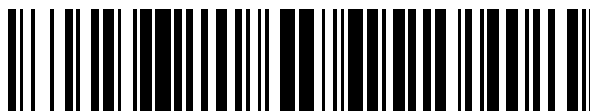


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 893 880**

51 Int. Cl.:

A01G 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2015 PCT/EP2015/062485**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16008638**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2015 E 15727393 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.08.2021 EP 3169147**

54 Título: **Aparato y procedimiento de iluminación hortícola**

30 Prioridad:

17.07.2014 EP 14177493

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

10.02.2022

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**ONAC, GABRIEL-EUGEN;
KRIJN, MARCELLINUS PETRUS CAROLUS
MICHAEL;
VAN ECHELT, ESTHER MARIA y
NICOLE, CÉLINE CATHERINE SARAH**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 893 880 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento de iluminación hortícola

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un aparato de iluminación hortícola para iluminar una o más plantas para promover su crecimiento, y también para dirigir uno o más procesos biológicos de las plantas tales como la floración o la resistencia contra las enfermedades.

10

Antecedentes

Las plantas usan el proceso de fotosíntesis para convertir la luz, el CO₂ y el H₂O en carbohidratos (azúcares). Estos azúcares se usan para alimentar los procesos metabólicos, y los excesos de azúcares se usan para la formación de biomasa. Esta formación de biomasa puede incluir la elongación del tallo, el aumento del área foliar, la floración y/o la formación de frutos. El fotorreceptor responsable de la fotosíntesis es la clorofila.

15

Aparte de la fotosíntesis, existen al menos otros tres tipos de procesos relacionados con la interacción entre la radiación y las plantas: fotoperiodismo, fototropismo y fotomorfogénesis. El fotoperiodismo se refiere a la capacidad que tienen las plantas para detectar y medir la periodicidad de la radiación (por ejemplo, para inducir la floración). El fototropismo se refiere al movimiento de crecimiento de la planta hacia o alejándose de, la radiación. La fotomorfogénesis se refiere a un cambio de forma en respuesta a la calidad y/o cantidad de radiación.

20

La iluminación artificial en invernaderos actualmente se usa para promover el crecimiento de las plantas, pero también para dirigir algunos otros procesos en el desarrollo de las plantas, tales como inducir la floración. Los requisitos para estos dos tipos de iluminaciones son diferentes, tanto en términos de intensidad como de espectro. Por lo tanto, la iluminación artificial puede desempeñar una variedad de roles en la iluminación hortícola, que se dividen principalmente en dos grupos: el crecimiento y la dirección de otros procesos biológicos distintos del crecimiento.

25

Una fuente de luz de crecimiento es una fuente de luz que complementa o reemplaza la luz del día natural, por ejemplo, en invernaderos o fábricas de cultivo. Se usa con el fin de aumentar la producción (de tomates, por ejemplo), para permitir el crecimiento de cultivos sin luz del día en las fábricas de plantas y/o para extender la producción de cultivos durante el otoño, el invierno y la primavera cuando los precios de los cultivos son más altos.

30

Por otro lado, se usa una fuente de luz de dirección para promover uno o más procesos biológicos de la planta o las plantas. Los ejemplos son los siguientes.

35

La iluminación fotoperiódica aprovecha el hecho de que la duración diaria de la luz es importante para muchas plantas. Por ejemplo, se pueden usar lámparas LED para extender la duración del día para controlar la floración o para inducir otras respuestas fotoperiódicas tales como romper el letargo invernal de plantas respiratorias como crisantemos y fresas. Por ejemplo, la relación del período de luz y oscuridad en un ciclo de 24 horas puede influir en la respuesta de floración en una serie de plantas, y manipular esta relación por medio de la iluminación suplementaria permite regular el tiempo de floración y la morfología de la flor (tal como el grosor y longitud).

40

Ciertas dosis de luz también pueden aumentar la resistencia de una planta a las enfermedades. Por ejemplo, varios estudios han demostrado que la iluminación de menor intensidad durante la noche puede ayudar a las plantas a fortalecer su resistencia sistémica contra las enfermedades. El espectro de luz también juega un rol aquí.

45

El espectro de luz también puede influir en el desarrollo morfológico de la planta. Por ejemplo, se ha probado que la cantidad y/o porcentaje de luz azul es, en gran parte, responsable de las arquitecturas compactas de las plantas (distancias de entrenudo y pecíolos cortos) mientras que la luz roja lejana tiene el efecto contrario induciendo el alargamiento del tallo y áreas de hojas más grandes.

50

Además, la luz se puede usar para controlar el contenido de nutrientes de un producto final. Por ejemplo, para las verduras que crecen en ausencia de la luz del día, se ha demostrado que la luz de dirección previa a la cosecha aumentaría los nutrientes para que sean óptimos para el mercado. Por ejemplo: la reducción del contenido de nitratos en las verduras de hoja se puede obtener aplicando iluminación continua de alta intensidad 48 horas antes de la cosecha; un aumento de la antocianina (coloración roja de la ensalada) se puede obtener aplicando luz azul intenso o ultravioleta; y un tratamiento previo a la cosecha a corto plazo (3 días) de microvegetales con luz roja intensa también aumenta los fitoquímicos.

55

Con respecto a la longitud de onda de la luz, la principal actividad fotosintética de una planta tiene lugar dentro del intervalo de longitud de onda de 400-700 nm, con picos máximos en las regiones roja (625-675 nm) y azul (425-475 nm). La radiación dentro del intervalo de 400-700 nm se llama radiación fotosintéticamente activa (PAR) y es responsable del crecimiento de las plantas. La luz azul gobierna la formación de hojas, mientras que la roja y la roja

65

lejana promueven el crecimiento y la floración del tallo (la floración también depende en gran medida del momento de la iluminación, de manera que la floración se puede inducir mediante la temporización adecuada de la iluminación). Se ha probado que las bajas fluencias de la luz roja aumentan la resistencia de las plantas contra las enfermedades.

5 En horticultura, la fluencia de la luz se mide en el número de fotones por segundo por unidad de área (por ejemplo, en micromol/seg/m², un mol que corresponde a 6×10^{23} fotones). Por ejemplo, al aplicar la interiluminación para tomates, la fluencia típica usada es 110 $\mu\text{mol/seg/m}^2$ con una relación de azul: rojo cercano a 1:7.

10 Los sistemas tradicionales de iluminación hortícola se basan en lámparas de sodio de alta presión (para crecimiento) o lámparas incandescentes (para floración). Estas tienen un espectro fijo y, en su mayoría, también son fijas en términos de intensidad de salida de luz.

15 Más recientemente, la llegada de la iluminación de estado sólido basada en LED ha ofrecido nuevas oportunidades de aplicación en horticultura. Las principales ventajas de usar LED resultan de la capacidad de ajustar la composición espectral de la luz para que coincida con los fotorreceptores de la planta. Junto con los beneficios adicionales como las capacidades de atenuación, el control mejorado del calor y la libertad de distribución de los LED, esto proporciona un crecimiento de la planta y un rendimiento del cultivo más óptimos y permite influir en la morfología y composición de la planta. Los LED prometen también un consumo reducido de energía (y la reducción de los costes asociados) en comparación con las fuentes de luz más convencionales tales como las lámparas de descarga de gas o las lámparas incandescentes. Por ejemplo, así como también su eficiencia intrínsecamente más alta, los LED también pueden permitir que la luz se distribuya más cerca del objetivo, lo cual puede resultar en una menor pérdida de luz a través del techo y del piso del invernadero. Además, se puede lograr una mejor distribución de la luz en el cultivo. Esto puede ser beneficioso en una serie de aplicaciones tales como los cultivos de alambre alto como los tomates.

20 Los LED emiten radiación dentro de un espectro de longitud de onda estrecho. Por ejemplo, un LED típico puede tener un pico de emisión a 450 nm (azul), a 660 nm (rojo) o a 730 nm (rojo lejano). También es posible crear un LED que proporcione un amplio espectro de blancos (400-750 nm) recubriendo un LED de un color con un material tal como el fósforo. Las combinaciones de dichos LED se pueden usar para crear diferentes espectros.

30 Una serie de lámparas LED para horticultura ya están disponibles en el mercado para productores comerciales profesionales. Para mantener el coste bajo, estos tienen su espectro de luz y su salida de luz fijos, sintonizados para cumplir con los requisitos de la luz de crecimiento si la lámpara es una lámpara de crecimiento o de la luz de dirección de la lámpara si es una lámpara de dirección.

35 Para fines de investigación, se ofrecen también sistemas más flexibles los cuales tienen la posibilidad de atenuar la salida de luz de colores individuales a cualquier nivel deseado. En caso de que el módulo de luz se equipe con, por ejemplo, LED emisores de luz roja y azul; y la atenuación se puede realizar por separado para cada uno de los colores, permitiendo al investigador lograr cualquier composición de luz deseada. Estos sistemas complejos ofrecen un alto grado de flexibilidad, pero son complejos de usar para un productor hortícola (a diferencia de un investigador) y también agregan un coste adicional haciéndolos económicamente inaccesibles para la industria hortícola.

40 El documento US 2012/170264 A1 divulga una luz de crecimiento LED de espectro completo. Las características de la luz pueden incluir, entre otras cosas, una pluralidad de elementos LED que incluye una pluralidad de tipos de LED diferentes, teniendo cada tipo de LED una salida de longitud de onda de luz única. Los elementos LED se pueden distribuir a través de una superficie de luz de crecimiento. Un controlador se puede configurar para ajustar las intensidades de la luz de crecimiento LED de espectro completo en cada una de las longitudes de onda de la luz. El controlador puede proporcionar una pluralidad de ajustes que se configuran para ajustar automáticamente múltiples intensidades a un nivel que se optimiza para una planta o una etapa de crecimiento en particular. El controlador también se puede configurar para permitir un control independiente sobre las intensidades individuales de las longitudes de onda de la luz. Los ajustes pueden corresponder a una fase de germinación, una etapa de crecimiento o una fase de floración del crecimiento de la planta.

55 Sumario

Por lo tanto, en un extremo de la gama, los productos existentes en el mercado proporcionan un módulo de luz con una relación fija de, por ejemplo, azul, rojo y rojo lejano, donde solo se puede controlar la intensidad general (o incluso solo encender/apagar). Las ventajas de esto son el bajo coste y la facilidad de uso, pero una desventaja es que tales lámparas permiten poco en cuanto a controlabilidad. En el otro extremo de la gama existen módulos de investigación para controlar individualmente la intensidad de, por ejemplo, el azul, el rojo y el rojo lejano. Una ventaja de esto es un alto grado de controlabilidad, pero una desventaja es el alto coste y la complejidad de uso. Sería conveniente proporcionar una manera más sencilla de construir y controlar una lámpara hortícola que se pueda usar para proporcionar tanto luz de crecimiento como de dirección, que mantenga un grado de controlabilidad mientras mantiene bajos el coste y la complejidad del control de la luz. Para satisfacer esta necesidad se proponen un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13.

De acuerdo con un aspecto divulgado en la presente memoria, se proporciona un aparato de iluminación hortícola para iluminar una planta. El aparato comprende: un módulo de iluminación que comprende múltiples elementos de iluminación (por ejemplo, LED), en el que el módulo de iluminación se restringe para operar solo en una pluralidad de modos discretos los cuales emiten luz con diferentes composiciones espectrales discretas emitiendo la luz desde los elementos de iluminación en diferentes combinaciones predeterminadas. Estos modos comprenden un modo de crecimiento configurado con un espectro que promueve el crecimiento de la planta, y al menos un modo de dirección configurado con un espectro que dirige otro proceso biológico de la planta (por ejemplo, un proceso fotoperiódico, un proceso fototrópico o un proceso fotomorfogénico; por ejemplo, la floración o la resistencia a las enfermedades). Como los modos son modos de un módulo de iluminación determinado en lugar de propiedades de módulos de iluminación separados, al menos uno de los elementos de iluminación es común a cada modo, estando dispuesto para emitir tanto en el modo de crecimiento como en el modo de dirección. El aparato comprende además un controlador dispuesto para conmutar el módulo de iluminación entre la pluralidad de modos discretos.

La divulgación, por tanto, proporciona un aparato de iluminación hortícola (por ejemplo, una lámpara LED) que combina los modos de iluminación de crecimiento y de dirección de una manera sencilla y efectiva en coste, junto con métodos para controlar la salida de luz de dicha lámpara en base a factores tales como el objetivo del productor, la fase del día y/o el estado del cultivo. El módulo de horticultura divulgado se encuentra entre los productos existentes que están disponibles, que proporciona una compensación entre flexibilidad, coste y simplicidad para el usuario; que tiene un ajuste de luz dedicado para evocar un efecto dedicado en las plantas en cada uno de los modos. Las ventajas pueden incluir una reducción en coste (menos módulos de luz e instalación menos pesada) y/o una operación más sencilla (número limitado de modos preconfigurados seleccionables, que no requieren un sistema de administración de fórmulas).

En las realizaciones, las diferentes combinaciones se pueden formar encendiendo y apagando los elementos de iluminación en diferentes patrones predeterminados (por ejemplo, ver las Figuras 4 y 5). Alternativa o adicionalmente, las diferentes combinaciones se pueden formar emitiendo luz desde los elementos de iluminación con diferentes combinaciones predeterminadas de intensidades.

En las realizaciones, el controlador se puede configurar para conmutar el módulo de iluminación entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en las diferentes fases respectivas de un ciclo diario. Por ejemplo, el controlador se puede configurar para conmutar el módulo de iluminación al modo de crecimiento durante una fase diurna del ciclo diario, y para conmutar el módulo de iluminación a una fase nocturna del ciclo diario. Por ejemplo, el controlador se puede configurar para determinar la fase del ciclo diario de acuerdo con un programa predeterminado.

Alternativa o adicionalmente, el controlador comprende uno o más sensores, en el que el controlador se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al uno o más sensores, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a uno o más sensores. Por ejemplo, el uno o más sensores pueden comprender: un sensor de luz del día dispuesto para detectar un nivel de luz de la luz del día, el controlador se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al nivel de luz detectado, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base al nivel de luz detectado; un sensor de luz del día dispuesto para detectar una composición espectral de la luz del día, el controlador se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la composición espectral detectada de la luz del día, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la composición espectral detectada de la luz del día; un sensor de humedad, estando configurado el controlador para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en función de la humedad detectada, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en función de la humedad detectada; un sensor de temperatura, estando configurado el controlador para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en función de la temperatura detectada, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la temperatura detectada; un sensor de rendimiento de crecimiento de la planta y/u otra forma de sensor de salud de la planta, el controlador se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al crecimiento detectado y/o a la salud de la planta, y/o para controlar una duración del al menos un modo de dirección en base al crecimiento y/o salud detectados de la planta; y/o un sensor de morfología de la planta, el controlador se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la morfología detectada de la planta, y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la morfología detectada de la planta.

En las realizaciones, el uno o más sensores pueden ser al menos uno de los medios mediante los cuales el controlador determina la fase del ciclo diario (ya sea el único medio, o usado en adición de uno o más de otros medios tales como el programa predeterminado, por ejemplo, adaptar los tiempos de conmutación del programa dentro de los límites permitidos del programa en base a la entrada sensorial).

En otras realizaciones más, el controlador puede comprender una interfaz de usuario (por ejemplo, un conmutador o terminal informático), que se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a una entrada de usuario recibida a través de la interfaz de usuario.

El módulo de iluminación se puede restringir a tener un único modo de dirección disponible, de manera que el aparato se restringe a solo dos modos, crecimiento o dirección; o alternativamente, el módulo de iluminación puede permitir un pequeño número de múltiples modos de dirección discretos. En el caso de múltiples modos de dirección, el controlador se puede configurar para aplicar cada uno de los múltiples modos de dirección en una secuencia en diferentes horas respectivas durante la fase nocturna.

De acuerdo con otro aspecto divulgado en la presente memoria, se puede proporcionar una lámpara de cultivo hortícola que tiene una carcasa y que comprende el aparato de cualquiera de las realizaciones divulgadas (que incluye al menos el módulo de iluminación y el controlador) incorporado en dicha misma carcasa.

De acuerdo con otro aspecto, se puede proporcionar una instalación de cultivo hortícola que comprende: una o más plantas, y un módulo de iluminación y un controlador de acuerdo con cualquiera de las realizaciones divulgadas en la presente memoria, estando dispuesto el módulo de iluminación para iluminar la una o más plantas. Por ejemplo, la instalación de cultivo hortícola puede adoptar la forma de un invernadero o fábrica de cultivo de plantas en la cual se acomodan las plantas y el módulo de iluminación.

Breve descripción de los dibujos

Para ayudar a comprender la presente divulgación y mostrar cómo se pueden poner en práctica las realizaciones, se hace referencia a manera de ejemplo a los dibujos adjuntos en los cuales:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una instalación de cultivo hortícola,
 La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato de iluminación hortícola,
 La Figura 3 es una representación esquemática de un módulo de iluminación,
 La Figura 4 es una representación esquemática de un módulo de iluminación en un modo de crecimiento, y
 La Figura 5 es una representación esquemática de un módulo de iluminación en un modo de dirección.

Descripción detallada de las realizaciones

Lo siguiente describe un módulo de luz que comprende un controlador para controlar un módulo de luz en al menos dos modos de operación (exclusivos), de los cuales un modo es para proporcionar una luz de crecimiento durante un período "diurno" en un ciclo de 24 horas y otro modo es para proporcionar una luz de dirección durante un período "nocturno" en un ciclo de 24 horas. Por ejemplo, la luz de dirección puede ser una luz de floración, una luz que reduce las enfermedades y una luz que controla la morfología.

Una interfaz de usuario (ya sea un conmutador, un control remoto de un ordenador de fórmulas) puede proporcionar la entrada para seleccionar uno de los al menos dos modos. Alternativa o adicionalmente, se agrega inteligencia al controlador del módulo de iluminación para seleccionar entre los modos de una manera automatizada o al menos parcialmente automatizada. Por ejemplo, el control del módulo de iluminación puede también, o alternativamente, ser en base a datos del sensor relacionados con el medio ambiente (por ejemplo, un sensor de luz del día, una hora del día, la etapa de crecimiento de la planta/cultivo, la humedad relativa para evaluar el riesgo de enfermedad, etc.) en el que el controlador conmuta entre los diferentes modos de funcionamiento en base a los datos ambientales detectados. Y/o como otro ejemplo, la conmutación puede ser en base a un temporizador de acuerdo con un programa predeterminado preconfigurado en el controlador.

En las realizaciones, el módulo de iluminación puede permitir solo un modo de crecimiento y un único modo de dirección. Alternativamente, se pueden aplicar múltiples modos de luz de dirección durante los períodos no superpuestos. En cualquiera de estos modos, el módulo de luz se puede controlar para proporcionar luz continua o luz de encendido/apagado por pulso con pulsos de luz del orden de minutos.

La Figura 1 muestra una instalación de cultivo hortícola 2 que comprende un invernadero 6 o una fábrica de cultivo de plantas. El invernadero o fábrica 6 contiene una o más plantas 4 (por ejemplo, tomates) y una o más instancias de un aparato de iluminación hortícola 8 dispuesto para iluminar una o más plantas 4. El aparato de iluminación 8 se puede usar para proporcionar iluminación suplementaria para complementar la luz del día (por ejemplo, en un invernadero) o incluso para proporcionar la única luz en lugar de la luz del día (por ejemplo, en una fábrica de cultivo de interior). Por ejemplo, en el ejemplo mostrado, dos plantas 4 o hileras de plantas se iluminan ambas desde arriba por un aparato de iluminación superior 8t, mientras que cada planta 4 o grupo de plantas en una hilera determinada se ilumina alternativa o adicionalmente mediante un aparato de interiluminación 8i colocado entre la planta o grupo de plantas. La Figura 1 también muestra un diseño de ejemplo para el crecimiento hidropónico de tomates en invernaderos con una trayectoria de servicio entre las hileras de tomates, pero se apreciará que esto es ilustrativo y de ninguna manera se limita a todos los escenarios a los cuales los principios en la presente memoria se pueden aplicar.

La Figura 2 proporciona un diagrama de bloques de un aparato de cultivo hortícola 8 de acuerdo con las realizaciones divulgadas en la presente memoria, por ejemplo, como se puede usar para implementar instancias de iluminación superior 8t o de interiluminación 8i. El aparato de iluminación hortícola 8 comprende un módulo de

iluminación 10 que comprende múltiples elementos de iluminación 12 (por ejemplo, LED) y un controlador 14 conectado para controlar el módulo de iluminación 10 para conmutar entre los modos. El controlador 14 comprende uno o más de: una interfaz de usuario (UI) 16, uno o más sensores 18 y/o un temporizador 20. En las realizaciones, el módulo de iluminación 10 y el controlador 14 (incluyendo su UI 16, el (los) sensor(es) 18 y/o el temporizador 20) se pueden integrar juntos en la carcasa de una lámpara de cultivo hortícola. Alternativamente, parte o todo el controlador 14 se puede implementar en una unidad separada, tal como un terminal informático, conectado al módulo de iluminación 10 a través de una conexión inalámbrica o por cable.

Las Figuras 3, 4 y 5 ilustran esquemáticamente un ejemplo del módulo de iluminación 10, por ejemplo, como se podría usar en la iluminación superior 8t o en otro aparato de iluminación hortícola. El módulo de iluminación comprende la pluralidad de elementos de iluminación 12, cada uno de los cuales en realizaciones preferentes es un LED respectivo (y se describirá como tal a continuación, aunque se debe entender que, más generalmente, podrían ser otros tipos de elementos de iluminación). Cada LED 12 se diseña para emitir con un color determinado, siendo los diferentes LED 12 de al menos dos colores diferentes; es decir, algunos de los LED 12 son de un color, otros de los LED 12 son de otro color y (si se usan más de dos colores de LED) otros de los LED 12 son de otro color más, etcétera. Por ejemplo, en el ejemplo mostrado, algunos de los LED 12 son LED azules 12B (pico de emisión en 400-500 nm, por ejemplo, en 450 nm); algunos son LED rojos 12R (pico de emisión en 600-700 nm, por ejemplo, en 660 nm), y algunos son LED rojos lejano 12FR (pico de emisión en 700-800 nm, por ejemplo, en 740 nm). Los LED 12 se pueden disponer en una matriz bidimensional, por ejemplo, en una parrilla rectangular como en el ejemplo ilustrado, o en alguna otra formación; siempre que la luz emitida por los diferentes colores del LED 12, a medida que incide en una o más plantas, se mezcle al menos en cierta medida. En una realización, los LED se pueden disponer en una parrilla de 7x6 con los colores mostrados en las Figuras 3-5 (aunque no necesariamente a escala), pero se apreciará que este es un ejemplo y no necesita limitarse a todas las realizaciones posibles.

Los LED 12 se disponen en dos grupos para proporcionar luz en dos modos diferentes: de crecimiento y de dirección. Al menos un LED 12 o un subgrupo de los LED 12 con espectro similar pertenece a ambos grupos y se usa en común (ambos modos). La contribución relativa de al menos un grupo de LED 12 a la salida total es diferente en los dos modos (diferente composición espectral).

En las realizaciones, el modo de crecimiento se caracteriza por una fluencia de luz relativamente alta (por ejemplo, de 100-200 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$) con una gran contribución de esto en la parte roja del espectro (por ejemplo, un 70 % - 90 %). La luz emitida en el modo de dirección, por otro lado, se configura con un espectro diferente al modo de crecimiento (y en las realizaciones también con una intensidad diferente) con el fin de promover un proceso biológico diferente de la planta 4 que no sea el crecimiento. En las realizaciones, la intensidad de la luz de dirección puede ser relativamente baja (por ejemplo, de 0-50 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$) y la composición espectral es dependiente del efecto que el productor desea lograr, por ejemplo, tal como uno o más de los efectos discutidos anteriormente. El espectro de luz y/o la intensidad en el modo de crecimiento y/o el modo de dirección también pueden depender del tipo de cultivo o planta para el que se diseña, es decir, se configuran para una planta o tipo de cultivo particular. La modulación del ancho del pulso (PWM) se puede usar para atenuar los diferentes canales de luz (diferentes colores). Además de esta pulsación de alta frecuencia (> 100 Hz), en las realizaciones, la luz de dirección se puede ofrecer en modo continuo o en modo pulsado con pulsos a mayores intervalos de tiempo (por ejemplo, de 1-60 minutos) en función del efecto deseado y de los mecanismos de activación subyacentes.

La Figura 3 muestra el módulo de iluminación 10 cuando está apagado (ninguno de sus LED 12 está encendido, es decir, ninguno emite). La Figura 4 muestra el módulo de iluminación en un ejemplo de un modo de crecimiento, en el que un primer grupo de LED 12 está encendido (emite) y el resto está apagado (no emite). En el ejemplo mostrado, el modo de crecimiento se configura de manera que todos los LED azules 12B y los LED rojos 12R están encendidos, pero todos los LED rojos lejanos 12FR están apagados. La Figura 5 muestra el módulo de iluminación en un ejemplo de un modo de dirección, por lo que un segundo grupo de LED 12 está encendido (emite) y el resto está apagado (no emite). En el ejemplo mostrado, el modo de dirección se configura de manera que todos los LED rojos 12R y los LED rojos lejanos 12FR están encendidos, mientras que todos los LED azules 12B están apagados. Note que algunos, pero no todos los LED del primer grupo (encendido en el modo de crecimiento) son comunes al segundo grupo (encendido en el modo de dirección).

El controlador 14 se configura para controlar el módulo de iluminación 12 para conmutar entre los modos de crecimiento y de dirección. El controlador 14 puede tomar una serie de formas posibles. En las realizaciones, el controlador 14 toma la forma de un módulo de control digital 15 conectado para controlar el modo del módulo de iluminación 10, más una UI 16 asociada, el (los) sensor(es) 18 y/o el temporizador 20 conectados a través de una conexión inalámbrica o por cable para proporcionar una entrada al módulo de control 15; el módulo de control 15 que se configura para controlar el módulo de iluminación 10 para conmutar entre los modos de crecimiento y de dirección en base a la entrada o las entradas que recibe desde la UI 16, desde el (los) sensor(es) y/o desde el temporizador 20.

El módulo de control digital 15 se puede implementar como una porción del código de software almacenado en una memoria del controlador 14 y dispuesto para ejecutarse en uno o más procesadores del controlador 14. Por ejemplo, el controlador 14 puede comprender un terminal informático, tal como un ordenador de escritorio o portátil, una

5 tableta o un teléfono inteligente, sobre el cual se instala y se ejecuta el módulo de control 15; o el controlador puede comprender un microprocesador específico de memoria y aplicación de una unidad de control dedicada, por ejemplo, integrado en una lámpara de cultivo hortícola. Alternativamente, el módulo de control digital se puede implementar total o parcialmente en un circuito cableado dedicado y/o en un circuito configurable o reconfigurable tal como un PGA o un FPGA. Note que cuando el módulo de control 15 se implementa en software ejecutado en un procesador, el temporizador 20 (si se usa) puede tomar la forma de un reloj de propósito general u otro temporizador del procesador más el software asociado, o alternativamente puede tomar la forma de un temporizador periférico independiente.

10 En las realizaciones, el módulo de control 15 es un módulo de control automatizado configurado para conmutar automáticamente entre los modos de crecimiento y de dirección en base a uno o más de: la hora del día, la etapa de crecimiento del cultivo (medida o preestablecida en función del período de crecimiento), la duración del día (inferida de la fecha del calendario o de las lecturas del sensor), la composición espectral de la luz del día (por ejemplo, lecturas del sensor de relación rojo/rojo lejano o valor PSS), y/o una o más lecturas del sensor (por ejemplo, humedad relativa y/o temperatura para evaluar el riesgo de enfermedad). En las realizaciones, el módulo de control 15 enciende automáticamente la luz de dirección (con o sin retardo de tiempo) después de que la luz de crecimiento se ha apagado.

20 En algunas realizaciones, el módulo de iluminación 10 tiene solo dos modos: un modo de crecimiento y un modo de dirección. Alternativamente, el módulo de iluminación puede permitir un pequeño número de modos de dirección diferentes (pero en las realizaciones todavía solo un modo de crecimiento único). Por ejemplo, el módulo de iluminación 10 se puede conmutar entre varias funciones para la luz de dirección; por ejemplo, modos que tienen diferente intensidad de luz y/o espectros de floración, resistencia a enfermedades y/o dirección de la morfología. En las realizaciones, el módulo de iluminación 10 tiene solo dos o menos modos de dirección, solo tres o menos modos de dirección, solo cuatro o menos modos de dirección, solo cinco o menos modos de dirección, o solo diez o menos modos de dirección.

30 De cualquier manera, ya sea que se permitan uno o unos pocos modos de dirección, note que los modos son modos discretos del módulo de iluminación 10, en que el módulo de iluminación 10 se restringe para operar solo en un pequeño número de modos (correspondiente a un pequeño número de combinaciones respectivas de los LED 12) que es sustancialmente más pequeña que si el espectro y/o la intensidad de la luz se pudieran establecer en cualquier valor arbitrario (en base a cualquier posible ajuste de encendido-apagado y/o de brillo de los LED 12). Por tanto, el número de modos es sustancialmente menor que el número de combinaciones posibles en las cuales los LED 12 del módulo de iluminación se pueden encender y apagar, por ejemplo, al menos un factor de diez más pequeño, al menos un factor de cien más pequeño, al menos un factor de mil más pequeño, o al menos un factor de diez mil más pequeño, etc. (en función del número de LED 12 y por lo tanto del número de combinaciones teóricas); y preferentemente solo se permiten un puñado de modos (por ejemplo, menor o igual a dos, menor o igual a tres, menor o igual a cuatro, menor o igual a cinco, o menor o igual a diez modos de dirección; y en realizaciones solo un modo de crecimiento).

40 Preferentemente, para reducir la complejidad del control, esta restricción a un pequeño número de modos discretos es una propiedad cableada intrínseca del propio módulo de iluminación 10. Por ejemplo, el módulo de iluminación 10 puede comprender dos cables de control a través de los cuales se conecta el controlador 14 para conmutar el módulo 10 entre la luz de crecimiento y la luz de dirección en base a un voltaje de control aplicado, por ejemplo, una diferencia de voltaje entre los dos cables (y de estos dos cables de control, un cable puede ser común con los cables que proporcionan la potencia). Alternativamente, sin embargo, la restricción se puede imponer por el controlador 14.

50 Note también que en el caso de un controlador digital 15, discreto significa restringido a sustancialmente menos modos que el límite del número de combinaciones de niveles que inevitablemente resultan de la representación digital de un valor. Es decir, para el propósito de la presente divulgación, una variable digital se considera que es una variable efectivamente de forma continua (y, por lo tanto, no discreta) si la única restricción sobre el número de valores posibles que puede tomar es la cuantificación debido a la naturaleza digital del controlador.

55 Algunas posibilidades para controlar la conmutación entre los modos se discuten ahora con más detalle.

60 En una primera realización, el controlador 14 comprende el módulo de control digital 15 y el temporizador 20, y se configura para controlar la conmutación entre el modo de crecimiento y uno o más modos de dirección de acuerdo con un programa predeterminado (temporizando la hora actual mediante el uso del temporizador y comparar la hora actual con el programa). En las realizaciones, el controlador 14 también comprende una interfaz de usuario (UI) 16 y un usuario puede programar el programa a través de la UI 16. Por ejemplo, el controlador 14 puede tomar la forma de un terminal informático en el que se implementa el módulo de control 15, y la UI 16 puede comprender una pantalla y los medios de entrada (por ejemplo, el ratón, el teclado y/o la pantalla táctil) de este terminal informático. Alternativamente, el módulo de control 15 se puede programar previamente con el programa por un fabricante, proveedor o técnico de puesta en marcha.

De acuerdo con la primera realización, el programa puede comprender un programa diario y/o un programa que varía durante un período más largo tal como un calendario semanal, mensual y/o anual (por ejemplo, el programa diario varía durante una serie de días, semanas, meses o años).

5 Preferentemente, el programa comprende al menos un programa diario, por lo que el módulo de control 15 conmuta el aparato de iluminación 10 entre los diferentes modos en diferentes horas de un ciclo diario de 24 horas. De acuerdo con este programa, el modo de crecimiento se usa preferentemente para complementar la luz del día (durante el día y/o la noche); mientras que el modo de dirección se puede usar principalmente durante la noche o al final del día, cuando la contribución de la luz del día se vuelve muy limitada. Por tanto, el módulo de iluminación se
10 usa para promover el crecimiento durante el día y promover uno o más procesos biológicos como la floración o la resistencia a enfermedades durante la noche. Si hay múltiples modos de dirección diferentes, el programa diario puede comprender conmutar entre los diferentes modos de dirección en diferentes horas de la noche; por ejemplo, conmutar del modo de floración al modo de resistencia a las enfermedades a mitad de la noche, o alternar entre los dos modos durante el transcurso de la noche.

15 Alternativa o adicionalmente, el programa puede variar el comportamiento de conmutación a lo largo de un curso de más de un día. Por ejemplo, el período de tiempo durante el cual se aplica el modo de crecimiento durante el día y/o el período de tiempo durante el cual el (los) modo(s) de dirección se aplica(n) durante la noche, se pueden programar para que varíe de día a día, de semana a semana o de mes a mes, en función de la etapa de crecimiento del cultivo, la duración del día actual y/o la estación como se infiera de la fecha actual del calendario.

20 En una segunda realización, el controlador 14 comprende el módulo de control digital 15 y uno o más sensores 18, y se configura para controlar la conmutación entre el modo de crecimiento y el uno o más modos de dirección en base a la entrada o las entradas respectivas de uno o más sensores 18. Por ejemplo, el (los) sensor(es) 18 puede(n) comprender un sensor de luz del día dispuesto para medir la cantidad actual de luz del día experimentada en la
25 instalación 2, un sensor de luz del día dispuesto para medir la composición espectral actual de la luz del día experimentada en la instalación 2 (esto puede usar la misma fotocélula o una diferente), un sensor de humedad dispuesto para medir la humedad actual en la instalación 2, y/o un sensor de temperatura dispuesto para medir la temperatura actual en la instalación 2. Preferentemente, el uno o más sensores se colocan en una proximidad adecuada de la planta o plantas 4 en cuestión de modo que se aproximen a las condiciones (por ejemplo, luz y/o
30 humedad) experimentadas por esas una o más plantas 4.

35 Por ejemplo, el módulo de control 15 se puede configurar para inferir la duración del día actual y/o la etapa de crecimiento del cultivo en base al nivel y/o espectro de luz del día detectados, y/o la humedad detectada, y puede conmutar entre los modos en base a esto. Por ejemplo, el módulo de control 15 puede inferir la duración del día en base a uno o más sensores 8, y activar el modo de crecimiento a aplicar durante el horario nocturno inferido. Y/o, el módulo de control 15 puede inferir la etapa o estación actual de crecimiento del cultivo en base a uno o más sensores 18, y puede variar el período de tiempo para el que el modo de crecimiento y/o el (los) modo(s) de dirección se aplica(n) en función de la etapa o
40 estación de crecimiento inferida.

45 En otro ejemplo, un riesgo de enfermedad actual se puede correlacionar con la humedad y/o la temperatura experimentadas por la(s) planta(s) 4, y el módulo de control 15 se puede configurar para activar el modo de dirección de resistencia a las enfermedades (o cambiar la duración de este modo) en respuesta a la detección de un cierto nivel de humedad o de temperatura o ciertas combinaciones de humedad y temperatura.

50 En otro ejemplo, se puede usar un sensor de salud de plantas dedicado para detectar uno o más aspectos de la salud de las plantas, tal como para proporcionar una indicación temprana de enfermedad. El sensor de salud de plantas puede comprender un sensor de rendimiento del crecimiento de las plantas para tomar mediciones de fotosíntesis (crecimiento), tal como un sensor de Fluorescencia de Clorofila tal como una cámara de Allied Vision AVT. Por ejemplo, las mediciones de crecimiento (fluorescencia de clorofila) se pueden usar como una indicación indirecta temprana de enfermedades. Sin embargo, quizás existan también otras mediciones de crecimiento de las plantas o de la salud de las plantas en general. Por ejemplo, el crecimiento también se puede inhibir por otros factores (por ejemplo, estrés hídrico).

55 En otro ejemplo más, se pueden usar sensores de morfología de la planta (por ejemplo, Phenospex PlantEye) para detectar uno o más aspectos de la morfología de la planta, tal como la etapa de crecimiento del cultivo.

60 La selección y/o la duración de un modo de dirección particular puede ser en base a uno o más valores detectados de uno o más de los sensores descritos anteriormente o de otros. Por ejemplo, el sensor de luz del día se puede disponer para determinar el encendido/apagado del modo de crecimiento, mientras que otro o más sensores tales como el sensor de humedad y/o el sensor de temperatura se pueden disponer para determinar la selección y/o la duración de un modo de dirección antifúngico de entre varios modos de dirección. Un modo de dirección particular puede no seleccionarse si no es relevante en base al (los) valor(es) detectado(s).

65

Además, en la segunda realización, la conmutación entre los modos puede ser en base a, únicamente, la(s) entrada(s) del sensor, o se puede combinar con la primera realización para adaptar el programa en base a datos empíricos del (los) sensor(es). Por ejemplo, el módulo de control 15 puede determinar la duración del día actual en base a un calendario, de modo que el modo de crecimiento se aplica durante el día y al menos un modo de dirección se aplica durante la noche, pero también puede adaptar la hora exacta de conmutación dentro de un intervalo predeterminado del horario programado en base a la humedad detectada y/o el espectro de luz del día.

De acuerdo con una tercera realización, el controlador 14 comprende una interfaz de usuario (UI) 16 y se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el (los) modo(s) de dirección en base a una selección manual del usuario recibida a través de la UI 16. Por ejemplo, la UI puede comprender un control remoto capaz de controlar la conmutación a través de un módulo de control 15; o la interfaz de usuario puede comprender un dispositivo de entrada tal como un teclado, un ratón y/o una pantalla táctil de un terminal informático en el cual se implementa el módulo de control 15. Alternativamente, la UI 16 puede comprender solo un conmutador dedicado (por ejemplo, un conmutador mecánico) para conmutar entre los modos. En este caso, el módulo de control 15 no es necesariamente necesario y el controlador 14 puede consistir simplemente en el conmutador 16 conectado directamente a los cables de control del módulo de iluminación 10.

En una variante particular de la tercera realización, el usuario usa la UI 16 solo para encender y apagar el modo de crecimiento, y el módulo de control 15 se configura para encender automáticamente el modo de dirección (o una secuencia de modos de dirección) para un tiempo predeterminado después de que el usuario haya desactivado el modo de crecimiento. Por ejemplo, el módulo de control 15 puede activar un modo de iluminación rojo de resistencia a enfermedades durante un período tal como 2 horas después de que el usuario haya desactivado el modo de crecimiento.

Note que, en cualquiera de las realizaciones, el modo de crecimiento y el (los) modo(s) de dirección no tienen que ser necesariamente contiguos. Por ejemplo, podría existir un período sin iluminación (al menos no desde el módulo de iluminación 10) entre el final del modo de crecimiento y el inicio del (los) modo(s) de dirección, y/o entre el final del (los) modo(s) de dirección y el inicio de la siguiente aplicación del modo de crecimiento y/o entre diferentes modos de dirección.

Se apreciará que las realizaciones anteriores se han descrito a modo de ejemplo. Otras variaciones a las realizaciones divulgadas se pueden entender y efectuar por los expertos en la técnica a partir de un estudio de los dibujos, de la divulgación y de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluyen una pluralidad. Un único procesador u otra unidad pueden cumplir las funciones de varios elementos expuestos en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de iluminación hortícola (8) para iluminar una planta (4), comprendiendo el aparato:
 - 5 un módulo de iluminación (10) que comprende múltiples elementos de iluminación (12), en el que el módulo de iluminación (10) se restringe para operar en una pluralidad de modos discretos los cuales emiten luz con diferentes composiciones espectrales discretas emitiendo luz desde los elementos de iluminación (12) en diferentes combinaciones predeterminadas, comprendiendo los modos un modo de crecimiento configurado con un espectro que promueve el crecimiento de la planta, y al menos un modo de dirección configurado con un espectro que dirige otro proceso biológico de la planta, disponiéndose con al menos uno de los elementos de iluminación (12) para emitir tanto en el modo de crecimiento como en el modo de dirección; y
 - 10 un controlador (14) dispuesto para conmutar el módulo de iluminación entre la pluralidad de modos discretos, caracterizado porque el controlador (14) se configura para conmutar el módulo de iluminación (10) entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en diferentes fases respectivas de un ciclo diario, en el que el proceso biológico en el que el al menos un modo de dirección se configura para dirigir comprende: la floración o la resistencia a las enfermedades.
2. El aparato (8) de la reivindicación 1, en el que el controlador (14) se configura para conmutar el módulo de iluminación (10) al modo de crecimiento durante una fase diurna del ciclo diario, y para conmutar el módulo de iluminación (10) a al menos un modo de dirección durante una fase nocturna del ciclo diario.
3. El aparato (8) de la reivindicación 1 o 2, en el que el aparato (8) se configura para determinar la fase del ciclo diario de acuerdo con un programa predeterminado.
4. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que las diferentes combinaciones se forman activando y desactivando los elementos de iluminación (12) en diferentes patrones predeterminados.
5. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que las diferentes combinaciones se forman emitiendo luz desde los elementos de iluminación (12) con diferentes combinaciones predeterminadas de intensidades.
6. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador (14) comprende uno o más sensores (18) y se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al uno o más sensores, y/o para controlar una duración del al menos un modo de dirección en base a uno o más sensores.
7. El aparato (8) de la reivindicación 6, en el que uno o más sensores (18) comprenden uno o más de:
 - 40 un sensor de luz del día dispuesto para detectar un nivel de luz de la luz del día, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al nivel de luz detectado y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base al nivel de luz detectado;
 - 45 un sensor de luz del día dispuesto para detectar una composición espectral de la luz del día, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la composición espectral detectada de la luz del día y/o para controlar una duración del al menos un modo de dirección en base a la composición espectral detectada de la luz del día;
 - un sensor de humedad, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la humedad detectada y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la humedad detectada;
 - 50 un sensor de temperatura, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la temperatura detectada y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la temperatura detectada;
 - un sensor de rendimiento de crecimiento de la planta y/u otro sensor de salud de la planta, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base al rendimiento de crecimiento detectado y/o a la salud de la planta y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base al rendimiento de crecimiento detectado y/o a la salud de la planta; y/o
 - 55 un sensor de morfología de la planta, el controlador (14) se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a la morfología detectada de la planta y/o para controlar la duración del al menos un modo de dirección en base a la morfología detectada de la planta.
8. El aparato (8) de la reivindicación 6 o 7, cuando dependa de la reivindicación 4, en el que el controlador (14) se configura para usar uno o más sensores (18) para determinar la fase del ciclo diario.
9. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador (14) comprende una interfaz de usuario (16) y se configura para conmutar entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en base a una entrada de usuario recibida a través de la interfaz de usuario (16).

10. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que el al menos un modo de dirección comprende múltiples modos de dirección.
- 5 11. El aparato (8) de la reivindicación 10 cuando dependa de la reivindicación 5, en el que el controlador (14) se configura para aplicar cada uno de los múltiples modos de dirección en diferentes momentos respectivos durante la fase nocturna.
- 10 12. El aparato (8) de cualquier reivindicación anterior, en el que el proceso biológico en el que el al menos un modo de dirección se configura para dirigir comprende: un proceso fotoperiódico, un proceso fototrópico o un proceso fotomorfogénico.
- 15 13. Un procedimiento para proporcionar luz hortícola para iluminar una planta (4), que comprende: proporcionar un módulo de iluminación (10) que comprende múltiples elementos de iluminación (12), en el que el módulo de iluminación se restringe para operar en una pluralidad de modos discretos los cuales emiten luz con diferentes composiciones espectrales discretas emitiendo luz desde los elementos de iluminación (12) en diferentes combinaciones predeterminadas, comprendiendo los modos un modo de crecimiento configurado con un espectro que promueve el crecimiento de la planta y al menos un modo de dirección configurado con un espectro que dirige otro proceso biológico de la planta, disponiéndose con al menos uno de los elementos de iluminación (12) para emitir tanto en el modo crecimiento como en el modo de dirección;
- 20 caracterizado por controlar el módulo de iluminación (10) para conmutar el módulo de iluminación (10) entre el modo de crecimiento y el al menos un modo de dirección en diferentes fases respectivas de un ciclo diario; en el que el proceso biológico en el que al menos un modo de dirección se configura para dirigir comprende: la floración o la resistencia a las enfermedades.
- 25 14. El procedimiento de la reivindicación 13, que controla además el módulo de iluminación (10) para conmutar al modo de crecimiento durante una fase diurna del ciclo diario, y para conmutar al menos un modo de dirección durante una fase nocturna del ciclo diario.
- 30 15. Una instalación de cultivo hortícola (2) que comprende:
una o más plantas (4); y
un aparato de iluminación para horticultura (8) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, dispuesto para iluminar la una o más plantas (4).

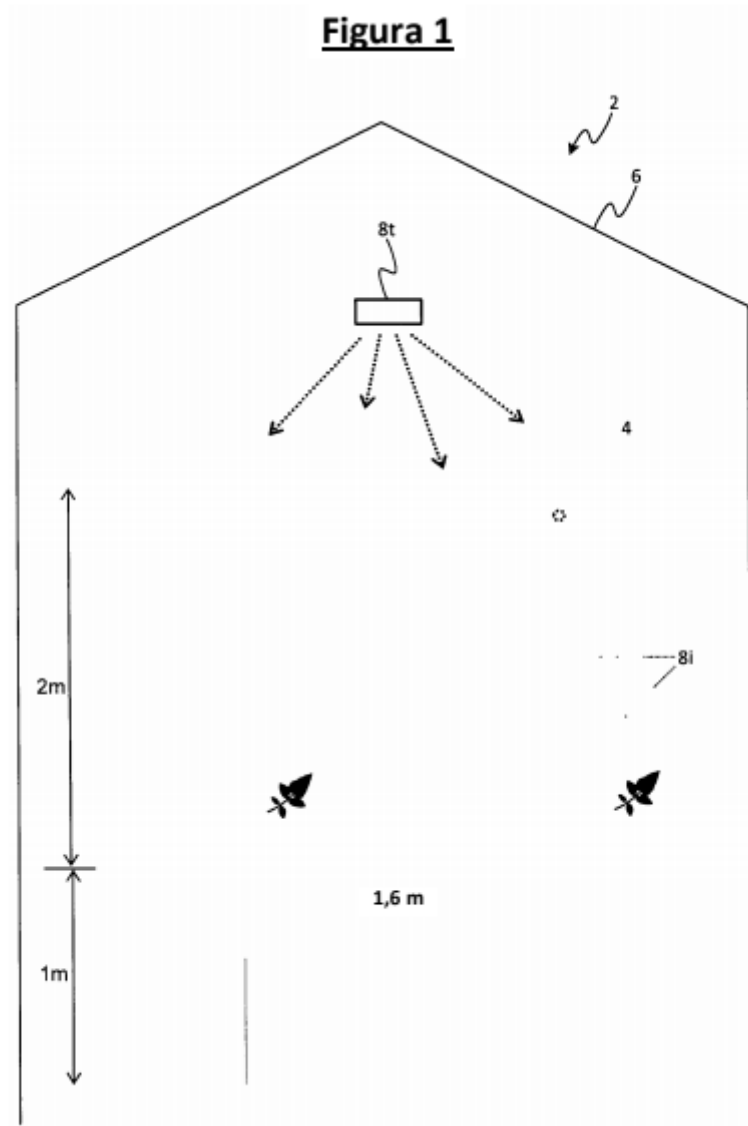


Figura 2

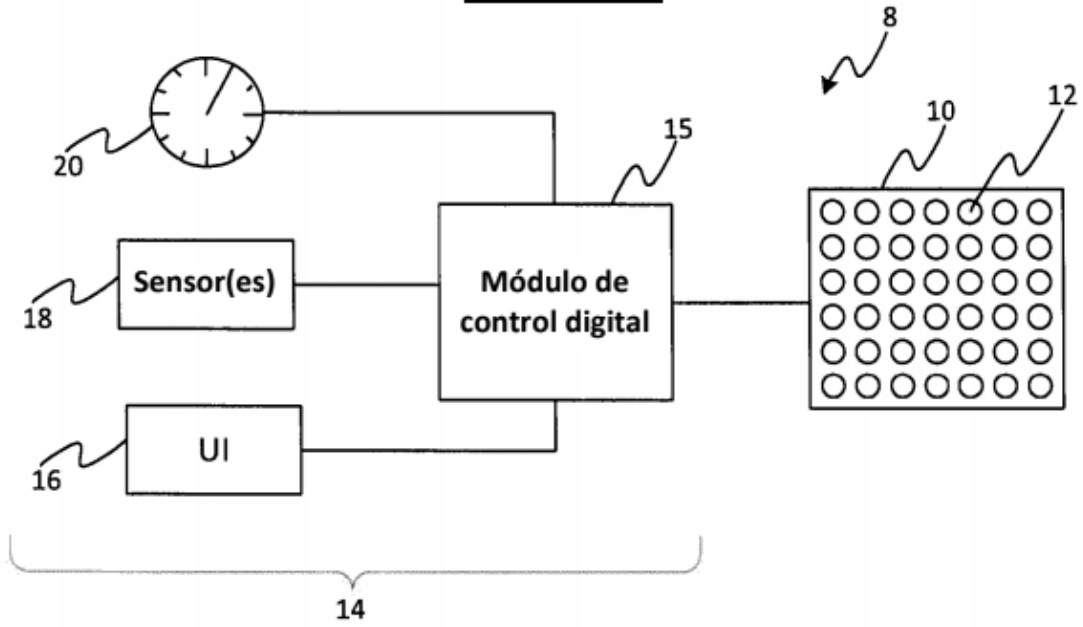


Figura 3

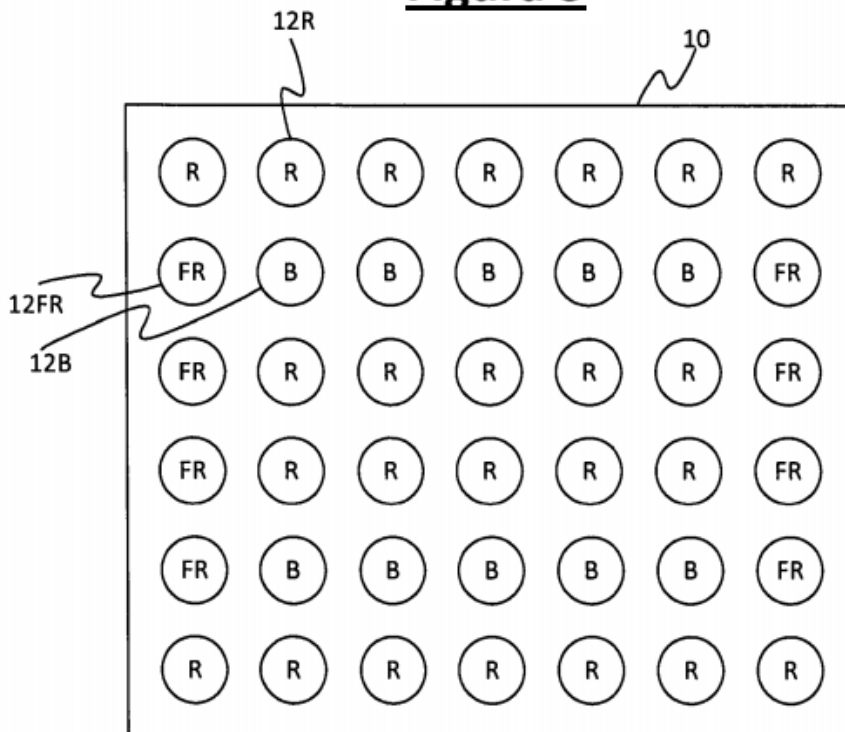


Figura 4

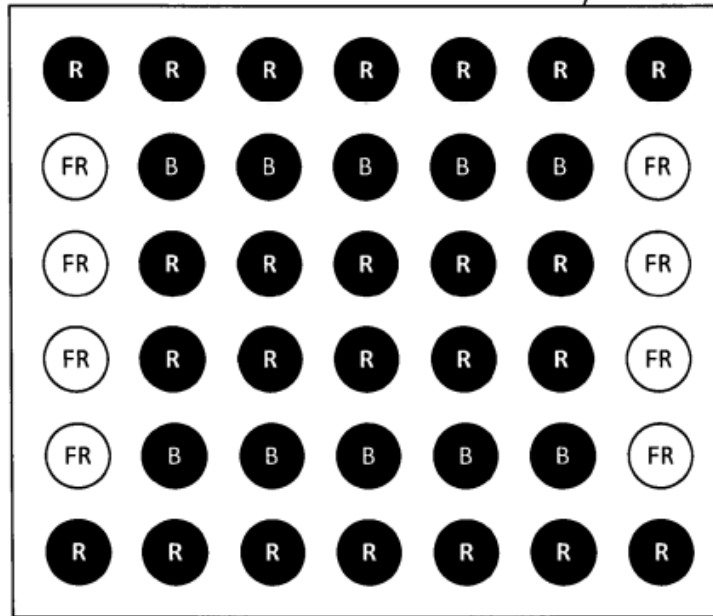


Figura 5

