas de diferentes polvos 304 de material sobre el sustrato 20. Las cabezas 301, 302 y 303 de boquilla se disponen a través de la superficie de parte cubriéndola con material dirigido por una fuente programable. Tanto la irradiación del conjunto 12 de diodos como operación de la máscara 14, como se describe en relación con el sistema 10, pueden controlarse de tal manera que
- 15 cada material depositado desde las boquillas 301, 302 y 303 reciba la cantidad correcta de energía óptica para una fusión o sinterización controlada.

Aunque se han descrito diversas realizaciones, los experimentados en la técnica reconocerán modificaciones o variaciones que podrían hacerse sin apartarse de la presente divulgación. Los ejemplos ilustran las diversas realizaciones y no están previstos para limitar la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para realizar un procedimiento de elaboración de Fabricación Aditiva (AM) en un material de polvo que forma un sustrato, comprendiendo el sistema:

5 un conjunto de diodos para generar una señal óptica suficiente para fundir o sinterizar un material de polvo del sustrato;

una máscara para recibir la señal óptica generada por el conjunto de diodos, la máscara que forma un rotador de polarización de cristal líquido, incluyendo el rotador de polarización de cristal líquido un módulo de cristal líquido y un polarizador, en el que el módulo de cristal líquido opera para recibir y girar una primera porción de la señal óptica que pasa a su través mientras que permite que una segunda porción de la señal óptica pase a su través sin ser girada, y en el que el polarizador, que comprende un espejo de polarización, opera para rechazar al reflejar una de la primera o segunda porciones de la señal óptica recibida del módulo de cristal líquido, y de este modo prevenir que una de la primera o segunda porciones alcance el sustrato, mientras que el polarizador permite que la otra de la primera o segunda porciones de la señal óptica alcance el sustrato, teniendo el módulo de cristal líquido de la máscara una pluralidad de píxeles dispuestos en un patrón bidimensional que se controlan individualmente para permitir que la máscara desenmascare una o más áreas seleccionadas de una capa específica del material de polvo del sustrato, y en el que la máscara no absorbe sustancialmente energía óptica de la señal óptica; y

al menos un procesador que controla una salida del conjunto de diodos y que ayuda a controlar la operación de la máscara de tal manera que solo uno seleccionado de los píxeles se controle para permitir que porciones de la señal óptica que pasan a través del rotador de polarización de cristal líquido se giren para formar de este modo la primera porción de la señal óptica; y

en el que el conjunto de diodos está configurado para proporcionar una densidad de potencia de al menos alrededor de 10kW/cm² en un ciclo de trabajo de dos por ciento.

2. El sistema de reivindicación 1,

25 en el que el conjunto de diodos comprende una pluralidad de barras de diodos.

3. El sistema de reivindicación 1,

en el que el módulo de cristal líquido comprende un módulo de cristal líquido controlable por ordenador configurado para ser controlado digitalmente por el procesador.

4. Un procedimiento para realizar la Fabricación Aditiva (AM) que comprende:

30 irradiar una capa en polvo de un sustrato usando una señal óptica pulsada de un conjunto de diodos que es suficiente para irradiar al menos una porción sustancial de toda un área bidimensional dentro de la cual se posiciona el sustrato, y en el que el diodo proporciona una densidad de potencia de al menos aproximadamente 10kW/cm² en un ciclo de trabajo de dos por ciento;

35 usar una máscara para bloquear selectivamente una primera subporción de la señal óptica pulsada de la primera capa del sustrato, para prevenir de este modo que la primera subporción alcance la primera capa del sustrato;

colocar una segunda capa de material de polvo sobre la primera capa; e

irradiar la segunda capa usando la señal óptica pulsada mientras que se usa la máscara para bloquear selectivamente que una segunda subporción de la señal óptica pulsada alcance la segunda capa del sustrato

40 en el que el uso de una máscara direccionable electrónicamente de manera digital comprende usar un módulo de cristal líquido y un elemento de polarización en el que

el módulo de cristal líquido opera para recibir y girar una primera subporción de la señal óptica pulsada que pasa a su través mientras que permite que una segunda subporción de la señal óptica pulsada pase a su través sin ser girada, y en el que el polarizador, que comprende un espejo de polarización, opera para rechazar al reflejar una de la primera o segunda subporciones de la señal óptica pulsada recibida del módulo de cristal líquido, y de este modo prevenir que la una de la primera o segunda subporciones alcance el sustrato, mientras que el polarizador permite que la otra de la primera o segunda subporciones de la señal óptica pulsada alcance el sustrato.

5. El procedimiento de la reivindicación 4,

50 que comprende además usar un ordenador para controlar la máscara direccionable electrónicamente de manera digital.

6. El procedimiento de la reivindicación 4,

que comprende además usar un ordenador para controlar el conjunto de diodos pulsados.

7. El procedimiento de la reivindicación 4,

que comprende además usar una fuente de aspersion direccionable electrónicamente, móvil para depositar al menos dos tipos de materiales diferentes para formar al menos una de la primera y segunda capas.

5 8. El procedimiento de la reivindicación 7,

que comprende además controlar la máscara de acuerdo con los al menos dos tipos diferentes de materiales que son irradiados.

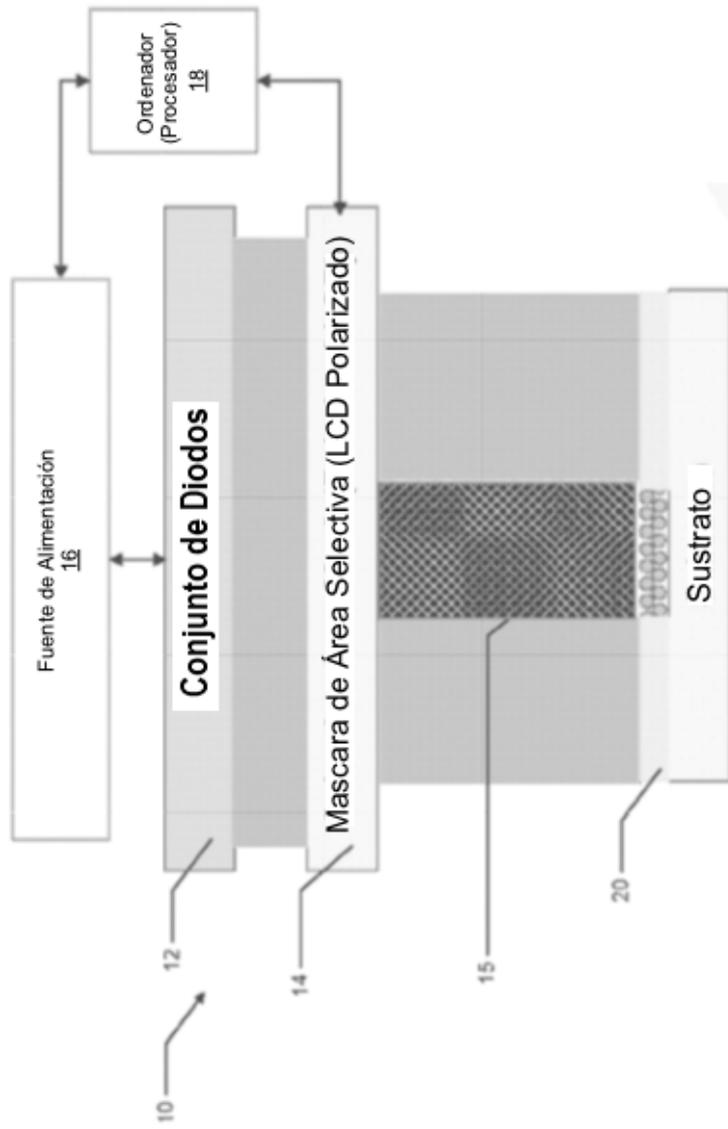


FIGURA 1

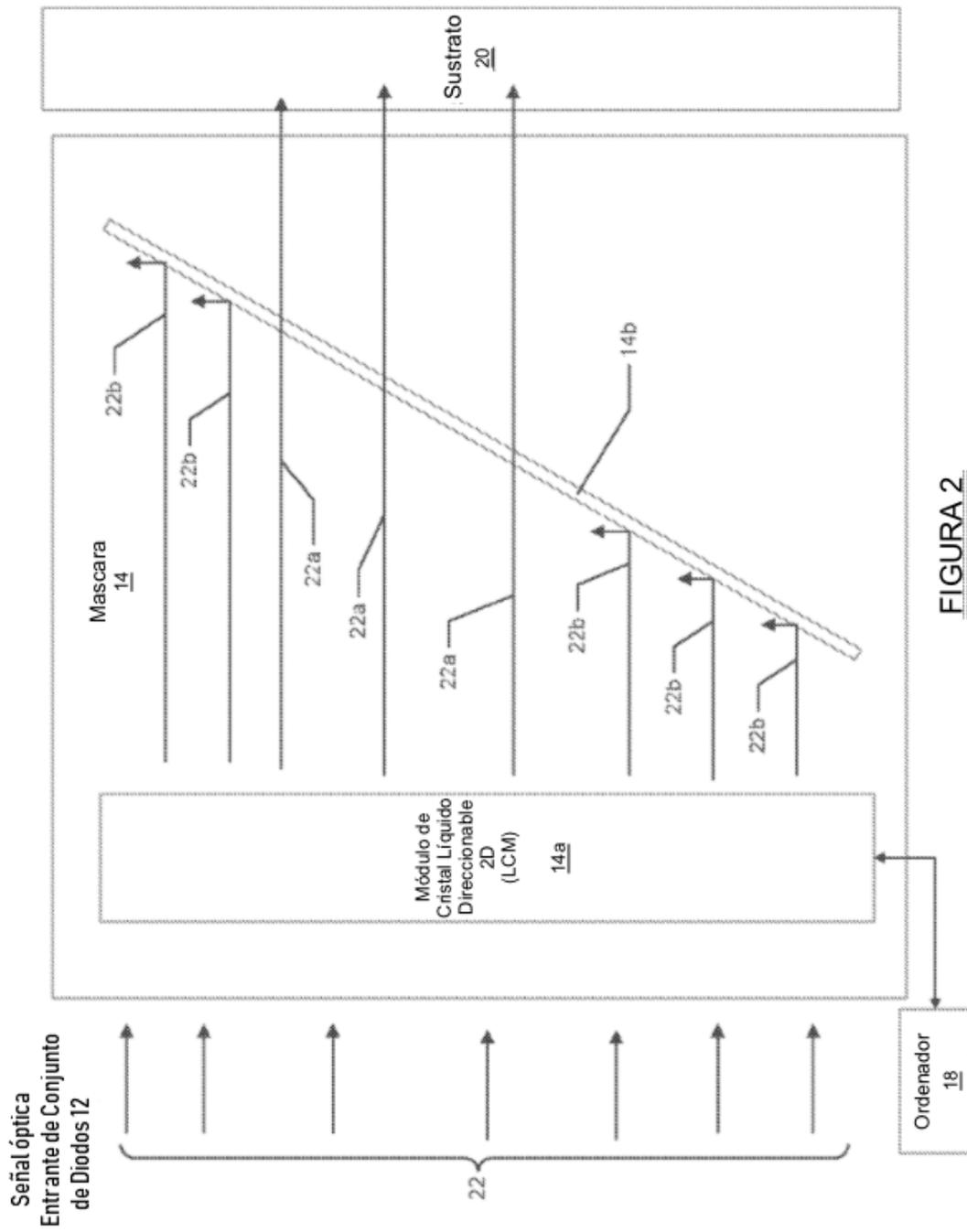


FIGURA 2

Material	Flujo de Potencia Prom. Requerido $\left[\frac{W}{cm^2} \right]$
Al	12
Fe	170
Ti	220
W	2.900

Suposiciones:

- Emisividad sólida de 0,3
- Emisividad fundida de 0,1
- Placa base de 1cm de grosor con borde exterior sostenido a 25C
- Entorno a 25C
- Polvo de 30um de diámetro en una capa de polvo de 90um de grosor

FIGURA 3

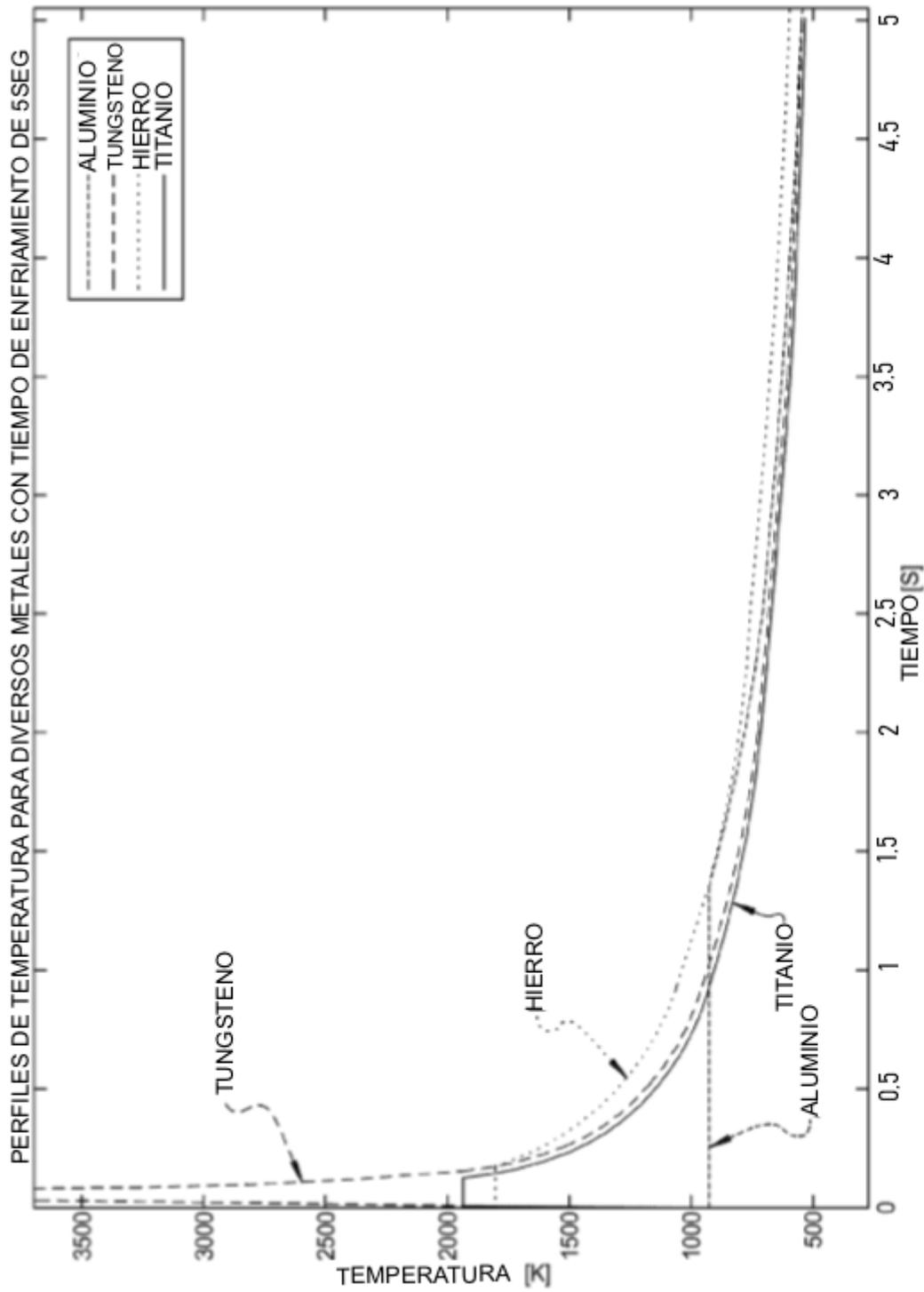


FIGURA 4

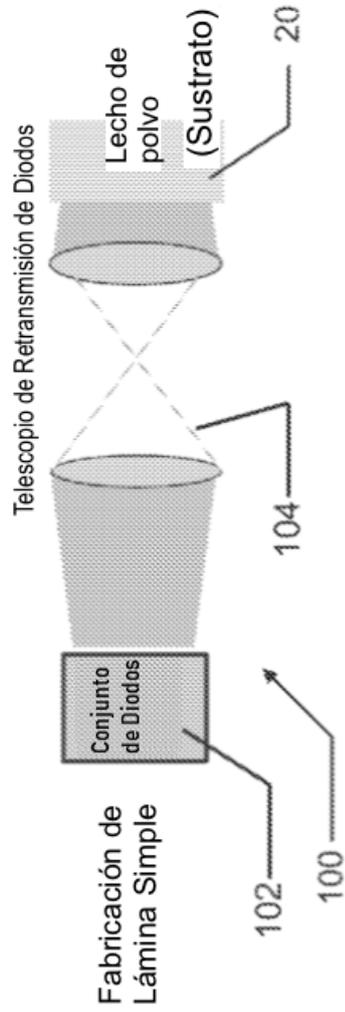


FIGURA 5

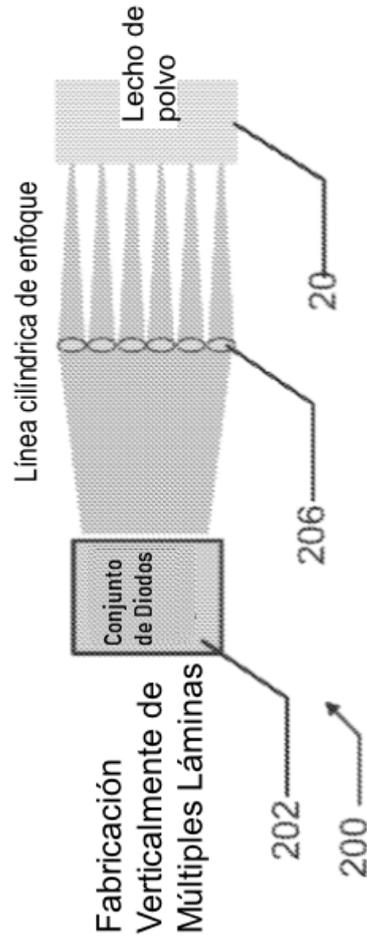


FIGURA 6

