

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 984**

51 Int. Cl.:

**G03F 7/20** (2006.01)

**G02B 26/04** (2006.01)

**G06K 15/12** (2006.01)

**B41J 2/445** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04731131 .1**

96 Fecha de presentación: **05.05.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1756671**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.02.2007**

54 Título: **Método para habilitar la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.08.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.08.2012**

73 Titular/es:  
**SIGN-TRONIC AG  
BÖSCHACHSTRASSE 117  
9443 WIDNAU, CH**

72 Inventor/es:  
**SEJERSEN, Niels, Borgbjerg;  
LARSEN, Niels, Holm y  
GLENT-MADSEN, Henrik**

74 Agente/Representante:  
**Linage González, Rafael**

ES 2 385 984 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**

Método para habilitar la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a habilitar la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas a al menos dos puntos sensibles a la luz, en el contexto de disposiciones de iluminación que comprenden fuentes de luz de intensidad variable.

10

**Antecedentes de la invención**

En varios campos técnicos, la iluminación es o bien el fin principal o bien se utiliza como una herramienta para obtener resultados deseados. Las aplicaciones comprenden, por ejemplo, proyección de imágenes y películas, fotolitografía, aplicaciones de ordenador a plancha, serigrafía, otras aplicaciones fotográficas tales como la producción de placas de circuitos impresos, etc., fotólisis, prototipado rápido, fabricación rápida, comunicación y muchas otras.

15

Existen muchas categorías y tipos de fuentes de luz con fines de iluminación, las cuales se fabrican con diferentes fines específicos y que normalmente no pueden satisfacer otras necesidades. Objetivos de interés pueden ser la potencia nominal, la eficacia luminosa, la estabilidad de la intensidad luminosa, la precisión del punto de emisión, la reproducción de los colores, etc. Por ejemplo, las lámparas de arco corto, es decir, lámparas de descarga de alta presión, se utilizan en muchas aplicaciones debido a que pueden ofrecer una alta potencia nominal, una alta eficacia luminosa, una excelente reproducción de los colores y un punto de emisión muy pequeño. Desafortunadamente, su fabricación provoca el desplazamiento de material de los electrodos, haciendo que sus tensiones nominales cambien durante el uso, su vida útil se reduzca y que el punto de emisión, es decir, el arco, fluctúe. Estos problemas son ampliamente conocidos en la técnica y son afrontados de varias maneras, algunas de las cuales incluyen el uso de corriente de excitación alterna y/o de picos de corriente frecuentes. Otras soluciones generan nuevos problemas y, en el ejemplo de las lámparas de arco corto, los picos de corriente provocan que la intensidad luminosa emitida fluctúe.

20

25

30

De las aplicaciones de iluminación mencionadas anteriormente, algunas utilizan fuentes de luz que establecen haces de luz que tienen una intensidad luminosa fluctuante y/o un punto de emisión fluctuante, ya sea porque se utilizan intencionadamente en productos de baja calidad o porque puede considerarse que las fluctuaciones son insignificantes para un uso específico. Por ejemplo, para la utilización en proyectores de cine, una intensidad luminosa ligeramente fluctuante puede ser aceptable ya que el haz de luz se utiliza para iluminar la misma zona constantemente, por cuya razón el ojo humano no puede percibir los cambios y, además, las imágenes proyectadas cambian a gran velocidad. Sin embargo, tales fluctuaciones no pueden ser aceptables para usos específicos de un proyector de alta calidad.

35

40

En campos como, por ejemplo, la fotolitografía y otras técnicas en las que la región que queda expuesta sólo se ilumina poco a poco, las fluctuaciones de la intensidad luminosa pueden considerarse inaceptables. Esto se debe a que las diferentes regiones del medio expuesto, por ejemplo una plancha de impresión, se iluminan por turnos, lo que hace posible que una región se ilumine con un nivel de intensidad y la región adyacente se ilumine con otro. Esto puede provocar que el resultado parezca incoherente, y la probable periodicidad de los cambios de intensidad puede provocar incluso que se generen rayas u otros patrones periódicos visibles.

45

Uno de los diversos objetos de la presente invención es establecer medios de compensación para facilitar el uso de fuentes de luz con intensidad luminosa variable, por ejemplo, lámparas de arco corto con una intensidad adicional en los momentos de máximo suministro, en aplicaciones en las que normalmente solo se utilizan lámparas de intensidad constante.

50

Uno de los diversos objetos de la presente invención es establecer medios que se adapten a cambios en tiempo real en el nivel en que se producen periódicamente una intensidad luminosa adicional en un haz de luz y facilitar de este modo la compensación con el fin de utilizar tal haz de luz en aplicaciones en las que normalmente solo se utilizan haces de luz de intensidad constante. Uno de los diversos objetos de la presente invención es facilitar una transmisión de luz uniforme mejorada a través de un modulador de luz espacial tal como, por ejemplo, un modulador DMD.

55

**60 Sumario de la invención**

La invención se refiere a un método para habilitar la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas desde al menos una fuente de luz LS hasta al menos dos puntos sensibles a la luz LSP, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

65

Según la presente invención, las desventajas de utilizar fuentes de luz de intensidad variable, por ejemplo lámparas

de arco corto con una fuente de alimentación con valores pico, pueden superarse y, en una realización preferida, incluso de tal manera que las intensidades pico se utilizan para conseguir una eficiencia óptima.

5 Según la presente invención, la energía se transmite a puntos sensibles a la luz mediante la acumulación de intensidad de luz en el tiempo. Por tanto, el control de la cantidad de energía comprende básicamente controlar la intensidad y el tiempo de exposición.

10 La luz que se origina en las fuentes de luz según la presente invención puede comprender intensidades que varían en el tiempo, es decir, centelleos, probablemente a una velocidad no perceptible por el ojo humano, y/o en el espacio, es decir, una distribución de intensidad no uniforme. Un objeto de la presente invención es afrontar de manera particular las desventajas de las variaciones de intensidad que se producen en el tiempo.

15 Con el fin de habilitar el uso de fuentes de luz con valores pico y de utilizar incluso las variaciones de intensidad, debe haber una correlación entre las variaciones y los medios de control de cantidad de energía. Sin embargo, esta correlación puede establecerse entre las variaciones de intensidad y una o más de diversas características controlables de las disposiciones de iluminación, o la correlación puede establecerse incluso controlando las variaciones de intensidad.

20 De observarse que los términos 'disposición de iluminación' y 'disposición de modulación de luz' se utilizan en lo sucesivo para sustancialmente el mismo tipo de medio.

25 Según la presente invención, las variaciones de intensidad de la fuente de luz comprenden picos de intensidad sustancialmente periódicos, como los que el excitador de lámpara puede provocar intencionadamente con el fin de prolongar la vida útil de la lámpara. Puesto que algunos excitadores de lámpara pueden controlarse, en algunas aplicaciones es posible controlar los picos de intensidad periódicos, pero sigue siendo imposible el poder evitarlos.

30 Según la presente invención, la disposición de iluminación se desplaza preferentemente con respecto a los puntos sensibles a la luz en una dirección paralela a un plano que comprende los puntos sensibles a la luz, es decir, un medio sensible a la luz. Por tanto, algunas de las diversas características que pueden controlarse para establecer la correlación con los tiempos de valores pico son características del movimiento, por ejemplo la velocidad y la dirección, y también el ancho del esquema de modulación de luz, es decir, el número de moduladores en cada fila.

35 Cuando dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dichas características de dicho momento relativo de manera sincronizada con dichas variaciones de intensidad en el tiempo, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

Según la presente invención, las características del movimiento, por ejemplo la velocidad y la dirección, pueden controlarse para establecer la correlación.

40 Cuando dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dichas variaciones de intensidad en el tiempo de manera sincronizada con dichas características de dicho movimiento relativo, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

45 Según la presente invención, las variaciones de intensidad, por ejemplo picos de intensidad periódicos, pueden controlarse para establecer la correlación con las características del movimiento, por ejemplo la velocidad y la dirección.

50 Según la presente invención, la correlación comprende un número entero de picos de intensidad periódicos que se producen durante la iluminación de cada punto sensible a la luz. De este modo, cada punto sensible a la luz puede recibir una cantidad de energía prácticamente idéntica.

55 Cuando dicha disposición de iluminación 1 comprende al menos un medio de modulación de luz 3, y cuando dicha al menos una característica de dicha disposición de iluminación comprende características de dichos medios de modulación de luz, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

60 Características de un medio de modulación de luz comprenden, por ejemplo, la información de control de modulación de luz actual, los tiempos de modulación, la extensión espacial de la modulación, las propiedades de la luz, por ejemplo intensidad, frecuencia, etc., que se modulan, etc. Según la presente invención, tales características pueden controlarse para establecer una correlación con las variaciones de intensidad de la fuente de luz.

65 Cuando dicho al menos un medio de modulación de luz 3 comprende al menos un modulador de luz espacial que comprende una pluralidad de moduladores de luz LM, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

El modulador de luz espacial utilizado en una realización preferida de la presente invención es un chip DMD. Comprende una pluralidad de microespejos, es decir, moduladores de luz LM. Las características específicas de un modulador de luz espacial que comprende una pluralidad de moduladores de luz comprenden, por ejemplo, qué

modulares de luz habilitar o inhabilitar, tiempos de habilitación individuales para cada modulador de luz, etc. Según la presente invención, tales características pueden controlarse con el fin de establecer una correlación con las variaciones de intensidad de la fuente de luz.

- 5 Cuando dicho control de dicha transmisión mediante dicha al menos una disposición de iluminación 1 comprende controlar dichas características de dichos al menos un medio de modulación de luz 3 al menos parcialmente en función de al menos una máscara de modulación MM que define los modulares de luz que van a inhibirse, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 10 Según la presente invención, el control de las características de los medios de modulación de luz se consigue preferentemente a través del uso de máscaras de modulación. Tales máscaras de modulación pueden comprender, por ejemplo, información de estados forzados de determinados moduladores de luz, y pueden cargarse en los medios de modulación de luz combinándose con el mapa de bits de imágenes de utilidad, estableciendo de este modo un mapa de bits compuesto que va a cargarse.
- 15 Cuando dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dicha al menos una máscara de modulación MM para que dichas características de dicho al menos un medio de modulación de luz 3 se controlen de manera sincronizada con dichas variaciones de intensidad en el tiempo, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 20 Según la presente invención, la máscara de modulación puede adaptarse para correlacionarse con las variaciones de intensidad. Tales adaptaciones pueden predeterminarse o determinarse durante la exposición, y pueden comprender una adaptación permanente o varias adaptaciones durante la exposición.
- 25 Cuando dicha adaptación de dicha al menos una máscara de modulación MM se lleva a cabo de manera continua, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 30 Según la presente invención, la máscara de modulación se adapta de manera continua, en correlación con las variaciones de intensidad. Las adaptaciones pueden comprender elegir entre máscaras de modulación predeterminadas de un banco de máscaras de modulación, determinar ajustes de máscara de modulación sobre la marcha, desplazar una máscara de modulación a cualquier lado, etc. La adaptación también puede comprender ajustes adaptativos según variaciones en la periodicidad de las variaciones de intensidad.
- 35 Cuando dicha adaptación de dicha al menos una máscara de modulación MM comprende elegir una máscara de modulación predefinida de un banco de máscaras de modulación, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 40 Cuando dicha al menos una máscara de modulación MM comprende además información de control para evitar transmisiones de energía no uniformes debidas a variaciones de intensidad en el espacio provocadas por dichos medios de modulación de luz o por características ópticas de dicha disposición de iluminación 1, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 45 Según la presente invención, la máscara de modulación puede establecer además una correlación de características de disposición de iluminación con las variaciones de intensidad producidas en el tiempo, lo que comprende preferentemente información para tratar las variaciones de intensidad espaciales.
- 50 Cuando dicho establecimiento de una correlación comprende reorganizar dicha información de control en el tiempo, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 55 Según la presente invención, las variaciones de intensidad espaciales que tratan la información pueden reorganizarse en el tiempo, es decir, conmutando entre diferentes máscaras de modulación que comprenden información de control ubicada de diferente manera en el tiempo.
- 60 Cuando dicho establecimiento de una correlación comprende reorganizar dicha información de control en el espacio, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 65 Según la presente invención, las variaciones de intensidad espaciales que tratan la información pueden reorganizarse en el espacio, es decir, desplazando la información de control a cualquier lado, aleatorizando la información de control, etc.
- La presente invención se refiere además a una disposición de iluminación para controlar la transmisión de energía a al menos dos puntos de luz sensibles a la luz LSP, como se define en la reivindicación 11.
- Según la presente invención, pueden habilitarse disposiciones de iluminación para transmitir cantidades de energía prácticamente idénticas a puntos sensibles a la luz, superando de ese modo las desventajas de las fuentes de luz de intensidad variable.

- Según la presente invención, una disposición de iluminación, denominada también como una disposición de modulación de luz, comprende preferentemente medios para establecer un haz de luz, modular el haz de luz en una pluralidad de haces de luz controlados individualmente, y dirigir los haces de luz hacia un medio sensible a la luz.
- 5 Cuando dicha disposición de iluminación comprende al menos una fuente de luz LS, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- Según la presente invención, el excitador de la fuente de luz puede establecer intencionadamente variaciones de intensidad periódicas. Mediante la presente invención, las desventajas de este inconveniente frecuentemente necesario pueden convertirse en una iluminación más eficiente de los medios sensibles a la luz.
- 10 Cuando dicho al menos un medio de modulación de luz espacial 3 comprende un chip DMD, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 15 Cuando dicho al menos un medio de modulación de luz espacial 3 comprende un conjunto de obturadores micromecánicos, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- Según la presente invención, la disposición de iluminación se desplaza preferentemente con respecto a los puntos sensibles a la luz en una dirección paralela a un plano que comprende los puntos sensibles a la luz, es decir, un medio sensible a la luz.
- 20 Según la presente invención, pueden garantizarse cantidades de energía idénticas mediante las características del movimiento, por ejemplo la velocidad y la dirección, y además por el acho del esquema de modulación de luz, es decir, el número de moduladores de luz en cada fila.
- 25 Según la invención, el control del movimiento, por ejemplo la velocidad y la dirección, debe provocar preferentemente que el movimiento se sincronice con las variaciones de intensidad.
- 30 Cuando dicha transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas a cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz LSP se habilita al menos parcialmente controlando dichos medios de modulación de luz 3, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- Según la presente invención, controlar los medios de modulación de luz puede garantizar cantidades de energía prácticamente idénticas. Las características que pueden controlarse comprenden, por ejemplo, qué moduladores de luz habilitar o inhabilitar y los tiempos de habilitación de cada modulador de luz. El control puede comprender además características tales como atenuación de intensidad, filtros de longitud de onda, etc.
- 35 Cuando dichos medios de modulación de luz 3 comprenden aplicar al menos una máscara de modulación MM, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 40 Según la presente invención, las máscaras de modulación se utilizan preferentemente para controlar los medios de modulación de luz. Una máscara de modulación puede comprender, por ejemplo, información de control de cada modulador de luz de los medios de modulación de luz, tal como una inhabilitación o habilitación forzosa de cada modulador de luz. La máscara de modulación puede cargarse preferentemente en los medios de modulación de luz combinándose con el mapa de bits de utilidad que va a exponerse, y después cargando el mapa de bits compuesto.
- 45 Cuando dicha al menos una máscara de modulación MM se establece en función de las características de dichas variaciones de intensidad periódicas, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 50 Según la presente invención, las propiedades de una máscara de modulación se determinan preferentemente en función de las características de las variaciones de intensidad, por ejemplo la frecuencia, las duraciones, etc. Por lo tanto puede establecerse una correlación entre las variaciones de intensidad y el control de los medios de modulación de luz, permitiendo la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas.
- 55 Cuando dicha al menos una máscara de modulación MM comprende además información de control para tratar desventajas adicionales de dicha disposición de iluminación, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.
- 60 Según la presente invención, desventajas adicionales de la disposición de iluminación pueden comprender limitaciones en el diseño óptico, en los medios de modulación de luz, entre otras, provocando normalmente que la distribución de intensidad de luz a través del esquema de modulación de luz no sea uniforme, y provocando además normalmente una distorsión no lineal o asimétrica en los bordes y en las esquinas del esquema de modulación de luz.
- 65 Según la presente invención, las máscaras de modulación pueden establecerse de tal manera que puedan

afrontarse tanto las variaciones de intensidad producidas en el tiempo como las desventajas adicionales de la disposición de iluminación.

5 Cuando dicho control de dicho medio de modulación de luz 3 comprende reorganizar dicha información de control para tratar desventajas adicionales, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

10 Según la presente invención, el control de los medios de modulación de luz comprende reorganizar la información para tratar las desventajas adicionales. Por lo tanto, esta información de control se conserva, aunque sujeta a cambios, con el fin de afrontar ambos problemas.

10 Cuando la disposición de iluminación comprende medios para llevar a cabo el método descrito anteriormente, se obtiene una realización ventajosa de la presente invención.

### 15 **Los dibujos**

15 A continuación se describirá la invención con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1A ilustra una realización de una disposición de modulación de luz,

20 la figura 1B ilustra un patrón de movimiento preferido de la disposición,

la figura 2A ilustra un ejemplo de un esquema de modulación de luz,

25 la figura 2B ilustra el movimiento del esquema de modulación de luz con respecto a un medio,

la figura 3A ilustra diagramas de tiempo de la fuente de luz,

la figura 3B ilustra diagramas de tiempo adicionales de la fuente de luz,

30 la figura 4 ilustra desventajas de técnicas conocidas,

la figura 5 ilustra el efecto de una realización de la presente invención,

35 la figura 6 ilustra una medición de distribución de intensidad a través de un esquema de modulación de luz,

las figuras 7A a 7C ilustran ejemplos de máscaras de modulación,

la figura 8A ilustra un ejemplo adicional de una máscara de modulación,

40 la figura 8B ilustra el movimiento de la máscara de modulación a través de un medio,

la figura 8C ilustra el resultado de la iluminación en función de la máscara de modulación,

45 la figura 9A ilustra un banco de máscaras de modulación,

la figura 9B ilustra la circulación a través del banco de máscaras durante la exposición, y

la figura 9C ilustra un resultado de iluminación en función de un banco de máscaras de modulación.

### 50 **Descripción detallada**

Las figuras 1A y 1B ilustran una aplicación preferida de la presente invención. La figura 1A ilustra una disposición de modulación de luz 1 utilizada para fines de fotolitografía, es decir, normalmente para la exposición de planchas de impresión. Una primera parte 2 de la disposición 1 produce un haz de luz enfocado y uniforme. Comprende una fuente de luz LS, un excitador de lámpara LD, un soplador 25 y un ventilador 26, un filtro y cristal de protección 21, un obturador 22, una varilla de integración de luz 23 y dispositivos ópticos de conformación de haz 24.

60 El tipo de fuente de luz LS depende, entre otras cosas, del tipo de plancha que vaya a quedar expuesta. Posibles tipos comprenden bombillas de arco corto convencionales, fuentes de láser, conjuntos de diodos, etc. Una lámpara convencional preferida puede tener un consumo de energía de 270W, pero la presente invención no está limitada de ninguna manera a este valor o a los tipos de lámpara mencionados. Pueden considerarse alternativas tales como 250 W y 350 W, por ejemplo.

65 La luz procedente de la fuente de luz LS se transmite a través de un filtro 21 (por ejemplo un filtro IR o UV, dependiendo de la aplicación) que funciona como un filtro de interferencias y a través de un mecanismo obturador 22 que hace posible interrumpir el haz de luz sin apagar la lámpara. Esto es importante, ya que casi todos los tipos

de lámparas necesitan algo de tiempo para estabilizarse después del encendido. Un soplador 25 y un ventilador 26 garantizan la refrigeración de la lámpara LS.

5 Después, el haz de luz se transmite a través de una varilla de integración de luz 23. Por lo tanto, la luz se mezcla haciendo que la luz a través del haz sea uniforme con respecto a la intensidad. Esto garantiza que la luz en la periferia del haz tenga sustancialmente la misma intensidad que la luz en el centro del haz. Después de que la luz salga de la varilla de integración de luz 23, se enfoca mediante los dispositivos ópticos de conformación de haz 24.

10 La siguiente parte de la disposición 1 modula el haz de luz para reflejar los datos de imágenes almacenados electrónicamente. Comprende un medio de modulación de luz 3 y un medio 35 para dirigir el haz de luz no modulado hacia el medio de modulación de luz 3 sin perturbar su salida de haz de luz modulado.

15 Un medio de modulación de luz adecuado 3 comprende moduladores de luz espaciales con microespejos, por ejemplo moduladores DMD o moduladores GLV, moduladores de luz espaciales transmisivos con obturadores, incluyendo obturadores micromecánicos, etc. Para la realización preferida de la figura 1A, un chip de modulación de luz DMD 31 está montado en una PCB 32 con una placa de refrigeración 33 y un sensor de temperatura 34.

20 El medio de direccionamiento de luz 35 depende del tipo de medio de modulación de luz 3 utilizado. Para medios de modulación de luz transmisivos, el haz de luz no modulado se dirige hacia un lado del medio de modulación de luz, y el haz de luz modulado se emite desde el otro lado. En una disposición de este tipo, el medio de direccionamiento de luz 35 puede omitirse.

25 En los moduladores DMD, el haz de luz no modulado se dirige hacia el mismo punto al que se emite el haz de luz modulado. Esto necesita la utilización del medio de direccionamiento de luz 35. En la realización preferida de la figura 1A se utiliza un prisma TIR para el medio de direccionamiento de luz. TIR es una abreviación que significa en inglés 'reflexión interna total'. Un prisma TIR comprende una superficie 36 que actúa como un espejo para la luz que proviene de una dirección (desde la izquierda en esta realización específica) y que deja pasar la luz que proviene de otra dirección (desde arriba en esta realización específica).

30 La última parte 4 de la disposición 1 enfoca los múltiples haces de luz modulados emitidos desde el medio de modulación de luz 31 a través del medio de direccionamiento de luz 35 sobre una superficie de iluminación 5, por ejemplo una plancha de impresión. Comprende un conjunto de lentes/una macro lente 41 ubicada(s) dentro de un alojamiento 4.

35 La Figura 1B ilustra cómo la disposición de modulación de luz 1 de la figura 1A puede utilizarse para la exposición de una plancha de impresión u otro tipo de medio sensible a la luz 5. Por motivos de claridad, en la figura 1B solo se muestra el medio de modulación de luz 3 y el alojamiento de lentes 4 de la disposición 1. Además, la figura muestra un esquema de modulación de luz LML establecido por la disposición de modulación de luz sobre la superficie del medio sensible a la luz 5. Para que todo el medio sensible a la luz 5 quede expuesto, el esquema de modulación de luz LML y, por lo tanto, la disposición de modulación de luz 1, y el medio sensible a la luz 5 deben moverse entre sí de manera que el esquema de modulación de luz cubra finalmente la parte de la plancha que necesita quedar expuesta. Esto se realiza preferentemente facilitando un movimiento de barrido, por ejemplo como el indicado por las líneas discontinuas, de la disposición de modulación de luz con respecto a la plancha, por ejemplo dejando que la disposición de modulación de luz recorra el ancho de la plancha, después haciendo que la plancha avance un paso a lo largo de su longitud y después llevando a cabo un segundo barrido en el sentido opuesto al anterior, y así sucesivamente.

50 Debe observarse que la presente invención tiene varios usos adicionales a los descritos anteriormente con referencia a las figuras 1A y 1B. Además, puede utilizarse de manera ventajosa, por ejemplo, para la exposición de placas de circuito impreso con relación a la fabricación de tales placas, un prototipado rápido, es decir, la fabricación de modelos tridimensionales mediante un proceso ampliamente conocido como prototipado rápido, la exposición de películas y de planchas descentradas, por ejemplo en aplicaciones de serigrafía, en procesos de fotoacabado, en aplicaciones biomédicas, por ejemplo para investigaciones relacionadas con perfiles de ADN, en señales y aplicaciones de proyección, en aplicaciones cinematográficas digitales, etc., y en cualquier otra aplicación o proceso que comprenda fuentes de luz y en los que sea importante un control preciso de la energía transmitida a un medio sensible a la luz.

60 La fuente de luz LS es preferentemente una lámpara de arco corto, es decir, una lámpara de descarga de alta presión, y en lo sucesivo se tratará como tal aunque, dentro del alcance de la presente invención, puede ser cualquier dispositivo de emisión de luz que comprende, por ejemplo, lámparas incandescentes de cualquier tipo, lámparas fluorescentes, diodos de emisión de luz (LED), emisores de láser, etc. La lámpara de arco corto puede ser de cualquier tipo, por ejemplo, lámparas de halógenos metálicos, lámparas de vapor de mercurio o lámparas de vapor de sodio, etc., y es preferentemente una lámpara de corriente alterna (CA), pero también puede estar dentro del alcance de la invención una lámpara de corriente directa (CC) o una lámpara con requisitos de potencia más sofisticados. La fuente de luz está dotada preferentemente de uno o más reflectores o de otros medios de direccionamiento de luz para establecer un haz de luz con una intensidad luminosa tan alta como sea posible.

El excitador de lámpara LD puede ser cualquier tipo de fuente de alimentación adecuada para excitar la fuente de luz particular. En el caso de una lámpara de arco corto como una fuente de luz, el excitador de lámpara LD establece preferentemente una corriente alterna (CA) con valores pico para aumentar la vida útil de la lámpara y estabilizar la posición del arco. Como alternativa, para una lámpara de arco corto adecuada, el excitador de lámpara LD puede establecer una corriente directa (CC) con valores pico u otra corriente o tensión variable, por ejemplo en forma de dientes de sierra. El excitador de lámpara LD es preferentemente una fuente de corriente, pero una fuente de tensión también puede estar dentro del alcance de la invención.

La fig. 2A ilustra un esquema de modulación de luz LML a modo de ejemplo. Comprende una distribución bidimensional de puntos de modulación de luz LMP. La distribución comprende una pluralidad de filas R0 a R1023 y una pluralidad de columnas C0 a C767. El número exacto de filas y de columnas puede ser cualquiera y para este ejemplo específico se ha elegido 1024 filas y 768 columnas, correspondientes a una resolución XGA. Por tanto, el esquema de modulación de luz LML de este ejemplo comprende 786.432 puntos de modulación de luz LMP. Otro ejemplo preferido es disponer 1280 filas y 1024 columnas, correspondientes a una resolución SXGA, o 1280 y 720 columnas, correspondientes a una resolución HD.

Debe observarse que el uso de los términos 'filas' y 'columnas' en esta patente puede ser diferente del uso en otra aplicación, por ejemplo relacionada con pantallas o monitores. En particular, el uso de los términos se intercambia en algunas aplicaciones.

Cada punto de modulación de luz LMP corresponde a un modulador de luz LM, por ejemplo un microespejo, del medio de modulación de luz 3, por ejemplo un chip DMD. El contenido, por ejemplo, luz o ausencia de luz, de cada punto de modulación de luz LMP corresponde directamente al ajuste del modulador de luz correspondiente LM, y puesto que cada modulador de luz LM puede controlarse de manera individual por el medio de modulación de luz 3, cada punto de modulación de luz LMP puede establecerse individualmente de manera correspondiente mediante el medio de modulación de luz 3. En una realización preferida de la disposición de modulación de luz, la presencia de luz en cada punto de modulación de luz LMP sólo se controla por el medio de modulación de luz 3, pero también está dentro del alcance de la invención dejar que el medio de modulación de luz controle otros parámetros de la luz tales como, por ejemplo, la intensidad o la longitud de onda (color), etc.

En una realización preferida de la disposición de modulación de luz de la figura 1A, el medio de modulación de luz 3 comprende un chip de modulación de luz DMD 31. La superficie del chip, que está expuesta al haz de luz no modulado, está cubierta por cientos, miles o millones de pequeños espejos dispuestos en una distribución bidimensional. Normalmente, un chip comprende 1024x768 espejos o 1280x1024 espejos. Cada espejo constituye un modulador de luz LM y puede dirigir la luz entrante en dos direcciones. Una primera dirección hacia los dispositivos ópticos 41 y el medio sensible a la luz 5, y una segunda dirección hacia algún material que absorbe luz. Por tanto, el haz de luz modulado consiste realmente en muchos subhaces, cada uno reflejándose desde uno de los pequeños espejos. Controlando la dirección de cada espejo, es decir, modulador de luz LM, es posible controlar cuál de los puntos de modulación de luz LMP del esquema de modulación de luz LML recibe luz en un momento específico.

Otras realizaciones de disposiciones de modulación de luz, de medios de modulación de luz, etc., por ejemplo la utilización de obturadores micromecánicos, más de un medio de modulación de luz, diferentes patrones de movimiento, etc., dentro del alcance de la presente invención, se dan a conocer en la solicitud de patente PCT publicada como WO 2004/021269, incorporada en este documento como referencia.

En la siguiente descripción, cuando se menciona que un modulador de luz LM está encendido o apagado, indica si ilumina o no su punto de modulación de luz correspondiente LMP. Además, la presente invención se describe a continuación en el contexto de una disposición de modulación de luz según la figura 1A, que comprende un modulador de luz espacial DMD, que establece un esquema de modulación de luz LML según la figura 2A y que sigue un patrón de movimiento según la figura 1B. Sin embargo, debe observarse que cualquier disposición de modulación de luz que comprenda cualquier medio de modulación de luz, que establezca cualquier tipo de esquema de modulación de luz y que siga cualquier patrón de movimiento está dentro del alcance de la presente invención.

La fig. 2B muestra cómo el patrón de movimiento de la figura 1B hace que cada punto LSP del medio sensible a la luz quede expuesto a la posible luz de varios moduladores de luz LM. Debe observarse que la referencia a puntos del medio sensible a la luz no se refiere necesariamente a puntos definidos físicamente en el medio, sino también a puntos definidos de manera lógica por el esquema de modulación de luz LML. Por lo tanto, el medio sensible a la luz puede tener realmente resoluciones de puntos de un tamaño significativamente menor, por ejemplo del tamaño de una molécula, que los puntos relevantes para la presente descripción.

Por motivos de claridad, el esquema de modulación de luz LML se muestra con muchos menos puntos de modulación de luz LMP que en una realización preferida. A medida que la disposición de modulación de luz, y por tanto el esquema de modulación de luz LML, se desplaza a través del medio sensible a la luz 5 en la dirección indicada por la flecha, cada punto del medio sensible a la luz recibe posiblemente luz desde varios moduladores de



luz, pero siempre desde moduladores de luz situados en la misma fila. Por ejemplo, un punto sensible a la luz LSP específico del medio sensible a la luz recibe luz solamente desde los moduladores de luz situados en la fila R2, que están activos en el momento en que están sobre ese punto LSP. Cuando el esquema de modulación de luz se ha desplazado sobre el punto LSP específico, ese punto ha recibido energía correspondiente a una acumulación basada en el tiempo de la intensidad de luz de cada modulador de luz de la fila R2 que está encendido. Sin embargo, cada punto puede recibir luz desde más de una fila de moduladores de luz LM si se utiliza un patrón de movimiento de superposición o si la disposición de modulación de luz comprende más de un medio de modulación de luz.

En una realización alternativa dentro del alcance de la presente invención, la disposición de modulación de luz 1 y, por tanto, el esquema de modulación de luz LML, pueden desplazarse por pasos sobre el medio sensible a la luz 5, donde cada paso corresponde preferentemente al ancho del esquema de modulación de luz LML. Por lo tanto, cada punto sensible a la luz LSP solo se ilumina una vez y solo mediante un modulador de luz LM. En esta realización alternativa, la acumulación de energía no depende por tanto del número de moduladores de luz que lo iluminan mediante un movimiento de barrido, sino del espacio de tiempo durante el cual un modulador de luz está situado (y encendido) sobre un punto sensible a la luz específico. Debe observarse que las combinaciones de los patrones de movimiento de barrido y por pasos y de cualquier otro patrón de desplazamiento y de iluminación están dentro del alcance de la presente invención.

Normalmente, el medio sensible a la luz 5, por ejemplo una plancha de impresión, queda expuesto mediante, por ejemplo, una disposición de modulación de luz basada en DMD 1, a una imagen deseada mediante las iteraciones de un algoritmo que comprende las etapas de:

(1) según información almacenada digitalmente referente a la imagen total o parcial que va a exponerse, establecer un mapa de bits que comprende ajustes para cada uno de los moduladores de luz LM para la posición relativa actual entre la disposición de modulación de luz 1 y el medio sensible a la luz 5,

(2) cargar el mapa de bits establecido en la memoria interna del chip DMD,

(3) ordenar al chip DMD que acople los moduladores de luz LM según los datos cargados,

(4) después de un cierto periodo de tiempo determinado según, por ejemplo, la velocidad de barrido, los tiempos de valores pico, etc., ordenar al chip DMD que desacople los moduladores de luz LM.

Debe observarse que el algoritmo de ejemplo anterior se proporciona simplemente para facilitar la siguiente descripción, y que cualquier algoritmo está dentro del alcance de la presente invención. Además, debe observarse que el algoritmo anterior está diseñado para utilizarse con las disposiciones de modulación de luz basadas en DMD y, por tanto, es posible que no funcione con otros medios de modulación de luz sin realizar algunas modificaciones. Sin embargo, normalmente tales modificaciones pueden concebirse o determinarse muy fácilmente a partir de manuales correspondientes al medio de modulación de luz específico.

Además, con el fin de hacer más sencilla la siguiente descripción de la invención, la imagen deseada mencionada anteriormente se elige en todos los ejemplos siguientes como una imagen que hará que todos los moduladores de luz estén encendidos, es decir, una imagen totalmente blanca o totalmente negra dependiendo del tipo de medio, negativo o positivo. Mediante la elección de una imagen de este tipo para los ejemplos, las características de la disposición de modulación de luz, el DMD, las realizaciones específicas, etc., se entienden más claramente que cuando se utiliza una imagen de ejemplo más compleja. Por lo tanto, las siguientes ilustraciones, valores, etc., solo pueden ser válidos para esta imagen de prueba específica, mientras que los principios son válidos para cualquier imagen aplicada.

Las figuras 3A y 3B ilustran problemas que pueden producirse al utilizar una lámpara que requiere potencia de CA con valores pico, como se ha descrito anteriormente. La figura 3A comprende diagramas de tiempo de la tensión  $V_{LS}$  y de la corriente  $I_{LS}$  que, en una realización de la invención, se aplican a la fuente de luz LS. En el ejemplo mostrado, el excitador de lámpara establece una corriente alterna con valores pico. El excitador de lámpara proporciona una corriente alterna  $I_{LS}$  que, además de un valor valle de corriente CF positivo y negativo, comprende picos de corriente CP antes de cada cambio de dirección. La tensión  $V_{LS}$  de la lámpara oscila en el ejemplo mostrado entre un valor valle de tensión VF positivo y otro negativo, y comprende picos de tensión VP correspondientes a los picos de corriente. Las formas de onda de la tensión y de la corriente son preferentemente ondas cuadradas para garantizar solamente periodos de tensión muy cortos en la región del potencial de tierra, normalmente de 0V. Debido a los picos de corriente CP, la energía eléctrica consumida por la fuente de luz no será constante ya que la energía puede evaluarse como el producto de la corriente RMS y la tensión RMS.

Ejemplos de valores reales en el caso de una lámpara de arco corto excitada mediante CA con valores pico pueden comprender un valor valle de tensión VF comprendido, por ejemplo, entre 77 y 140 voltios, un valor valle de corriente CF comprendido entre, por ejemplo, 1,7 y 3,3 amperios, picos de corriente CP comprendidos, por ejemplo, entre el 150% y el 200% del valor valle de corriente CF, un periodo de tiempo  $V_{SAL}$  comprendido, por ejemplo, entre 3 y 10

ms, y picos de corriente CP que tienen una duración comprendida entre, por ejemplo, 200 y 600  $\mu$ s. Debe observarse que la presente invención no está limitada de ninguna manera a los valores, formas de onda, etc., mencionados anteriormente. Un esquema de tiempos alternativo ampliamente utilizado para lámparas de arco corto es un esquema de corriente directa donde la corriente se representa en forma de dientes de sierra.

5 En la técnica se sabe ampliamente que aplicar picos de corriente a una lámpara de arco corto mejora en gran medida su utilidad en aplicaciones de precisión ya que la posición del arco fluctúa menos y, por tanto, lo mismo sucede con el punto de emisión de luz.

10 La Figura 3A ilustra además la intensidad luminosa resultante  $L_{LB}$  del haz de luz establecido por la fuente de luz LS. Puesto que la intensidad luminosa se obtiene a partir de la energía eléctrica consumida, comprende un valor valle de intensidad IF proporcional a un múltiplo del valor valle de tensión VF, del valor valle de corriente CF y de los picos de intensidad IP heredados de los picos de corriente CP que tienen un valor proporcional a un múltiplo del valor valle de tensión VF y del pico de corriente CP. Por lo tanto, los picos de intensidad IP proporcionan una mejor precisión pero, sin embargo, son inaceptables en muchas aplicaciones en las que es necesaria una intensidad luminosa prácticamente constante.

20 El diagrama de  $L_{LB}$  ilustra claramente un problema que la presente invención puede afrontar. Puesto que la intensidad luminosa del haz de luz LB comprende picos de intensidad IP, cualquier área expuesta al haz de luz LB experimentará una iluminación inconstante. Aunque esto puede ser aceptable en algunas aplicaciones, por ejemplo proyectores en los que se utiliza un haz de luz para iluminar la misma zona continuamente, no es aceptable en aplicaciones con varias zonas como, por ejemplo, la fotolitografía y otras técnicas en las que la región que va a quedar expuesta sólo se ilumina poco a poco. Esto se debe a que el ojo humano percibe mejor las intensidades relativas de, por ejemplo, dos puntos establecidos de manera individual y adyacentes que los cambios de intensidad de un punto. Además, la periodicidad de los picos de intensidad puede provocar en incidentes no deseados rayas u otro patrón periódico visible.

30 Mientras que la figura 3A ilustra un problema continuo que puede producirse debido a la utilización de las lámparas de CA con valores pico, la figura 3B ilustra otro problema derivado del anterior, pero que solo se vuelve grave si se produce durante un tiempo considerable. El diagrama de tiempos de la figura 3B corresponde de muchas maneras al diagrama de tiempos de la figura 3A, pero los ejes de tiempo, sin embargo, se han ampliado con respecto a los de la figura 3A. El mayor periodo de tiempo se indica mediante los cortes en cada eje de tiempo. Cada corte corresponde a varias horas, por ejemplo, 200 horas.

35 El primer diagrama ilustra la tensión  $V_{LS}$  en la fuente de luz LS. Es una forma de onda cuadrada al igual que en la figura 3A, pero el valor valle de tensión VF aumenta con el tiempo de uso. Esto se debe a que el hueco entre electrodos de la lámpara de arco corto crece lentamente a lo ancho durante el uso debido al desplazamiento del material de los electrodos. Un hueco más ancho necesita una mayor tensión para que los electrodos atraviesen el hueco y, por lo tanto, se establezca el arco de emisión de luz.

40 Puesto que la energía consumida por la fuente de luz debe ser sustancialmente fija para que la intensidad luminosa del haz de luz sea constante, el incremento en la resistencia eléctrica representada por el hueco entre electrodos provoca un aumento de la tensión y una disminución de la corriente, ya que la energía se determina mediante un múltiplo de la tensión y de la corriente. El segundo diagrama de la figura 3B muestra tres instantáneas de la corriente de fuente de luz  $I_{LS}$  en diferentes momentos de funcionamiento. Puede observarse que el valor valle de corriente CF disminuye a medida que aumenta el valor valle de tensión. Sin embargo, los picos de corriente CP se mantienen a un valor constante ya que el excitador de lámpara LD, y no la disipación de potencia de la fuente de luz LS, determina ese valor específico.

50 El tercer diagrama de la figura 3B ilustra la intensidad luminosa del haz de luz  $L_{LB}$  establecido por la fuente de luz en función de los esquemas de tensión y de corriente de la figura 3B. Puesto que la intensidad luminosa es proporcional a la potencia eléctrica, la intensidad se mantiene a un nivel constante indicado por el valor valle de intensidad IF, mientras que la intensidad de los picos de intensidad IP aumenta debido a su correspondencia con la multiplicación de una tensión creciente por una corriente constante.

55 La Figura 4 ilustra cómo los picos de intensidad IP comprendidos por el haz de luz pueden influir en la energía acumulada en cada punto sensible a la luz LSP del medio 5. Comprende en la parte superior una copia del último diagrama de la figura 3B, es decir, un diagrama de tiempos de la intensidad del haz de luz establecido por la fuente de luz. Debajo del mismo, es decir, compartiendo el eje de tiempo con el diagrama de intensidad de luz, hay un diagrama de la energía E acumulada en tres puntos sensibles a luz subsiguientes LSP1, LSP2 y LSP3. Por tanto, el diagrama ilustra el resultado de desplazar la disposición de modulación de luz 1 sobre los tres puntos sensibles a la luz LSP1, LSP2, LSP3. Debajo del eje de tiempo se indican los intervalos de tiempo durante los cuales cada punto queda expuesto, es decir, el tiempo que tarda el esquema de modulación de luz LML en pasar sobre los puntos. Puesto que las curvas muestran la energía acumulada, la inclinación de las curvas es más pronunciada durante los picos de intensidad del haz de luz. Como se observa en el diagrama, se producen tres picos de intensidad durante la exposición del primer punto sensible a la luz LSP1, sólo se producen dos picos durante la exposición del siguiente

punto sensible a la luz LSP2, y se producen dos picos y medio aproximadamente durante la exposición del tercer punto sensible a la luz LSP3. De ese modo, la energía acumulada en el primer punto LSP1 es mayor que la energía acumulada en el tercer punto LSP3, que es también mayor que la energía acumulada en el segundo punto LSP2.

5 En diversas aplicaciones, por ejemplo fotolitografía, las diferencias de energía, aunque pequeñas, pueden provocar fácilmente resultados inaceptables, por ejemplo rayas periódicas sobre una plancha de impresión, etc. El problema está estrechamente asociado a relación entre la frecuencia de los picos de intensidad y la velocidad de barrido del esquema de modulación de luz. Si, por ejemplo, se producen varios cientos de picos durante la exposición de cada punto sensible a la luz LSP, es probable que uno o dos, más o menos, no provoquen diferencias de energía  
10 inaceptables. Sin embargo, la frecuencia pico deseable y la velocidad de barrido deseable están relacionadas normalmente de tal manera que el problema es grave e inaceptable.

En una realización de la presente invención, sincronizar la velocidad de barrido con la frecuencia de los picos soluciona el problema. Esta solución se muestra en la figura 5. La velocidad de barrido se ajusta de manera que el  
15 tiempo de exposición de un píxel sensible a la luz corresponde exactamente a un número entero de picos, por ejemplo tres picos como en el ejemplo de la figura 5. De este modo, la energía acumulada en cada punto sensible a la luz LSP1, LSP2 y LSP3 es la misma que la mostrada en la figura 5.

La sincronización entre la velocidad de barrido y los picos puede establecerse midiendo o determinando de otro modo la frecuencia exacta de los picos y ajustando la velocidad de barrido a la misma o, de manera opuesta, midiendo o determinando de otro modo la velocidad de barrido y ajustando la frecuencia de los picos a la misma. En otra realización de la invención, tanto la frecuencia de los picos como la velocidad de barrido son variables y pueden ajustarse durante la exposición siempre que se mantenga la sincronización entre las mismas. Como alternativa, o en combinación con lo anterior, la sincronización puede establecerse ajustando el número de columnas del esquema de modulación de luz, es decir, su anchura. Puesto que los medios de modulación de luz, por ejemplo chips DMD, solo se fabrican normalmente en algunas dimensiones diferentes, el ajuste del ancho del esquema de modulación de luz puede realizarse en la práctica eligiendo un medio de modulación, por ejemplo un chip DMD, que sea demasiado ancho y después usando una parte de su ancho.

30 Disposiciones de modulación de luz más avanzadas u otros medios para iluminar más de un punto a la vez comprenden medios para compensar variaciones de intensidad en la sección transversal del haz de luz u otro elemento que pueda distorsionar la uniformidad de la intensidad a través del esquema de modulación de luz. En realidad, debido a las limitaciones del diseño óptico, de los medios de modulación de luz, etc., la distribución de la intensidad de luz a través del esquema de modulación de luz no es normalmente uniforme y la distorsión no es  
35 normalmente ni lineal ni simétrica. Normalmente, la intensidad de luz es más alta en o cerca del centro del esquema de modulación de luz y es más baja y más distorsionada en las esquinas. Para compensar esa no uniformidad, se introducen filtros o máscaras.

Una breve descripción de un método para determinar la distribución de intensidad real se proporciona con referencia a la figura 6. Comprende un esquema de modulación de luz LML a modo de ejemplo que se desplaza mediante un movimiento de barrido sobre una línea de medición 61. La línea de medición puede comprender, por ejemplo, una columna de medidores de intensidad o de energía, una para cada fila del esquema de modulación de luz. Los resultados de la línea de medición 61 pueden utilizarse para establecer un diagrama como el mostrado a la derecha de la figura 6. Comprende la energía acumulada E para cada fila. Por lo tanto, es posible determinar la fila menos  
45 intensa y utilizar su potencial de energía acumulado como un denominador común para todas las filas indicadas por la línea discontinua 62. Si ninguna fila proporciona más energía a un punto sensible a la luz individual que el denominador común determinado 62, o incluso un nivel inferior por motivos de seguridad o por otras razones, puede obtenerse una distribución de intensidad uniforme.

50 Se establecen máscaras con el fin de obligar a todas las filas a que proporcionen solamente la energía correspondiente a la fila menos intensa, o incluso menos. Las figuras 7A a 7C ilustran algunas de las diversas máscaras de modulación posibles MM para su utilización con una disposición de modulación de luz para contrarrestar la distribución de intensidad no uniforme. Las filas indican la dirección de desplazamiento prevista, es decir, la dirección a lo largo de las filas del esquema de modulación de luz. Una máscara indica una pluralidad de moduladores de luz, por ejemplo microespejos, que deben estar apagados para no superar el denominador común determinado 62, o un nivel de seguridad inferior. En las figuras 7A a 7C, las zonas negras denotan moduladores de luz que no deben usarse. Claramente, las máscaras de estas figuras tienen como finalidad compensar un patrón de distribución en el que la intensidad es más alta en el centro y disminuye hacia los bordes, como se ilustra en la figura 6, permitiendo la aplicación de más moduladores de luz en las filas superiores e inferiores que en las filas centrales. Las figuras 7A y 7B ilustran máscaras muy simples que no tienen en cuenta la posible distorsión a lo largo de las filas del esquema de modulación de luz, mientras que la figura 7C ilustra un patrón de máscaras más complejas en el que los moduladores de luz bloqueados están distribuidos de manera heterogénea, pseudoaleatoria o aleatoria a lo largo de las filas. Esta última realización también compensa la distorsión a lo largo de las filas ya que cada fila utilizará moduladores de luz ubicados tanto en los bordes como en el  
65 área central para iluminar cada punto sensible a la luz.

Con relación al algoritmo descrito anteriormente, el uso de máscaras hace que se introduzca una etapa adicional, de manera que normalmente el medio sensible a la luz 5, por ejemplo una plancha de impresión, queda expuesto mediante, por ejemplo, una disposición de modulación de luz basada en DMD, a una imagen deseada mediante las iteraciones de un algoritmo que comprende las etapas de:

- 5
- (1A) según información almacenada digitalmente referente a la imagen total o parcial que va a exponerse, establecer un mapa de bits que comprende ajustes para cada uno de los moduladores de luz LM para la posición relativa actual entre la disposición de modulación de luz 1 y el medio sensible a la luz 5,
- 10 (1B) establecer un mapa de bits compuesto combinando el mapa de bits establecido con una máscara de modulación MM mediante operaciones AND a nivel de bit,
- (2) cargar el mapa de bits compuesto establecido en la memoria interna del chip DMD,
- 15 (3) ordenar al chip DMD que acople los moduladores de luz LM según los datos cargados,
- (4) después de un cierto periodo de tiempo determinado según, por ejemplo, la velocidad de barrido, los tiempos de valores pico, etc., ordenar al chip DMD que desacople los moduladores de luz LM.
- 20 Debe observarse de nuevo que el algoritmo de ejemplo anterior se proporciona simplemente para facilitar la descripción, y que cualquier algoritmo está dentro del alcance de la presente invención. Además, debe observarse que el algoritmo anterior está diseñado para utilizarse con las disposiciones de modulación de luz basadas en DMD y, por tanto, es posible que no funcione con otros medios de modulación de luz sin algunas modificaciones. Sin embargo, normalmente tales modificaciones pueden concebirse o determinarse muy fácilmente a partir de manuales correspondientes al medio de modulación de luz específico.
- 25

Una descripción más minuciosa del uso de máscaras, cómo determinar la distribución de intensidad, parámetros a tener en cuenta durante el diseño de las máscaras, así como varias realizaciones diferentes que atacan tejidos se dan a conocer en la solicitud de patente PCT publicada como WO 2004/021269 incorporada en este documento como referencia.

30

Volviendo al problema de las variaciones de intensidad debido a picos de intensidad de haz de luz, la realización descrita anteriormente con referencia a la figura 5 puede no funcionar cuando las máscaras descritas anteriormente se utilizan para compensar una distribución de intensidad no uniforme sobre el esquema de modulación de luz. Esto se debe a que esta realización implica la utilización de todos los moduladores de luz, por ejemplo microespejos, de cada fila, o al menos el mismo número de moduladores en cada fila. Cuando en cada fila se utiliza un número diferente de moduladores de luz, o moduladores de luz colocados en posiciones diferentes, es posible que en algunas filas los moduladores de luz no utilizados pasen sobre un determinado punto sensible a la luz en el momento de un pico, mientras que los moduladores no utilizados de otras filas pasan sobre un punto sensible a la luz correspondiente en el momento de un valor valle de intensidad.

35

40

El problema se ilustra en las figuras 8A a 8C. En la figura 8A se muestra un ejemplo de una máscara de modulación MM que, para una mayor claridad, comprende solamente una parte de las filas y columnas comprendidas normalmente. En lo que respecta a las figuras 7A a 7C, los píxeles en negro están bloqueados, es decir, se obliga a que los moduladores de luz LM correspondientes estén apagados. La figura 8B ilustra el movimiento del esquema de modulación de luz sobre el medio sensible a la luz 5, por ejemplo una plancha de impresión. Comprende una parte de un medio sensible a la luz 5 que muestra cuatro puntos sensibles a la luz LSP1, LSP2, LSP3 y LSP4 colocados de manera adyacente entre sí en la misma fila de la plancha. En el lado derecho de la figura 8B se muestra un diagrama de tiempos de picos de intensidad, donde el eje vertical representa el tiempo y el eje horizontal la intensidad. El eje de tiempo vertical comprende marcas que muestran el momento de iluminación de cada punto sensible a la luz y las pausas entre los acoplamientos de los moduladores de luz.

45

50

Además, la figura 8B ilustra el desplazamiento de una fila de máscara de modulación MMR sobre los cuatro puntos sensibles a la luz ilustrando la posición de la fila de máscara de modulación en momentos diferentes correspondientes al eje de tiempo vertical. La fila de máscara de modulación MMR es, en este ejemplo, la cuarta fila de la máscara de modulación MM de la figura 8A. Cuando se produce un pico de intensidad, se escribe una "p" en la fila de máscara de modulación para facilitar la lectura del diagrama.

55

En la presente ilustración, la velocidad de barrido está sincronizada con la frecuencia de los picos como en la realización de la figura 5. A medida que la fila de máscara se desplaza sobre los puntos sensibles a la luz, éstos se iluminan con una intensidad estándar, se iluminan con una intensidad pico o están bloqueados. Por tanto, la iluminación real puede determinarse combinando la máscara, la velocidad de barrido y los tiempos de valores pico. De este modo, cada una de las columnas 81, 82, 83, 84 debajo de los puntos sensibles a la luz comprende las exposiciones individuales de cada punto en momentos diferentes. Por ejemplo, puede observarse que el primer punto sensible a la luz LSP1 se ha expuesto 3 veces a una intensidad estándar, 3 veces a una intensidad pico y no ha expuesto 3 veces a ninguna luz. De manera análoga, el segundo punto sensible a la luz se ha expuesto 4 veces

60

65

a una intensidad estándar, dos veces una intensidad pico debido a la coincidencia entre un valor pico y un bloqueo, y no se ha expuesto 3 veces a ninguna luz. El tercer punto sensible a la luz se ha expuesto 5 veces a una intensidad estándar, una sola vez a una intensidad pico debido a las coincidencias entre los valores pico y los bloqueos, y no se ha expuesto 3 veces a ninguna luz.

5 La Figura 8C comprende un diagrama que muestra el proceso de acumulación de energía. De nuevo, comprende un diagrama de tiempos de picos de intensidad correspondiente a un eje de tiempo horizontal. Debajo del eje de tiempo se muestra las columnas 81, 82, 83 y 84 de la figura 8B pero se han rotado 90 grados con relación al eje de tiempo. Por tanto, es posible observar en la figura 8C lo que experimenta cada punto sensible a la luz LSP1, LSP2, LSP3 y LSP4 y en qué momentos. Debajo, un diagrama de energía muestra la acumulación de energía de cada punto sensible a la luz según se determina a partir de las columnas experimentales 81, 82, 83, 84. Claramente, los diferentes puntos consiguen diferentes niveles de energía debido al diferente número de picos experimentados por cada punto, incluso aunque la velocidad de barrido esté sincronizada realmente con los tiempos de valores pico en el presente ejemplo.

15 Para superar el problema de que la máscara de modulación coincida con los picos de intensidad de algunos puntos sensibles a la luz, la máscara está adaptada, en una realización preferida de la invención, de manera que se bloquea en los tiempos de valores pico en lugar de cuando se produce el movimiento de barrido, garantizando de ese modo que si un punto sensible a la luz recibe un pico de intensidad debido a la máscara, todos los puntos sensibles a la luz recibirán ese pico, y si un pico está bloqueado con relación a un punto sensible a la luz debido a la máscara, ningún punto sensible a la luz recibirá ese pico. Se proporcionan las figuras 9A a 9C para ilustrar esto.

25 En lugar de desplazar la máscara con el esquema de modulación de luz LML, la máscara se fija ahora con respecto al tiempo, es decir, con respecto a los tiempos de valores pico y, de este modo, también con respecto al medio sensible a la luz cuando se tiene en cuenta la velocidad de barrido. Para garantizar que un pico de intensidad es absorbido por todos o por ninguno de los puntos sensibles a la luz de una fila, es necesario tratar todos los moduladores de luz de esa fila de la misma manera en los tiempos de valores pico, es decir, o encenderlos o apagarlos. Puesto que apagar todos los moduladores de luz todo el tiempo provoca obviamente que no se produzca ninguna exposición, y que encender todos los moduladores todo el tiempo provoca obviamente que el uso de máscaras en una distribución no uniforme sea imposible, una adaptación en tiempo de ejecución de la máscara es una posibilidad. Esto puede comprender establecer un banco de diferentes máscaras que se utilizarán en momentos diferentes o establecer un algoritmo a partir del cual sea posible establecer siempre una máscara que corresponda al momento actual.

35 Pueden usarse varios patrones posibles de adaptación de máscaras para obtener la aceptación o el rechazo comunes de picos en cada fila. La Figura 9A ilustra un posible esquema de este tipo. Puesto que el objetivo principal de utilizar una máscara de modulación como, por ejemplo, el ejemplo mostrado en la figura 8A, es garantizar una acumulación de energía uniforme para todas las filas, una fila de máscara que comprende, por ejemplo, 3 moduladores de luz bloqueados de 9 puede implementarse bloqueando todos esos moduladores de luz de la fila durante 3 de los 9 periodos de iluminación y encendiendo todos los moduladores de luz durante los 6 periodos restantes. La figura 9A comprende 9 máscaras de modulación MM1, MM2,..., MM9. Las máscaras de modulación se han inspirado en la máscara de modulación de la figura 8A de tal manera que aplicar la máscara de la figura 8A repetidamente durante 9 periodos de iluminación equivale a aplicar una vez cada una de las máscaras de modulación MM1 a MM9. Todas las columnas de la primera máscara de modulación MM1 de la figura 9A son, por tanto, iguales a la columna situada más a la derecha de la máscara de la figura 8A, todas las columnas de la máscara de modulación MM2 son iguales a la segunda columna situada más a la derecha de la máscara de la figura 8A, y así sucesivamente. Por lo tanto, se garantiza que se mantenga la distribución de intensidad uniforme facilitada por la máscara de la figura 8A, mientras que también se tratan los picos de intensidad.

50 La figura 9B corresponde a la figura 8B excepto por los contenidos de la fila de máscara de modulación que se han desplazado sobre los puntos sensibles a la luz. Puesto que la máscara de modulación de la presente realización de la invención comprende realmente un banco de máscaras de modulación MM1,..., MM9, la fila de máscara de modulación de la figura 9B se modifica en cada periodo de iluminación como se indica mediante las referencias MM1,..., MM9. Las columnas 91, 92, 93, 94 contienen nuevamente las intensidades experimentadas por cada uno de los puntos sensibles a la luz LSP1, LSP2, LSP3, LSP4. Mediante la técnica de adaptación de máscaras de modulación de la presente invención se garantiza que todos los puntos sensibles a la luz experimenten la misma cantidad de luz en cada periodo de iluminación. Por lo tanto, también se garantiza que, en el presente ejemplo, todos los puntos reciban 3 exposiciones de intensidad estándar, 3 exposiciones de intensidad máxima y 3 exposiciones sin luz.

60 La figura 9C comprende un diagrama correspondiente al de la figura 8C que muestra el proceso de acumulación de energía. A diferencia del ejemplo de la figura 8C, los puntos sensibles a la luz en este ejemplo absorben exactamente la misma cantidad de energía. A partir de este diagrama también resulta evidente que los moduladores de luz bloqueados, es decir, la máscara de modulación, se han sincronizado y se han bloqueado con respecto al tiempo y los picos de intensidad en lugar de con el esquema de modulación de luz.

65

Con relación al algoritmo descrito anteriormente, el uso de máscaras para compensar picos de intensidad, como se ha descrito anteriormente con referencia a una realización preferida de la presente invención, hace que se introduzca una etapa adicional de manera que normalmente el medio sensible a la luz 5, por ejemplo una plancha de impresión, queda expuesto mediante, por ejemplo, una disposición de modulación de luz basada en DMD, a una imagen deseada mediante las iteraciones de un algoritmo que comprende las etapas de:

(1A) según información almacenada digitalmente referente a la imagen total o parcial que va a exponerse, establecer un mapa de bits que comprende ajustes para cada uno de los moduladores de luz LM para la posición relativa actual entre la disposición de modulación de luz 1 y el medio sensible a la luz 5,

(1Aa) establecer, cargando y/o procesando, una máscara de modulación MM,

(1B) establecer un mapa de bits compuesto combinando el mapa de bits establecido con una máscara de modulación MM mediante operaciones AND a nivel de bit,

(2) cargar el mapa de bits compuesto establecido en la memoria interna del chip DMD,

(3) ordenar al chip DMD que acople los moduladores de luz LM según los datos cargados,

(4) después de un cierto periodo de tiempo determinado según, por ejemplo, la velocidad de barrido, los tiempos de valores pico, etc., ordenar al chip DMD que desacople los moduladores de luz LM.

Debe observarse que el banco de máscaras ilustrado en la figura 8A es simplemente un ejemplo y que cualquier esquema o método para determinar, establecer o adaptar las máscaras de modulación, ya sea en tiempo de ejecución o antes de la exposición, están dentro del alcance de la presente invención. Además, debe observarse que los tiempos de la adaptación de máscaras no tienen que corresponder necesariamente con los periodos de iluminación, la velocidad de barrido, etc., sino que pueden determinarse en función de cualquier parámetro.

En una realización preferida de la invención, la máscara o banco de máscaras de modulación se optimizan para no apagar nunca los moduladores de luz en los tiempos de valores pico. Esto es para utilizar la energía extra comprendida por los picos de intensidad y, por tanto, sacar provecho de la conflictiva y problemática fuente de alimentación con valores pico. Sin embargo, debe observarse que las máscaras de modulación que bloquean algunos o todos los picos también están dentro del alcance de la presente invención.

Una realización adicional de la presente invención comprende una disposición de modulación de luz que comprende un modulador de luz espacial y el uso de máscaras de modulación para evitar una distribución de intensidad no uniforme sobre el esquema de modulación de luz. Con el fin de habilitar el uso de fuentes de luz con valores pico, las máscaras de modulación se desplazan durante el barrido en una dirección a lo largo de u opuesta a la dirección de barrido en una cantidad de una o más anchuras del modulador de luz. Por lo tanto, la máscara de modulación puede sincronizarse y bloquearse con respecto a los picos de intensidad.

Por motivos de claridad, los picos de intensidad tienen en los ejemplos anteriores un ancho que corresponde aproximadamente al ancho de un periodo de iluminación, es decir, el tiempo que tarda el esquema de modulación de luz en desplazarse desde el borde de un punto sensible a la luz hasta el borde del punto siguiente. Sin embargo, los picos no están relacionados normalmente con los otros parámetros y cualquier correspondencia entre la frecuencia y el ancho de los picos de intensidad y los periodos de iluminación, la velocidad de barrido, etc., está dentro del alcance de la presente invención.

El problema adicional de utilizar fuentes de luz con fuentes de alimentación con valores pico descrito anteriormente con referencia a la figura 3B, es decir, el problema de que la diferencia entre el nivel valle de intensidad y el nivel pico de intensidad cambia a lo largo de un tiempo considerable, por ejemplo muy superior a 200 horas, también se afronta por las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención, ya que tales cambios son insignificantes siempre que los valores pico se utilicen completamente para todos los puntos sensibles a la luz o se ignoren completamente para todos los puntos sensibles a la luz, por ejemplo bloqueando los moduladores de luz en tiempos de valores pico.

Una realización alternativa de la presente invención está dirigida principalmente a disposiciones de modulación de luz que ejercen un patrón de movimiento escalonado en lugar de un patrón de movimiento de barrido. Cuando se utiliza un patrón de movimiento de este tipo, cada punto sensible a la luz LSP se ilumina durante un cierto periodo de tiempo mediante un modulador de luz LM que está situado de manera constante sobre el punto sensible a la luz. La iluminación puede repetirse por el mismo modulador o por un modulador de luz diferente LM y durante el mismo periodo de tiempo o un periodo de tiempo diferente. Por tanto, en esta realización alternativa, la acumulación de energía no depende principalmente del número de moduladores de luz que lo iluminan durante un movimiento de barrido, sino del espacio de tiempo durante el cual un modulador de luz está situado (y encendido) sobre un punto sensible a la luz específico. Por lo tanto, el uso de máscaras de modulación constante es imposible ya que un modulador de luz bloqueado no generaría luz hacia el punto sensible a la luz correspondiente.

Para resolver esto, una realización de la presente invención comprende cambiar la máscara de modulación durante la exposición. Los cambios pueden aplicarse con una determinada frecuencia o en cualquier momento posible, y pueden comprender una habilitación e inhabilitación periódica, pseudoaleatoria o aleatoria de los moduladores de luz.

5 Los tiempos y la naturaleza de los cambios deben sincronizarse preferentemente con los tiempos de picos de intensidad. Una determinada realización que refleje esta situación también puede describirse como una pila de máscaras de modulación, donde la máscara superior se aplica en momentos determinados o con una determinada frecuencia, y la máscara aplicada anteriormente se coloca al fondo de la pila. Preferentemente, la aplicación de la primera máscara debe sincronizarse con los tiempos de valores pico.

10 Una variación de esta realización comprende aplicar máscaras de modulación en los espacios de tiempo de iluminación. Supervisando y/o controlando los tiempos y la cantidad de picos de intensidad es posible ajustar los tiempos de iluminación, es decir, aplicar una máscara de modulación en los momentos en que se producen picos de intensidad.

15 Debe observarse que la presente invención tiene varios usos adicionales a los descritos anteriormente. Además, puede utilizarse de manera ventajosa, por ejemplo, para la exposición de placas de circuito impreso con relación a la fabricación de tales placas, el prototipado rápido y la fabricación rápida, es decir, la fabricación de modelos tridimensionales mediante un proceso ampliamente conocido como prototipado rápido o fabricación rápida, la exposición de películas y planchas descentradas, en aplicaciones de serigrafía, en procesos de fotoacabado, en aplicaciones biomédicas, por ejemplo investigaciones relacionadas con perfiles de ADN, en señales y aplicaciones de proyección, en aplicaciones cinematográficas digitales, etc., y en cualquier otra aplicación o proceso que comprenda fuentes de luz y en los que la posible uniformidad de energía acumulada en diferentes puntos de un medio sensible a la luz pueda tener cierta importancia.

20

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Método para habilitar la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas desde al menos una fuente de luz (LS) hasta al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP), en el que una intensidad luminosa resultante de la fuente de luz (LS) es un modo de onda sustancialmente continua (cw) y comprende variaciones de intensidad en el tiempo en forma de picos de intensidad sustancialmente periódicos, controlándose dicha transmisión mediante al menos una disposición de iluminación (1), y comprendiendo dicho método el establecimiento de una correlación entre dichas variaciones de intensidad y al menos una característica de dicha disposición de iluminación, por lo cual dicha al menos una disposición de iluminación (1) y dichos al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP) se desplazan entre sí, y por lo cual dicha al menos una característica de dicha disposición de iluminación comprende características de dicho movimiento relativo y por lo cual dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dichas características de dicho movimiento relativo de manera sincronizada con dichas variaciones de intensidad en el tiempo y/o donde dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dichas variaciones de intensidad en el tiempo de manera sincronizada con dichas características de dicho movimiento relativo, caracterizado porque dicho sincronismo entre dichas variaciones de intensidad y dichas características de dicho movimiento relativo comprende que se produzca un número entero de dichos picos de intensidad periódicos durante la iluminación de cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz.
- 2.- Método según la reivindicación 1, en el que dicha disposición de iluminación (1) comprende al menos un medio de modulación de luz (3), y en el que dicha al menos una característica de dicha disposición de iluminación comprende características de dichos medios de modulación de luz.
- 3.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicho al menos un medio de modulación de luz (3) comprende al menos un modulador de luz espacial que comprende una pluralidad de moduladores de luz (LM).
- 4.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho control de dicha transmisión mediante dicha al menos una disposición de iluminación (1) comprende controlar dichas características de dicho al menos un medio de modulación de luz (3) al menos parcialmente en función de al menos una máscara de modulación (MM) que define los moduladores de luz que van a inhabilitarse.
- 5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho establecimiento de una correlación comprende adaptar dicha al menos una máscara de modulación (MM) para que dichas características de dicho al menos un medio de modulación de luz (3) se controlen de manera sincronizada con dichas variaciones de intensidad en el tiempo.
- 6.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha adaptación de dicha al menos una máscara de modulación (MM) se lleva a cabo de manera continua.
- 7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicha adaptación de dicha al menos una máscara de modulación (MM) comprende elegir una máscara de modulación predefinida de entre un banco de máscaras de modulación.
- 8.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicha al menos una máscara de modulación (MM) comprende además información de control para evitar una transmisión de energía no uniforme debida a variaciones de intensidad en el espacio provocadas por dichos medios de modulación de luz o por las características ópticas de dicha disposición de iluminación (1).
- 9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho establecimiento de una correlación comprende reorganizar dicha información de control en el tiempo.
- 10.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho establecimiento de una correlación comprende reorganizar dicha información de control en el espacio.
- 11.- Disposición de iluminación (1) para controlar la transmisión de energía a al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP), en la que dicho control de la transmisión habilita la transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas a cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP), donde dicha disposición de iluminación comprende al menos una fuente de luz (LS) cuya intensidad luminosa resultante es un modo de onda sustancialmente continua (cw), donde la fuente de luz (LS) está adaptada para emitir luz que comprende variaciones de intensidad sustancialmente periódicas, donde dicha disposición de iluminación comprende al menos un medio de modulación de luz (3) que comprende al menos un medio de modulación de luz espacial, donde dicha transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas a cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP) se habilita al menos parcialmente controlando un movimiento relativo entre dicha disposición de iluminación y dichos al menos dos puntos sensibles a la luz, y caracterizada porque dicho control de dicho movimiento relativo comprende sincronizar dicho movimiento relativo con dichas variaciones de intensidad periódicas, de manera que se produce un número entero de dichos picos de intensidad periódicos durante la iluminación de cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz.



- 12.- Disposición de iluminación según la reivindicación 11, en la que dicho al menos un medio de modulación de luz espacial (3) comprende un chip DMD.
- 5 13.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12, en la que dicho al menos un medio de modulación de luz espacial (3) comprende un conjunto de obturadores micromecánicos.
- 14.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en la que dicha transmisión de cantidades de energía prácticamente idénticas a cada uno de dichos al menos dos puntos sensibles a la luz (LSP) se habilita al menos parcialmente controlando dichos medios de modulación de luz (3).
- 10 15.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en la que controlar dicho medio de modulación de luz (3) comprende aplicar al menos una máscara de modulación (MM).
- 15 16.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en la que dicha al menos una máscara de modulación (MM) se establece en función de características de dichas variaciones de intensidad periódicas.
- 17.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en la que dicha al menos una máscara de modulación (MM) comprende además información de control para tratar desventajas adicionales de dicha disposición de iluminación.
- 20 18.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en la que dicho control de dichos medios de modulación de luz (3) comprende reorganizar dicha información de control para tratar desventajas adicionales.
- 25 19.- Disposición de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, que comprende medios para llevar a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

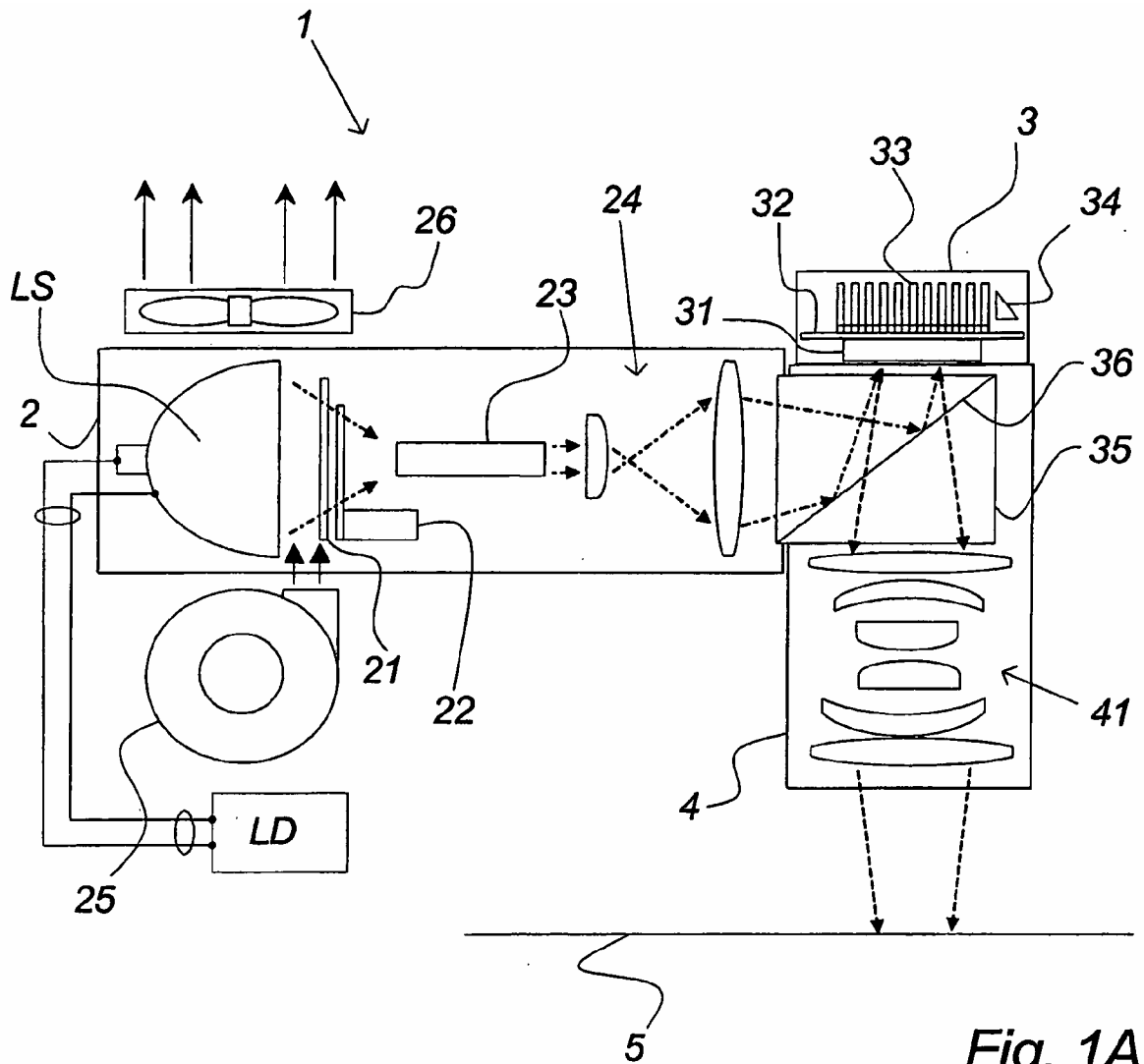


Fig. 1A

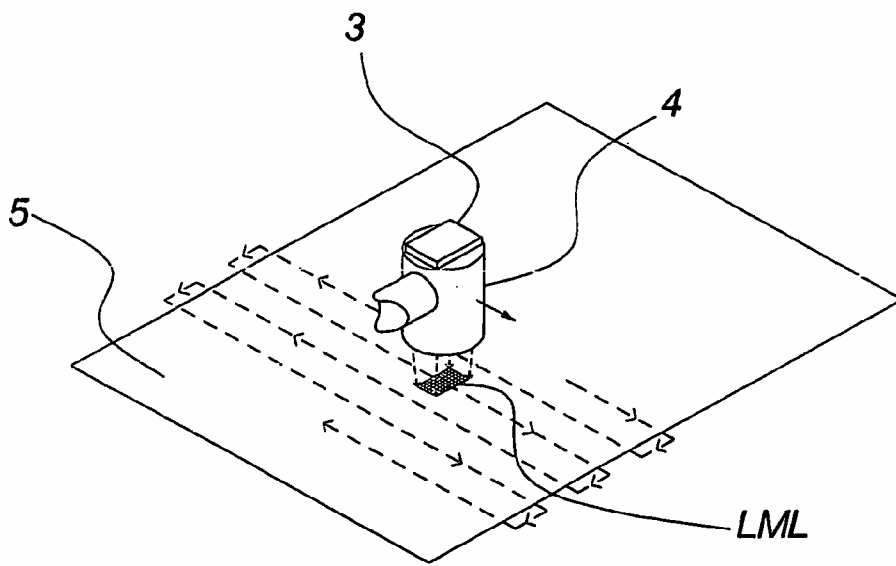


Fig. 1B

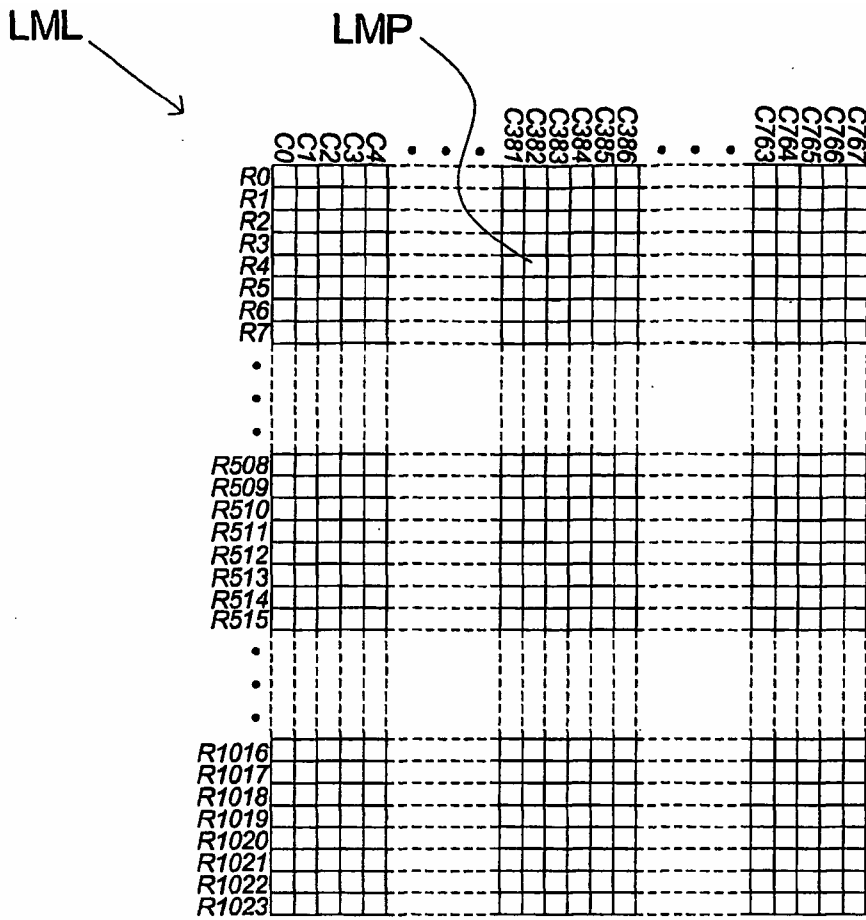


Fig. 2A

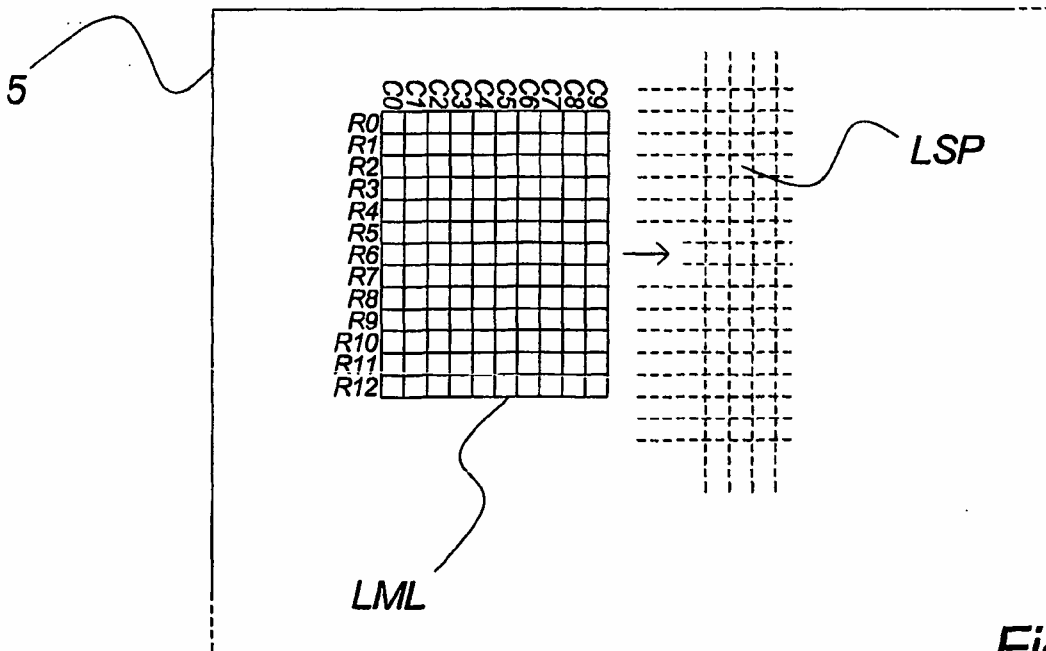


Fig. 2B

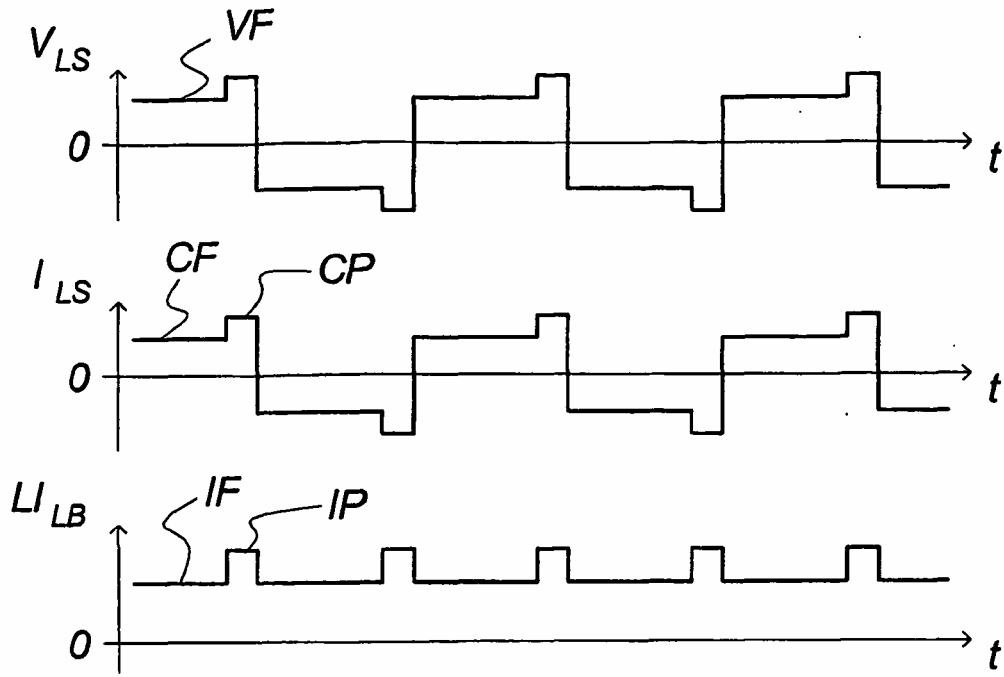


Fig. 3A

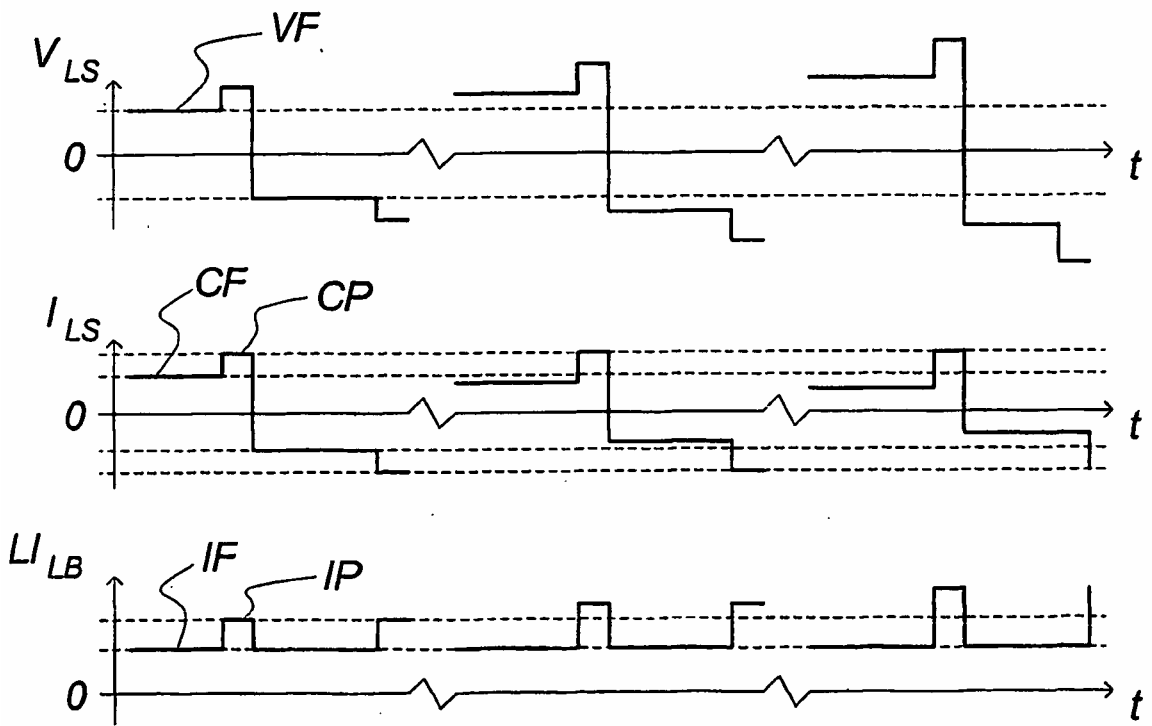


Fig. 3B

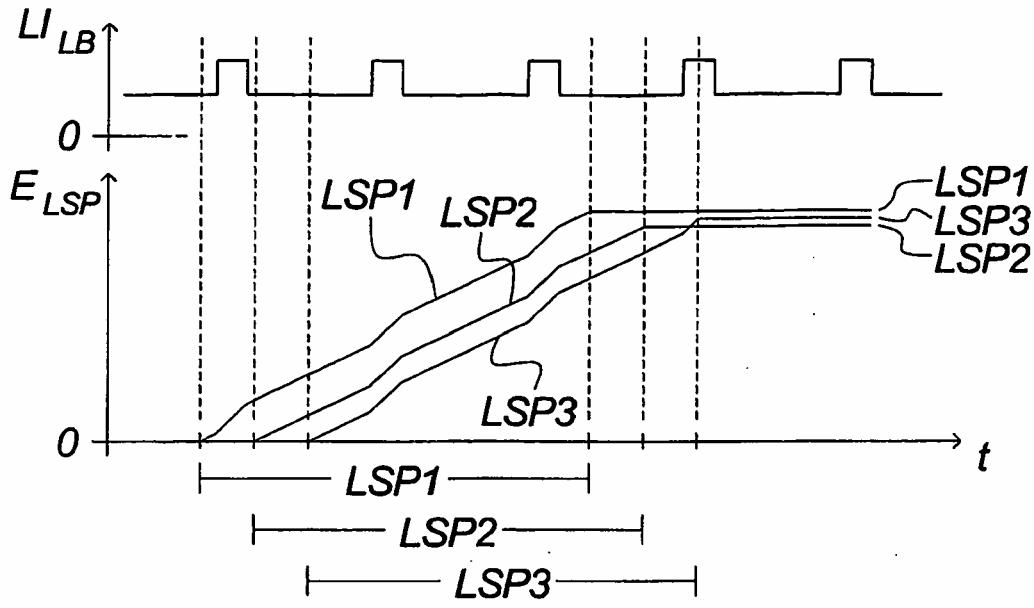


Fig. 4

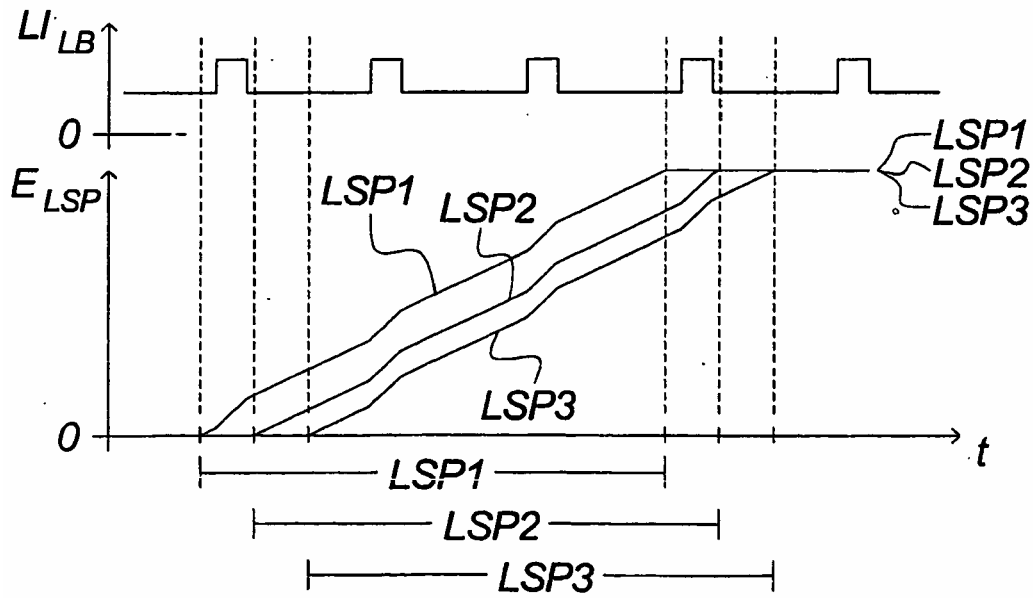


Fig. 5

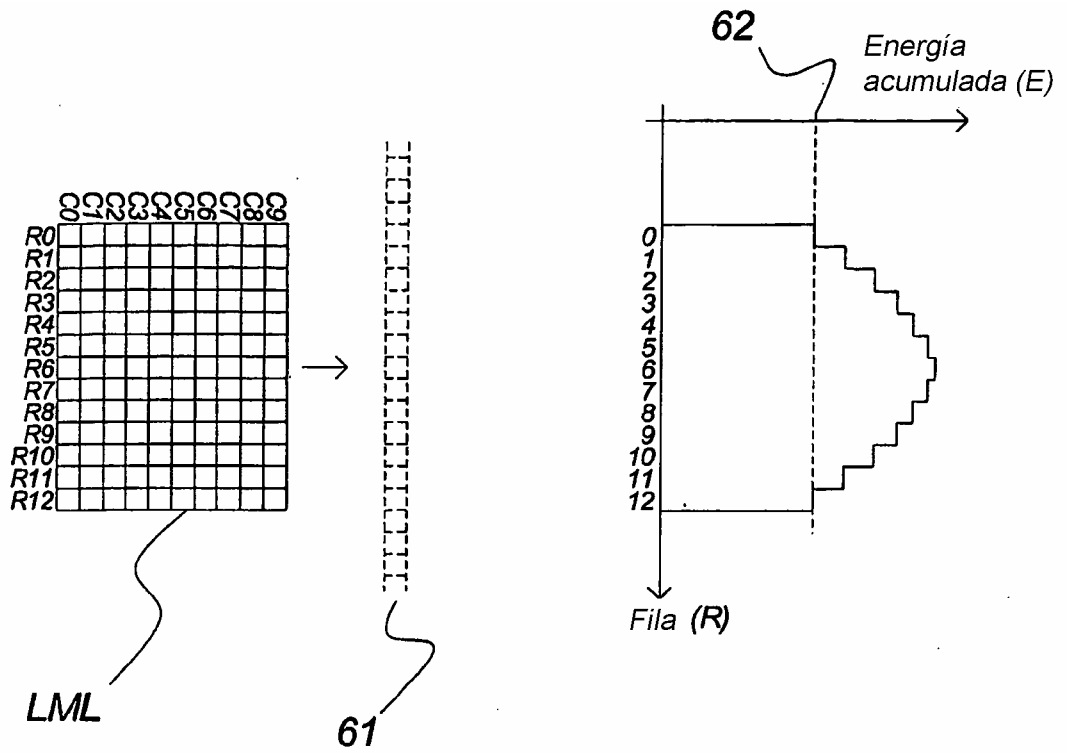


Fig. 6

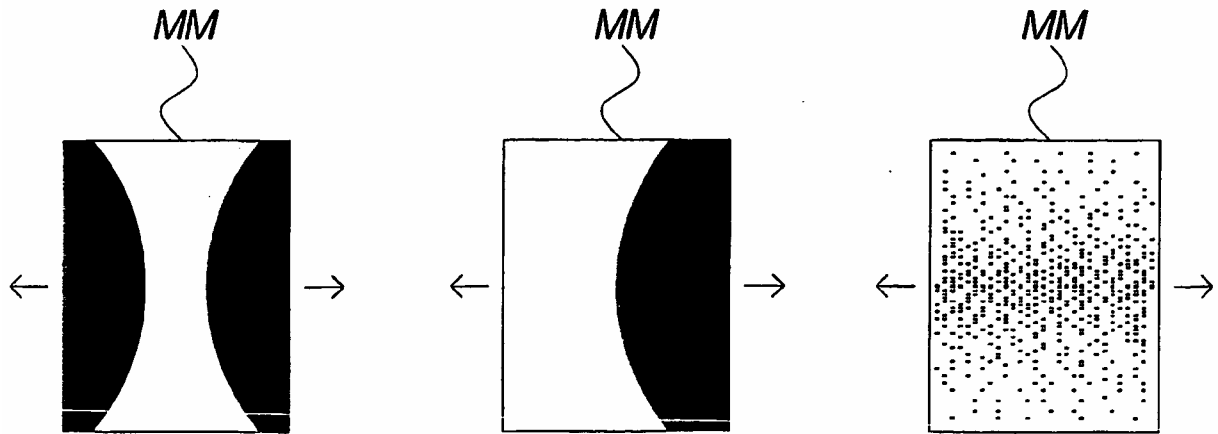


Fig. 7A

Fig. 7B

Fig. 7C

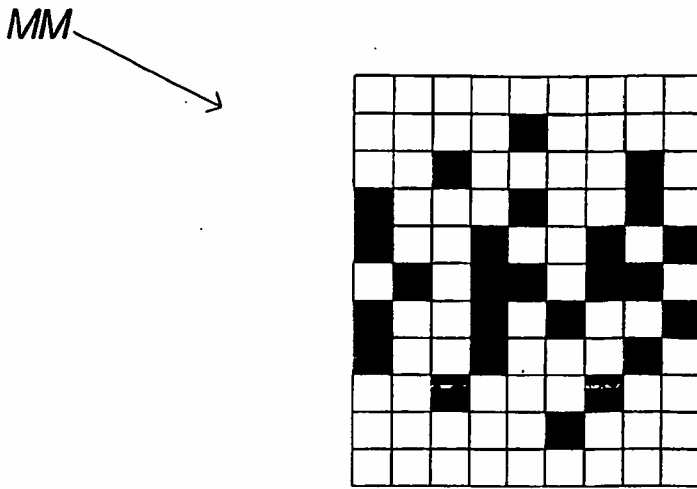


Fig. 8A

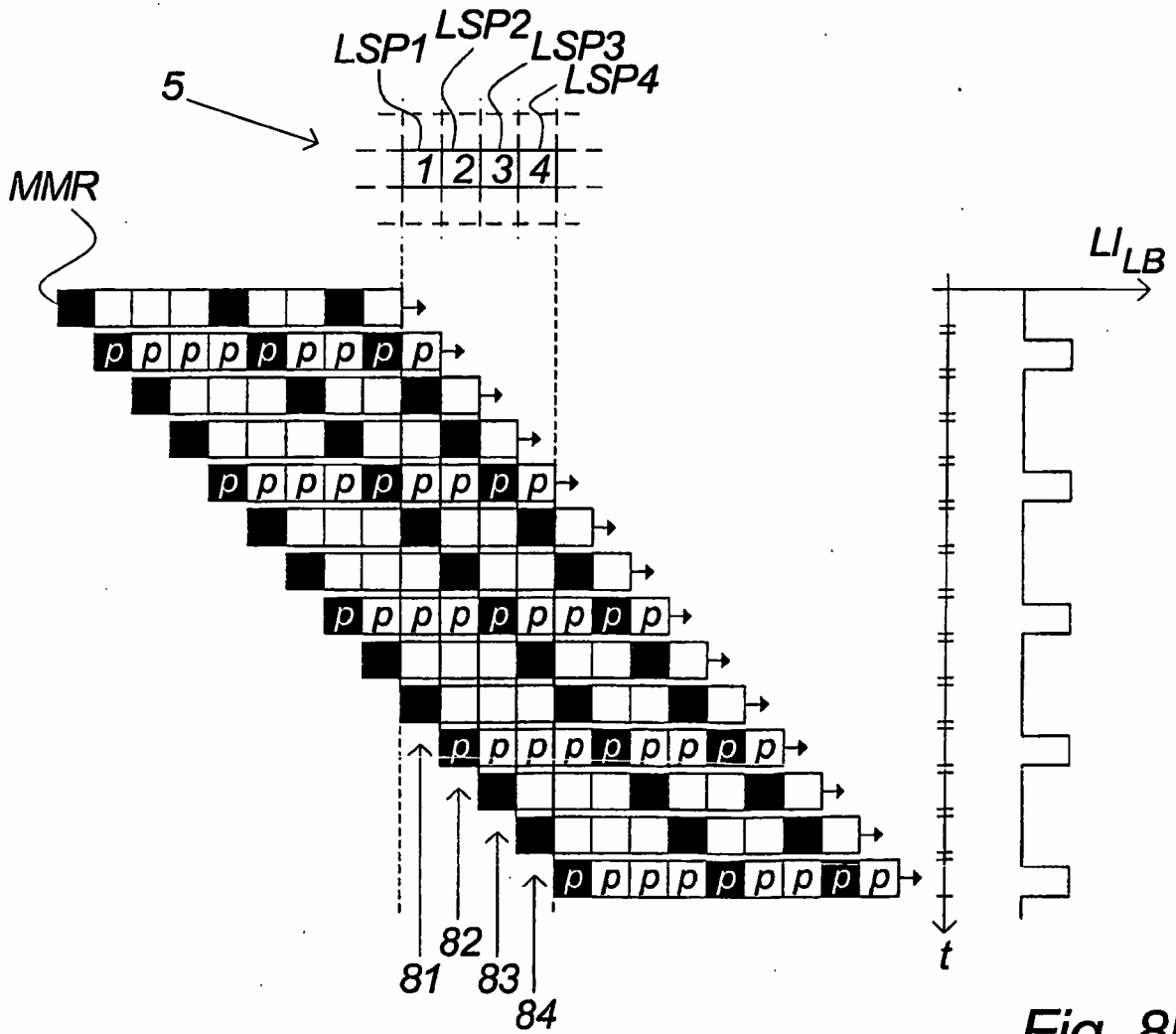


Fig. 8B

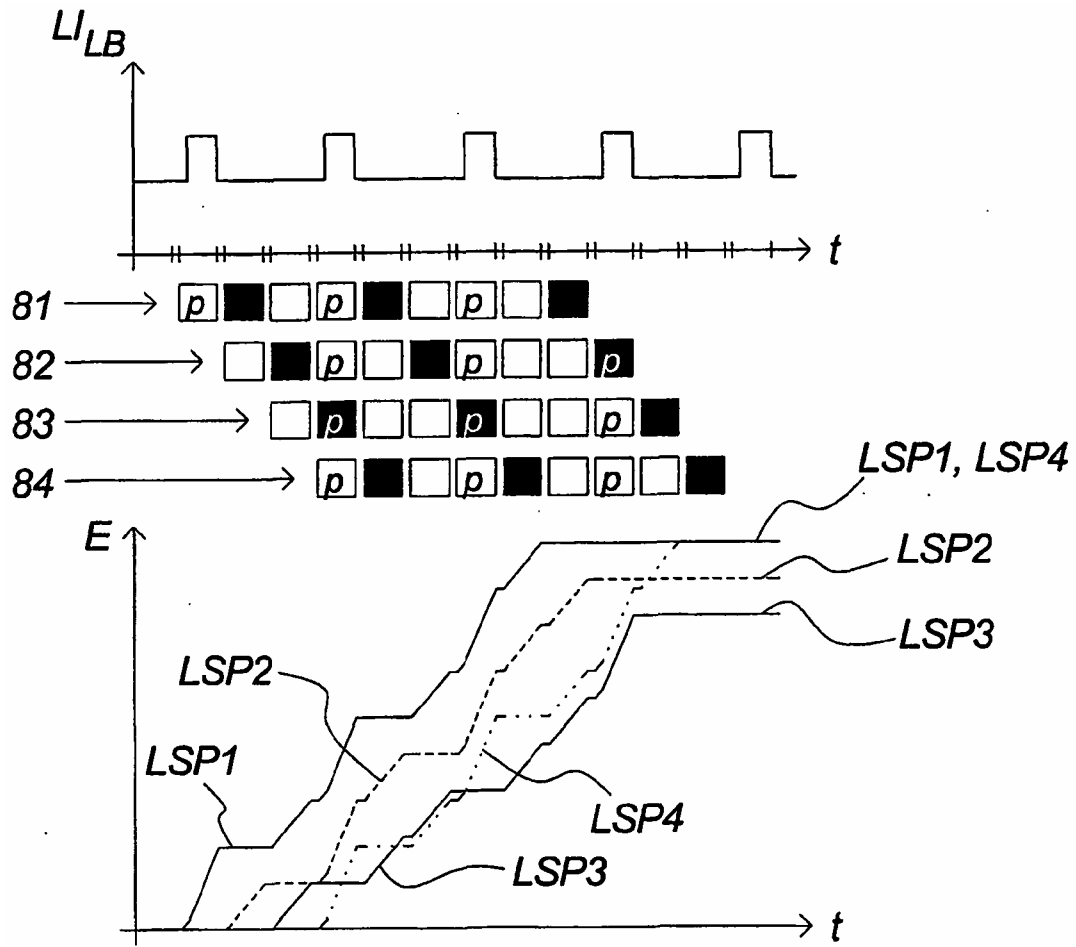


Fig. 8C



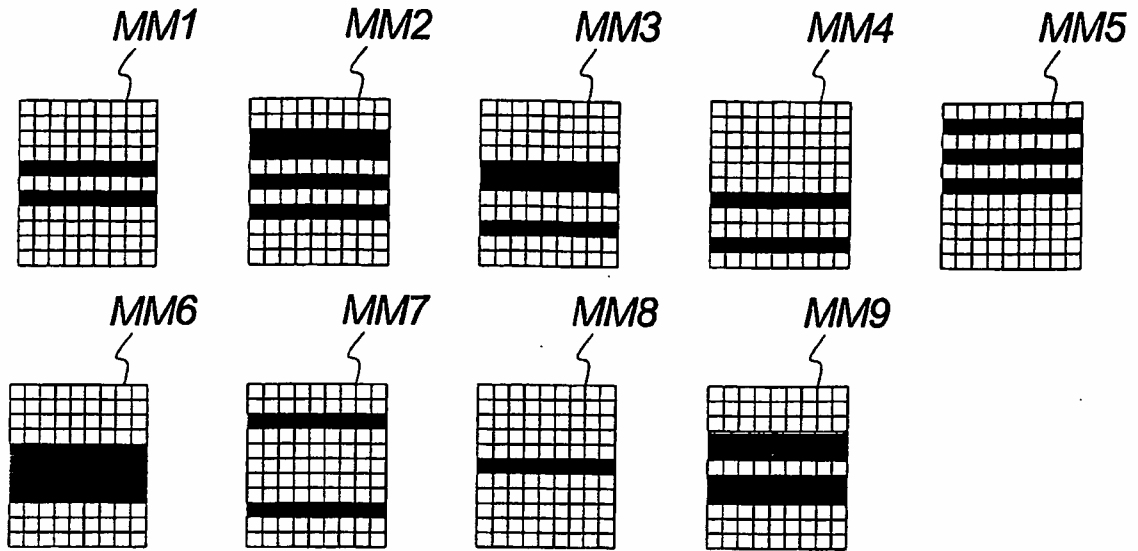


Fig. 9A

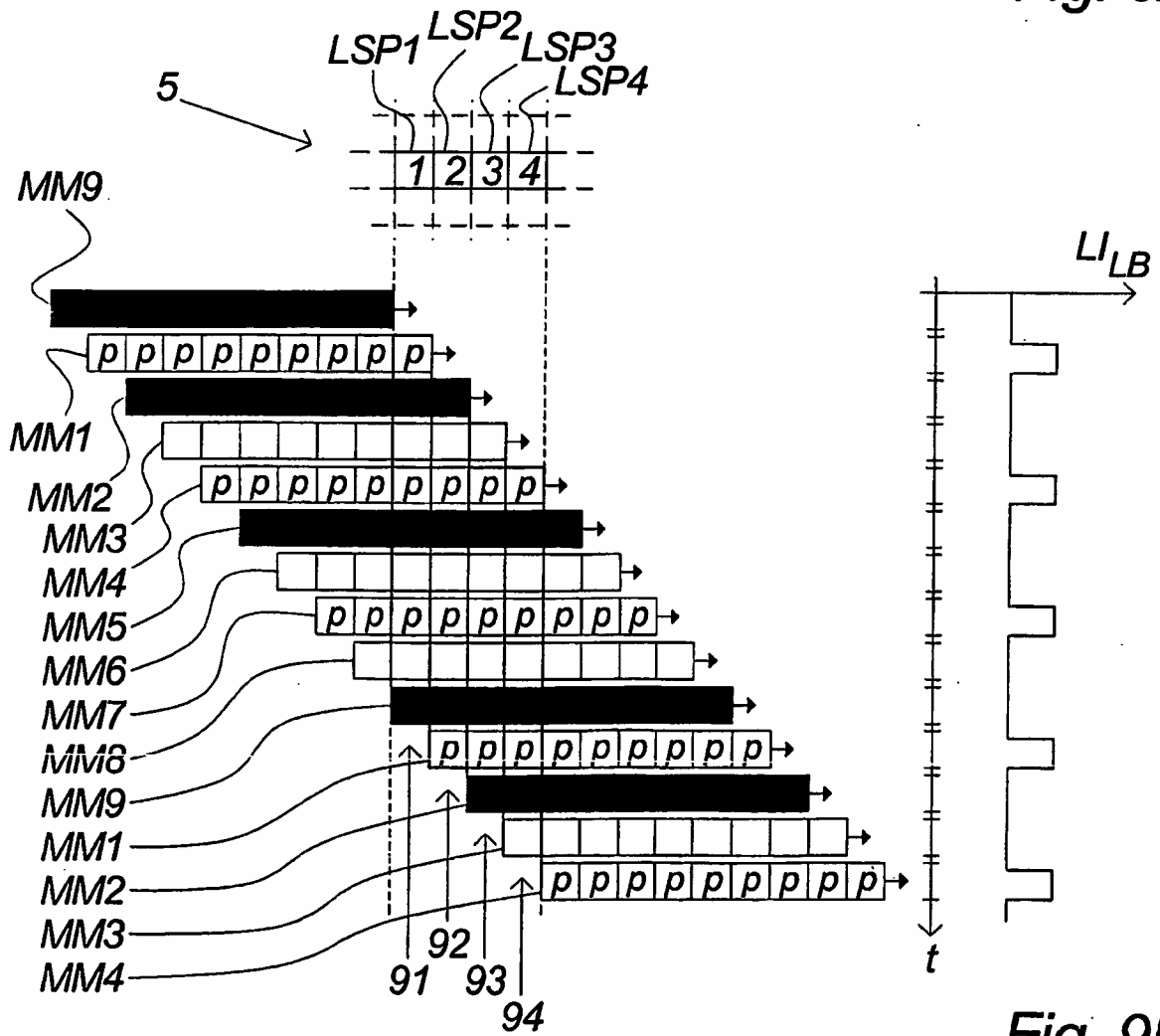


Fig. 9B

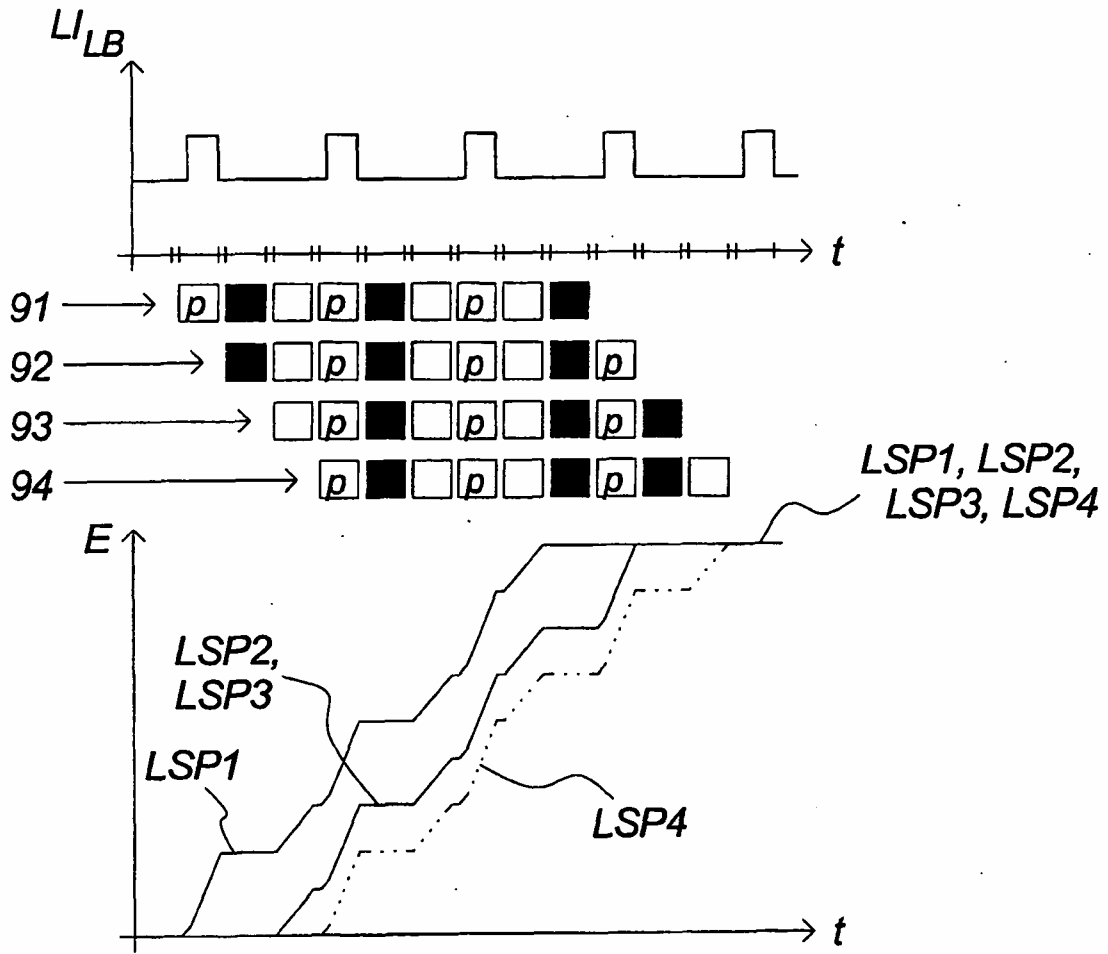


Fig. 9C