



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 435**

51 Int. Cl.:
F21K 99/00 (2006.01)
H01L 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05734339 .4**
96 Fecha de presentación : **12.04.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1756876**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.02.2007**

54 Título: **Matriz LED de alta densidad.**

30 Prioridad: **12.04.2004 US 561771 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.08.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.08.2011

73 Titular/es: **PHOSEON TECHNOLOGY, Inc.**
7425 Nw. Evergreen Parkway
Hillsboro, Oregon 97124, US

72 Inventor/es: **Owen, Mark D. y**
Anderson, Duwayne R.

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 363 435 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

Matriz LED de alta densidad

Solicitudes Relacionadas

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de EE. UU. de número de serie 60/561,771, presentada el 12 de abril de 2004, titulada "Collimation and direct liquid cooling of high-density led arrays" ("colimación y refrigeración directa por líquido, de matrices LED de alta densidad").

Antecedentes de la Invención

10 Esta invención se refiere a matrices de dispositivos semiconductores emisores de luz de alta densidad y, más en concreto, a una matriz de diodos emisores de luz (LED, light emitting diode) con elementos ópticos dirigidos a optimizar el empaquetamiento de alta densidad de los LEDs en equilibrio con la recogida y la colimación de la salida radiante de los LEDs.

Dichas matrices LED se conocen a partir de los documentos EP 01 272 39 (A1), US 6 367 950 (B1), EP 0 326 668 (A2), US 6 527 411 (B1); DE 2 941 634 (A1); y WO 03/096387 (A2).

15 Los dispositivos semiconductores emisores de luz pueden disponerse en diversas configuraciones, tales como matrices, para aplicaciones de iluminación. Ejemplos de estas aplicaciones incluyen: procesos litográficos utilizados, por ejemplo, en la fabricación de dispositivos semiconductores, y procesos de vulcanización utilizados, por ejemplo, para la impresión de tinta y la fabricación de DVDs. Estas aplicaciones tienen, en general, parámetros asociados que incluyen, por ejemplo, una fotorreacción que puede contemplar la provisión de una o varias densidades de potencia radiante en la superficie de trabajo, en una o varias longitudes de onda, aplicadas durante uno o varios periodos de tiempo y dentro de limitaciones térmicas.

20 En estas aplicaciones, los dispositivos semiconductores emisores de luz se utilizan, en general, para satisfacer el parámetro. Al mismo tiempo, los dispositivos semiconductores emisores de luz tienen habitualmente ciertas características y especificaciones de funcionamiento. Las características incluyen: potencia total emitida; estabilidad de potencia; radiancia; intensidad radiante; longitud o longitudes de onda de la salida radiante; coherencia de la salida radiante; colimación de la salida radiante; así como otras funcionalidades operativas proporcionadas por el dispositivo semiconductor como sistema de iluminación (por ejemplo, la capacidad de proporcionar funcionamiento pulsado y/o gestión térmica eficaz). A su vez, las especificaciones de los dispositivos semiconductores emisores de luz están asociadas en general con su fabricación y, entre otras cosas, están dirigidas a evitar la destrucción y/o a impedir la degradación de los dispositivos. Estas especificaciones incluyen generalmente temperatura de funcionamiento y potencia eléctrica aplicada.

25 Cuando la aplicación requiere la distribución de una densidad de potencia radiante relativamente elevada en la superficie de trabajo o a su través, una matriz LED puede tener cierta dificultad en dicha distribución. Esto se debe a que un LED típico en una matriz tiene una salida radiante extensamente distribuida. Por supuesto, un LED típico montado en solitario sobre un sustrato plano presentará una salida radiante distribuida característicamente a través del hemisferio con centro en el LED. Dada dicha distribución, solamente una parte, a menudo relativamente pequeña, de la salida radiante está dirigida hacia la superficie de trabajo, disminuyendo por lo tanto la densidad de potencia radiante en la superficie o a través de la misma. Además, dicha distribución implica que, cuando la superficie de trabajo se separa más del LED físicamente, la densidad de potencia radiante en la superficie de trabajo o a través de la misma disminuirá rápidamente, es decir, en general se espera que la disminución sea proporcional al cuadrado de la separación.

30 Pueden utilizarse varios enfoques para conseguir una densidad de potencia radiante desde una matriz LED, con objeto de realizar adecuadamente un proceso concreto. En un ejemplo de enfoque, una matriz LED básica puede simplemente disponerse próxima físicamente a la superficie de trabajo. Sin embargo, incluso si una estrecha proximidad distribuye la densidad de potencia apropiada, este enfoque no es deseable en general debido, por ejemplo, a que la estrecha proximidad tiende a exigir cambios no deseables en el mecanizado y/o el apantallamiento. En otro enfoque de ejemplo, una matriz puede situar lentes refractarias convencionales sobre los LEDs. Este enfoque contempla que cada LED esté asociado con una lente convencional, de manera que la lente recoge y colima la salida radiante del LED. Aunque este enfoque tenderá a incrementar la densidad de potencia radiante, recoger y colimar una cantidad sustancial de la salida radiante distribuida de cualesquiera LEDs conlleva una lente con un diámetro relativamente grande, así como otros desafíos. Si bien esto proporciona cierto incremento del rendimiento, conseguir el diámetro necesario puede ser difícil, cuando no imposible. Además, utilizar una lente de dicho diámetro puede estar en conflicto con la utilización de una matriz LED densamente empaquetada y, por lo tanto, no sería deseable.

Otro ejemplo de enfoque para mejorar la densidad de potencia radiante contempla utilizar óptica de reflexión convencional. En este enfoque, se monta un LED en un reflector (por ejemplo, con forma parabólica). A diferencia de la óptica de refracción, la óptica de reflexión reúne y colima, en general, una parte sustancial de la salida radiante del LED. Aún así, la óptica de reflexión convencional no se utiliza, en general, en una matriz densa o muy empaquetada debido a su tamaño. Por ejemplo, una aplicación típica de la óptica de reflexión convencional está ilustrada por las linternas LED en las que uno o varios LEDs están montados en una óptica de reflexión grande, de manera que la óptica recoge la luz procedente de dichos LEDs.

Por consiguiente, existe la necesidad de una matriz de dispositivos semiconductores emisores de luz de alta densidad y, más en concreto, de matrices LED con elementos ópticos dirigidos a optimizar el empaquetamiento de alta densidad de los LEDs, en equilibrio con la recogida y colimación de la salida radiante de los LEDs.

Resumen de la Invención

En la reivindicación 1 se define una matriz de dispositivos semiconductores emisores de luz acorde con la invención, e incluye elementos ópticos seleccionados para optimizar el empaquetamiento de alta densidad de los dispositivos en la matriz, en equilibrio con la recogida y la colimación de la salida radiante de los dispositivos.

En un ejemplo de realización acorde con la invención, una matriz de LEDs está acoplada con una matriz de micro-reflectores, matriz de micro-reflectores que incluye una serie de elementos micro-reflectores. Cada uno de dichos elementos micro-reflectores es un reflector parabólico, o bien tiene una forma volumétrica básica asociada con una superficie de revolución seleccionada.

Cada uno de dichos elementos micro-reflectores tiene una parte inferior y una parte superior. La parte superior está caracterizada por un borde de empaquetamiento con una forma de perímetro seleccionada. La forma del perímetro, si responde a la forma volumétrica, será un círculo, debido a que esta forma es el contorno de cualquier sección transversal tomada en la parte superior de un elemento que tiene una forma volumétrica asociada con una superficie de revolución. Debido a que los círculos no se empaquetan con la densidad que puede requerirse y debido a que, cuando son empaquetados, los círculos dejan espacios entre ellos, en este ejemplo de realización, cada borde de empaquetamiento de un elemento individual tiene preferentemente una forma de perímetro diferente a aquella que responde a la forma volumétrica. Es decir, el borde de empaquetamiento tiene preferentemente una forma de perímetro seleccionada para mejorar el acoplamiento con los bordes de empaquetamiento de los elementos micro-reflectores adyacentes a dicho elemento individual en la matriz y, de ese modo, entre otras cosas, incrementa la densidad de empaquetamiento de la matriz LED. A modo ilustrativo, el borde de empaquetamiento es típicamente un polígono seleccionado, tal como un cuadrado o un hexágono.

En otros ejemplos de realización, la matriz de micro-reflectores comprende más de un tipo de elemento micro-reflector, estando típicamente dispuestos los conjuntos de cada uno de dichos tipos de elementos, en un patrón seleccionado entre estos. Un ejemplo incluye un elemento micro-reflector con un borde de empaquetamiento de una forma de perímetro, y otro elemento micro-reflector con un borde de empaquetamiento de una segunda forma de perímetro. En este ejemplo, pueden utilizarse diversas combinaciones de formas de perímetros sin apartarse de los principios de la invención, incluyendo: (a) que una forma de perímetro sea un círculo, siendo la otra un polígono; (b) que ambas formas de perímetro sean círculos, pero con radios diferentes y (c) que ambas formas de perímetro sean polígonos, pero que los polígonos sean de tipo y/o tamaño diferentes (por ejemplo, cuadrados y octágonos). Asimismo, en este ejemplo puede utilizarse un desplazamiento de los elementos micro-reflectores en la matriz para mejorar la densidad de empaquetamiento. Además, en este ejemplo, las formas volumétricas de los dos elementos pueden ser típicamente diferentes, incluyendo: (i) ambas asociadas con el mismo tipo de superficie de revolución (por ejemplo, ambas parabólicas), pero con tamaño diferente; (ii) cada una estando asociada con un tipo de superficie de revolución respectivo, pero diferente (por ejemplo, uno parabólico y el otro no parabólico); (iii) una asociada con una superficie de revolución y la otra siendo un poliedro seleccionado; y (iv) estando cada una asociada con un tipo o tamaño de poliedro respectivo, pero diferente.

Estas y otras realizaciones se describen en mayor detalle en las siguientes descripciones detalladas y en las figuras.

Lo anterior no pretende ser una lista exhaustiva de realizaciones y características de la presente invención. Los expertos en la materia pueden apreciar otras realizaciones y características a partir de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos.

50 Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema fotorreactivo acorde con la invención.

La figura 2 es una vista superior de una parte de una matriz LED densa.

La figura 3 muestra una vista lateral de la matriz LED de la figura 2, tomada a lo largo de la línea 3-3.

La figura 4 es una vista superior de una parte de una matriz LED densa, acorde con la invención.

La figura 5 muestra una vista lateral de la matriz LED de la figura 2, tomada a lo largo de la línea 5-5.

La figura 6 muestra un ejemplo de realización acorde con la invención.

5 La figura 7 muestra ejemplos de patrones y formas de perímetro, de acuerdo con la invención.

La figura 8 muestra ejemplos de transiciones suaves y escalonadas en elementos micro-reflectores, de acuerdo con la invención.

La figura 9 muestra un elemento micro-reflector, que representa un cambio en la forma volumétrica asociado con diversas formas de perímetro, de acuerdo con la invención.

10 La figura 10 muestra un primer enfoque para dirigir la refrigeración en la matriz, de acuerdo con la invención.

La figura 11 muestra un segundo enfoque para dirigir la refrigeración en la matriz, de acuerdo con la invención.

Descripción Detallada de la Invención

15 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema fotorreactivo 10 acorde con la invención. En este ejemplo de realización, el sistema fotorreactivo 10 comprende un subsistema 12 emisor de luz, un controlador 14, una fuente de alimentación 16 y un subsistema 18 de refrigeración.

El subsistema 12 emisor de luz comprende preferentemente una serie de dispositivos semiconductores 19. Los dispositivos semiconductores proporcionan una salida radiante 24. La salida radiante 24 se dirige a una pieza de trabajo 26. La radiación de vuelta 28 puede ser dirigida de nuevo al sistema 12 emisor de luz desde la pieza de trabajo 26 (por ejemplo, por reflexión de la salida radiante 24).

Preferentemente, la salida radiante 24 está dirigida a la pieza de trabajo 26 a través de óptica de acoplamiento 30. La óptica de acoplamiento 30 incluye una matriz de micro-reflectores. En la utilización de dicha matriz de micro-reflectores, cada dispositivo semiconductor que proporciona una salida radiante 34 está asociado con un respectivo elemento micro-reflector en una base seleccionada. A modo de ejemplo, cada elemento micro-reflector de la matriz puede tener un LED asociado. Como otro ejemplo, cada micro-reflector puede tener más de un LED asociado, por ejemplo, tres LEDs, uno emitiendo en el espectro verde, uno emitiendo en el espectro rojo y uno emitiendo en el espectro azul. La utilización de matrices de micro-reflectores, incluyendo diversos números, disposiciones y otras relaciones de LEDs frente a elementos micro-reflectores, con objeto de mejorar la salida radiante, está ilustrada y descrita en el documento US 2005218468, titulado "Micro-reflectors on a substrate for high-density LED array" ("micro-reflectores en un sustrato para matriz LED de alta densidad").

La óptica de acoplamiento 30 puede incluir asimismo otras capas, materiales, estructuras y otros elementos, de los cuales parte o la totalidad pueden implementarse de diversas formas sin apartarse de los principios de la invención. Dichas una o varias capas, materiales u otra estructura pueden interponerse entre los dispositivos semiconductores 19 y la pieza de trabajo 26. A modo de ejemplo, la óptica de acoplamiento 30 puede incluir una o varias lentes, o una matriz de micro-lentes, dispuestas entre los dispositivos 19 y la pieza de trabajo 26, con objeto de mejorar la recogida, condensación o colimación de la salida radiante de uno o varios dispositivos, y/o para mejorar de otro modo la calidad o la cantidad eficaz de la salida radiante 24 (así como la densidad de potencia radiante en la pieza de trabajo 26, o en torno a la misma).

Preferentemente, cada una de las capas, materiales u otra estructura de la óptica de acoplamiento 30 interpuesta en la trayectoria de la salida radiante 24 (y/o de la radiación devuelta 28) tiene un índice de refracción seleccionado. Seleccionando adecuadamente cada índice de refracción, puede controlarse de manera selectiva la reflexión en las interfaces entre capas, materiales y otra estructura. A modo de ejemplo, controlando las diferencias en dichos índices en una interfaz seleccionada situada entre los dispositivos semiconductores 19 y la pieza de trabajo 26, puede controlarse la reflexión en dicha interfaz. Dicho control podría ser para reducir la reflexión, intentando eliminarla o, por lo menos, minimizarla, con objeto de mejorar la transmisión de la salida radiante en dicha interfaz para su distribución final a la pieza de trabajo 26. Dicho control podría dirigirse asimismo a dirigir o redirigir radiación seleccionada para otros objetivos predeterminados. El control de los índices de refracción para mejorar la salida radiante está ilustrado y descrito en la solicitud de patente de EE. UU. US 2 005 253 252.

La óptica de acoplamiento 30 puede utilizarse para varios propósitos. Los propósitos de ejemplo incluyen, entre otros, proteger los dispositivos semiconductores 19, retener el fluido refrigerante asociado al subsistema de refrigeración 18, recoger, condensar y/o colimar la salida radiante 24, recoger, dirigir o rechazar radiación devuelta 28, u otros propósitos, en solitario o en combinación. Sin embargo, en general, tal como se describe en el presente documento, la óptica de acoplamiento 30 acorde con la invención es utilizada e implementada para mejorar la densidad de empaquetamiento de los dispositivos en la matriz, en equilibrio con mejorar simultáneamente la cantidad o la calidad eficaz de la salida radiante 24 de los dispositivos (por ejemplo, mediante la recogida y la colimación), en concreto cuando dicha salida se dirige a la pieza de trabajo 26.

Una selección de la serie de dispositivos semiconductores 19 puede acoplarse al controlador 14 a través de electrónica de acoplamiento 22, para proporcionar datos al controlador 14. Tal como se describe mejor a continuación, el controlador está asimismo implementado preferentemente para controlar dichos dispositivos semiconductores de provisión de datos, por ejemplo, también a través de electrónica de acoplamiento 22. Preferentemente, el controlador 14 está conectado asimismo a cada una de la fuente de potencia 16 y el sistema de refrigeración 18, e implementado para controlarlos. Además, el controlador recibe preferentemente datos desde dicha fuente 16 y el subsistema 18 respectivos.

Además de la fuente de alimentación 16, el subsistema de refrigeración 18 y el subsistema 12 de emisión de luz, el controlador 14 pueden estar conectados asimismo a los elementos 32, 34, e implementados para controlarlos. Tal como se muestra, el elemento 32 es interno al sistema fotorreactivo 10. Tal como se muestra, el elemento 34 es externo al sistema fotorreactivo 10, pero se entiende que está asociado con la pieza de trabajo 26 (por ejemplo, manipulación, refrigeración u otro equipamiento externo), o que es activo en la foto reacción que soporta el sistema 10, o está relacionado de otro modo con la misma.

Los datos recibidos por el controlador 14 procedentes de una o varias de las fuentes de potencia 16, del subsistema 18 de refrigeración, del subsistema 12 de emisión de luz y/o de los elementos 32, 34, pueden ser de varios tipos. A modo de ejemplo, los datos pueden ser representativos de una o varias características asociadas con los dispositivos semiconductores 19, respectivamente. Como otro ejemplo, los datos pueden ser representativos de una o varias características asociadas con el componente respectivo 12, 16, 18, 32, 34 que proporciona los datos. Como otro ejemplo, los datos pueden ser representativos de una o varias características asociadas con la pieza de trabajo 26 (por ejemplo, representativos de la densidad de potencia radiante o el componente o los componentes espectrales distribuidos a la pieza de trabajo). Como otro ejemplo más, los datos pueden ser representativos de características asociadas con la foto reacción (por ejemplo, con objeto de monitorizar y controlar el progreso, la calidad u otros indicadores de la fotorreacción). Además, los datos pueden ser representativos de alguna combinación de estas características.

El controlador 14, al recibir cualquiera de dichos datos, está implementado preferentemente para responder a dichos datos. Preferentemente, en función de dichos datos procedentes de cualquiera de dichos componentes, el controlador 14 está implementado para controlar uno o varios entre la fuente de potencia 16, el subsistema 18 de refrigeración, el subsistema 12 emisor de luz (incluyendo uno o varios de dichos dispositivos semiconductores acoplados), y/o los elementos 32, 34. A modo de ejemplo, en función de datos procedentes del subsistema emisor de luz que indican que la densidad de potencia radiante es insuficiente, el controlador 14 puede implementarse para (a) incrementar el suministro de potencia de la fuente de alimentación para uno o varios de los dispositivos semiconductores, (b) incrementar la refrigeración del subsistema emisor de luz a través del subsistema 18 de refrigeración (es decir, ciertos diodos emisores de luz, si son enfriados, proporcionan una salida radiante mayor), (c) incrementar el tiempo durante el cual se suministra potencia a dichos dispositivos, o (d) una combinación de los anteriores.

El subsistema 18 de refrigeración está implementado para gestionar el comportamiento térmico del subsistema 12 de emisión de luz. Es decir, en general, el subsistema 18 de refrigeración sirve para enfriar dicho subsistema 12 y, más en concreto, los dispositivos semiconductores 19. El subsistema 18 de refrigeración puede estar implementado asimismo para enfriar la pieza de trabajo 26 y/o el espacio entre la pieza 26 y el sistema fotorreactivo 10 (por ejemplo, en concreto, el subsistema 12 emisor de luz). En la solicitud de patente de EE. UU. US2 005 218 468 se muestran y describen sistemas de refrigeración que proporcionan en general gestión térmica en sistemas fotorreactivos, y que proporcionan en concreto una refrigeración directa de dispositivos semiconductores emisores de luz.

El sistema fotorreactivo 10 puede ser utilizado para varias aplicaciones.

Los ejemplos incluyen, de forma no limitativa, aplicaciones de vulcanización que van desde la impresión con tinta a la fabricación de DVDs y litografías. En general, las aplicaciones en las que se utiliza el sistema fotorreactivo 10 tienen parámetros asociados. Es decir, una aplicación puede contemplar parámetros tales como: la provisión de uno o varios niveles de densidad de potencia radiante, a una o varias longitudes de onda, aplicados sobre uno o varios períodos de tiempo y dentro de limitaciones térmicas. En estas aplicaciones, los dispositivos semiconductores 19 se utilizan en general para satisfacer los parámetros. Sin embargo, los dispositivos semiconductores 19 tienen

normalmente ciertas especificaciones de funcionamiento, especificaciones que están asociadas generalmente con la fabricación de los dispositivos semiconductores y, entre otras cosas, deben cumplirse para evitar la destrucción y/o a impedir la degradación de los dispositivos. Asimismo, otros componentes del sistema 10 tienen normalmente especificaciones de funcionamiento asociadas. Generalmente, estas especificaciones incluyen rangos (por ejemplo, máximo y mínimo) para temperaturas de funcionamiento y potencia eléctrica aplicada. Por consiguiente, el sistema fotorreactivo 10 soporta preferentemente la monitorización de los parámetros de la aplicación. Además, el sistema fotorreactivo 10 sirve preferentemente para monitorizar los dispositivos semiconductores 10, incluyendo lo relativo a las especificaciones y características respectivas. Además, el sistema fotorreactivo 10 sirve asimismo, preferentemente, para monitorizar otros componentes seleccionados del sistema 10, incluyendo lo relativo a las especificaciones y características respectivas. Proporcionar dicha monitorización permite la verificación del funcionamiento adecuado del sistema y, a la inversa, la determinación de si el sistema 10 está funcionando de alguna forma diferente a la apropiada. La monitorización soporta asimismo el control del funcionamiento del sistema, con objeto de facilitar y/o mejorar el funcionamiento adecuado del sistema y/o el rendimiento de la aplicación (por ejemplo, equilibrar entre las salidas radiantes de la matriz y su temperatura de funcionamiento, con objeto de impedir el calentamiento de la matriz más allá de sus especificaciones, dirigiendo al mismo tiempo la suficiente energía radiante a la pieza de trabajo 26 para completar adecuadamente la fotorreacción o las fotorreacciones de la aplicación). Dicha monitorización y control en un sistema fotorreactivo, se ilustran y describen en la solicitud de patente de EE. UU. número US 2 005 230 600, titulada "LED array halving array-based LED detectors" ("matriz LED con detectores LED basados en la matriz").

En general, se admite que ciertas aplicaciones pueden requerir una densidad de potencia radiante relativamente elevada en la pieza de trabajo o en torno a la misma, para llevar a cabo apropiadamente la aplicación. Por consiguiente, es deseable implementar un subsistema 12 de emisión de luz que pueda distribuir dicha densidad de potencia. Para ello, el subsistema 12 se implementa preferentemente utilizando una matriz densa de dispositivos semiconductores 19 emisores de luz. En concreto, el subsistema 12 se implementa preferentemente utilizando una matriz de diodos emisores de luz (LED), de alta densidad. Tal como se ha descrito previamente, la matriz LED está asociada preferentemente con óptica de acoplamiento 30 en forma de una matriz de micro-reflectores. Se ilustra y describe una matriz LED de alta densidad en la solicitud de patente de EE. UU. número 10/984 589, presentada el 8 de noviembre de 2004, cuyos contenidos se incorporan por referencia al presente documento, como si se citasen aquí en su totalidad, a todos los efectos. Además, se muestra y describe una matriz de alta densidad con una matriz de micro-reflectores, en la solicitud de patente de EE. UU. número US 2 005 218 468. Si bien en el presente documento pueden utilizarse y se describen detalle matrices LEDs, se entiende que los dispositivos semiconductores 19 y la matriz o las matrices 20 de los mismos pueden implementarse utilizando otras tecnologías de emisión de luz, sin apartarse de los principios de la invención, tecnologías que incluyen, de forma no limitativa, LEDs orgánicos, diodos láser, y otros láseres semiconductores.

La figura 2 es una vista desde arriba de una parte de una matriz LED densa 50, tal como la ilustrada y descrita en los documentos incorporados previamente como referencia. Aunque esta matriz 50 omite ciertos aspectos de la invención, se describe haciendo referencia a las figuras 2 y 3 debido a que sirve para ilustrar aspectos de la invención, o que son relevantes para la misma.

La matriz 50 está dotada de un sustrato 52 con una serie de elementos micro-reflectores 54 formados en el mismo. En el interior de cada elemento micro-reflector 54 está dispuesto un LED 56. Aunque se muestra un sólo LED asociado con un elemento micro-reflector 54, se entiende, tal como se descrito previamente, que cada elemento 54 micro-reflector puede estar asociado con más de un LED sin apartarse de los principios de la invención.

En esta matriz 50, cada uno de los elementos 54 micro-reflectores es típicamente una abertura en el sustrato 52, estando la abertura vacía o sustancialmente vacía y teniendo un volumen y una forma volumétrica seleccionados, con objeto de alojar dichos uno o varios LEDs asociados. Aunque los elementos 54 se muestran implementados como aberturas en un sustrato, se entiende que los elementos 54 pueden implementarse de otro modo sin apartarse de los principios de la invención, incluyendo, por ejemplo, estar formados en una capa u otro material dispuesto en la parte superior del sustrato, o estar formados en una combinación de dicha capa u otro material junto con un sustrato con aberturas. El sustrato, la capa y los otros materiales pueden ser cualquiera entre diversos materiales, sin apartarse de los principios de la invención.

Los elementos micro-reflectores 54 pueden implementarse utilizando diversas tecnologías. Como ejemplos, los elementos micro-reflectores pueden formarse utilizando tecnología de litografía, maquinado, estampado, moldeado, forjado u otros procesos, o combinaciones de uno o varios de estos. A modo ilustrativo, los elementos micro-reflectores 54 pueden formarse mediante grabado, para proporcionar formas piramidales truncadas, invertidas, cuadradas. También a modo ilustrativo, los elementos micro-reflectores 54 pueden formarse maquinando aberturas (por ejemplo, mediante láseres y/o plasma). Para seguir ilustrando, los elementos micro-reflectores 54 pueden formarse estampando formas parabólicas en cobre u otro material adecuado. En otra ilustración, los elementos micro-reflectores 54 pueden formarse asimismo mediante una combinación de grabado, junto con maquinado u otra tecnología. En esta ilustración, se graba un sustrato para formar aberturas. A continuación, cada abertura es maquinada para proporcionar la forma o formas deseadas.

La figura 3 muestra una vista lateral de la matriz LED de la figura 2, tomada a lo largo de la línea 3-3. Cada elemento micro-reflector 54 incluye una o varias superficies reflectantes 58. Estas una o varias superficies reflectantes 58 están implementadas preferentemente para reflejar uno o varios espectros seleccionados de la salida o las salidas radiantes de los respectivos LEDs 56 de la matriz 50. La superficie o las superficies reflectantes 58 pueden implementarse utilizando diversos procesos que incluyen, como ejemplos no exhaustivos, mediante un metal seleccionado u otros revestimientos.

En esta matriz LED, cada uno de dichos elementos micro-reflectores 54 tiene asimismo una forma volumétrica básica. La forma volumétrica básica es la forma que proporciona la base para la recogida y colimación de la salida radiante de los LEDs 56. En este caso, la forma volumétrica básica está correlacionada con una superficie de revolución y, en concreto, se ilustra como una forma esférica.

A su vez, cada uno de dichos elementos micro-reflectores 54 tiene una parte superior 55, una parte inferior 57 y un eje longitudinal 59 entre ambas. Cada elemento 54 tiene un borde de empaquetamiento 60 dispuesto en el extremo de la parte superior 55. El borde 60 de empaquetamiento tiene una forma de perímetro seleccionada, abarcando la forma de perímetro un área. Se entiende que la forma del perímetro del borde contribuye a las capacidades de empaquetamiento de los elementos micro-reflectores 54 en la formación de la matriz 50.

Tal como se muestra, la forma del perímetro del borde es un círculo. La forma del perímetro es tal debido a que es sensible a la forma volumétrica que se mantiene en este elemento micro-reflector. Desde luego, la forma del perímetro será un círculo siempre que el elemento mantenga la forma volumétrica hasta la parte superior, debido a que un círculo es el contorno de cualquier sección transversal de cualquier forma volumétrica relacionada con una superficie de revolución.

Con formas de perímetro circulares para los bordes de los elementos micro-reflectores 54, la matriz 50 sirve para el empaquetamiento de LEDs 56 densamente, pero con algunas características que proporcionan vías de mejora. A modo de ejemplo, el empaquetamiento basado en formas de perímetro circulares conduce a espacios 62 entre los elementos micro-reflectores 54, espacios en los cuales no hay ningún LED presente para proporcionar salida radiante y ningún elemento micro-reflector recoge o colima. Además, el empaquetamiento es denso, pero menos denso de lo posible, por ejemplo, con elementos micro-reflectores con bordes de empaquetamiento de formas de perímetro no circulares.

Debido a que los círculos no empaquetan todo lo densamente que puede desearse y debido a que, cuando están empaquetados, los círculos dejan espacios entre ellos, los ejemplos de realización de una matriz LED acorde con la invención tienden a tener, por lo menos, un tipo de elemento micro-reflector caracterizado por un borde de empaquetamiento con una forma de perímetro diferente a la que responde a la forma volumétrica, en concreto si la forma volumétrica responde a una superficie de revolución. Más en general, los bordes de empaquetamiento de la matriz de micro-reflectores tienen una o varias formas de perímetro seleccionadas para mejorar el acoplamiento entre los bordes de empaquetamiento a través de los elementos micro-reflectores, con objeto de mejorar la densidad de empaquetamiento de la matriz LED, en equilibrio con la recogida y colimación de la salida radiante de los dispositivos semiconductores de emisión.

Pasando a la figura 4, se muestra una vista superior de una parte de una matriz LED densa 70, acorde con la invención. La matriz 70 está dotada de un sustrato 72 con una serie de elementos micro-reflectores 74 formados en el mismo, siendo dicha formación e implementación tal como se ha descrito previamente. En el interior de cada elemento micro-reflector 74 está dispuesto un LED 76. De nuevo, aunque se muestra solamente un LED asociado con un elemento micro-reflector 74, se entiende, tal como se ha descrito previamente, que cada elemento micro-reflector 74 puede estar asociado con más de un LED 76, sin apartarse de los principios de la invención.

Pasando a la figura 5, se muestra una vista lateral de la matriz LED 70 de la figura 4, tomada a lo largo de la línea 5-5. Cada elemento micro-reflector 74 incluye una o varias superficies reflectantes 78. Estas una o varias superficies reflectantes 78 están implementadas preferentemente para reflejar uno o varios espectros seleccionados de la salida o las salidas radiantes de los respectivos LEDs 76. La superficie o las superficies reflectantes 78 pueden implementarse utilizando diversos procesos que incluyen, como ejemplos no exhaustivos, mediante un metal seleccionado u otros revestimientos.

En esta matriz LED 70, cada elemento micro-reflector 74 tiene una forma volumétrica básica. Tal como se ha descrito previamente, la forma volumétrica básica proporciona la base para la recogida y colimación de la salida radiante de los LEDs 76. En este caso, la forma volumétrica básica está relacionada con un volumen resultante de una superficie de revolución y, tal como en las figuras 2 y 3, es hemisférica. La forma hemisférica del elemento 74 se ilustra a través de la parte inferior 80 del elemento, junto con líneas de trazos 82. Las líneas de trazos 82 indican que, tal como se describe más abajo y a diferencia de las figuras 2 y 3, el elemento micro-reflector 74 no mantiene la forma volumétrica básica. Por el contrario, una parte superior seleccionada 84 del elemento 74 sigue una o varias formas volumétricas en transición (en este caso inmediatamente, pero en otras realizaciones, de forma escalonada o

suave) desde la forma volumétrica básica, para proporcionar la forma de perímetro del borde de empaquetamiento 86 del elemento.

5 Cada elemento micro-reflector 74 tiene un borde de empaquetamiento 86. El borde de empaquetamiento 86 tiene una forma de perímetro seleccionada. Tal como se ha descrito previamente, se entiende que la forma del perímetro contribuye a las capacidades de empaquetamiento de los elementos micro-reflectores 74 en la formación de la matriz 70. Tal como se muestra, la forma del perímetro del borde es un cuadrado (es decir, en lugar del círculo de las figuras 2 y 3).

10 Debido a la forma cuadrada del perímetro del borde, los elementos de la matriz 70 de micro-reflectores de las figuras 4 y 5 tienden a coincidir a lo largo de sus bordes adyacentes (por ejemplo, como baldosas), eliminando de ese modo sustancialmente las separaciones 62 que se muestran en las figuras 2 y 3. Además, los elementos micro-reflectores 74 empaquetan más estrechamente centro a centro, de manera que la matriz 70 es más densa que la matriz 50 de las figuras 2 y 3. En relación con la densidad empaquetamiento, se muestra una comparación ilustrativa en las figuras 2 a 5: para la matriz 50 de las figuras 2 y 3, la distancia entre LEDs 56 centro a centro es "d", siendo "d" equivalente al diámetro del hemisferio, mientras que para la matriz 70 de las figuras 4 y 5, la distancia entre LEDs es "d-2Δ" donde "d" es de nuevo el diámetro del hemisferio y "Δ" es el solapamiento lateral del hemisferio del elemento respecto de cada hemisferio adyacente.

20 En esta ilustración, se entiende que "Δ" puede variar en función del área seleccionada abarcada por el borde de empaquetamiento en relación con el área proyectada de la abertura en la parte superior del micro-reflector, para que el micro-reflector para mantenga la forma volumétrica básica. Esto se ilustra en la figura 6, en la que "Δ" entre el área proyectada de la forma parabólica en la parte superior de 106, que se define por líneas de trazos 115, variará dependiendo del tipo y el tamaño de la forma 112 del perímetro del borde de empaquetamiento 110. Como ejemplo, "Δ", y por lo tanto la densidad de empaquetamiento, será en general inversamente proporcional a los cambios en el tamaño de la forma de perímetro hexagonal.

25 Para ilustrar mejor la densidad de empaquetamiento incrementada mediante la selección de un borde de empaquetamiento cuadrado como el mostrado en las figuras 4 y 5, en la figura 2 se representan dos elementos reflectores 74 representativos con formas de perímetro cuadradas, junto con una indicación de la magnitud de 2Δ respecto del área en sección transversal de la parte superior 55 del elemento micro-reflector 54.

30 Si bien seleccionar un borde de empaquetamiento puede tener como resultado un empaquetamiento más denso, se entiende que en general tiene como resultado un coste óptico. A modo de ejemplo, dicha selección puede reducir la colimación de la salida radiante de los LEDs 76 y, como tal, una reducción potencial de la densidad de potencia radiante en la pieza de trabajo 26 o en torno a la misma. Esto se ilustra en la figura 9, en la que se muestra un elemento micro-reflector 150, junto con cambios en la forma volumétrica asociados con diversas formas de perímetro 152a, 152b, 152c del borde de empaquetamiento. El elemento 150 tiene superficies reflectantes 154, superficies que están implementadas para reunir y colimar la salida radiante de un semiconductor 156 emisor de luz concreto. Sin embargo, independientemente del tipo de forma del perímetro, las formas 152a, 152b y 152c indican que, cuando disminuye el tamaño de la forma del perímetro (152c > 152b > 152a) en relación con la forma volumétrica, cada vez queda menos de las superficies 154 para recoger y colimar. Para tratar este coste óptico, tal como se ha descrito previamente, puede utilizarse óptica de acoplamiento 30 adicional, tal como una matriz de microlentes dispuesta entre la matriz 70 y la pieza de trabajo 26. Aunque, más en general, como un aspecto central de la invención, dicha selección del tipo y el tamaño de la forma o las formas del perímetro de una matriz de micro-reflectores - así como y junto con, la selección de otra óptica de acoplamiento, de la forma o formas volumétricas, del número, del tamaño, de los tipos y del rendimiento (por ejemplo, patrón de radiación del campo próximo) de los LEDs desplegados en cada elemento micro-reflector, y de la transición de la forma volumétrica básica a la forma de perímetro - está dirigido a optimizar el empaquetamiento de alta densidad de los dispositivos semiconductores de emisión en la matriz, en equilibrio con la recogida y colimación de la salida radiante de los dispositivos.

Volviendo a la figura 6, se muestra un ejemplo de realización de un LED 100 en un elemento micro-reflector 102, de acuerdo con la invención. En este caso, se entiende que el LED 100 es parte de una matriz de LED, estando acoplada la matriz LED con una matriz de micro-reflectores, matriz de micro-reflectores que incluye una serie de elementos micro-reflectores sustancialmente iguales al elemento micro-reflector 102.

50 El elemento micro-reflector 102 tiene una parte inferior 104 y una parte superior 106, y un eje longitudinal 108 orientado y extendiéndose entre ambas. Dicho elemento micro-reflector 102 es un reflector parabólico; es decir, el elemento 102 tiene una forma volumétrica básica relacionada con una superficie de revolución que forma un volumen parabólico. La parte inferior 104 del elemento micro-reflector tiene, generalmente, el LED 100 dispuesto en la misma. Sin embargo, tal como se indicado previamente, pueden estar asociados una serie de LEDs con el elemento 102 y, en ese caso, en general estarán dispuestos en la parte inferior 104 o en torno a la misma.

La parte superior 106 de los elementos micro-reflectores está caracterizada por un borde de empaquetamiento 110. El borde de empaquetamiento 110 tiene una forma 112 del perímetro seleccionada, en este caso un hexágono. En

este ejemplo de realización, el borde de empaquetamiento 110 de este elemento tiene una forma 112 del perímetro seleccionada para mejorar el acoplamiento con los bordes de empaquetamiento de los otros micro-reflectores (no mostrados) que son adyacentes a este elemento en la matriz, y reduce la separación, centro a centro, de los LEDs en la matriz. Preferentemente, la forma del perímetro se selecciona asimismo contemplando el efecto de dicha forma sobre la recogida y colimación de la salida radiante del LED (en concreto, cuando dicha forma altera la forma volumétrica del micro-reflector). Por lo tanto, se mejora la densidad de empaquetamiento de la matriz LED, en equilibrio con la recogida y colimación de la salida radiante, con objeto de optimizar el rendimiento de la matriz, en concreto en el contexto de la aplicación fotorreactiva para la cual está siendo utilizada.

Si bien este ejemplo de realización sugiere que la matriz de micro-reflectores proporciona un borde de empaquetamiento 110 común para la totalidad de sus elementos micro-reflectores 102 (por ejemplo, hexágonos del mismo tamaño), se entiende que la matriz puede estar configurada de otro modo. Es decir, la matriz de micro-reflectores puede implementarse para utilizar un elemento micro-reflector 102 con un borde de empaquetamiento 110 de una forma 112 de perímetro, y por lo menos un elemento micro-reflector con un borde de empaquetamiento 110 de una segunda forma 112 de perímetro. En este ejemplo y en otras realizaciones, pueden utilizarse varias combinaciones de formas de perímetro sin desviarse de los principios de la invención, incluyendo: (a) que una forma de perímetro sea un círculo, siendo la otra un polígono; (b) que ambas formas de perímetro sean círculos, pero con radios diferentes; y (c) que ambas formas de perímetro sean polígonos, pero que los polígonos sean de tipos y/o tamaños diferentes (por ejemplo, cuadrados y octágonos). En dichos ejemplos de realización en los que la matriz de micro-reflectores incluye más de un tipo de elemento micro-reflector, los conjuntos de cada uno de dichos tipos de elementos se disponen típicamente en un patrón seleccionado entre estos. Dichos patrones pueden utilizar desplazamientos entre elementos para mejorar la densidad de empaquetamiento. En la figura 7 se muestran ejemplos de estos patrones y formas de perímetro, incluyendo la utilización de desplazamientos.

Además, en aquellos ejemplos de realización en los que dos tipos de elementos micro-reflectores tienen bordes de empaquetamiento diferentes, dichos elementos tendrán asimismo típicamente formas volumétricas distintas. Ejemplos de varias formas volumétricas incluyen: (i) ambos elementos están relacionados con el mismo tipo de superficie de revolución (por ejemplo, ambos parabólicos), pero tienen tamaño diferente; (ii) cada elemento está relacionado con un tipo de superficie de revolución respectivo, pero diferente (por ejemplo, uno parabólico y el otro no parabólico); (iii) un elemento está relacionado con una superficie de revolución y el otro es un poliedro seleccionado; y (iv) cada elemento está asociado con un tipo y/o tamaño de poliedro respectivo, pero diferente. Cualquiera de dichas formas puede truncarse en el fondo o en la parte superior, o en ambas.

Volviendo a la figura 6, para proporcionar un borde de empaquetamiento 110 de cualquiera de dichas formas 112 de perímetro seleccionadas, el elemento micro-reflector 102 se fabrica selectivamente para que su forma tenga una transición a lo largo del eje longitudinal 108, en algún punto o rango, entre las posiciones inferior y superior 104, 106 del elemento. En esa transición, la sección transversal del elemento 102 cambia desde los círculos 116 dados por la forma volumétrica básica (en este caso, la forma parabólica) a los polígonos 118 dados por el borde de empaquetamiento 110 (en este caso, hexágonos).

En la figura 6, la transición se indica mediante el círculo 116, en líneas de trazos, dispuesto en la parte inferior 104 y mediante una parte de un hexágono 118, en líneas de trazos, dispuesta en una parte de transición 120 del elemento 102. Se entiende que la parte de transición 120 incluye el rango a lo largo del eje longitudinal 108, que comienza en el inicio de la transición desde la sección transversal de la forma volumétrica básica y finaliza donde la sección transversal del elemento 102 se convierte en la forma 112 del perímetro. En este caso, la porción de transición 120 es, de hecho, un punto a lo largo del eje longitudinal 108. Es decir, la transición es inmediata, por cuanto que la forma 112 del perímetro está establecida y no modificada desde la parte superior 106 hacia la parte inferior 104, hasta su intersección con la forma volumétrica básica.

Tal como en la figura 6, la transición puede conseguirse proporcionando la forma 112 del perímetro exacta, no modificada, del borde de empaquetamiento 110 desde la parte superior 106, hacia la parte inferior 104, hasta que la forma 112 del perímetro corta la forma volumétrica básica. Haciendo esto, se realiza una transición inmediata en dicha intersección. Sin embargo, como alternativa, la transición puede conseguirse asimismo proporcionando una o varias formas intermedias de sección transversal (por ejemplo, en la parte de transición, no teniendo ni el círculo o los círculos de la forma volumétrica básica ni la forma de perímetro exacta del borde de empaquetamiento). Esta alternativa lleva a cabo una transición suave o escalonada a lo largo del eje longitudinal.

En la figura 8 se muestran ejemplos de transiciones suaves y escalonadas. En la figura 8, a modo de ilustración, la forma volumétrica básica es hemisférica y la forma de perímetro del borde de empaquetamiento es cuadrada. De nuevo, se representa una transición intermedia mediante las líneas 112'. Éstas líneas 112' representan que la forma 112 del perímetro está establecida y no modificada desde la parte superior 106 hacia la parte inferior 104, hasta que se establece la parte de transición 120 mediante la intersección de la forma de perímetro con la forma por volumétrica básica. Como alternativa, la forma de perímetro se proyecta hacia la parte inferior, en la que se utilizan una o varias secciones transversales en la transición entre la forma de perímetro (por ejemplo, un polígono) y los círculos de la forma volumétrica básica. Más en concreto, las líneas de trazos 114 muestran una transición

5 escalonada, cuando la forma de perímetro es sustituida por una forma en sección transversal que proporciona dos grados sucesivamente menos pronunciados, antes de la intersección con la forma volumétrica básica. A su vez, las líneas de trazos 116 muestran una transición suave, cuando la forma de perímetro es sustituida por una forma de sección transversal que proporciona una línea de curvatura continua antes de la intersección con la forma volumétrica básica.

10 Pasando a las figuras 10 y 11, se representan dos enfoques relativos a la refrigeración directa de LEDs y/o otros dispositivos semiconductores utilizados en una matriz densa, de acuerdo con la invención. La matriz comprende preferentemente parte del subsistema 12 emisor de luz del sistema fotorreactivo 10, tal como se ha descrito y mostrado previamente en la figura 1. Además, el sistema fotorreactivo 10 incluye el subsistema de refrigeración 18, implementado para gestionar el comportamiento térmico del subsistema 12 emisor de luz. Preferentemente, el subsistema 18 de refrigeración proporciona la refrigeración directa de los dispositivos semiconductores, de acuerdo con las explicaciones mostradas y descritas en la solicitud de patente de EE. UU. un número US 2 005 218 468.

15 En la figura 10, los elementos micro-reflectores 200 incluyen ranuras 202 dispuestas en las respectivas partes inferiores de los elementos. El refrigerante 204 se dispone de manera que entra a través de las ranuras 202 respectivas. Preferentemente, las ranuras 202 están situadas por debajo del punto focal, que normalmente es la posición del dispositivo semiconductor 19. El refrigerante 204 fluye a través de las ranuras (ya sea mediante presurización, convección o ambas, o de otro modo) y sale de la parte superior de los elementos 200. Preferentemente se utiliza óptica de acoplamiento 30, en parte, para contener el refrigerante 204.

20 En la figura 11, los dispositivos semiconductores 19 están dispuestos en una matriz de elementos micro-reflectores 220. Se implementa óptica de acoplamiento 30 con deflectores 222. Típicamente, estos deflectores 222, como la óptica de acoplamiento 30, tienen un índice de refracción seleccionado para minimizar la reflexión de la salida radiante (es decir, maximizando la transmisión a la pieza de trabajo 26). En este caso, están implementados uno o varios deflectores 222 con forma, longitud y volumen seleccionados, y están dispuestos hacia cada dispositivo 19 y elemento 220. Preferentemente, por lo menos uno de dichos deflectores 222 está centrado, o sustancialmente centrado, sobre el elemento 220 respectivo (por ejemplo, está alineado con el eje longitudinal del elemento, eje que ha sido descrito previamente para ejemplos de realización). El deflector 222, así implementado y dispuesto, desvía una parte seleccionada del refrigerante 204 para que fluya al elemento 220 respectivo. Dicha desviación tenderá a provocar turbulencias en el refrigerante (por ejemplo, remolinos en el entorno), lo cual junto con el contacto directo, enfría el dispositivo 19. Si bien en este caso se indica turbulencia, generalmente la utilización de la turbulencia contempla un equilibrio de sus beneficios (por ejemplo, característica de refrigeración mejorada) frente a sus inconvenientes.

35 Los expertos en la materia reconocerán que son posibles muchas modificaciones y variaciones en los detalles, materiales y disposiciones de las piezas y acciones que han sido descritas e ilustradas para explicar la naturaleza de esta invención, y que dichas modificaciones y variaciones no se apartan del alcance de las explicaciones y reivindicaciones contenidas en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Una matriz densa de dispositivos semiconductores (19, 50, 70) emisores de luz, proporcionando la matriz una salida radiante (24) dirigida a una pieza de trabajo (26), comprendiendo la matriz:
- 5 una serie de primeros elementos micro-reflectores (54, 74, 102, 150, 200) en los que, por lo menos, uno de dichos elementos micro-reflectores tiene uno o una serie de dispositivos semiconductores emisores de luz asociados, teniendo cada uno de dichos elementos micro-reflectores una parte superior (55, 106), una parte inferior (57, 104) y una parte de transición dispuesta entre las partes superior e inferior, incluyendo cada uno de dichos elementos un borde de empaquetamiento (60, 86, 110) dispuesto en la parte superior, teniendo el borde de empaquetamiento una forma de perímetro, teniendo cada uno de dichos elementos
- 10 una forma volumétrica básica, forma volumétrica cuya sección transversal tiene un contorno que difiere de la forma de perímetro del borde de empaquetamiento y en donde, en la parte de transición, la sección transversal de la forma volumétrica realiza una transición para proporcionar la forma de perímetro, caracterizada porque dicha serie de primeros elementos micro-reflectores (54, 74, 102, 150) incluyen ranuras (202) dispuestas en la parte inferior, ranuras (202) a través de las cuales fluye refrigerante para refrigerar directamente los dispositivos semiconductores.
- 15
2. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que por lo menos uno de dichos elementos micro-reflectores (54, 74, 102, 150, 200) tiene tres diodos emisores de luz, emitiendo uno de dichos diodos en el espectro rojo, emitiendo uno en el espectro verde y emitiendo uno en el espectro azul.
3. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que óptica de acoplamiento interpuesta entre los dispositivos semiconductores (19, 56, 76 100, 156) y la pieza de trabajo (26) comprende una estructura de lente.
- 20
4. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que la forma volumétrica base está correlacionada con una superficie de revolución.
5. La matriz densa de la reivindicación 4, en la que la forma volumétrica comprende, por lo menos, una forma parabólica, una forma hemisférica y una forma cónica.
- 25
6. La matriz densa de la reivindicación 4, en la que la forma volumétrica está truncada en una o ambas de las partes inferior y superior del elemento.
7. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que la forma volumétrica básica está correlacionada con un poliedro.
8. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que la parte de transición exhibe una transición intermedia, suave o escalonada.
- 30
9. La matriz densa de la reivindicación 8, en la que, en la interfaz entre la parte de transición y la parte superior (55, 106), la sección transversal del elemento tiene un contorno congruente con la forma de perímetro del borde de empaquetamiento (60, 86, 110).
- 35
10. La matriz densa de la reivindicación 1, que comprende además una serie de segundos elementos micro-reflectores, teniendo cada uno de dichos segundos elementos micro-reflectores una parte superior, una parte inferior y una parte de transición dispuesta entre las partes superior e inferior, incluyendo cada uno de dichos segundos elementos micro-reflectores un borde de empaquetamiento dispuesto en la parte superior, teniendo el borde de empaquetamiento una forma de perímetro, teniendo cada uno de dichos segundos elementos micro-reflectores una forma volumétrica básica, forma volumétrica cuya sección transversal tiene un contorno que difiere de la forma del perímetro del borde de empaquetamiento y en donde, en la parte de transición, la sección transversal de la forma volumétrica realiza una transición para proporcionar la forma del perímetro, y en donde la forma del perímetro de la serie de segundos elementos micro-reflectores difiere de la forma del perímetro de la serie de primeros elementos micro-reflectores.
- 40
11. La matriz densa de la reivindicación 1, en la que la forma del perímetro es un polígono.
- 45
12. Un sistema fotorreactivo, proporcionando el sistema (10) una salida radiante (24) dirigida a una pieza de trabajo (26) en asociación con una fotorreacción, comprendiendo el sistema (10):
- un subsistema emisor de luz, incluyendo el subsistema emisor de luz una matriz de dispositivos semiconductores (19, 50, 70) emisores de luz acordes con una de las reivindicaciones 1 a 13.3.

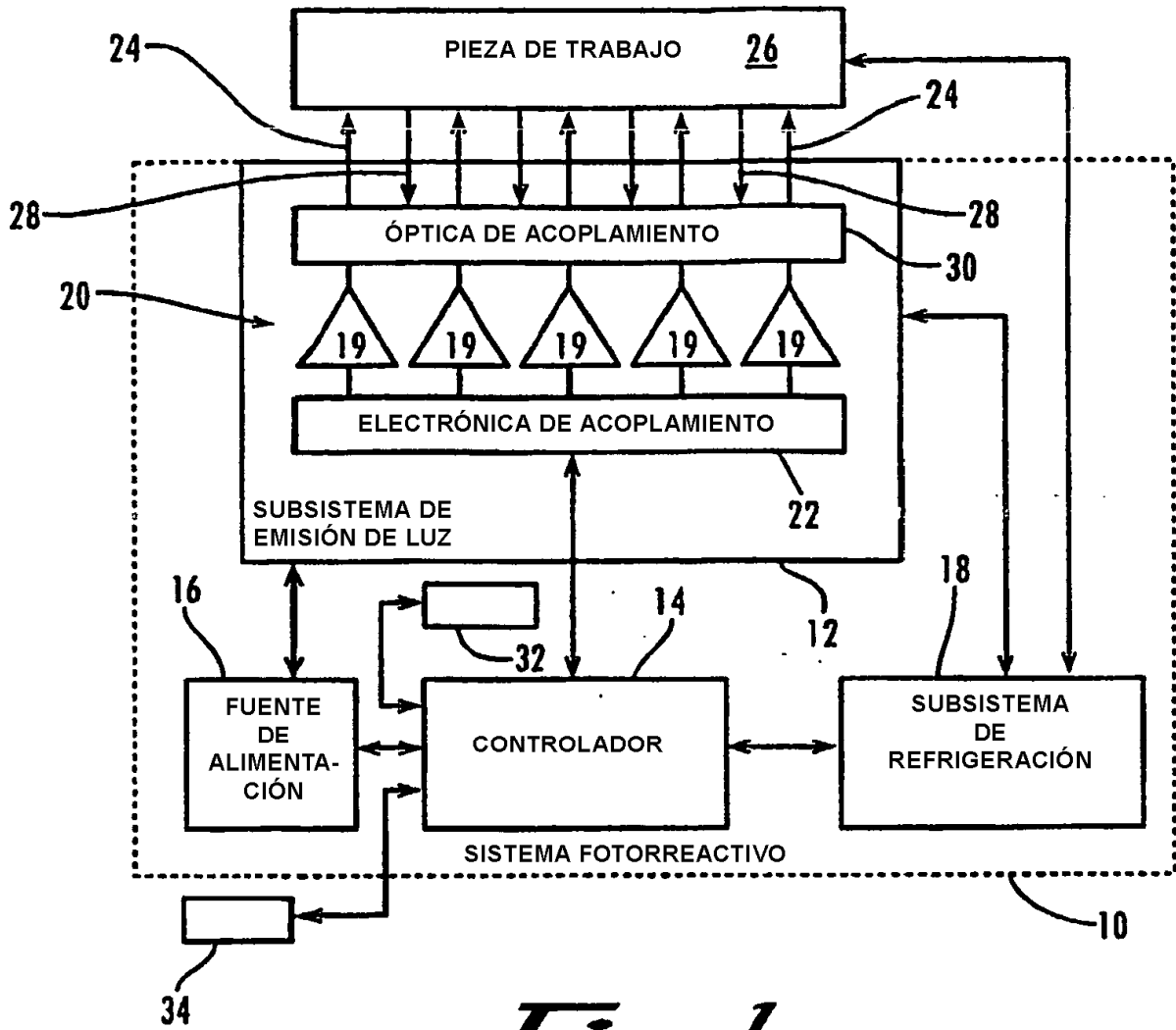


Fig. 1

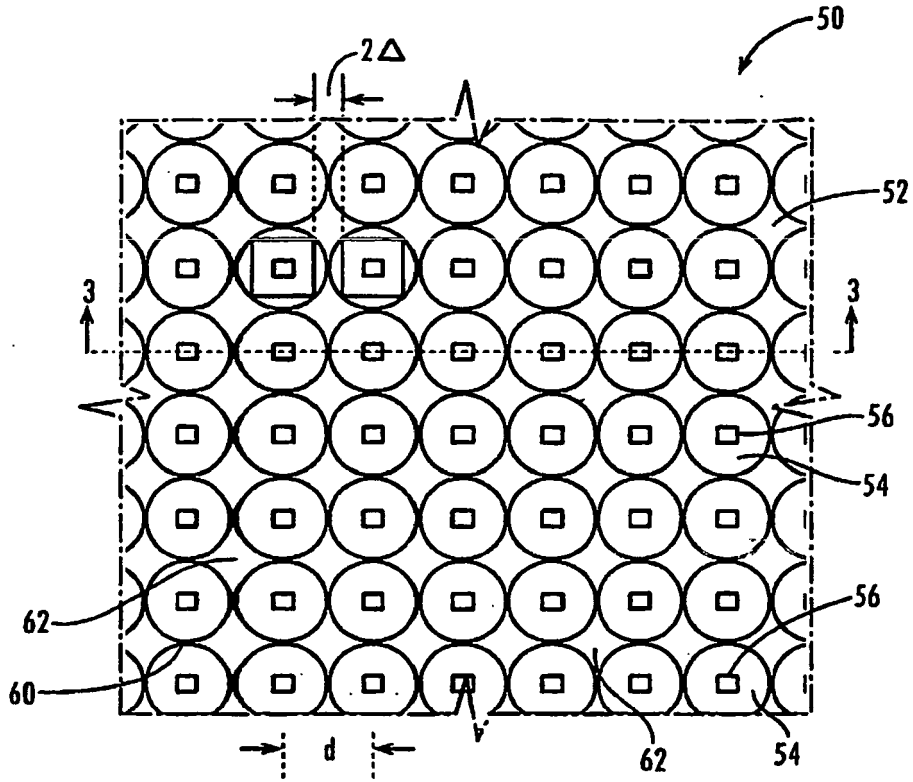


Fig. 2

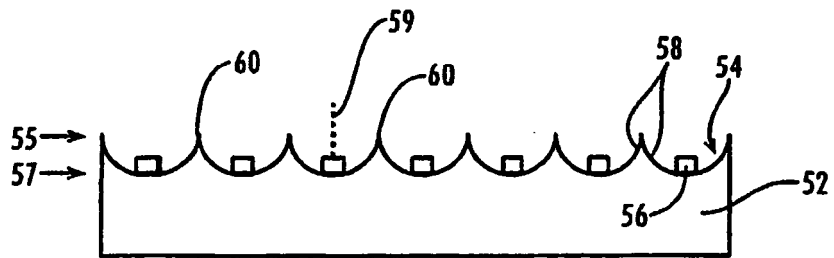


Fig. 3

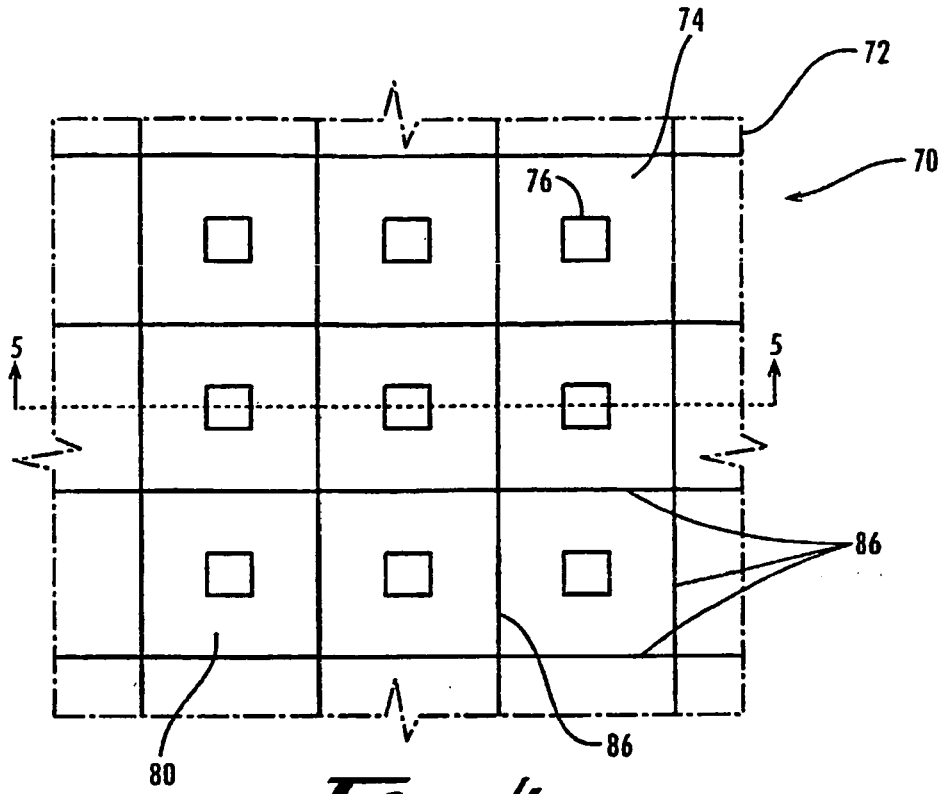


Fig. 4

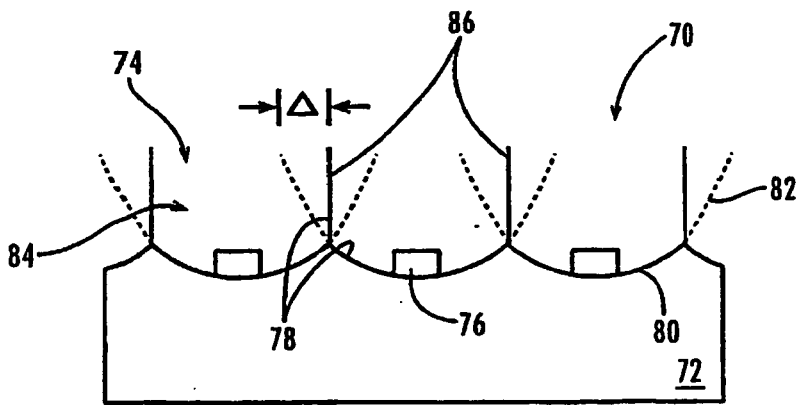


Fig. 5

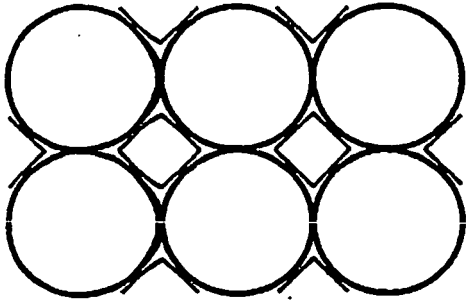


Fig. 7A

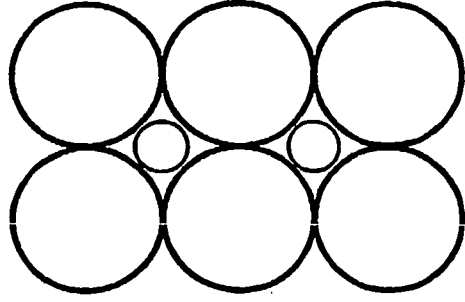


Fig. 7B

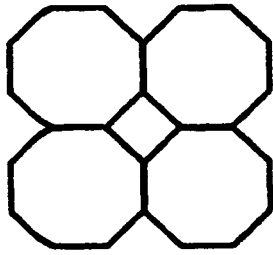


Fig. 7C

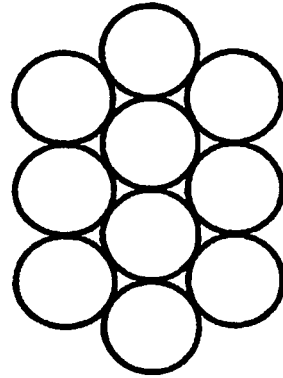


Fig. 7D

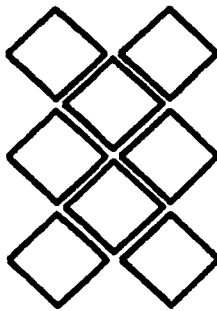


Fig. 7E

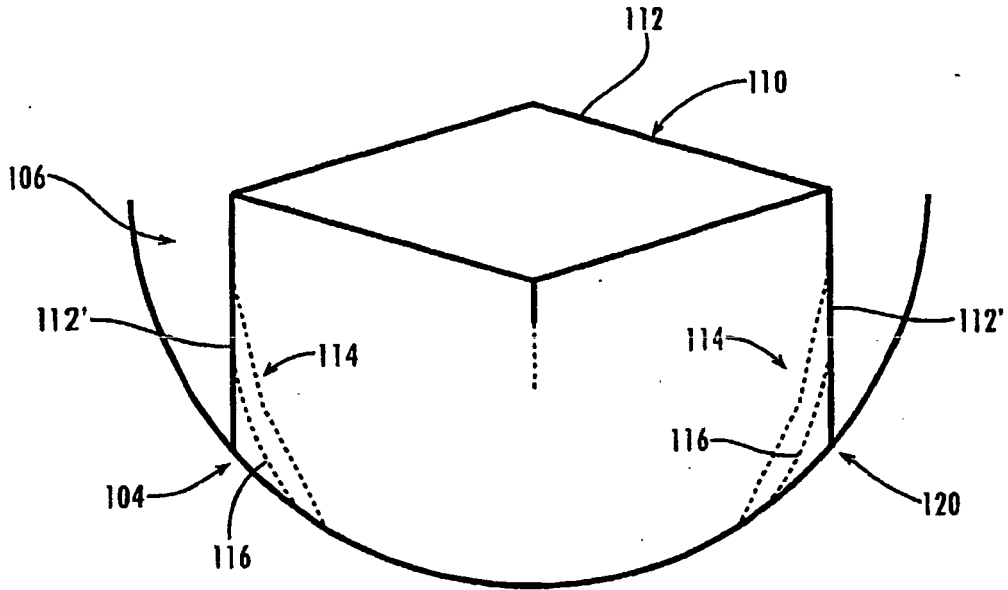


Fig. 8

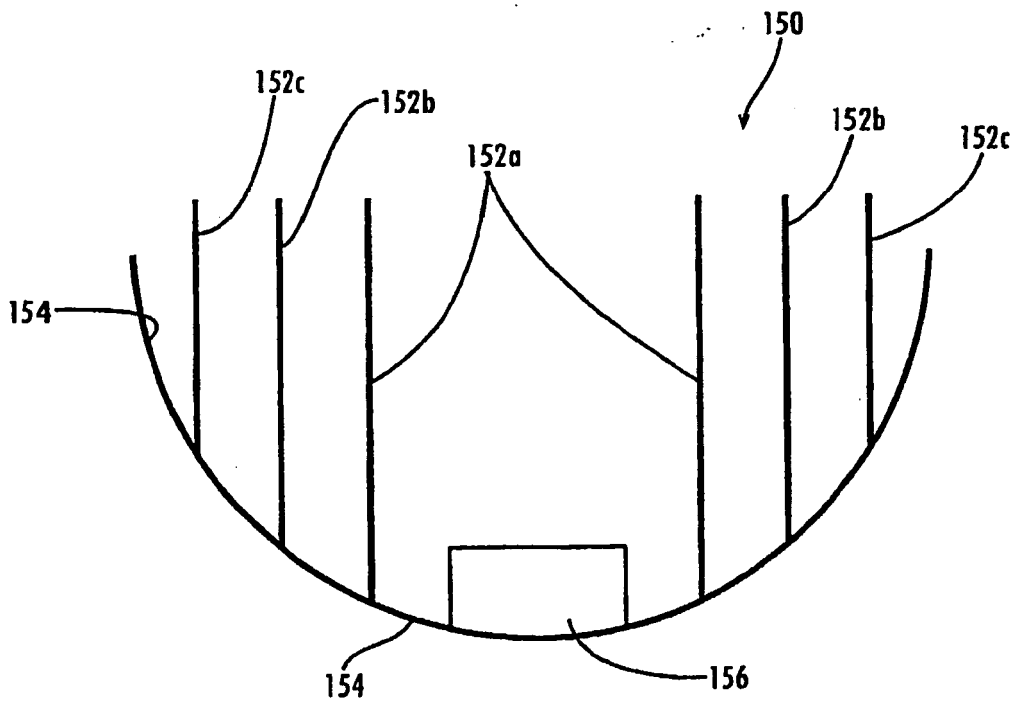


Fig. 9

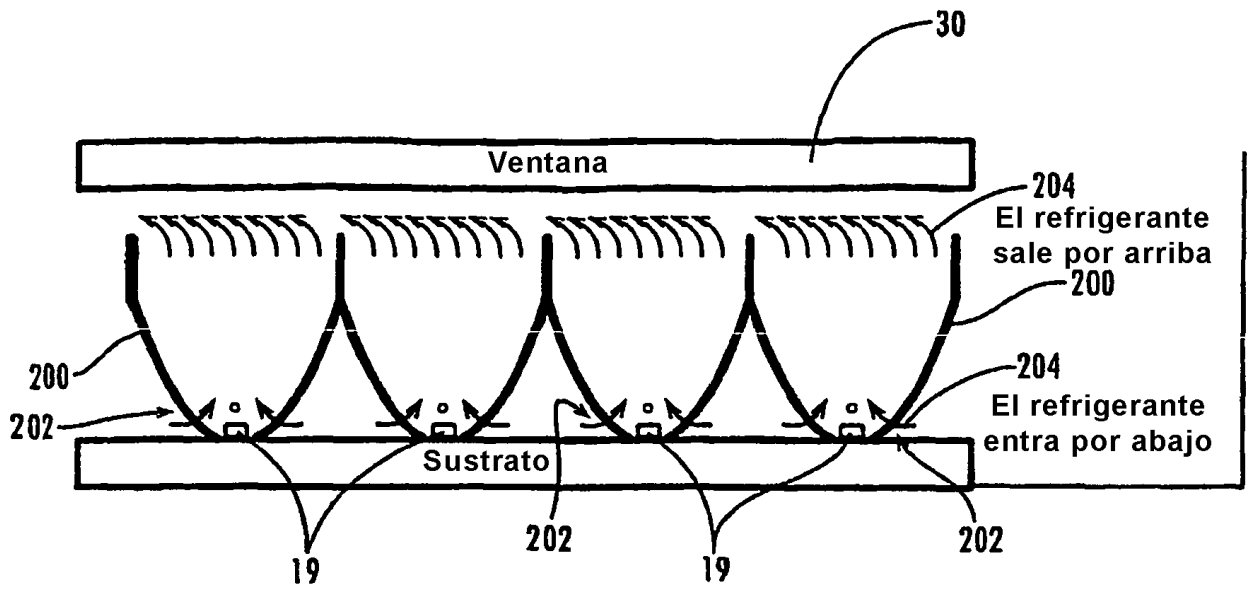


Fig. 10

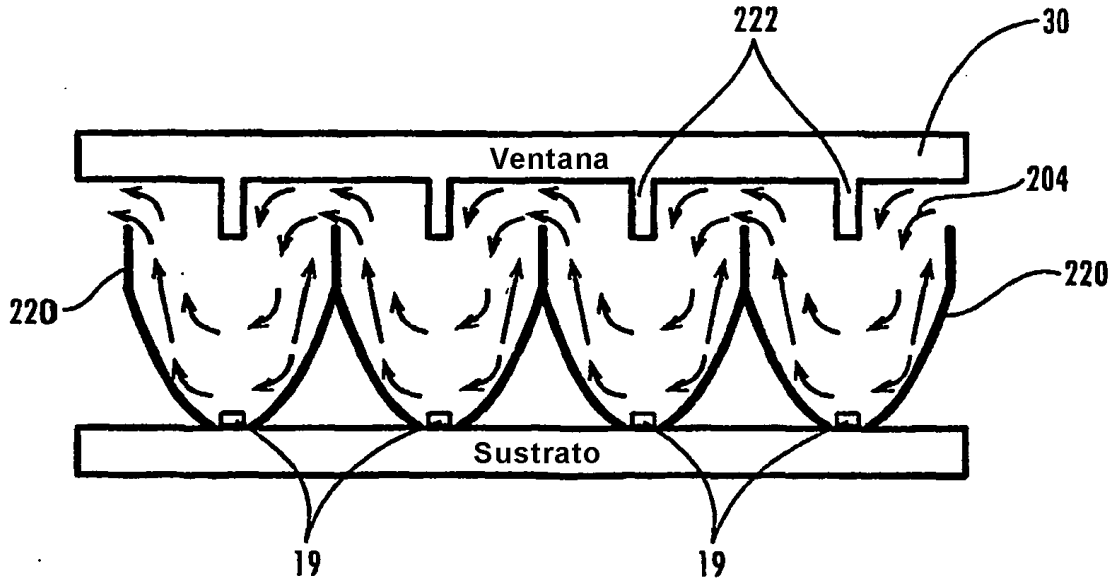


Fig. 11