

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 367**

51 Int. Cl.:

B01J 19/12 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2014** E 14305433 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** EP 2923754

54 Título: **Sistema modular de reactor de flujo fotoquímico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2020

73 Titular/es:

CORNING INCORPORATED (100.0%)
1 Riverfront Plaza
Corning, NY 14831, US

72 Inventor/es:

GREMETZ, SYLVAIN MAXIME F;
HORN, CLEMENS RUDOLF;
LOBET, OLIVIER;
LAVRIC, ELENA DANIELA y
JEAN, PATRICK

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 751 367 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 modular de reactor de flujo fotoquímico

5 **Campo**

La presente descripción se refiere a reactores de flujo y procesos de flujo realizados con ellos, en particular a un sistema de reactor de flujo fotoquímico modular, flexible y de alta producción.

10 **Antecedentes**

Los autores de la presente invención y/o sus colegas desarrollaron previamente reactores de flujo para realizar reacciones químicas. Estos reactores de flujo pueden emplear típicamente módulos fluidicos que pueden tomar la forma de una estructura de vidrio multicapa. Una representación de una realización de tal módulo fluidico 20 se muestra en la figura 1 en vista en perspectiva. En las figuras 2 y 3 en vistas en sección transversal se muestran representaciones de algunas características de las realizaciones adicionales de tales módulos fluidicos 20. Los módulos fluidicos 20 del tipo o los tipos mostrados en las figuras 1-3 tienen en general una forma plana y superficies principales primera y segunda 22, 24 (estando la superficie 24 debajo del módulo 20 en la vista en perspectiva de la figura 1). Reactivos o fluidos de proceso circulan dentro de "microcanales", canales de estala generalmente milimétrica o submilimétrica definidos dentro de una capa de fluido de proceso generalmente plana 30. El módulo 20 incluye además dos capas planas exteriores de fluido de control térmico 40 para contener fluido de control térmico fluyente, con la capa de fluido de proceso 30 colocada entre las dos capas de fluido de control térmico 40.

Orificios de entrada y salida de fluido de proceso 32 permiten suministrar y sacar fluido de proceso (uno de los orificios 32, el orificio de salida en este caso, no es visible en la figura 1 porque está en la superficie principal orientada hacia abajo 24, enfrente del orificio orientado hacia arriba 32). Los orificios de entrada y salida de fluido térmico 42 permiten suministrar y sacar fluido de control térmico. Todos los orificios de entrada y salida 32, 42 están situados en una de las superficies principales primera y segunda en uno o varios de sus bordes (en el borde 26 en el caso de la realización de la figura 1), dejando un área superficial libre 22F (y un área superficial libre correspondiente 24F, debajo y no visible en la figura 1) exenta de orificios de entrada y salida.

La ampliación de escala desde los procesos a escala de laboratorio a la escala de producción está habilitada por un rango de varios tamaños de módulos fluidicos 20. Para proporcionar tiempo adecuado de residencia, para un caudal requerido dado, se precisa una cierta cantidad de volumen interno. El volumen total interno incrementado, cuando es necesario, se obtiene conectando varios módulos fluidicos 20 en serie para formar un reactor. Por lo tanto, un reactor se compone típicamente de varios módulos fluidicos 20. Cada módulo fluidico 20 puede tener una función específica, como precalentamiento, premezcla, mezcla, provisión de tiempo de residencia, enfriamiento rápido, etc. Dado que los módulos 20 se pueden formar de vidrio, la fotoquímica es una aplicación potencialmente útil, dado que el vidrio es al menos parcialmente transparente a longitudes de onda de interés para fotoquímica en los espectros UV y visible.

Numerosos documentos de la técnica anterior describen reactores fotoquímicos. La Solicitud de Patente US 2012/0228236 describe un reactor de tratamiento de fluido fotoquímico con iluminación directa con conjuntos de LED. La fuente de luz LED puede estar montada sobre bloques disipadores de calor refrigerados por fluido. El disipador de calor puede estar configurado para usar el fluido tratado como su refrigerante. No se describe refrigeración del fluido durante su iluminación. La Solicitud de Patente US 2010/0255458 describe diferentes realizaciones de biorreactores con elementos de distribución de luz. La Solicitud de Patente US 2013/0102069 describe un biorreactor que utiliza un sistema de iluminación de diodos fotoemisores (LED) para proporcionar luz al menos parcialmente para un alga. La Solicitud de Patente US 2014/0050630 describe un microrreactor para fotorreacciones. La Solicitud de Patente US 2012/0091489 se refiere a un dispositivo fotoemisor.

Resumen

La invención se refiere a un sistema modular de reactor fotoquímico incluyendo una pluralidad de módulos fluidicos, teniendo cada uno una forma plana con superficies principales primera y segunda, teniendo cada una de dichas superficies principales primera y segunda un área superficial libre carente de orificios de entrada y salida, e incluyendo cada una: i) una capa central plana de fluido de proceso para contener fluido de proceso fluyente, ii) dos capas planas exteriores de fluido de control térmico para contener fluido de control térmico fluyente; estando dispuestas dicha capa central plana de fluido de proceso y dichas dos capas planas exteriores de fluido de control térmico entre dichas superficies principales primera y segunda y siendo al menos parcialmente transparentes a radiación a al menos algunas longitudes de onda en el espectro UV y/o visible. El sistema incluye además una pluralidad de módulos de iluminación, teniendo cada uno una forma plana con superficies principales primera y segunda, e incluyendo cada uno al menos un primer conjunto de emisores de semiconductores, estando colocados dichos emisores, capaces de emitir a longitudes de onda visibles y/o UV, para emitir desde o a través de la primera superficie principal al área superficial libre de una de las superficies principales primera y segunda de un módulo fluidico, donde dicho primer conjunto de emisores de semiconductores incluye al menos un primer emisor y un

segundo emisor, siendo el primer emisor capaz de emitir a una primera longitud de onda central y siendo el segundo emisor capaz de emitir a una segunda longitud de onda central, siendo dichas longitudes de onda centrales primera y segunda diferentes una de otra. Dichos módulos fluídicos y dichos módulos de iluminación están dispuestos de modo que al menos algunos de dichos módulos fluídicos sean capaces de beneficiarse de la irradiación procedente de dichos módulos de iluminación.

El uso de emisores de semiconductores, deseablemente LEDs, permite emplear longitudes de onda nítidamente definidas con la posibilidad de incrementar el rendimiento de una reacción o de disminuir la producción de subproductos indeseados que pueden ser fomentados por longitudes de onda indeseadas presentes en fuentes que tienen un espectro más amplio. Proporcionar al menos emisores primero y segundo de diferente longitud de onda central permite la fácil experimentación y optimización entre las dos longitudes de onda, así como un rendimiento potencialmente incrementado de las reacciones que pueden beneficiarse de la luz en más de una longitud de onda.

El reactor resultante montado a partir del sistema descrito es tanto reconfigurable de forma flexible como compacto, al mismo tiempo que aísla bien la salida térmica de los emisores del reactivo o fluidos de proceso. El sistema de la presente invención y el reactor formado a partir de él también proporciona la capacidad de conmutar longitudes de onda de iluminación, o, más en general, de alterar la composición espectral de la iluminación sin desmontaje del reactor, de tal manera que las pruebas de reacción y la caracterización se llevan a cabo de forma más fácil.

Otras variaciones y ventajas específicas se explican o serán evidentes por la descripción siguiente. La descripción general anterior y la descripción detallada siguiente muestran realizaciones específicas, y tienen la finalidad de proporcionar una visión general o estructura para la comprensión de la naturaleza y del carácter de las reivindicaciones.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista en perspectiva de una realización de un módulo fluídico útil dentro del sistema actualmente descrito.

30 Las figuras 2 y 3 son vistas en sección transversal de realizaciones adicionales de módulos fluídicos útiles dentro del sistema actualmente descrito.

La figura 4 es una vista de montaje en perspectiva expandida de una realización de un módulo de iluminación útil dentro del sistema actualmente descrito.

35 Las figuras 5A y 5B son vistas esquemáticas en sección transversal de realizaciones adicionales de módulos de iluminación útiles dentro del sistema actualmente descrito.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una realización de un bastidor de soporte o núcleo de un módulo de iluminación útil dentro del sistema actualmente descrito.

Las figuras 7A y 7B son representaciones en vista esquemática en planta de realizaciones alternativas de conjuntos de emisores de un módulo de iluminación útil dentro del sistema actualmente descrito.

45 La figura 8 es una vista en perspectiva de una realización de un reactor parcialmente montado compuesto de componentes del sistema actualmente descrito.

La figura 9 es una vista en perspectiva del reactor de la figura 8 con algunos componentes adicionales incluidos.

50 **Descripción detallada**

Un sistema modular de reactor fotoquímico 10 representado en vista en perspectiva en la figura 9 incluye una pluralidad de módulos fluídicos 20, teniendo cada uno de los módulos fluídicos 20 de dicha pluralidad una forma plana según se ve en la figura 1, con superficies principales primera y segunda 22, 24. Cada módulo fluídico 20 de dicha pluralidad incluye, también según se ve en la figura 1, y adicionalmente en las figuras 2 y 3, una capa central plana de fluido de proceso 30 para contener dicho fluido de proceso fluuyente, y dos capas planas exteriores de fluido de control térmico 40 para contener fluido de control térmico fluuyente. La capa de fluido de proceso 30 está colocada entre las dos capas de fluido de control térmico 40. La capa de fluido de proceso 30 y las dos capas de fluido de control térmico 40 son al menos parcialmente transparentes a la radiación a al menos algunas longitudes de onda en el espectro UV y/o visible. En la operación de los módulos fluídicos 20 pueden utilizarse deseablemente fluidos de control térmico sustancialmente transparentes, tal como agua o etanol.

Cada módulo fluídico 20 de dicha pluralidad incluye además orificios de entrada y salida de fluido de proceso 32 para suministrar y sacar fluido de proceso y orificios de entrada y salida de fluido térmico 42 para suministrar y sacar fluido de control térmico, estando situados los orificios de entrada y salida de fluido 32 1) en una de las superficies principales primera y segunda 22, 24 en uno o varios de sus bordes 26, o 2) en una superficie 28 del módulo fluídico

20 distinta de sus superficies principales primera y segunda 22, 24, dejando en cualquier caso un área superficial libre 22F, 24F de las superficies principales primera y segunda 22, 24 exenta de orificios de entrada y salida, incluyendo dicha área superficial libre 22F, 24F al menos 50%, deseablemente al menos 75%, del área total de la respectiva superficie principal primera o segunda 22, 24.

5 El sistema modular de reactor fotoquímico 10 representado en vista en perspectiva en la figura 9 incluye además una pluralidad de módulos de iluminación 50 tales como los representados en las realizaciones de la vista en perspectiva de la figura 4 y las vistas en sección transversal de las figuras 5A y 5B. Cada uno de los módulos de iluminación 50 de dicha pluralidad tiene una forma plana con superficies principales primera y segunda 52, 54, y cada una incluye al menos una primera conjunto 60 de emisores de semiconductores 70, siendo dichos emisores 70 capaces de emitir a longitudes de onda visibles y/o UV, colocados para emitir desde o a través de la primera superficie principal 52. Además, dicha primera conjunto 60 de emisores de semiconductores 70 incluye al menos un primer emisor 72 y un segundo emisor 74, siendo el primer emisor 72 capaz de emitir a una primera longitud de onda central y siendo el segundo emisor 74 capaz de emitir a una segunda longitud de onda central, donde dichas longitudes de onda centrales primera y segunda difieren una de otra.

Más detalles de una realización de un módulo de iluminación se representan en la vista en perspectiva despiezada de la figura 4. Un bastidor de soporte o núcleo 90 del módulo de iluminación 50 incluye orificios de entrada y salida 94 para suministrar fluido refrigerante al módulo de iluminación 50. El núcleo 90 conjuntamente con una junta estanca 64 y tapa 66, cuando están montadas y fijadas conjuntamente en el orden representado, forma un intercambiador de calor 96 para enfriar los emisores 70 del conjunto 60 de emisores 70. Los emisores 70 están montados (por ejemplo, por un proceso de soldadura u otro proceso o estructura de montaje) en una hoja de montaje 71, que está montada en la tapa 66. Alternativamente, como en las realizaciones adicionales representadas en sección transversal en las figuras 5A y 5B, la hoja de montaje 71 para los emisores 70 puede funcionar como una tapa para cubrir canales de fluido en el núcleo 90, de tal manera que no se usa una tapa separada 66, como en la realización de la figura 4. Se puede montar un protector de luz o bastidor 97 con el fin de rodear el conjunto 60 en sus lados, y se puede montar una ventana de protector 98 en el protector 97. La ventana de protector puede ser de cuarzo, vidrio, o cualquier otro material deseablemente transparente con relación a la longitud o longitudes de onda que emplea el módulo de iluminación 50, y puede incluir opcionalmente una estructura rugosa o elemento óptico similar de modo que funcione como un difusor óptico para igualar la iluminación proporcionada por el módulo de iluminación 50. Como otra alternativa opcional, la ventana 98 y el bastidor 97 también pueden cooperar para formar una junta estanca sobre el conjunto 60, y el volumen sellado puede llenarse con un gas inerte, tal como argón o gas de baja reactividad tal como nitrógeno. Esto serviría para proteger los emisores de cualesquiera productos químicos aerotransportado o sustancias químicas presentes de otro modo en o cerca de la ventana de protector 98.

Las figuras 5A y 5B son vistas esquemáticas en sección transversal de realizaciones adicionales de módulos de iluminación 50. En la figura 5A se puede ver más claramente (que en la figura 4) que un módulo de iluminación 50 según la presente descripción puede incluir deseablemente tanto un primer conjunto (de emisores 70) 60 como un segundo conjunto (de emisores 70) 80, en superficies principales primera y segunda opuestas 52, 54 del módulo de iluminación 50. Un solo núcleo 90 puede tener dos lados cada uno con una superficie para soportar cada uno de los dos conjuntos 60, 80. El conjunto o los conjuntos pueden ser retenidos por un clip o reborde 62. Como se ilustra en general en la figura 5B, el sistema actualmente descrito también incluye deseablemente módulos de iluminación 50 que tienen solamente un conjunto 60, más bien que dos conjuntos 60, 80 como en la figura 5A.

45 La figura 6 representa una vista en perspectiva de una realización de un núcleo 90, incluyendo una superficie de soporte 91 para el conjunto de emisores 60 o la tapa 66, en cuya superficie de soporte hay canales rebajados 93 para contener fluido refrigerante fluyente.

Las figuras 7A y 7B son representaciones en vista esquemática en planta de realizaciones alternativas de los conjuntos de emisores 60 (y 80) de un módulo de iluminación 50, tal como los de las figuras 4, 5A y 5B. En la realización de la figura 7A, los emisores 70 tienen forma de emisores individualmente empaquetados (o LEDs individualmente empaquetados) 78, mientras que en la realización de la figura 7B los emisores 70 tienen forma de grupos 79 de emisores (tal como LEDs "multichip") (de tipos diferentes 72, 74, 76), al menos dos tipos como mínimo, empaquetados conjuntamente. En ambas realizaciones, hay al menos un primer emisor 72 y un segundo emisor 74, teniendo el segundo emisor 74 una segunda longitud de onda central diferente de una primera longitud de onda central del primer emisor 72. Opcionalmente, el conjunto 60 (o 80) puede incluir además al menos un tercer emisor 76 capaz de emitir a una tercera longitud de onda central, siendo la tercera longitud de onda central diferente de cada una de las longitudes de onda centrales primera y segunda. También puede emplearse más de tres emisores o tipos de emisores diferentes. Además, pueden usarse emisores agrupados (o grupos de emisores) 79 dentro del mismo conjunto como emisores individuales.

Independientemente del número de tipos diferentes y si están empaquetados conjuntamente, también es deseable que los varios tipos diferentes de emisores 72, 74, 76 sean controlables independientemente por interruptor o controlador o receptor 100, a través de respectivas líneas de control y/o potencia 102a, 102b, 102c (etiquetadas en general 102). Preferiblemente, los varios subconjuntos de emisores, cada uno formado por los emisores de la misma longitud de onda, son controlables independientemente por interruptor o controlador o receptor. Los emisores de la

misma longitud de onda o longitud de onda central en un conjunto son controlados deseablemente colectivamente. El control independiente sobre las varias longitudes de onda permite una fácil caracterización de reacción u otra experimentación o control de reacción que implique el uso de varias longitudes de onda, sin tener que desmontar el reactor o algún componente.

5 Los emisores 70 son deseablemente LEDs. Según una realización, el conjunto incluye una placa de circuitos impresos en la que los emisores están montados. Además, son deseablemente capaces de proporcionar al menos 40 mW/cm² de irradiación homogénea al área superficial libre 22F, 24F de la primera o segunda superficie principal 22, 24 de un módulo fluidoico 20, más deseablemente al menos 50 mW/cm². Los LEDs pueden ser LEDs de alta potencia, o su densidad en el conjunto puede ser suficiente para lograr la irradiación deseada. Se puede lograr un grado deseado de homogeneidad de irradiación a través de la densidad de LEDs en el conjunto, o a través de un difusor óptico.

15 Las figuras 8 y 9 muestran vistas en perspectiva que ilustran una realización de algunas formas en las que el sistema 10 de la presente descripción puede montarse en un reactor 12. En las figuras 8 y 9, los módulos fluidoicos 20 y los módulos de iluminación 50 son soportados en un soporte o montaje de reactor 104, en este caso en forma de una viga. Alternativamente, los módulos fluidoicos 20 y los módulos de iluminación 50 pueden ser soportados en 2 soportes o montajes separados, y los módulos de iluminación 50 y su soporte o montaje pueden entrar y salir del reactor con el fin de facilitar el mantenimiento del sistema. Los módulos de iluminación 50 de estas realizaciones incluyen tanto módulos de iluminación de dos lados 50a como módulos de iluminación de un solo lado 50b. En la figura 8, el reactor 12 se representa sin los módulos fluidoicos 20. La figura 9 representa la posición de múltiples módulos fluidoicos 20 entre las caras radiactivas de los módulos de iluminación 50.

25 Los reactores 12 formados del sistema 10 son tanto flexiblemente reconfigurables como compactos, al mismo tiempo que aíslan bien la salida térmica de los emisores de los procesos de reactivo o fluido, en primer lugar, a causa del uso de emisores de semiconductores tales como LEDs en los que la eficiencia de conversión de energía es razonablemente alta, en contraposición a las lámparas y otras fuentes similares, y, en segundo lugar, a causa del uso del intercambiador de calor 96 que es capaz de extraer hasta múltiples cientos de vatios, y, en tercer lugar, porque la capa de fluido de proceso 30 del módulo fluidoico 20 está rodeada en ambos lados por una capa de fluido de control térmico 40 a través de la que llega la iluminación entrante, proporcionando por ello un aislamiento significativo del calor generado por los emisores 70 o en ellos. Los reactores 12 formados del sistema 10 también permiten que los emisores LED operen a baja temperatura (inferior a la temperatura ambiente y la temperatura operativa del módulo fluidoico, mediante la utilización de intercambiadores de calor 96, dando lugar a una mayor intensidad emitida y mayor duración de los LED.

35 El sistema de la presente invención y el reactor formado a partir de él también proporciona la capacidad de conmutar las longitudes de onda de iluminación, o, más en general, de alterar la composición espectral de la iluminación sin desmontaje del reactor, de tal manera que las pruebas de reacción y la caracterización son realizadas más fácilmente. Es ventajoso poder realizar reacciones fotoquímicas en un reactor de flujo que es compacto, pero flexible, tanto en estructura o diseño del reactor como en la radiación suministrada. La longitud de onda de luz de interés es principalmente de luz UV cercano y violeta entre 300 y 450 nm, pero también pueden ser de interés otras longitudes de onda UV o visible.

45 La iluminación de la capa de fluido operativo 30 desde ambos lados de los módulos fluidoicos 20, a través de las capas de control térmico 40, no solamente ayuda a proporcionar aislamiento térmico, sino que también proporciona gran cantidad de iluminación al fluido de proceso y puede permitir una penetración más uniforme a través de la profundidad del canal de proceso, con relación a iluminar solamente en una superficie principal del módulo fluidoico 20.

50 Se deberá indicar que no todos los módulos fluidoicos 20 en un reactor dado requerirán necesariamente o se beneficiarán de la irradiación; consiguientemente, algunos módulos fluidoicos pueden no ser iluminados dentro del mismo reactor en que algunos otros sí lo son. En otros términos, la iluminación es escalable independiente o conjuntamente con el número de módulos fluidoicos.

55 Por lo tanto, se puede realizar químicas de tipo diferente con la misma solución de iluminación, sin ningún cambio de equipo, sin ningún mantenimiento. Éste no es equipo específico de 1 sola longitud de onda.

60 Mediante la utilización de luz espectralmente más estrecha procedente de fuentes de semiconductores, las químicas se pueden entender mejor y, por lo tanto, optimizar. La longitud de onda exacta de las fuentes de semiconductores permite obtener más selectividad de producto. La duración de la fuente de luz también será larga.

65 Los métodos y/o dispositivos aquí descritos son útiles en general al realizar cualquier proceso que implique mezcla, separación, extracción, cristalización, precipitación u otro procesamiento de fluidos o mezclas de fluidos, incluyendo mezclas multifase de fluidos -e incluyendo fluidos o mezclas de fluidos incluyendo mezclas multifase de fluidos que también contienen sólidos- dentro de una microestructura. El procesamiento puede incluir un proceso físico, una reacción química definida como un proceso que da lugar a la interconversión de especies orgánicas, inorgánicas o

tanto orgánicas como inorgánicas, e incluye deseablemente un proceso o reacción químico, físico o biológico favorecido en la presencia de luz, de cualquier longitud de onda, es decir, fotorreacciones, ya sean fotosensibilizadas, fotoiniciadas (como en reacciones de radicales fotoiniciadas), fotoactivadas, fotocatalíticas, fotosintéticas u otras). Una lista no limitadora de reacciones asistidas o favorecidas por luz de posible interés incluye

5 fotoisomerizaciones, reorganizaciones, fotorreducciones, ciclizaciones, cicloadiciones 2+2, cicloadiciones 4+2, cicloadiciones 4+4, cicloadiciones 1,3-dipolares, cambios sigmatrópicos (que podrían dar lugar a ciclización), fotooxidación, fotoclivaje de grupos protectores o enlaces, fotohalogenaciones (fotocloraciones, fotobromaciones), fotosulfocloraciones, fotosulfooxidaciones, fotopolimerizaciones, fotonitrosaciones, fotodecarboxilaciones, fotosíntesis de previtamina D, descomposición de compuestos azo, reacciones tipo Norrish, reacciones tipo Barton.

10 Además, la siguiente lista no limitadora de reacciones puede ser realizada con los métodos y/o dispositivos descritos: oxidación; reducción; sustitución; eliminación; adición; intercambio de ligandos; intercambio de metales; e intercambio iónico. Más específicamente, las reacciones de cualquier lista no limitadora siguiente pueden ser realizadas con los métodos y/o dispositivos descritos: polimerización; alquilación; desalquilación; nitración; peroxidación; sulfoxidación; epoxidación; amoxidación; hidrogenación; deshidrogenación; reacciones

15 organometálicas; química de metales preciosos/reacciones de catalizador homogéneo; carbonilación; tiocarbonilación; alcoxilación; halogenación; deshidrohalogenación; deshalogenación; hidroformilación; carboxilación; decarboxilación; aminación; arilación; acoplamiento péptido; aldolcondensación; ciclocondensación; deshidrociclización; esterificación; amidación; síntesis heterocíclica; deshidratación; alcoholisis; hidrólisis; amonolisis; eterificación; síntesis enzimática; cetalización; saponificación; isomerización; cuaternización; formilación;

20 reacciones de transferencia de fase; sililaciones; síntesis de nitrilo; fosforilación; ozonolisis; química de azida; metátesis; hidrosililación; reacciones de acoplamiento y reacciones enzimáticas..

La descripción anterior proporciona realizaciones ejemplares para facilitar la comprensión de la naturaleza y del carácter de las reivindicaciones. Será evidente a los expertos en la técnica que se puede hacer varias

25 modificaciones en estas realizaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema modular de reactor fotoquímico (10) incluyendo:

5 una pluralidad de módulos fluídicos (20) teniendo cada uno una forma plana con superficies principales primera y segunda (22, 24), teniendo cada una de dichas superficies principales primera y segunda (22, 24) un área superficial libre (22F, 24F) carente de orificios de entrada y salida, y teniendo cada una i) una capa central plana de fluido de proceso (30) e ii) dos capas planas exteriores de fluido de control térmico (40) para contener fluido de control térmico
 10 de fluido de control térmico (40) entre dichas superficies principales primera y segunda (22, 24) y siendo al menos parcialmente transparentes a radiación a al menos algunas longitudes de onda en el espectro UV y/o visible; y

una pluralidad de módulos de iluminación (50), teniendo cada uno una forma plana con superficies principales primera y segunda (52, 54), e incluyendo cada uno al menos un primer conjunto (60) de emisores de semiconductores (70), estando colocados dichos emisores (70) capaces de emitir a longitudes de onda visibles y/o UV para emitir de o a través de la primera superficie principal (52) al área superficial libre (22F o 24F) de una de las superficies principales primera y segunda (22, 24) de un módulo fluídico (20), donde dicho primer conjunto (60) de emisores de semiconductores (70) incluye al menos un primer emisor (72) y un segundo emisor (74), siendo el primer emisor (72) capaz de emitir a una primera longitud de onda central y el segundo emisor (74) capaz de emitir a una segunda longitud de onda central, siendo dichas longitudes de onda centrales primera y segunda diferentes una de otra.
 15

2. El sistema (10) según la reivindicación 1, donde dicho primer conjunto (60) incluye además al menos un tercer emisor (76) capaz de emitir en una tercera longitud de onda central, siendo dicha tercera longitud de onda central diferente de cada una de las longitudes de onda centrales primera y segunda.
 25

3. El sistema (10) según alguna de las reivindicaciones 1 y 2, donde los emisores (70) incluyen emisores individualmente empaquetados (78).

30 4. El sistema (10) según alguna de las reivindicaciones 1-3, donde los emisores (70) incluyen emisores empaquetados en grupos (79) y donde dichos grupos (79) contienen al menos un primer emisor (72) y al menos un segundo emisor (74).

35 5. El sistema (10) según alguna de las reivindicaciones 1-4, donde dicho al menos único primer emisor (72) dentro de dicho primer conjunto (60) está conectado a una primera línea de potencia o de control (102a) y dicho al menos un segundo emisor (74) dentro de dicho primer conjunto (60) está conectado a una segunda línea de potencia o de control (102b).

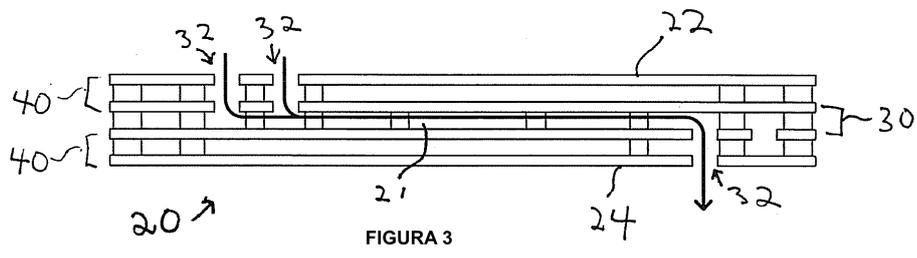
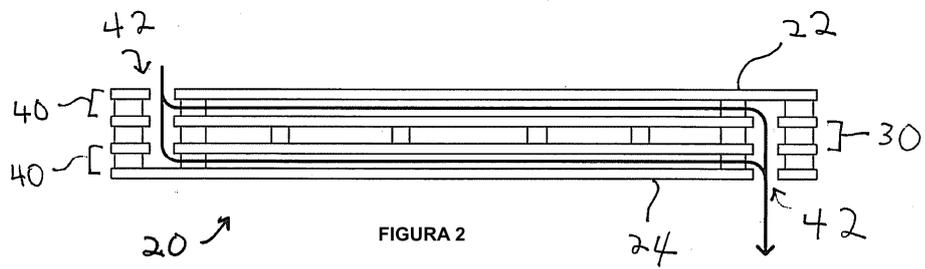
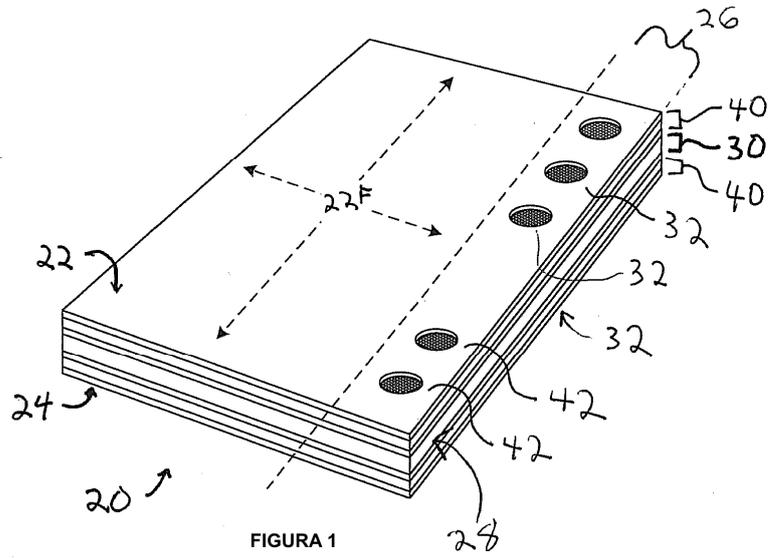
40 6. El sistema (10) según alguna de las reivindicaciones 1-5, donde la pluralidad de módulos de iluminación (50) incluye al menos un módulo de iluminación (50a) que incluye además un segundo conjunto (80) de emisores de semiconductores (70) capaces de emitir a longitudes de onda visibles y/o UV y colocados para emitir de o a través de la segunda superficie principal (54), incluyendo dicho segundo conjunto (80) de emisores de semiconductores (70) al menos un primer emisor (72) y un segundo emisor (74).

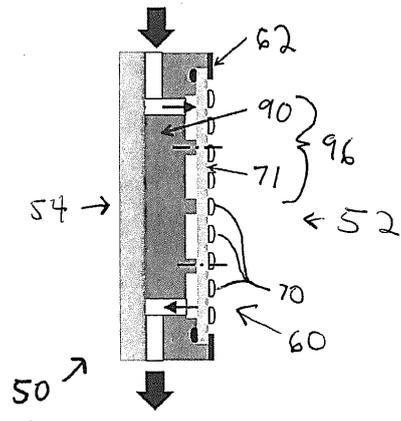
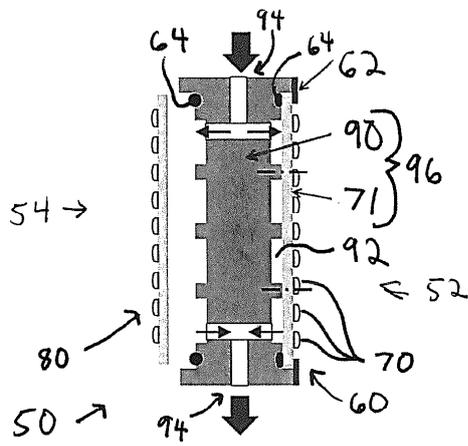
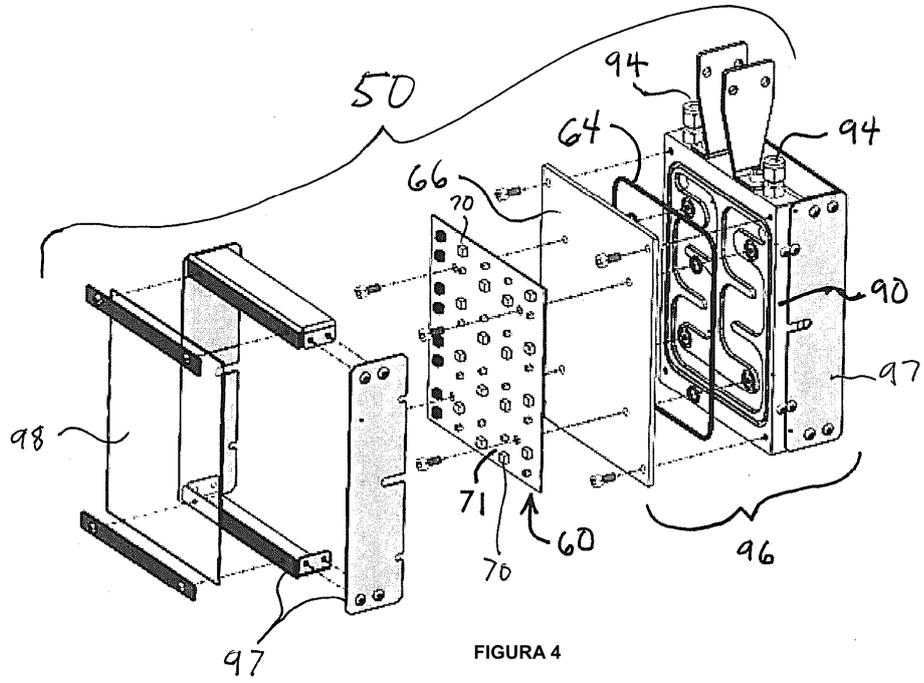
45 7. El sistema (10) según la reivindicación 6, donde dicho al menos un módulo de iluminación (50a) de dicha pluralidad de módulos de iluminación (50) incluye además un intercambiador de calor (96) incluyendo un paso de fluido de enfriamiento (92) que tiene orificios de entrada y salida (94), estando el intercambiador de calor (96) en contacto térmico con los emisores (70) del primer conjunto (60) y con los emisores (70) del segundo conjunto (80).

50 8. El sistema (10) según alguna de las reivindicaciones 1-5, donde dichos módulos de iluminación (50) de dicha pluralidad incluyen además un intercambiador de calor (96) incluyendo un paso de fluido de enfriamiento (92) que tiene orificios de entrada y salida (94), estando el intercambiador de calor (96) en contacto térmico con los emisores (70) del primer conjunto (60).

55 9. El sistema (10) según cualquier reivindicación 1-8, donde los emisores (70) son LEDs.

10. El sistema (10) según la reivindicación 9, donde los LEDs son capaces de proporcionar al menos de 40 mW/cm² al área superficial libre (22F, 24F) de la primera o segunda superficie principal (22, 24) de un módulo fluídico (20).





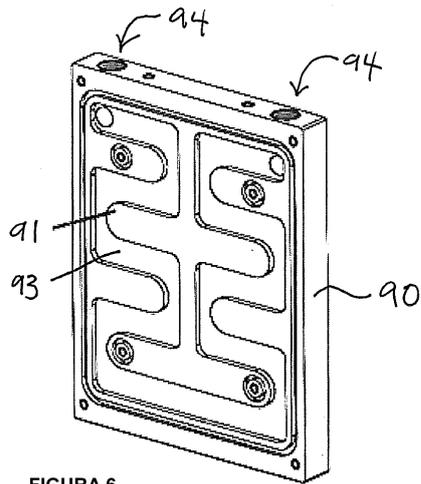


FIGURA 6

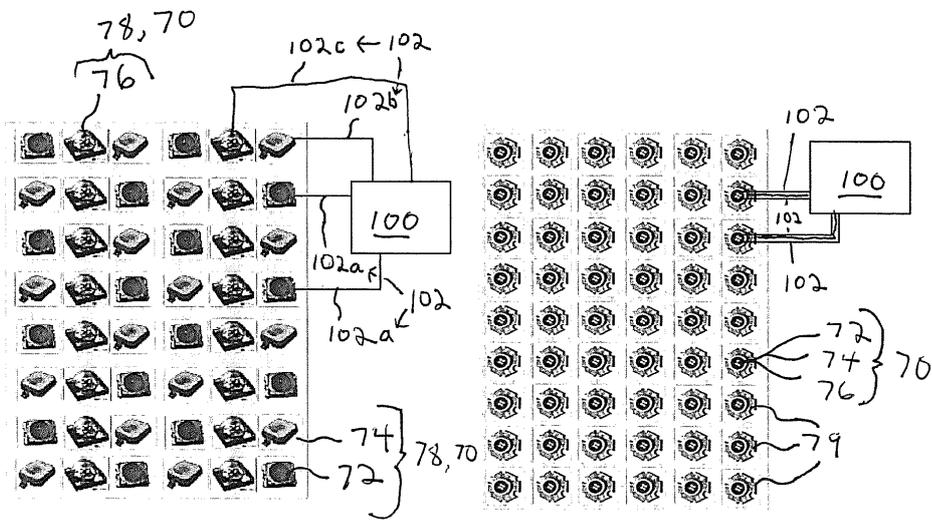


FIGURA 7A

FIGURA 7B

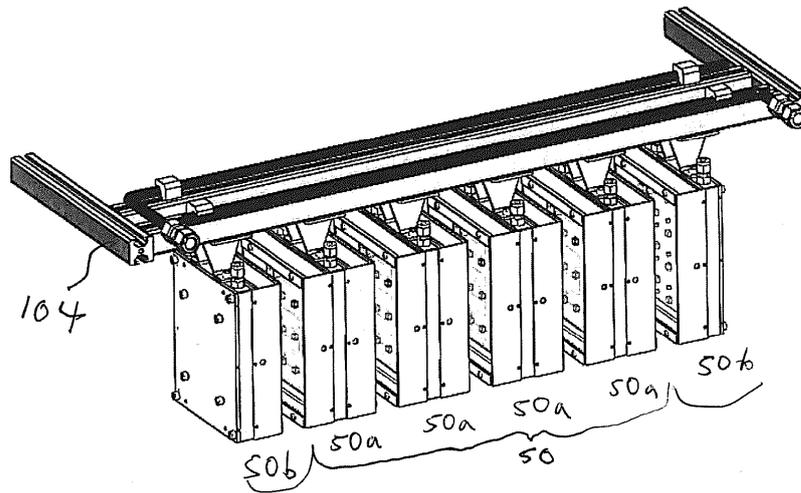


FIGURA 8

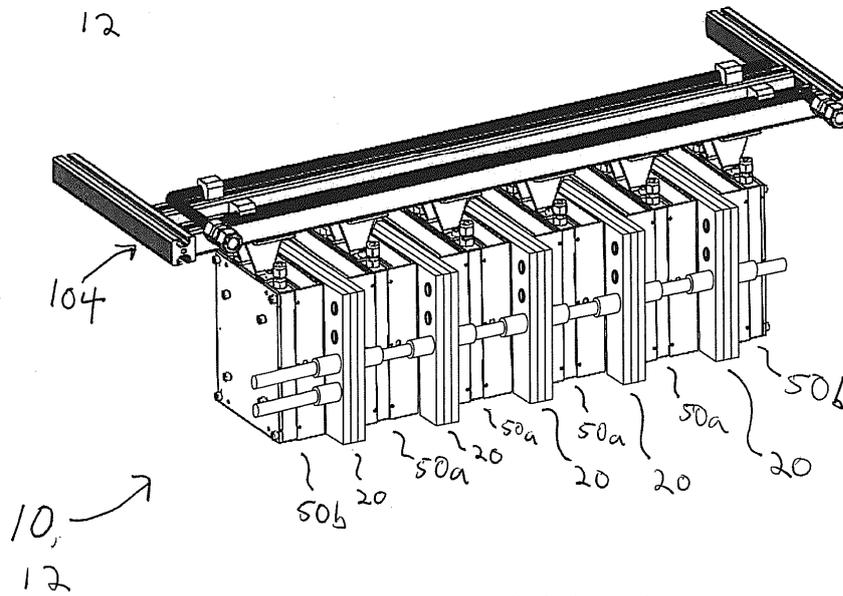


FIGURA 9