

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 029 558**

51 Int. Cl.:

A01G 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2021 PCT/EP2021/066385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2022 WO22002610**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2021 E 21733964 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025 EP 4175459**

54 Título: **Procedimientos y sistemas para determinar la fase de crecimiento de una planta**

30 Prioridad:

03.07.2020 EP 20183964

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

24.06.2025

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.00%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**NICOLE, CÉLINE CATHERINE SARAH;
SEKULOVSKI, DRAGAN;
BROERS, HARRY y
DE SAMBER, MARC ANDRE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 3 029 558 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

Procedimientos y sistemas para determinar la fase de crecimiento de una planta

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente descripción se refiere a procedimientos y sistemas para determinar la fase de crecimiento de una planta que depende de luz polarizada.

10 ANTECEDENTES

La cosecha de plantas, como las plantas portadoras de flores, puede ser muy importante en el momento adecuado. La cosecha demasiado tarde puede hacer que las plantas se deterioren rápidamente después de la cosecha, ya que pueden estar demasiado maduras. La cosecha demasiado temprana puede impedir que la planta desarrolle las características deseadas en sus flores, tales como la presencia de ciertos compuestos y/o la forma o aspecto deseados.

20 Las plantas de cannabis, por ejemplo, maduran dentro de un marco de tiempo específico y se prefiere mucho recoger las flores en el momento adecuado para obtener resultados de cultivo óptimos. La evolución de un procedimiento de maduración de la flor de cannabis comprende una serie de fases e incluye la formación de estigmas y la formación de tricomas en la flor, aproximadamente en el momento en que los estigmas cambian de color a marrón y se secan.

25 Los tricomas crecen gradualmente, se vuelven prominentes y eventualmente cambian de color de transparente/claro a blanco/lechoso y finalmente ámbar. El mejor momento para cosechar la flor sería aproximadamente cuando menos del 10 % de los tricomas hayan cambiado a ámbar y la mayoría de los tricomas sean blancos/lechosos. Cuando más de los tricomas comienzan a colorearse de ámbar, el capullo se vuelve más maduro. Sin embargo, esto podría depender de la especie.

30 La producción de compuestos de cannabis con el objetivo de fabricar medicamentos requiere que el producto cumpla con los estándares de la industria farmacéutica. La planta no solo debe producirse en condiciones controladas y sin el uso de pesticidas, sino que también los ingredientes activos deben estar presentes en cantidades apropiadas y ser uniformes en todo el follaje.

35 Hasta la fecha, el juicio sobre la maduración de las flores de cannabis todavía se basa en la experiencia humana y sigue siendo una tarea que requiere mucha mano de obra. Los agricultores deben pasar por una plantación, evaluar los tricomas, por ejemplo, con una lupa, recoger las flores maduras según su criterio experto y dejar las flores inmaduras en la planta hasta una próxima exploración de cosecha.

40 Según los autores de Livingston y col, *The Plant Journal* (2020), 101, 37-56, los tricomas glandulares de cannabis alteran la morfología y el contenido de metabolitos durante la maduración de la flor, descubriendo las propiedades de los tricomas y los genes que se expresan altamente dentro de ellos, puede proporcionar nuevas oportunidades para el tiempo de cosecha informado. Los autores han investigado las propiedades de los tricomas de cannabis utilizando técnicas avanzadas de microscopía, como una estrategia de microscopía de fluorescencia de barrido láser de dos fotones, donde se utiliza un láser pulsado desplazado al rojo para penetrar profundamente en los tejidos vivos y excitar la fluorescencia intrínseca de los metabolitos. Los autores utilizan además microscopía electrónica de transmisión y sondeo microcapilar. Sin embargo, es evidente que tales técnicas no son adecuadas para su uso en el campo, especialmente por parte de un usuario no cualificado.

50 Por lo tanto, a la luz de lo anterior, existe la necesidad en la técnica de un procedimiento que permita determinar con precisión y facilidad la fase de crecimiento de una planta.

55 El documento US 2019/259108 A1 describe en el capítulo "Sensores" del documento que la germinación, el crecimiento y la maduración de las plantas se pueden medir mediante sensores y cámaras u otros procedimientos de obtención de imágenes, como sistemas de sensores de radar, lidar o ultrasónicos.

60 Publicación científica Jun-Li Xu y col.: "A polarized hyperspectral imaging system for in vivo detection: Multiple applications in sunflower leaf analysis", *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE*, vol. 158, páginas 258-270, describe un estudio destinado a investigar el potencial de una configuración original de imágenes hiperespectrales polarizadas (HSI - *hyperspectral imaging*) en el dominio espectral de 400-1000 nm para hojas de girasol en el mundo real. El documento concluyó que tanto las características de la superficie como del subsuelo de las hojas de girasol son igualmente importantes en la clasificación de la fase de crecimiento de las hojas jóvenes frente a las viejas y los espectros R_{BS} , es decir, los espectros de reflexión retrodispersada que combinan reflexiones multidispersadas de la luz incidente polarizada linealmente y reflexiones de dispersión débil de la luz incidente polarizada linealmente.

65

RESUMEN

Con ese fin, se propone un procedimiento para determinar la fase de crecimiento de una planta según la reivindicación 1. El procedimiento comprende iluminar la planta con luz de iluminación. La luz de iluminación causa luz de respuesta de la planta. El procedimiento comprende además detectar la luz de respuesta de la planta y, según la luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta. En este procedimiento, (i) iluminar la planta comprende iluminar con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada, y/o (ii) detectar la luz de respuesta comprende filtrar por polarización la luz de respuesta.

Los inventores han reconocido que durante el crecimiento de una planta, las propiedades ópticas de al menos partes de la planta pueden cambiar. En algunas partes de la planta, por ejemplo, pueden desarrollarse nuevas estructuras y/o materiales que tienen propiedades ópticas distintivas de las estructuras y/o materiales ya presentes que constituyen la planta. En particular, estas propiedades ópticas distintivas pueden estar relacionadas con características de la polarización. Las estructuras recientemente desarrolladas pueden rotar una dirección de polarización de la luz incidente de manera diferente que el resto de la planta. Adicional o alternativamente, las estructuras recién desarrolladas pueden reflejar selectivamente solo direcciones específicas de polarización, mientras que el resto de la planta no exhibe dicha reflexión selectiva o al menos exhibe una selectividad diferente para reflejar polarizaciones específicas.

Los procedimientos descritos en esta solicitud hacen uso convenientemente de tales características de polarización distintivas simplemente iluminando la planta con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada y/o detectando la luz de respuesta usando uno o más filtros de polarización. Esto permite revelar las estructuras/materiales activos de polarización que se forman o desaparecen durante el crecimiento de la planta. El crecimiento de una planta también puede denominarse desarrollo o maduración de la planta o de partes de la misma, como las flores. Por lo tanto, una fase de crecimiento también se puede denominar fase de desarrollo y/o fase de maduración.

Ventajosamente, debido a que el procedimiento requiere elementos relativamente simples tales como filtros de polarización, el procedimiento se puede realizar fácilmente en el campo en tiempo real y sin tener que dañar o incluso tocar la planta. Un agricultor puede ir al campo y determinar las fases de crecimiento de las plantas respectivas muy fácilmente y puede decidir cosechar la planta o una o más partes de la misma.

Iluminar la planta no implica necesariamente iluminar toda la planta, solo se pueden iluminar partes específicas de la planta, tales como partes donde se desarrollan las estructuras con diferentes propiedades ópticas, por ejemplo, una flor.

La determinación de la fase de crecimiento puede comprender clasificar la planta en una clase de un conjunto de dos o más clases que están asociadas respectivamente con diferentes fases de crecimiento. En tal caso, una clase está asociada, por ejemplo, con una fase de crecimiento temprana, mientras que otra clase está asociada con una fase de crecimiento media, mientras que otra clase está asociada con una fase de crecimiento tardía. Una fase de crecimiento temprana puede ser una fase donde una flor u otra parte de la planta aún no ha comenzado a madurar, una fase de crecimiento media puede ser una fase donde dicha flor u otra parte ha comenzado a madurar pero aún no está madura, la fase de crecimiento tardía puede ser una fase donde dicha flor u otra parte ha madurado completamente. La etapa de determinación de la fase de crecimiento puede realizarse mediante un sistema de procesamiento de datos, es decir, esta etapa puede implementarse por ordenador.

La determinación de la fase de crecimiento puede comprender cuantificar las estructuras/material de interés en partes específicas de la planta. Dicha cuantificación sería a continuación una indicación de la fase de crecimiento de la planta.

En una realización, la determinación de la fase de crecimiento de una planta y/o la realización de la cuantificación mencionada anteriormente de las estructuras/materiales de interés se realiza sobre la base de un conjunto de datos de entrenamiento donde las respectivas respuestas detectadas de una o más plantas se asocian con las respectivas evaluaciones de expertos humanos de la fase de crecimiento de la planta y/o las respectivas evaluaciones de expertos humanos de la cantidad de las estructuras/material de interés en la planta. En un ejemplo, se puede determinar que una luz de respuesta detectada se asemeja a una luz de respuesta de una planta que fue verificada por un experto humano como perfectamente madura.

La luz de respuesta puede comprender luz de iluminación que ha sido reflejada y/o transmitida por la planta. Adicional o alternativamente, la luz de respuesta puede comprender luz fotoluminiscente, tal como luz fluorescente. Este puede ser el caso, por ejemplo, si la luz de iluminación fotoexcita la planta o partes de la misma. Puede entenderse que la fotoluminiscencia es la luminiscencia causada por la absorción de fotones.

Puede entenderse que el grado de polarización (DOP - *Degree Of Polarization*) indica qué porción de una onda electromagnética está polarizada. Por ejemplo, una onda perfectamente polarizada puede tener un DOP del 100 %, mientras que una onda no polarizada puede tener un DOP del 0 %. Una onda que está parcialmente polarizada y, por lo tanto, puede representarse mediante una superposición de un componente polarizado y no polarizado, tendrá un

DOP en algún lugar entre 0 y 100 %. DOP puede ser la relación entre la energía que transporta el componente polarizado de la onda y la energía que transporta la onda en su conjunto.

5 La luz de iluminación al menos parcialmente polarizada, por ejemplo, tiene un grado de polarización (DOP) de al menos 5 % o de al menos 10 % o de al menos 20 % o de al menos 30 % o de al menos 40 % o de al menos 50 % o de al menos 60 % o de al menos 70 % o de al menos 80 % o de al menos 90 %. Si la luz no está al menos parcialmente polarizada, puede denominarse como luz no polarizada.

10 Se puede entender que la luz está al menos parcialmente polarizada si está polarizada en más de una, por ejemplo, dos o tres, direcciones. En tal caso, la onda electromagnética puede representarse por una superposición de varios componentes polarizados y opcionalmente un componente no polarizado. Dicha luz de iluminación al menos parcialmente polarizada, por ejemplo, tiene una relación entre la energía de un componente en una dirección y la energía que transporta la onda en su conjunto de al menos el 5 % o de al menos el 10 % o de al menos el 20 % o de al menos el 30 % o de al menos el 40 % o de al menos el 50 % o de al menos el 60 % o de al menos el 70 % o de al menos el 80 % o de al menos el 90 %.

20 Una dirección de la polarización de la luz puede definirse como la dirección paralela al campo eléctrico de la onda electromagnética que describe la luz. Además, debe apreciarse que puede entenderse que una dirección particular de polarización comprende un intervalo de direcciones, por ejemplo, todas las direcciones entre -2 grados y +2 grados desde dicha dirección particular. Para ilustrar, si se dice que la dirección de polarización es de 20 grados con respecto a una dirección de referencia, a continuación la polarización de 20 grados puede comprender todos los componentes de la luz que tienen una dirección de polarización entre 18 y 22 grados.

25 El procedimiento puede comprender, según la fase de crecimiento determinada, cosechar al menos parte de la planta, tal como una flor de la planta.

30 En una realización, la planta es una planta de Cannabis, por ejemplo, una planta de *Cannabis Sativa*, una planta de Cannabis Sativa L. o una planta de *Incica*. En esta realización, iluminar la planta puede comprender iluminar específicamente una flor femenina de la planta de cannabis, porque las flores femeninas se consumen típicamente, mientras que las flores masculinas no. Las flores femeninas tienen los llamados metabolitos especializados, como los metabolitos cannabinoides, que se sabe que causan efectos psicoactivos y/o medicinales. Como se explicó anteriormente, con la maduración de la planta de cannabis, los tricomas se desarrollan en la flor, en particular en el follaje de la flor. Los tricomas crecen, se vuelven prominentes y también cambian de color varias veces. Los inventores han reconocido que los tricomas, al menos en algunas fases de su desarrollo, tienen características de polarización que difieren del resto de la planta. Por lo tanto, estas características de polarización distintivas se pueden usar para evaluar la presencia y cantidad de los tricomas y, por lo tanto, se pueden usar para evaluar la maduración de la planta, particularmente la maduración de la flor. Se entiende fácilmente que cuando se conoce la fase de crecimiento de la planta, el tiempo de cosecha óptimo se puede determinar fácilmente. Como se explicó anteriormente, las flores de cannabis maduran dentro de un marco de tiempo específico y se prefiere recoger las flores en el momento adecuado para obtener resultados de cultivo óptimos.

45 La fase de floración de una planta de cannabis generalmente tiene múltiples subfases. La determinación de la fase de crecimiento de una planta de cannabis se realiza preferentemente determinando en qué subfase de estas múltiples subfases está la flor femenina.

50 En una realización, la detección de la luz de respuesta comprende una etapa, opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan la luz de respuesta detectada. En dicha realización, el procedimiento comprende determinar la fase de crecimiento de la planta según los datos obtenidos. Esta realización es ventajosa porque permite la determinación automática de la fase de crecimiento de la planta, por ejemplo, utilizando sistemas de procesamiento de datos, tales como sistemas de procesamiento de imágenes.

En una realización, los datos obtenidos indican al menos uno de

- 55 - una intensidad total de la luz de respuesta,
- una intensidad media de la luz de respuesta,
- una intensidad máxima de la luz de respuesta,
- una intensidad mínima de la luz de respuesta.

60 Estos parámetros son fáciles de procesar y comparar, por ejemplo, más fáciles que una imagen. Esta realización obvia la necesidad de capturar y procesar imágenes de la planta. Cada uno de los parámetros mencionados anteriormente se puede comparar con un valor umbral adecuado. Si, por ejemplo, un parámetro está por encima o por debajo de dicho valor umbral, a continuación se puede determinar que la planta o parte de planta está lista para la cosecha. Por supuesto, se pueden usar varios umbrales si la planta se va a clasificar en tres o más fases de crecimiento. Por lo tanto, esta realización permite facilitar los análisis para determinar la fase de crecimiento de la planta y, por lo tanto, permite la determinación rápida de la fase de crecimiento. Dicha determinación rápida es particularmente ventajosa

cuando el procedimiento se realiza en tiempo real en el campo.

En una primera variante, el procedimiento según la invención comprende iluminar la planta con una primera luz de iluminación, donde la primera luz de iluminación provoca una primera luz de respuesta de la planta, y detectar la primera luz de respuesta de la planta. En esta realización, el procedimiento comprende, posteriormente, iluminar la planta con una segunda luz de iluminación, donde la segunda luz de iluminación provoca una segunda luz de respuesta de la planta, y detectar la segunda luz de respuesta de la planta. Esta variante comprende además, basándose en la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta variante permite determinar con precisión la fase de crecimiento como se explica más adelante.

Las etapas de detectar la primera luz de respuesta y detectar la segunda luz de respuesta pueden estar separados en el tiempo por al menos 5 horas, preferentemente por al menos un día. Esto permite ventajosamente supervisar el desarrollo de la luz de respuesta. Preferentemente, en esta realización, la primera y la segunda luz de iluminación son las mismas, por ejemplo, en el sentido de que tienen la misma dirección de polarización o que tanto la primera como la segunda luz de iluminación no están polarizadas.

En una realización, la primera luz de iluminación es luz al menos parcialmente polarizada y la segunda luz de iluminación es luz no polarizada. Esta realización permite identificar las partes activas de polarización de la planta de una manera conveniente, por ejemplo, simplemente cambiando entre la luz de iluminación polarizada y la luz de iluminación no polarizada. La luz de respuesta que proviene de las partes activas de polarización cambia de una manera diferente como resultado de dicho cambio que las otras partes de la planta. Por ejemplo, dado que la primera y segunda luz de iluminación poseen la misma intensidad total, la primera y segunda luz de respuesta para las partes activas de no polarización de la planta serán las mismas, porque estas partes reflejan cualquier dirección de polarización de manera similar. Sin embargo, la primera y segunda luz de respuesta para las partes activas de polarización son típicamente diferentes. Si, por ejemplo, estas partes reflejan selectivamente una dirección de polarización particular y esta dirección de polarización particular está presente en la primera luz de iluminación en una medida diferente a la de la segunda luz de iluminación, lo que normalmente sería el caso, a continuación la segunda luz de respuesta para estas partes tiene una intensidad mayor o menor que la primera luz de respuesta para estas partes.

La luz no polarizada puede ser luz de crecimiento configurada para incitar el crecimiento de la planta.

En una realización, la primera luz de iluminación está al menos parcialmente polarizada en una primera dirección y la segunda luz de iluminación está al menos parcialmente polarizada en una segunda dirección que es diferente de la primera dirección. Esta realización es ventajosa porque no se requieren filtros de polarización en la ruta de detección. De hecho, detectar la luz de respuesta puede implicar que un observador humano simplemente mire la planta mientras se ilumina con la primera y la segunda luz de iluminación posteriormente.

En caso de que la planta sea una planta de cannabis, los tricomas solo reflejan direcciones de polarización específicas. Sin embargo, el resto de la planta refleja la luz no polarizada, incluso si la planta está siendo iluminada con luz polarizada. Una posible explicación para esto es la dispersión interna de la luz de iluminación como se detallará con referencia a la Figura 4B. Por lo tanto, la luz de respuesta de las partes que no contienen los tricomas tiene una intensidad que es independiente de la dirección de polarización de la luz de iluminación. Por otro lado, dado que los tricomas reflejan selectivamente ciertas direcciones de polarización, la luz de respuesta que proviene de los tricomas depende de la dirección de polarización de la luz de iluminación. Para ilustrar, si suponemos que un conjunto de tricomas solo refleja la luz de una primera dirección de polarización particular, a continuación la intensidad de la luz de respuesta de este conjunto de tricomas será cercana a cero si la dirección de polarización de la luz de iluminación es perpendicular a la primera dirección de polarización particular, pero mucho mayor si la dirección de polarización de la luz de iluminación es paralela a la primera dirección particular. Por lo tanto, al cambiar la dirección de polarización de la luz de iluminación, la intensidad de la luz de respuesta para las partes activas de polarización puede variar. Esto conduce a una especie de efecto de "resaltado". Si, por ejemplo, el cambio de la dirección de polarización de la iluminación se realiza "rápido" y "repetitivo", a continuación se crea un efecto de iluminación "parpadeante" fácilmente observable.

Preferentemente, las etapas de esta realización se realizan relativamente rápido una después de la otra, de modo que cualquier diferencia entre la primera luz de respuesta detectada y la segunda luz de respuesta detectada es causada sustancialmente por las diferentes direcciones de polarización de la luz de iluminación y, en menor medida, causada por otros factores. Por ejemplo, no sería deseable que la planta se mueva entre la detección de la primera luz de respuesta y la detección de la segunda luz de respuesta.

En una segunda variante, el procedimiento según la invención comprende filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta que tiene una primera dirección de polarización y detectar la primera luz de respuesta y, posteriormente, filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una segunda luz de respuesta que tiene una segunda dirección de polarización que es diferente de la primera dirección de polarización. Esta variante comprende además detectar la segunda luz de respuesta. En esta variante, el procedimiento comprende, según la

primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta variante es ventajosa porque la luz de iluminación no necesita polarizarse.

5 Preferentemente, las etapas de esta realización se realizan relativamente rápido una después de la otra, de modo que cualquier diferencia entre la primera luz de respuesta detectada y la segunda luz de respuesta detectada es causada sustancialmente por las diferentes direcciones de filtrado de polarización y, en menor medida, causada por otros factores.

10 Posteriormente, la realización de las dos etapas de filtrado de polarización de la luz de respuesta se puede realizar ajustando una dirección de polarización de un filtro de polarización. Esto se puede lograr girando mecánicamente un filtro de polarización y/o cambiando los filtros de polarización que están colocados en la ruta de detección.

15 En una realización, detectar la luz de respuesta de la planta comprende filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta que tiene una primera dirección de polarización y detectar la primera luz de respuesta y posteriormente detectar la luz de respuesta sin filtrar por polarización la luz de respuesta. La luz de respuesta detectada sin filtrado de polarización puede denominarse como segunda luz de respuesta. En esta realización, el procedimiento comprende, según la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta realización permite identificar las partes activas de polarización de la planta de una manera conveniente, por ejemplo, moviendo un filtro de polarización dentro y fuera de la ruta de detección. Esto puede permitir identificar las partes activas de polarización basándose en principios similares a los descritos para la realización donde se utiliza posteriormente luz de iluminación polarizada y no polarizada.

25 En una realización, el procedimiento comprende tanto iluminar la planta con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada como filtrar por polarización la luz de respuesta en la etapa de detección. Esta realización es especialmente ventajosa si las partes activas de polarización de la planta cambian una dirección de polarización de la luz de iluminación incidente, mientras que el resto de la planta refleja luz no polarizada. Como resultado, la luz de respuesta tendrá un componente polarizado relativamente fuerte en una determinada dirección, que puede detectarse fácilmente en la luz de respuesta utilizando un filtro de polarización.

30 En una realización, el procedimiento comprende obtener una pluralidad de conjuntos de datos. Cada conjunto de datos representa una luz de respuesta detectada en una instancia de tiempo respectiva. La pluralidad de conjuntos de datos comprende opcionalmente un primer conjunto de datos que representa la primera luz de respuesta detectada en una primera instancia de tiempo y un segundo conjunto de datos que representa la segunda luz de respuesta detectada en una segunda instancia de tiempo. Esta realización también comprende, según un desarrollo a lo largo del tiempo de la luz de respuesta, indicado por la pluralidad de conjuntos de datos, determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta realización permite determinar la fase de crecimiento de la planta según el desarrollo de la planta a lo largo del tiempo. Esto permite determinar con mayor precisión la fase de crecimiento.

40 En esta realización, la determinación de la fase de crecimiento de la planta puede realizarse determinando una fase de crecimiento futura de la planta. Esta realización permite predecir el crecimiento de la planta según mediciones históricas. De manera ventajosa, esto permitiría predecir el mejor momento de cosecha para la planta. Las tendencias históricas pueden guiar aún más a un agricultor para la toma de decisiones sobre el control del crecimiento, la cosecha o la efectividad de la receta de luz. Una luz de respuesta detectada o una fase de crecimiento determinada de la planta se puede mapear en un gráfico empírico de valor a lo largo del eje de tiempo para una fase de desarrollo de la planta típica.

50 Esta realización en particular puede comprender determinar una fase de crecimiento respectiva basada en cada conjunto de datos y determinar la fase de crecimiento (actual) basada en las fases de crecimiento respectivas previamente determinadas.

Preferentemente, cada conjunto de datos incluye datos ambientales tales como condiciones de crecimiento de la luz, esquema de riego utilizado, humedad, temperatura. Si estos parámetros no son idénticos, la fase de crecimiento puede cambiarse más tarde o antes

55 En una realización, la detección de la luz de respuesta comprende una etapa, opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan una imagen de la planta. Una imagen de una parte de la planta, como una flor, puede entenderse como una imagen de la planta. La imagen indica la luz de respuesta detectada, por ejemplo, indicando una intensidad de la luz de respuesta, para las partes respectivas de la planta, y la imagen comprende una o más regiones de imagen particulares que tienen una intensidad relativamente alta o relativamente baja. La una o más regiones de imagen particulares corresponden a una o más partes activas de polarización de la planta que contienen un material ópticamente activo y/o que contienen material que exhibe reflexión selectiva de polarización. El procedimiento comprende, basándose en un número y/o un tamaño y/o una intensidad de luz de dichas una o más regiones de imagen particulares, determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta realización es especialmente ventajosa si el procedimiento comprende tanto iluminar la planta con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada como filtrar por polarización la luz de respuesta en la etapa de detección.

En caso de que la planta sea una planta de cannabis, se puede entender que la una o más regiones de alta intensidad representan partes de la planta que contienen tricomas.

5 La determinación de la fase de crecimiento se basa, por ejemplo, en un número y/o tamaño de la una o más partes activas de polarización en relación con un tamaño de una parte de la planta donde se espera que dichas partes activas de polarización se formen o desaparezcan durante el crecimiento de la planta. Para ilustrar, si la planta es una planta de cannabis, se espera que los tricomas se formen en las flores femeninas. La fase de crecimiento puede a continuación determinarse según el porcentaje de la superficie de la flor femenina que está cubierta con tricomas.

10 Determinar la fase de crecimiento de la planta en esta realización puede comprender determinar cuántos píxeles de la imagen tienen una intensidad de luz que es mayor que un cierto valor umbral.

15 En una realización donde la primera y la segunda luz de respuesta se detectan como, por ejemplo, se ha descrito anteriormente, la detección de la luz de respuesta comprende una etapa, opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan una primera imagen y una segunda imagen de la planta. La primera imagen indica la primera luz de respuesta de las partes respectivas de la planta y la segunda imagen indica la segunda luz de respuesta de las partes respectivas de la planta. Además, la primera imagen comprende una o más regiones de imagen correspondientes a una o más partes de la planta y la segunda imagen comprende una o más regiones de imagen correspondientes a dichas una o más partes de la planta. Dicha una o más regiones de imagen de la segunda imagen tienen una intensidad más alta o más baja que dicha una o más regiones de imagen de la primera imagen. En esta realización, la determinación de la fase de crecimiento de la planta se realiza según una diferencia en la intensidad de dicha una o más regiones entre la primera y segunda imágenes. Esta realización permite determinar automáticamente el crecimiento de la planta según dos o más imágenes tomadas de la planta.

25 En una realización, este procedimiento comprende almacenar la primera imagen en asociación con una ubicación física de las partes respectivas de la planta. Por ejemplo, el procedimiento puede comprender almacenar la ubicación física de la planta y/o puede comprender almacenar la ubicación física de la planta, así como la ubicación de dichas partes respectivas con respecto a la planta. Para ilustrar, el procedimiento puede comprender almacenar que la primera imagen se ha obtenido de una planta que se encuentra en una fila x carril y en un invernadero y más precisa de la flor superior de esta planta. Esto permite que el sistema recupere automáticamente imágenes históricas de una planta específica para su comparación según la ubicación de la planta específica.

30 En una realización, dichas una o más partes de la planta son partes de la planta donde se espera que el material activo de polarización se forme o desaparezca durante el crecimiento de la planta. En tal caso, la primera y segunda luz de respuesta pueden detectarse un tiempo relativamente largo una después de la otra, por ejemplo, uno o más días. En el caso de una planta de cannabis, esta realización, por ejemplo, permite el monitoreo automático de la cantidad de tricomas en la flor femenina a lo largo del tiempo.

35 En una realización, dichas una o más partes de la planta son una o más partes activas de polarización de la planta que contienen un material ópticamente activo y/o que contienen material que exhibe reflexión selectiva de polarización. Preferentemente, en esta realización, la primera y la segunda luz de respuesta se detectan relativamente rápido una después de la otra. En esta realización, puede entenderse que la primera y la segunda luz de respuesta sirven para la identificación de las partes activas de polarización. En el caso de una planta de cannabis, esta realización permite la detección automática de tricomas en la flor femenina.

40 En una realización, el procedimiento comprende identificar una región de interés en una o más de las imágenes representadas por los datos obtenidos, correspondiendo la una o más regiones de interés a una o más partes de la planta donde se espera que las partes activas de polarización se formen o desaparezcan durante el crecimiento de la planta. En esta realización, el procedimiento comprende analizar la región de interés identificada para determinar la fase de crecimiento de la planta. Esta realización es ventajosa porque permite usar recursos informáticos solo en las regiones relevantes de una imagen, por ejemplo, en el caso de una planta de cannabis, solo en la región de la imagen correspondiente a la flor femenina de la planta.

45 La identificación de las regiones de interés se puede realizar según los algoritmos de aprendizaje automático conocidos en la técnica. Por ejemplo, una red neuronal puede haber sido entrenada para reconocer las flores femeninas de una planta de cannabis en una imagen.

50 La imagen puede haber sido obtenida en base a técnicas de telemetría 3D, como resultado de lo cual la imagen representa un modelo 3D de la planta. A continuación, las partes de la planta donde se espera que se formen o desaparezcan las partes activas de polarización, como las flores femeninas de una planta de cannabis, se pueden reconocer según su morfología. Dicho reconocimiento también se puede realizar según algoritmos de aprendizaje automático.

60 En una realización, la luz de iluminación está polarizada al menos parcialmente de forma lineal.

En una realización, la luz de iluminación es luz de banda estrecha.

5 En el caso de una planta de cannabis, a medida que los tricomas cambian su reflejo difuso durante la maduración, se vuelven lechosos o ámbar. Dependiendo de las necesidades de detección, se pueden utilizar diferentes intervalos de detección de banda estrecha. La detección de banda estrecha cian o azul se puede usar para distinguir entre tricomas lechosos, transparentes y ámbar.

10 La iluminación y/o formación de imágenes de banda espectral estrecha puede aumentar aún más la relación señal/ruido. Como se usa en esta invención, puede entenderse que la luz de banda estrecha es luz que tiene un ancho de línea de entre 10 y 30 nm.

15 En una realización, el procedimiento comprende presentar una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta en una pantalla de un sistema de realidad aumentada, de modo que un usuario que mira la pantalla de realidad aumentada vea la planta y su fase de crecimiento determinada. Esta realización facilita enormemente la cosecha, porque los agricultores, por ejemplo, simplemente necesitan apuntar una cámara a una planta e inmediatamente ver si está lista para la cosecha.

20 Dicho dispositivo de visualización puede ser un dispositivo de visualización transparente. En tal caso, las imágenes de la planta no necesitan ser representadas en la pantalla, porque el usuario puede ver la planta a través de la pantalla transparente.

25 Por ejemplo, presentar en la pantalla de realidad aumentada una instrucción a un usuario para recoger la flor de una planta de cannabis puede entenderse como presentar una indicación de la fase de crecimiento de la planta. Dicha instrucción indica que la planta ha alcanzado una fase de crecimiento donde es adecuada para la cosecha. Del mismo modo, presentar en la pantalla de realidad aumentada una instrucción a un usuario para que deje la flor, es decir, no la recoja, puede entenderse como una indicación de la fase de crecimiento de la planta, porque dicha instrucción indica que la planta aún no ha alcanzado una fase de crecimiento donde es adecuada para la cosecha.

30 La invención también se extiende a un sistema para determinar la fase de crecimiento de una planta según la reivindicación 9.

35 El sistema comprende una fuente de luz para iluminar la planta con luz de iluminación, la luz de iluminación provoca luz de respuesta de la planta. El sistema también comprende un detector para detectar la luz de respuesta de la planta. Además, el sistema comprende un sistema de procesamiento de datos configurado para determinar, según la luz de respuesta detectada, la fase de crecimiento de la planta, donde (i) dicha luz de iluminación está al menos parcialmente polarizada, y/o (ii) el detector comprende un filtro de polarización.

40 Por lo tanto, se proporciona un sistema que puede automatizar en tiempo real y planta por planta la evaluación del estado de la flor de cannabis, proporciona información y orientación al agricultor/recolector sobre la decisión de recoger/no recoger, realiza un seguimiento de la recolección y permite además la previsión de la próxima floración y el momento de la recolección.

45 En una realización preferida, el sistema se materializa como un dispositivo portátil. Esto puede entenderse como que una persona puede transportar todo el sistema con una o ambas manos. En otra realización preferida, el sistema está incorporado como un sistema que se puede llevar en la cabeza. Esto puede entenderse como que una persona puede llevar todo el sistema sobre su cabeza.

50 La fuente de luz puede configurarse para generar luz monocromática o luz multiespectral. El detector puede comprender un sensor de banda estrecha, tal como un sensor de formación de imágenes espectrales de banda estrecha.

55 En una realización, la fuente de luz está configurada para generar la primera luz de iluminación y posteriormente la segunda luz de iluminación descrita anteriormente. En esta realización, el sistema de procesamiento de datos está configurado para controlar la fuente de luz.

Como fuente de luz, convenientemente la fuente de luz como se describe en WO18114368A1, se puede utilizar UN PUNTO POLARIZADO MULTIMODO CON POLARIZACIÓN AJUSTABLE ELÉCTRICAMENTE.

60 El sistema de procesamiento de datos puede estar configurado, en particular, para hacer que esta realización del sistema realice cualquiera de los procedimientos descritos anteriormente donde se utiliza una primera y una segunda luz de iluminación.

65 En una realización, el detector está configurado para filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta que tiene una primera dirección de polarización, y para posteriormente filtrar por polarización

la luz de respuesta para obtener una segunda luz de respuesta que tiene una segunda dirección de polarización que es diferente de la primera dirección de polarización. En esta realización, el sistema de procesamiento de datos está configurado para controlar el detector.

5 El sistema de procesamiento de datos se puede configurar en particular para hacer que esta realización del sistema realice cualquiera de los procedimientos descritos anteriormente donde la luz de respuesta se filtra por polarización.

10 En una realización, el sistema comprende un sistema de realidad aumentada comprendiendo una pantalla. En esta realización, el sistema de realidad aumentada está configurado para presentar una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta en dicha pantalla, de modo que un usuario que mira la pantalla vea la planta y su fase de crecimiento determinada. En esta realización, el sistema se materializa preferentemente como un dispositivo portátil para la cabeza.

15 En una realización, el detector comprende una cámara para grabar imágenes de la planta, por ejemplo, la primera y la segunda imagen descritas anteriormente. Esto es beneficioso ya que permite la evaluación en tiempo real de la fase de crecimiento de la planta, así como la presentación inmediata del resultado a un usuario.

20 En una realización, el sistema de realidad aumentada está configurado para presentar al menos parcialmente las imágenes grabadas en la pantalla. Por lo tanto, en esta realización, tanto la planta como la indicación de la fase de crecimiento determinada se representan en la pantalla.

En una realización, el sistema comprende un dispositivo portátil o dispositivo portátil para la cabeza que tiene integrado en el mismo dicha cámara y la pantalla de realidad aumentada.

25 Un aspecto distinto de esta descripción se refiere a un sistema de realidad aumentada (RA) para presentar información vegetal sobre una planta, tal como una planta de cannabis. El sistema de RA comprende una pantalla para mostrar dicha información. El sistema de RA comprende además una cámara para grabar imágenes de la planta. El sistema de RA también comprende un sistema de procesamiento de datos. El sistema de procesamiento de datos está configurado para determinar la información de la planta. En un ejemplo, determinar esta información comprende escanear una etiqueta RFID o etiqueta normal asociada con la planta con el fin de obtener un identificador de planta y recuperar la información de planta de una base de datos usando el identificador de planta obtenido. La identidad de una planta específica también puede determinarse según una ubicación física de la planta específica. Según la ubicación de la planta específica, el sistema puede determinar qué planta está bajo investigación. La cuadrícula de la red de iluminación podría usarse para determinar la posición de la planta investigada. La cuadrícula de la red de iluminación puede estar equipada, por ejemplo, con detección de posicionamiento. Se puede usar cualquier forma de determinar la ubicación de la planta bajo investigación en combinación con un plano de planta de las plantas para determinar qué planta se investiga. En otro ejemplo, el sistema de procesamiento de datos está configurado para determinar la información de la planta según las imágenes registradas, como por ejemplo, utilizando los procedimientos para determinar la fase de crecimiento de la planta descrita en esta solicitud. El sistema de procesamiento de datos está configurado además para controlar la visualización del sistema de RA para mostrar la información de la planta determinada de modo que un usuario que está mirando la pantalla vea tanto la planta como la información de la planta determinada. El sistema de RA puede comprender cualquier característica del sistema de realidad aumentada comprendida en el sistema para determinar la fase de crecimiento de la planta.

45 La información de la planta, por ejemplo, indica una edad de la planta, una tasa de crecimiento de la planta, una especie de la planta, mediciones históricas relacionadas con la planta, acciones a realizar en la planta, etc.

50 En una realización del sistema de RA, el sistema de procesamiento de datos está configurado para determinar una acción que se va a realizar en la planta, tal como regar la planta o cosechar la planta. El procesamiento de datos en dicha realización está configurado para controlar la pantalla de modo que un usuario que esté mirando la pantalla vea tanto la planta como la acción determinada como información de la planta.

55 Preferentemente, el sistema de procesamiento de datos está configurado para almacenar cualquier acción que se realice en la planta, por ejemplo, transmitiendo datos indicativos de dicha acción a una base de datos central. Esto permite realizar un seguimiento de las acciones (por ejemplo, la cosecha) realizadas por el usuario para la planta dada y el estado de las plantas después de tales acciones (por ejemplo, qué flores se recogieron/el número de flores maduras frente a las flores inmaduras/restantes y el estado de las flores inmaduras).

60 Preferentemente, al menos la pantalla se materializa como un dispositivo que se puede llevar en la cabeza. El sistema puede comprender, por ejemplo, una columna vertebral portadora y un dispositivo de gafas de realidad aumentada como pantalla. Dicho dispositivo de visualización puede ser un dispositivo de visualización transparente.

65 En una realización, para un mejor análisis de maduración de las flores, el sistema de RA puede comprender un dispositivo de análisis espectral (por ejemplo, una cámara hiperespectral o multiespectral) para analizar las imágenes registradas de la planta en colores, reflectividad, rotación de polarización, etc.

Opcionalmente, el sistema de RA comprende un dispositivo de accionamiento de luz para hacer que la maduración de la planta sea visible para el usuario, por ejemplo, una fuente de luz polarizada, una fuente de luz de longitud de onda doble (o múltiple), etc., lo que permite información directa al usuario sin procesamiento.

5 Opcionalmente, el sistema de RA comprende un dispositivo de accionamiento de luz para hacer que la maduración de la flor sea observable/detectable para un sensor integrado (puede ser igual o diferente del accionamiento de luz anterior).

10 Un aspecto de esta descripción se refiere a un programa informático comprendiendo instrucciones que, cuando son ejecutadas por el sistema de procesamiento de datos del sistema para determinar la fase de crecimiento de una planta, hacen que el sistema lleve a cabo una o más, por ejemplo, todas las etapas de los procedimientos para determinar la fase de crecimiento de una planta como se describe en esta invención.

15 Un aspecto de la presente descripción se refiere a un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene almacenado en el mismo el programa informático descrito anteriormente.

20 Como apreciará un experto en la materia, los aspectos de la presente invención pueden realizarse como un sistema, un procedimiento o un producto de programa informático. Por consiguiente, los aspectos de la presente invención pueden tomar la forma de una realización exclusivamente de hardware, una realización exclusivamente de software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una realización que combine aspectos de software y hardware que en general se pueden denominar en esta invención "circuito", "módulo" o "sistema". Las funciones descritas en la presente descripción pueden implementarse como un algoritmo ejecutado por un procesador/microprocesador de un ordenador. Además, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de un producto de programa informático incorporado en uno o más medios legibles por ordenador que tienen código de programa legible por ordenador incorporado, por ejemplo, almacenado, en los mismos.

25 Se puede utilizar cualquier combinación de uno o más medios legibles por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser un medio de señal legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. Un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero sin limitarse a, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos de un medio de almacenamiento legible por ordenador pueden incluir, pero no se limitan a, los siguientes: una conexión eléctrica que tiene uno o más cables, un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM – *Random Access Memory*), una memoria de solo lectura (ROM - *Read-Only Memory*), una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM - *Erasable Programmable Read-Only Memory*- o memoria flash), una fibra óptica, una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM - *Compact Disc Read-Only Memory*), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o cualquier combinación adecuada de los anteriores. En el contexto de la presente invención, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser cualquier medio tangible que pueda contener, o almacenar, un programa para su uso por o en conexión con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

30 Un medio de señal legible por ordenador puede incluir una señal de datos propagada con un código de programa legible por ordenador incorporado, por ejemplo, en banda base o como parte de una onda portadora. Dicha señal propagada puede tomar cualquiera de una variedad de formas, que incluyen, entre otras, electromagnética, óptica o cualquier combinación adecuada de las mismas. Un medio de señal legible por ordenador puede ser cualquier medio legible por ordenador que no sea un medio de almacenamiento legible por ordenador y que pueda comunicar, propagar o transportar un programa para su uso por o en conexión con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

35 El código de programa incorporado en un medio legible por ordenador puede transmitirse utilizando cualquier medio apropiado, que incluye, pero no se limita a, inalámbrico, línea de alambre, fibra óptica, cable, RF, etc., o cualquier combinación adecuada de los anteriores. El código de programa informático para llevar a cabo operaciones para aspectos de la presente invención puede escribirse en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluyendo un lenguaje de programación orientado a objetos tal como Java (TM), Smalltalk, C++ o similares y lenguajes de programación de procedimiento convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. El código de programa puede ejecutarse íntegramente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto, o íntegramente en el ordenador o servidor remoto. En el último escenario, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluida una red de área local (LAN - *Local Area Network*) o una red de área amplia (WAN - *Wide Area Network*), o la conexión se puede realizar a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet).

Aspectos de la presente invención se describen a continuación con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques de procedimientos, aparatos (sistemas) y productos de programas informáticos según realizaciones de la presente invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, se pueden implementar mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa de ordenador pueden proporcionarse a un procesador, en particular un microprocesador o un unidad central de procesamiento (CPU - *Central Processing Unit*), de un ordenador de propósito general, ordenador de propósito especial, u otro aparato programable de procesamiento de datos para producir una máquina, de tal manera que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador, otro aparato programable de procesamiento de datos, u otros dispositivos crean medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones del programa informático también pueden almacenarse en un medio legible por ordenador que puede dirigir un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otros dispositivos para que funcionen de una manera particular, de modo que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación que incluya instrucciones que implementen la función/acto especificado en el bloque o bloques del diagrama de bloques y/o el diagrama de flujo.

Las instrucciones del programa informático también pueden cargarse en un ordenador, otro aparato programable de procesamiento de datos u otros dispositivos para que se ejecuten una serie de etapas operativas en el ordenador, otro aparato programable u otros dispositivos con el fin de producir un procedimiento implementado por ordenador de forma que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionen procedimientos para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o en el bloque o bloques del diagrama de bloques.

El diagrama de flujo y los diagramas de bloques en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad y funcionamiento de posibles implementaciones de sistemas, procedimientos y productos de programas informáticos según diversas realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada bloque en el diagrama de flujo o diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento o porción de código, comprendiendo una o más instrucciones ejecutables para implementar la o las funciones lógicas especificadas. También cabe señalar que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones anotadas en los bloques pueden ocurrir fuera del orden anotado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques que se muestran en forma sucesiva pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de forma simultánea, o los bloques a veces pueden ejecutarse en el orden inverso, según la funcionalidad involucrada. También se observará que cada bloque de los diagramas de bloques y/o ilustraciones de diagramas de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o ilustraciones de diagramas de flujo, se puede implementar mediante sistemas basados en hardware de propósito especial que realizan las funciones o actos especificados, o combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones informáticas.

Además, se proporciona un programa informático para llevar a cabo los procedimientos descritos en esta invención, así como un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que almacena el programa informático. Un programa informático puede, por ejemplo, descargarse (actualizarse) en los sistemas existentes o almacenarse en la fabricación de estos sistemas.

Elementos y aspectos discutidos para o en relación con una realización particular pueden combinarse adecuadamente con elementos y aspectos de otras realizaciones, a menos que se indique explícitamente lo contrario. Se ilustrarán adicionalmente realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que mostrarán esquemáticamente realizaciones según la invención. Se entenderá que la presente invención no se limita de ninguna manera a estas realizaciones específicas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Aspectos de la invención se explicarán en mayor detalle con referencia a realizaciones ejemplares mostradas en los dibujos, donde:

- Las FIGs. 1A-C ilustran varias realizaciones del procedimiento y sistema;
- Las FIGs. 2A-D ilustran varias realizaciones del procedimiento y sistema donde la luz de iluminación está polarizada y la luz de respuesta está filtrada por polarización;
- Las FIGs. 3A-D muestran esquemáticamente varias realizaciones del sistema;
- La FIG. 4A representa la anatomía de una planta de cannabis;
- La FIG. 4B muestra una posible explicación de por qué ciertas partes de la planta tienen diferentes características de polarización;
- La FIG. 5 muestra un ejemplo de una imagen que puede ser capturada por una realización del sistema; dicha imagen puede ser capturada mientras se realiza una realización del procedimiento;
- Las FIGs. 6A-B muestran dos imágenes según las cuales se puede determinar la fase de crecimiento de la planta representada;

La FIG. 7 ilustra cómo se pueden utilizar los datos históricos para determinar la fase de crecimiento de una planta según una realización;

La FIG. 8A muestra esquemáticamente un sistema comprendiendo un sistema de realidad aumentada;

5 La FIG. 8B ilustra una percepción de usuario de un usuario mirando una pantalla de un sistema de realidad aumentada;

La FIG. 9 muestra esquemáticamente un sistema de procesamiento de datos según una realización;

La FIG. 10 muestra un detector según una realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

10 En las figuras, números de referencia idénticos indican elementos similares o idénticos.

15 La Figura 1A (arriba) muestra una realización del procedimiento y sistema donde la planta 6 se ilumina con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada 5, por ejemplo, linealmente polarizada. En este ejemplo, la luz de iluminación polarizada 5 se genera aplicando un filtro de polarización 4a a la luz que es generada por una fuente de luz 2 que está configurada para generar luz no polarizada. La fuente de luz 2 y el filtro de polarización 4a juntos forman una fuente de luz 14 que está configurada para iluminar la planta 6 con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada 5.

20 La luz de iluminación 5 provoca la luz de respuesta 7 de la planta. Puede entenderse que la luz de iluminación hace que la planta responda emitiendo luz de respuesta. La luz de respuesta puede comprender luz de iluminación procesada. Dicho procesamiento puede comprender reflejar y/o absorber y/o cambiar la polarización de la luz de iluminación.

25 La luz de respuesta 7 es detectada por un detector 16, que en un ejemplo comprende un telescopio 10 y un sistema de formación de imágenes 12, tal como una cámara. El detector puede comprender adicional o alternativamente un ser humano con gafas polarizadoras y/o un sensor de luz y/o una cámara y/o una cámara de tiempo de vuelo.

30 La Figura 1A (abajo) muestra el mismo sistema en una instancia de tiempo posterior. Ahora, se utiliza otro filtro de polarización 4b, que tiene otra dirección de polarización que el filtro de polarización 4a. Por lo tanto, la luz de iluminación 5' tiene una dirección de polarización diferente a la luz de iluminación 5. Como resultado, suponiendo que la planta 6 comprende partes activas de polarización, la luz de respuesta 7' difiere de la luz de respuesta 7. La luz de respuesta 7 puede denominarse como primera luz de respuesta y la luz de respuesta 7' como segunda luz de respuesta. Como se explicó anteriormente, según la primera luz de respuesta 7 y la segunda luz de respuesta 7', se puede determinar la fase de crecimiento de la planta 6. Aunque las figuras 1 y 2 muestran esquemáticamente la luz de respuesta 7 transmitida a través de la planta 6, la luz de respuesta también puede ser luz que se refleja desde la planta.

40 Por lo tanto, en este sistema, se puede cambiar la dirección de polarización de la luz de iluminación. Por supuesto, aunque la figura 1A muestra solo dos direcciones de polarización diferentes para la luz de iluminación, en una realización, la dirección de polarización de la luz de iluminación está girando continuamente, por ejemplo, más de 180 grados.

45 Dicho cambio de dirección de polarización de la luz de iluminación puede denominarse luz polarizada dinámica. Dicha luz puede ser creada por una fuente de luz estándar con un polarizador mecánicamente giratorio montado frente a ella. A continuación, la dirección de polarización de la luz se desplaza secuencialmente ('gira') al ritmo del disco polarizador externo giratorio. También se puede crear una luz polarizada dinámica con una fuente de luz MR 16 con polarizador mecánicamente giratorio incorporado. Además, la luz polarizada dinámica se puede crear con un punto polarizado dual (o más) con polarización ajustable eléctricamente. El uso de múltiples fuentes de microluz a nivel de chip integradas en un segundo módulo óptico permite cambiar eléctricamente (con un controlador) la dirección de polarización a altas frecuencias. La luz de iluminación polarizada dinámica también se puede generar, por ejemplo, controlando un polarizador basado en cristal líquido frente a la fuente de luz, usando iluminación basada en fuentes láser cambiables (láser que genera luz polarizada) con diferente orientación o usando una fuente de luz pixelada con los píxeles que tienen diferentes direcciones de polarización.

55 El sistema de la figura 1A es muy adecuado para crear un "efecto de chispas" que hace que las partes activas de polarización de la planta, por ejemplo, los tricomas en una flor de cannabis, sean muy visibles y aparezcan al usuario (cosechador) o a una máquina de cosecha automatizada. Como se explicó anteriormente, este efecto de chispa es causado por las partes activas de polarización que responden de manera diferente a la luz de iluminación polarizada cambiante.

60 Como se indicó anteriormente, frente a una fuente de luz que se procesa posteriormente hacia la luz polarizada, la luz polarizada dinámica se puede crear utilizando una fuente de luz láser (principalmente los láseres Nd:YAG están polarizados linealmente, los láseres de diodo están menos polarizados o incluso polarizados elípticamente). La fuente de láser se puede unir a un brazo o combinar en una lámpara de horticultura para escanear la planta de arriba a abajo

65

para tener una medición profunda del follaje de maduración.

La Figura 1B muestra una realización, donde el detector 16 está configurado para filtrar por polarización la luz de respuesta en diferentes direcciones posteriormente. La Figura 1B (arriba) muestra un sistema comprendiendo un detector que filtra la luz de respuesta de polarización, en este ejemplo utilizando un filtro de polarización 8a que tiene una primera dirección de polarización, con el fin de obtener la primera luz de respuesta 7'. La Figura 1B (abajo) muestra el mismo sistema en una instancia de tiempo posterior. Ahora, la polarización del detector filtra la luz de respuesta 7 para obtener una luz de respuesta de polarización diferente 7'', que puede denominarse segunda luz de respuesta. En este ejemplo, se utiliza un filtro de polarización 8b que tiene una dirección de polarización diferente a la del filtro 8a. Según la primera y segunda luz de respuesta, se puede determinar la fase de crecimiento de la planta 6. Esta realización, también causa el efecto de brillo mencionado anteriormente, que es observable por un ser humano y/o un sistema automatizado.

En la práctica, un usuario puede usar un filtro de inspección del cual puede cambiar la polarización (manual, motorizada o eléctrica) para mejorar las características de polarización de los tricomas como se describió anteriormente.

El detector 16 puede ser una cámara especial con polarizadores dedicados en el chip como se muestra en la figura 10 (fuente: Sony, IEDM2016, número de conferencia 8.7) . Dicho sistema de formación de imágenes tiene varios filtros de polarización orientados de manera diferente 42_x en píxeles respectivos 44_x de un sensor de formación de imágenes 46. Se puede entender que los filtros 42_x están configurados para filtrar por polarización la luz de respuesta como se describe en esta invención. Los filtros 42_x se forman durante el procedimiento semiconductor donde se forma el sensor de imágenes. Se muestran además lentes en chip 40_x para los píxeles respectivos 44_x . Dichas lentes en el chip 40_x también pueden denominarse lentes condensadoras y se colocan en un sistema de formación de imágenes en la parte superior de los respectivos píxeles del sensor de imagen 44_x . Dichas cámaras con polarizadores dedicados en el chip están dirigidas principalmente a aplicaciones de inspección industrial donde la detección de la polarización se puede usar para resaltar defectos en los materiales, sin embargo, también se puede usar ventajosamente en el contexto de la determinación de la fase de crecimiento de una planta.

La Figura 1C muestra una realización, donde tanto la luz de iluminación 5 está al menos parcialmente polarizada como la luz de respuesta 7 está filtrada por polarización para obtener luz de respuesta polarizada 7'. Las partes activas de polarización pueden rotar la dirección de la luz de iluminación incidente, mientras que el resto de la planta puede reflejar luz no polarizada, incluso si la luz de iluminación está polarizada. En tal caso, la luz de respuesta tendrá un componente relativamente fuerte en una dirección de polarización, que puede hacerse visible utilizando un filtro 8 como se muestra en la figura 1C.

La Figura 2A muestra el sistema de la figura 1C en dos instancias de tiempo respectivas. En este caso, la polarización del detector filtra la luz de respuesta para obtener luz de polarización orientada de manera diferente en las dos instancias de tiempo. En este ejemplo, se utilizan dos filtros de polarización diferentes 8a y 8b que tienen diferentes direcciones de polarización. Si las partes activas de polarización giran la dirección de polarización mientras que el resto de la planta refleja luz no polarizada, con el cambio de dirección de polarización en el sistema de detección 16, la intensidad de la luz de respuesta de las partes activas de polarización cambiará, mientras que la intensidad de la luz de respuesta de otras partes de la planta seguirá siendo sustancialmente la misma. Por lo tanto, esta realización permite detectar fácilmente las partes activas de polarización. Cabe señalar que en esta realización, la luz de respuesta 7' puede denominarse primera luz de respuesta y la luz de respuesta 7'' puede denominarse segunda luz de respuesta.

La Figura 2B muestra el sistema de la figura 1C en dos instancias de tiempo respectivas. En este caso, la fuente de luz 14 ilumina la planta con la primera luz de iluminación 5 en la primera instancia de tiempo y con la segunda luz de iluminación 5' en la segunda instancia de tiempo. La primera y la segunda luz de iluminación tienen diferentes direcciones de polarización. En este ejemplo, la polarización del detector filtra la luz de respuesta 7 en las dos instancias de tiempo de la misma manera. Esta realización también permite visualizar las partes activas de polarización de la planta, basándose en el mismo principio descrito con referencia a la figura 2A.

En una realización, la dirección de polarización de la luz de iluminación en la primera instancia de tiempo es diferente de la dirección de polarización de la luz de iluminación en la segunda instancia de tiempo y la dirección de filtrado de polarización es diferente en la primera instancia de tiempo que en la segunda instancia de tiempo. Preferentemente, la dirección relativa de la luz de iluminación con respecto a la dirección de filtrado de polarización, realizada por el detector 16, en la primera instancia de tiempo es diferente de esta dirección relativa en la segunda instancia de tiempo. Por ejemplo, si el ángulo entre la dirección de polarización de la luz de iluminación y el filtro de polarización del detector en la primera instancia de tiempo es de 10 grados, a continuación este ángulo no es de 10 grados, por ejemplo, 50 grados, en la segunda instancia de tiempo.

La Figura 2C ilustra una realización donde la fuente de luz 14 está configurada para generar la primera luz de iluminación 5 y a continuación la luz de iluminación 5'. En particular, la realización ilustra que la fuente de luz en una primera instancia de tiempo ilumina la planta 6 con luz al menos parcialmente polarizada 5, denominada primera luz de iluminación, y en una segunda instancia de tiempo ilumina la planta 6 con luz no polarizada 5', denominada segunda

luz de iluminación. Esta realización también permite visualizar las partes activas de polarización. En una realización particular, la fuente de luz puede cambiar continuamente entre luz no polarizada y luz polarizada, por ejemplo, cada segundo.

5 La Figura 2D ilustra una realización donde el detector está configurado para filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta 7' que tiene una primera dirección de polarización, y para posteriormente no filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una segunda luz de respuesta 7 que no está polarizada. En una realización particular, el detector puede cambiar continuamente entre un estado donde la polarización filtra la luz de respuesta y un estado donde no filtra la luz de respuesta por polarización, por ejemplo, cada segundo.

10 Preferentemente, cuando el procedimiento implica detectar la primera luz de respuesta en una primera instancia de tiempo y la segunda luz de respuesta en una segunda instancia de tiempo e implica influir en la polarización y/o la dirección de polarización de la luz de iluminación y/o la luz de respuesta en algún lugar entre la primera y la segunda instancia de tiempo, como se muestra en las figuras 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 2D, la primera y la segunda luz de respuesta se detectan rápidamente una después de la otra, por ejemplo, en 10 minutos, preferentemente en 1 minuto, más preferentemente en diez segundos. Para crear efectos de chispas dinámicas, y cuando se utilizan soluciones electrónicas basadas en estado sólido, el sistema puede incluso cambiar entre estados más rápido, por ejemplo, con una frecuencia de 10 - 50 Hz para hacer que los efectos sean altamente efectivos para un observador humano. Se puede entender que estas realizaciones realizan dicha influencia para causar diferencias entre la primera y la segunda luz de respuesta. Con base en estas diferencias, las partes activas de polarización pueden identificarse, hacerse visibles. Por lo tanto, no es deseable que otros factores contribuyan a tales diferencias, como la formación de partes activas de polarización adicionales en la planta. Esto puede suceder, por ejemplo, si la segunda luz de respuesta se detecta una semana después que la primera luz de respuesta.

25 La Figura 3A muestra un sistema 20 según una realización. El sistema comprende una fuente de luz 14 y un detector 16. La fuente de luz 14 puede ser cualquier fuente de luz descrita en esta invención y el detector puede ser cualquier detector descrito en esta invención. En este ejemplo, la fuente de luz 14 comprende una fuente de luz 2 que está configurada para generar luz no polarizada y un filtro de polarización 4. La fuente de luz 14 puede generar así una luz de iluminación al menos parcialmente polarizada 5. El detector puede estar configurado para detectar la luz de respuesta 7. En una realización, el detector está configurado para filtrar por polarización la luz de respuesta como se describe en esta invención.

35 El sistema 20 comprende además un sistema de procesamiento de datos que está configurado para determinar la fase de crecimiento de una planta según la luz de respuesta detectada 7. Para este fin, el detector 16 puede conectarse comunicativamente al sistema de procesamiento de datos. Se puede entender que el sistema de procesamiento de datos es un módulo de control del sistema 20.

40 Preferentemente, el sistema de procesamiento de datos 100 está configurado para controlar la fuente de luz 14. En un ejemplo, el sistema de procesamiento de datos 100 está configurado para controlar la fuente de luz 2 y el filtro de polarización 4. El sistema de procesamiento de datos 100, tras la ejecución del software apropiado, puede configurarse para encender y apagar la fuente de luz 2 y/o controlar una intensidad de la luz generada por la fuente de luz 2 y puede configurarse para controlar el filtro de polarización 4. Esto último puede comprender controlar una dirección de polarización del filtro 4, que puede lograrse moviendo mecánicamente, por ejemplo, girando, el filtro de polarización 4 y/o moviendo el filtro de polarización 4 dentro y fuera de la ruta de la luz de iluminación 5.

45 El sistema de procesamiento de datos 100 también puede configurarse, al ejecutar el software adecuado, para controlar el detector 16, por ejemplo, controlando un filtro de polarización comprendido en el detector como se describe en esta solicitud. Dicho control puede hacer que el filtro de polarización se mueva, por ejemplo, gire, cambie su dirección de polarización y/o mueva la polarización dentro y fuera de la ruta de la luz de respuesta 7 por completo.

50 Opcionalmente, el sistema 20 comprende una pantalla 22. El sistema de procesamiento de datos 100 también puede controlar dicha pantalla. En un ejemplo, el sistema de procesamiento de datos hace que la pantalla presente una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta, tal como instrucciones para cosechar la planta.

55 La Figura 3B ilustra una realización del procedimiento donde la fuente de luz 14 cuelga sobre las plantas que se van a examinar y donde una persona detecta la luz de respuesta 7 usando una lupa. La fuente de luz 14 puede ser cualquier fuente de luz descrita en esta invención. Los procedimientos descritos en esta invención se pueden realizar fácilmente dentro de la infraestructura de iluminación existente, lo que hace que dicha solución sea rentable y fácil de mantener. La estructura de iluminación existente, por ejemplo, solo necesita estar provista de un filtro de polarización (controlable) para formar una fuente de luz 14 como se describe en esta solicitud.

60 La Figura 3C ilustra una realización del sistema donde la fuente de luz 14 y el detector 16 están separados. El sistema de procesamiento de datos no se muestra, pero puede estar presente en la carcasa del detector 16, por ejemplo, dentro de una cámara 16, o al menos puede estar conectado comunicativamente al detector 16, por ejemplo, a través de una red inalámbrica como Wi-Fi.

65

En una realización, la señalización luminosa se puede aplicar si una fase de crecimiento determinada indica que una planta está lista para la cosecha. En tal caso, la fuente de luz 14, o cualquier otra luz, puede indicar esto. En un ejemplo, la fuente de luz sobre la planta puede comenzar a parpadear o cambiar de color para indicar a un agricultor o sistema de cosecha automática que esa planta se puede cosechar.

Adicional o alternativamente, el sistema de procesamiento de datos 100 puede transmitir un mensaje a otro dispositivo, por ejemplo, a un dispositivo portátil de un agricultor, de que una planta particular ha madurado completamente. El sistema de procesamiento de datos puede producir números generales sobre la maduración de múltiples plantas cuando todas ellas se analizan. Estos números pueden ser utilizados por ayudas de aprendizaje automático para acumular datos de cosechas anteriores y correlacionarlos con parámetros de clima e historial de luz con el fin de ayudar/automatizar la toma de decisiones.

La Figura 3D ilustra una realización del sistema 20 donde está integrado en un dispositivo portátil. En particular, puede entenderse que el sistema 20 es un polarizador de herramienta de inspección y detección humana para la observación in situ. La herramienta de inspección controla dinámicamente la polarización de la luminaria y los sensores de observación. El usuario apunta la luz de iluminación 5 al área que contiene tricomas (por ejemplo, usando un "punto de mira") y puede ver el efecto de polarización dinámica en una pantalla incorporada 22, en este ejemplo posicionada en la parte posterior del dispositivo portátil.

La Figura 4A muestra las propiedades anatómicas de una planta de Cannabis, en particular de una planta de Cannabis Sativa. La flor femenina, que normalmente se consume, se encuentra en la parte superior de la planta. Además, los tricomas, que son activos en la polarización, se desarrollan en estas flores durante el crecimiento de la planta, en particular durante la maduración de la flor femenina. Por lo tanto, con el desarrollo de la flor, sus propiedades ópticas cambian, en particular, sus características de polarización. Por lo tanto, el cambio de las características de polarización se puede vincular a las fases de crecimiento.

Una flor de cannabis generalmente progresa a través de ocho fases durante la maduración. Se puede entender que estas ocho fases son fases de subcrecimiento de la fase de crecimiento de maduración de la flor. Debe apreciarse que determinar una fase de crecimiento de una planta puede incorporarse como determinar dicha fase de subcrecimiento. Las ocho fases de la maduración de la flor de cannabis son las siguientes:

- 1- La flor de cannabis femenina no contiene ningún estigma.
- 2- Los primeros estigmas aparecen en la flor de Cannabis.
- 3- Aparece una capa de estigmas en la flor de Cannabis.
- 4- Formación continua de estigma en la flor.
- 5- Colas formadas con estigmas blancos/lechosos en la flor.
- 6- Las flores nuevas se detienen y los estigmas comienzan a secarse (dorarse); también comienza la puntuación de tricomas
- 7- Los estigmas son secos y los tricomas erectos, de color blanco lechoso.
- 8- El capullo está maduro, es hora de cosechar. Los tricomas están llenos, de color claro y menos del 10 % están cambiando al color ámbar.

La transición de la fase 7 a la 8 es muy rápida y difícil de detectar por un ser humano. Los procedimientos descritos en esta invención permiten determinar con precisión cuándo se ha alcanzado la fase 8.

La Figura 4B ilustra por qué los tricomas reflejan la luz polarizada 7a mientras que el resto de la planta, tal como una hoja, refleja la luz no polarizada 7b. Puede entenderse que la luz 7a y la luz 7b juntas constituyen la luz de respuesta.

La hoja puede reflejar luz 7a parcialmente polarizada y luz 7b no polarizada. Sin embargo, el grado de polarización (DOP - *Degree Of Polarization*) es bajo (se refleja más luz no polarizada que luz polarizada) debido a la dispersión de la luz dentro de la hoja, como se muestra. En el caso de los tricomas, el DOP es alto para que la luz reflejada tenga más polarización. Al observar las hojas con una dirección de polarización cambiante, la luz reflejada no polarizada será dominante y, por lo tanto, la dirección de polarización no afectará la intensidad de la luz reflejada. Sin embargo, al observar los tricomas en diferentes direcciones de polarización, la cantidad de luz observada puede variar significativamente.

Si el haz incidente no polarizado 5 se reemplazara con un haz incidente polarizado, la hoja seguiría reflejando la luz no polarizada debido a la dispersión interna. Entonces, independientemente de la polarización de la fuente de luz, la hoja seguirá reflejando la luz con cualquier dirección de polarización. Sin embargo, los tricomas reflejarán solo la luz con una dirección de polarización específica. Al variar la dirección de polarización de la fuente de luz a lo largo del tiempo, el observador, incluso sin un filtro de polarización explícito, experimentaría el efecto brillante de los tricomas.

La Figura 5 muestra una imagen 30 de una planta, en particular de una planta de Cannabis, más en particular una flor femenina de una planta de Cannabis. Esta imagen 30 puede representarse por datos que se han obtenido midiendo

- la luz de respuesta. Puede entenderse que la imagen indica la luz de respuesta de las partes respectivas de la planta. La Figura 5 ilustra además que se puede identificar una región de interés 32 que corresponde a una parte de la planta donde se espera que las partes activas de polarización se formen o desaparezcan durante el crecimiento de la planta. En este ejemplo, la región de interés 32 corresponde a la flor femenina de una planta de cannabis. Análisis posteriores pueden a continuación restringirse a esta región de interés 32, lo que permite un procesamiento de datos eficiente y rápido, que a su vez permite una determinación rápida, por ejemplo, en tiempo real, de la fase de crecimiento de la planta.
- Como se explicó anteriormente, dicha región de interés 32 puede identificarse según técnicas de aprendizaje automático. Además, dicha región de interés 32 se puede realizar según tecnologías de detección 3D. En tal caso, se utilizan señales de alcance 3D para obtener una representación de la forma tridimensional de la planta. A continuación, la parte de la planta donde se espera que se formen o desaparezcan las partes activas de polarización puede reconocerse según su morfología característica.
- Las Figuras 6A y 6B muestran respectivamente una primera imagen y una segunda imagen de una planta, en particular de una planta de cannabis, más en particular de una flor femenina de una planta de cannabis. Claramente, la figura 6B comprende regiones que tienen una intensidad más alta que las regiones correspondientes en la figura 6A. Se puede entender que dos regiones de imagen en diferentes imágenes son regiones de imagen correspondientes si ambas representan las mismas partes de la planta. Esta diferencia entre la primera y la segunda imagen es causada por la detección posterior de la primera y la segunda luz de respuesta, donde la primera y la segunda luz de respuesta difieren. Dicha diferencia entre la primera y la segunda luz de respuesta puede lograrse mediante uno o más de los procedimientos descritos anteriormente, tales como cambiar la polarización de la iluminación, cambiar el filtrado de polarización en la ruta de detección, cambiar entre luz de iluminación polarizada y no polarizada, cambiar entre detección con filtrado de polarización y detección sin filtrado de polarización, o una combinación de estas acciones.
- En particular, los tricomas, que se muestran como puntos blancos, tienen una mayor intensidad en la segunda imagen que en la primera imagen. Estas figuras demuestran que la polarización de la luz se puede usar para detectar la ubicación y la maduración (desarrollo) de las plantas de Cannabis, como las plantas de Cannabis Sativa.
- La Figura 7 muestra cómo se pueden registrar las características de polarización a lo largo del tiempo para proporcionar tendencias históricas al productor para la toma de decisiones sobre el control del crecimiento, la cosecha o la efectividad de la receta de luz.
- La Figura 7 muestra una intensidad de luz de respuesta total de una flor particular en una planta particular con respecto al tiempo. Cada punto de datos en el gráfico corresponde a un conjunto de datos que representa la luz de respuesta detectada en una instancia de tiempo respectiva. El desarrollo a lo largo del tiempo de la luz de respuesta puede ayudar a determinar una fase de crecimiento actual o incluso futura.
- La Figura 7 muestra para una flor en particular que al principio la intensidad total de la intensidad de luz de respuesta es relativamente menor y que en algún momento la intensidad total aumenta hasta que se alcanza una meseta de intensidad de luz total constante. Podría ser, por ejemplo, que la flor esté lista para la cosecha si la intensidad total ha alcanzado dicha meseta. Por lo tanto, en tal caso, la fase de crecimiento puede determinarse según un desarrollo a lo largo del tiempo de la luz de respuesta, indicado por la pluralidad de conjuntos de datos.
- También puede ser que el aumento de la intensidad total de la luz perdure de manera uniforme para diferentes plantas. A continuación, sería posible predecir el momento donde la intensidad total de la luz habrá alcanzado la meseta una vez que haya comenzado el aumento. Esto puede permitir predecir cuándo la flor está lista para la cosecha.
- La Figura 8A muestra una realización del sistema 20 comprendiendo un sistema de realidad aumentada 102. En tal realización, se puede entender que la pantalla 22 es parte del sistema de realidad aumentada. El sistema de realidad aumentada está configurado para presentar una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta en dicha pantalla, de modo que un usuario que mira la pantalla vea la planta y su fase de crecimiento determinada. El dispositivo de visualización 22 puede ser un dispositivo de visualización transparente.
- El detector 16 puede comprender una cámara para grabar imágenes de la planta. El sistema de realidad aumentada 102 puede configurarse para presentar al menos parcialmente estas imágenes grabadas en la pantalla 22.
- El recolector/agricultor de flores puede entrar en un invernadero para verificar la maduración de las flores de cannabis y simultáneamente recoger las flores que están listas para la cosecha.
- Preferentemente, la pantalla y la cámara están integradas en un dispositivo portátil para la cabeza, como gafas de RA, de modo que el recolector/agricultor puede usar sus manos para ejecutar las acciones de cosecha "normales", por ejemplo, recoger una flor.
- A través de las gafas de RA, el recolector puede ver las plantas "reales" y superponer en esa imagen las ubicaciones

(las flores) que están listas para ser cosechadas. Esta información sobre el nivel de maduración se crea en tiempo real, según una función de detección integrada en las gafas de RA. Esa función de detección se combina con el procesamiento de imágenes (y posiblemente se habilita además con un accionamiento de luz específico) basado en el reconocimiento de objetos (flores maduras). La información proporcionada al recolector le permite recoger las flores maduras.

Las flores que se encuentran en una fase más temprana de desarrollo (por ejemplo, clasificadas en grupos según "aún no están maduras"/"llegando a la maduración"/"casi listas para la cosecha") también pueden etiquetarse durante el análisis de datos y esta información puede almacenarse para su uso posterior, lo que lleva a una funcionalidad de pronóstico. Por lo tanto, al día siguiente (o al siguiente momento de la cosecha) en que el recolector ingresa nuevamente al invernadero, las flores que se consideraron "casi listas para cosechar" podrían ser visitadas por el recolector preferentemente, por ejemplo, el recolector es guiado hacia estos lugares en el invernadero, lo que permite un flujo de trabajo más eficiente (evitando mirar a las plantas que no están listas para la cosecha en absoluto, o para las cuales las flores ya han sido cosechadas).

Para permitir esa última funcionalidad, la cámara a bordo de las gafas de RA también puede rastrear las acciones del recolector (lo que resulta en información almacenada sobre las plantas/ flores que se han cosechado, quién cosechó, cuánto se cosechó, cuándo y en qué nivel de maduración, lo que también permite capturar posibles errores y controlar la propiedad de las flores que se recolectan). Datos de entrada de expertos adicionales proporcionados por los recolectores también pueden capturarse con esa cámara, por ejemplo, según una interfaz de usuario basada en gestos. Alternativamente, se podría usar una funcionalidad de audio como interfaz de usuario. Los datos del recolector/experto pueden ser, por ejemplo, parámetros como el acuerdo/desacuerdo con el juicio del aprendizaje automático sobre la maduración o el marcado a través de la interfaz de usuario de cualquier tipo de anomalía en el cultivo (por ejemplo, inicio de la enfermedad) o en el sistema de horticultura.

Esta información puede no ser necesaria en tiempo real y puede almacenarse (posteriormente) en la herramienta de cosecha general y estar disponible para un próximo ciclo de cosecha o para un análisis de datos más profundo (por ejemplo, para optimizar la previsión de cultivos actuales y futuros).

La Figura 8B muestra una percepción de ejemplo de un usuario que está mirando la pantalla 22 del sistema de realidad aumentada. La pantalla de realidad aumentada 22 presenta la fase de crecimiento determinada de la planta junto a la planta, en este ejemplo en forma de una instrucción al usuario para cosechar la planta.

La pantalla 22 también puede presentar las imágenes de la planta como, por ejemplo, grabadas por una cámara 16, en caso de que la pantalla no sea transparente. En tal caso, la indicación de la fase de crecimiento determinada se superpone, por ejemplo, en las imágenes grabadas.

La Fig. 9 representa un diagrama de bloques que ilustra un sistema de procesamiento de datos según una realización. El sistema de procesamiento de datos puede estar integrado en un solo dispositivo (por ejemplo, unas gafas de RA), o distribuido en un dispositivo portátil combinado y una funcionalidad implementada en la nube accesible en tiempo real (por ejemplo, el almacenamiento y el procesamiento de datos). O igualmente otras opciones.

Como se muestra en la Fig. 9, el sistema de procesamiento de datos 100 puede incluir al menos un procesador 102 acoplado a elementos de memoria 104 a través de un bus del sistema 106. Como tal, el sistema de procesamiento de datos puede almacenar código de programa dentro de los elementos de memoria 104. Además, el procesador 102 puede ejecutar el código de programa al que se accede desde los elementos de memoria 104 a través de un bus de sistema 106. En un aspecto, el sistema de procesamiento de datos puede implementarse como un ordenador que es adecuado para almacenar y/o ejecutar código de programa. Debería apreciarse, sin embargo, que el sistema de procesamiento de datos 100 puede implementarse en forma de cualquier sistema que incluya un procesador y una memoria que sea capaz de realizar las funciones descritas dentro de esta especificación.

Los elementos de memoria 104 pueden incluir uno o más dispositivos de memoria física tales como, por ejemplo, memoria local 108 y uno o más dispositivos de almacenamiento masivo 110. La memoria local puede referirse a la memoria de acceso aleatorio u otros dispositivos de memoria no persistentes utilizados generalmente durante la ejecución real del código de programa. Un dispositivo de almacenamiento masivo puede implementarse como un disco duro u otro dispositivo de almacenamiento de datos persistente. El sistema de procesamiento 100 también puede incluir una o más memorias caché (no mostradas) que proporcionan almacenamiento temporal de al menos algún código de programa para reducir el número de veces que el código de programa debe recuperarse del dispositivo de almacenamiento masivo 110 durante la ejecución.

Los dispositivos de entrada/salida (E/S) representados como un dispositivo de entrada 112 y un dispositivo de salida 114 opcionalmente pueden acoplarse al sistema de procesamiento de datos. Ejemplos de dispositivos de entrada pueden incluir, pero no se limitan a, un teclado, un dispositivo señalador tal como un ratón o similares. Ejemplos de dispositivos de salida pueden incluir, pero no se limitan a, un monitor o una pantalla, altavoces o similares. Dispositivos de entrada y/o salida pueden acoplarse al sistema de procesamiento de datos directamente o a través de controladores

de E/S intermedios.

En una realización, los dispositivos de entrada y salida pueden implementarse como un dispositivo de entrada/salida combinado (ilustrado en la Fig. 9 con una línea discontinua que rodea el dispositivo de entrada 112 y el dispositivo de salida 114). Un ejemplo de un dispositivo combinado de este tipo es una pantalla táctil, también denominada a veces "visualizador de pantalla táctil" o simplemente "pantalla táctil". En una realización de este tipo, la entrada al dispositivo puede proporcionarse mediante un movimiento de un objeto físico, tal como, por ejemplo, un lápiz óptico o un dedo de un usuario, en o cerca de la pantalla táctil. Un adaptador de red 116 también puede acoplarse al sistema de procesamiento de datos para permitir que se acople a otros sistemas, sistemas informáticos, dispositivos de red remotos y/o dispositivos de almacenamiento remoto a través de redes privadas o públicas intermedias. El adaptador de red puede comprender un receptor de datos para recibir datos que son transmitidos por dichos sistemas, dispositivos y/o redes al sistema de procesamiento de datos 100, y un transmisor de datos para transmitir datos desde el sistema de procesamiento de datos 100 a dichos sistemas, dispositivos y/o redes. Módems, módems de cable y tarjetas Ethernet son ejemplos de diferentes tipos de adaptadores de red que se pueden usar con el sistema de procesamiento de datos 100.

Como se ilustra en la Fig. 9, los elementos de memoria 104 pueden almacenar una aplicación 118. En diversas realizaciones, la aplicación 118 puede almacenarse en la memoria local 108, el uno o más dispositivos de almacenamiento masivo 110, o aparte de la memoria local y los dispositivos de almacenamiento masivo. Debe apreciarse que el sistema de procesamiento de datos 100 puede ejecutar además un sistema operativo (no mostrado en la Fig. 9) que puede facilitar la ejecución de la aplicación 118. La aplicación 118, que se implementa en forma de código de programa ejecutable, puede ser ejecutada por el sistema de procesamiento de datos 100, por ejemplo, por el procesador 102. En respuesta a la ejecución de la aplicación, el sistema de procesamiento de datos 100 puede configurarse para realizar una o más operaciones o etapas del procedimiento descritos en esta invención.

En un aspecto de la presente invención, el sistema de procesamiento de datos 100 puede representar un sistema de realidad aumentada descrito en esta solicitud.

En otro aspecto, el sistema de procesamiento de datos 100 puede representar un sistema de procesamiento de datos de cliente. En ese caso, la aplicación 118 puede representar una aplicación de cliente que, cuando se ejecuta, configura el sistema de procesamiento de datos 100 para realizar las diversas funciones descritas en esta solicitud con referencia a un "cliente". Ejemplos de un cliente pueden incluir, pero no se limitan a, un ordenador personal, un ordenador portátil, un teléfono móvil o similares.

En aún otro aspecto, el sistema de procesamiento de datos 100 puede representar un servidor. Por ejemplo, el sistema de procesamiento de datos puede representar un servidor (HTTP), en cuyo caso la aplicación 118, cuando se ejecuta, puede configurar el sistema de procesamiento de datos para realizar operaciones de servidor (HTTP).

Se pueden implementar diversas realizaciones de la invención como un producto de programa para su uso con un sistema informático, donde el programa o programas del producto de programa definen funciones de las realizaciones (incluidos los procedimientos descritos en esta solicitud). En una realización, el o los programas pueden estar contenidos en una variedad de medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador, donde, como se usa en esta solicitud, la expresión "medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador" comprende todos los medios legibles por ordenador, con la única excepción de una señal de propagación transitoria. En otra realización, el o los programas pueden estar contenidos en una variedad de medios de almacenamiento transitorios legibles por ordenador. Medios de almacenamiento ilustrativos legibles por ordenador incluyen, pero no se limitan a: (i) medios de almacenamiento no grabables (por ejemplo, dispositivos de memoria de solo lectura dentro de un ordenador, tales como discos CD-ROM legibles por un unidad de CD-ROM, chips ROM o cualquier tipo de memoria de semiconductores no volátil de estado sólido) donde la información se almacena permanentemente; y (ii) medios de almacenamiento grabables (por ejemplo, memoria flash, disquetes dentro de una unidad de disquete o unidad de disco duro o cualquier tipo de memoria de semiconductores de acceso aleatorio de estado sólido) donde se almacena información alterable. El programa informático puede ejecutarse en el procesador 102 descrito en esta solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar la fase de crecimiento de una planta, comprendiendo el procedimiento
- 5 - iluminar la planta con luz de iluminación, causando la luz de iluminación la luz de respuesta de la planta,
-detectar la luz de respuesta de la planta, y
- según la luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta;
- 10 donde iluminar la planta comprende iluminar con luz de iluminación al menos parcialmente polarizada y/o donde
detectar la luz de respuesta comprende filtrar por polarización la luz de respuesta; y
donde
- en una primera alternativa del procedimiento
- 15 - iluminar la planta con una primera luz de iluminación, donde la primera luz de iluminación provoca una
primera luz de respuesta de la planta, y detectar la primera luz de respuesta de la planta,
- iluminar posteriormente la planta con una segunda luz de iluminación, donde la segunda luz de
iluminación provoca una segunda luz de respuesta de la planta, y detectar la segunda luz de respuesta
de la planta, y
- 20 - según la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta;
y
- en una segunda alternativa del procedimiento
- 25 - filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta que tiene una
primera dirección de polarización, y detectar la primera luz de respuesta,
-después de la polarización, filtrar la luz de respuesta para obtener una segunda luz de respuesta que
tiene una segunda dirección de polarización que es diferente de la primera dirección de polarización, y
detectar la segunda luz de respuesta, y
- 30 - según la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde la detección de la luz de respuesta comprende una etapa,
opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan la luz de respuesta detectada, y
donde el procedimiento comprende
- 35 - según los datos obtenidos, determinar la fase de crecimiento de la planta, donde los datos obtenidos indican al
menos uno de
- 40 - una intensidad total de la luz de respuesta,
- una intensidad media de la luz de respuesta,
- una intensidad máxima de la luz de respuesta,
- una intensidad mínima de la luz de respuesta.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, donde la detección de la luz de respuesta comprende una
etapa, opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan una imagen de la planta,
indicando la imagen la luz de respuesta detectada para las partes respectivas de la planta y comprendiendo la imagen
una o más regiones de imagen particulares que tienen una intensidad relativamente alta o relativamente baja,
correspondiendo la una o más regiones de imagen particulares a una o más partes activas de polarización de la planta
que contienen un material ópticamente activo y/o que contienen material que presenta reflexión selectiva de
polarización,
- 50 comprendiendo el procedimiento
- según un número y/o un tamaño y/o una intensidad de luz de dichas una o más regiones de imagen particulares,
determinar la fase de crecimiento de la planta.
- 55
4. El procedimiento según la reivindicación 1 cuando depende de la primera alternativa,
- donde la primera luz de iluminación es luz al menos parcialmente polarizada y la segunda luz de iluminación es luz
no polarizada, o
- 60 donde la primera luz de iluminación está al menos parcialmente polarizada en una primera dirección y la segunda
luz de iluminación está al menos parcialmente polarizada en una segunda dirección que es diferente de la primera
dirección.
5. El procedimiento según la reivindicación 1, cuando depende de la primera alternativa, comprendiendo
además:
- 65

- 5 - obtener una pluralidad de conjuntos de datos, cada conjunto de datos representa una luz de respuesta detectada en una instancia de tiempo respectiva,
- según un desarrollo a lo largo del tiempo de la luz de respuesta, indicado por la pluralidad de conjuntos de datos, determinar la fase de crecimiento de la planta.
6. El procedimiento según la reivindicación 1 cuando depende de la primera alternativa, donde la detección de la luz de respuesta comprende
- 10 - una etapa, opcionalmente implementada por ordenador, de obtención de datos que representan una primera imagen y una segunda imagen de la planta, donde la primera imagen indica la primera luz de respuesta de las partes respectivas de la planta y la segunda imagen indica la segunda luz de respuesta de las partes respectivas de la planta, donde
- 15 la primera imagen comprende una o más regiones de imagen correspondientes a una o más partes de la planta, y donde
la segunda imagen comprende una o más regiones de imagen correspondientes a dichas una o más partes de la planta, donde
dichas una o más regiones de imagen de la segunda imagen tienen una intensidad más alta o más baja que
20 dichas una o más regiones de imagen de la primera imagen, y
determinar la fase de crecimiento de la planta según una diferencia en la intensidad de dichas una o más regiones entre la primera y segunda imágenes.
7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 o 6, comprendiendo además
- 25 - identificar una región de interés en una o más de las imágenes representadas por los datos obtenidos, correspondiendo la una o más regiones de interés a una o más partes de la planta donde se espera que se formen o desaparezcan partes activas de polarización durante el crecimiento de la planta, y
- analizar la región de interés identificada para determinar la fase de crecimiento de la planta.
- 30 8. El procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además
- presentar una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta en una pantalla de un sistema de realidad aumentada, de modo que un usuario que mira la pantalla de realidad aumentada vea la planta y su fase de crecimiento determinada.
- 35 9. Un sistema para determinar la fase de crecimiento de una planta (6), comprendiendo el sistema
- 40 - una fuente de luz (14) para iluminar la planta con luz de iluminación (5), provocando la luz de iluminación la luz de respuesta (7) de la planta (6), y
- un detector (16) para detectar la luz de respuesta (7) de la planta (6), y
- un sistema de procesamiento de datos (100) configurado para determinar, según la luz de respuesta detectada (7), la fase de crecimiento de la planta (6);
- 45 donde dicha luz de iluminación (5) está al menos parcialmente polarizada, y/o el detector (16) comprende un filtro de polarización; y
donde el sistema de procesamiento de datos (100) está adaptado para controlar la fuente de luz (14) y el detector (16) para,
- 50 - iluminar la planta con una primera luz de iluminación, donde la primera luz de iluminación provoca una primera luz de respuesta de la planta, y detectar la primera luz de respuesta de la planta,
- iluminar posteriormente la planta con una segunda luz de iluminación, donde la segunda luz de iluminación provoca una segunda luz de respuesta de la planta, y detectar la segunda luz de respuesta de la planta, y
- según la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta;
- 55 o
- filtrar por polarización la luz de respuesta para obtener una primera luz de respuesta que tiene una primera dirección de polarización, y detectar la primera luz de respuesta,
-después de la polarización, filtrar la luz de respuesta para obtener una segunda luz de respuesta que tiene una segunda dirección de polarización que es diferente de la primera dirección de polarización, y detectar
60 la segunda luz de respuesta, y
- según la primera y segunda luz de respuesta detectada, determinar la fase de crecimiento de la planta.
10. El sistema según la reivindicación 9, comprendiendo además
- 65 - un sistema de realidad aumentada (102) comprendiendo una pantalla (22), donde

- el sistema de realidad aumentada (102) está configurado para presentar una indicación de la fase de crecimiento determinada de la planta en dicha pantalla (22), de tal manera que un usuario que mira la pantalla (22) ve la planta y su fase de crecimiento determinada.

- 5 11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, donde el detector comprende una cámara para grabar imágenes de la planta y, cuando depende de la reivindicación 10, donde el sistema de realidad aumentada está configurado para presentar al menos parcialmente las imágenes grabadas en la pantalla.

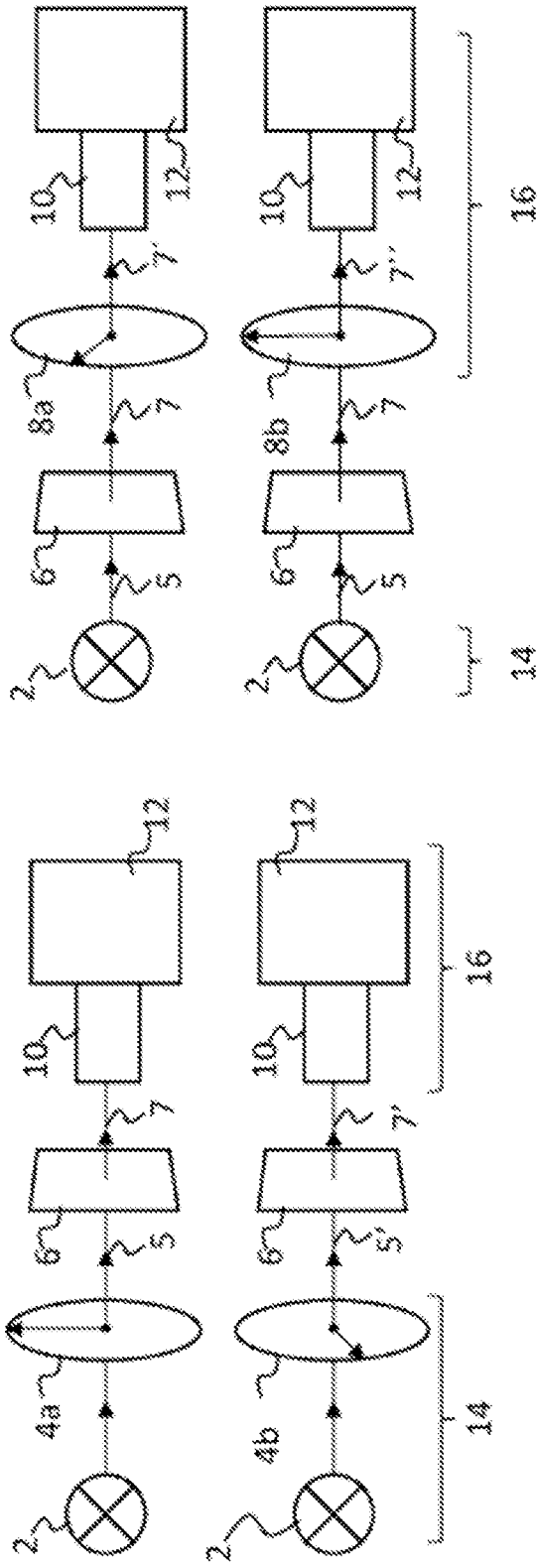


Fig. 1A

Fig. 1B

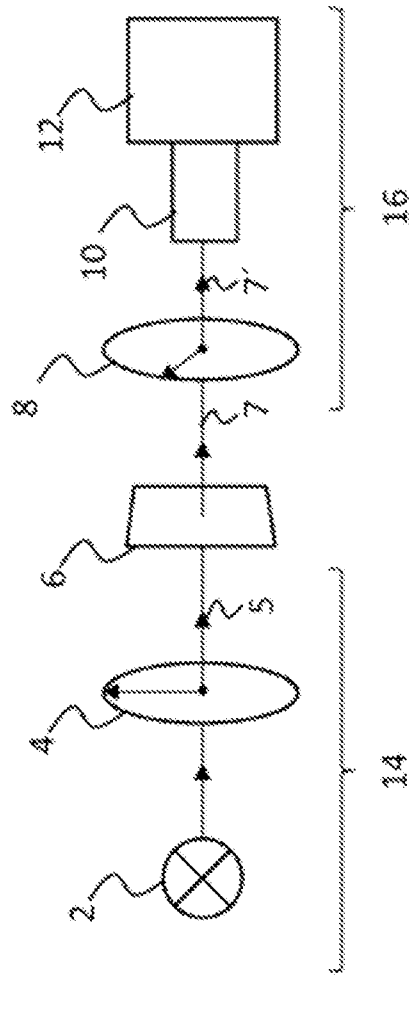


Fig. 1C

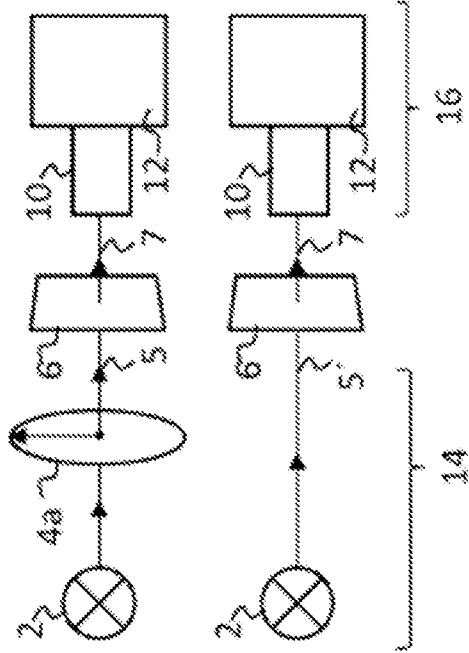


Fig. 2C

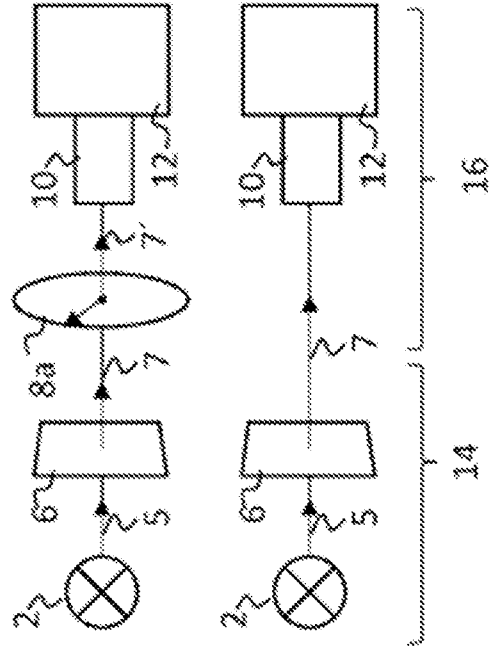


Fig. 2D

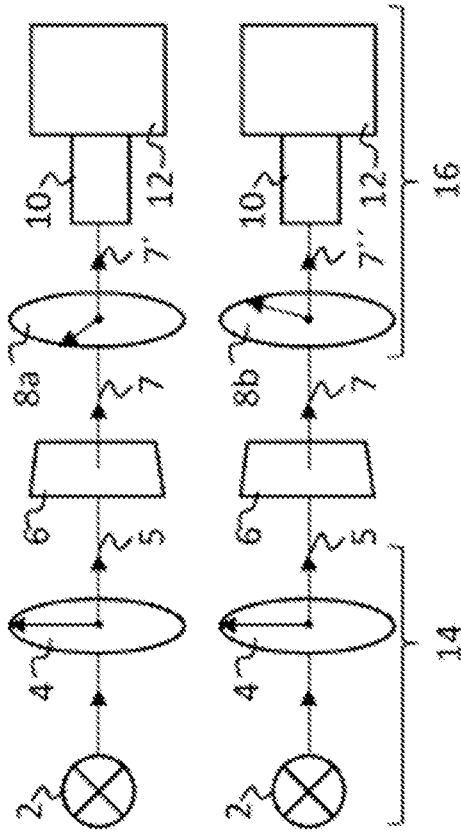


Fig. 2A

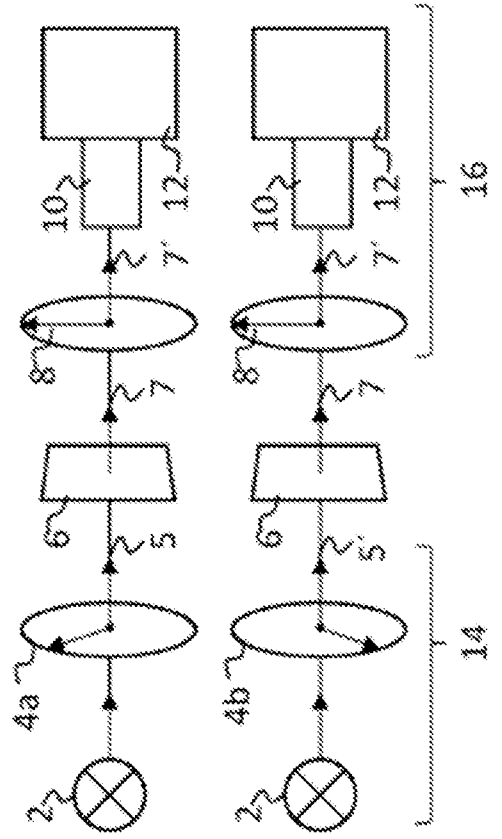


Fig. 2B

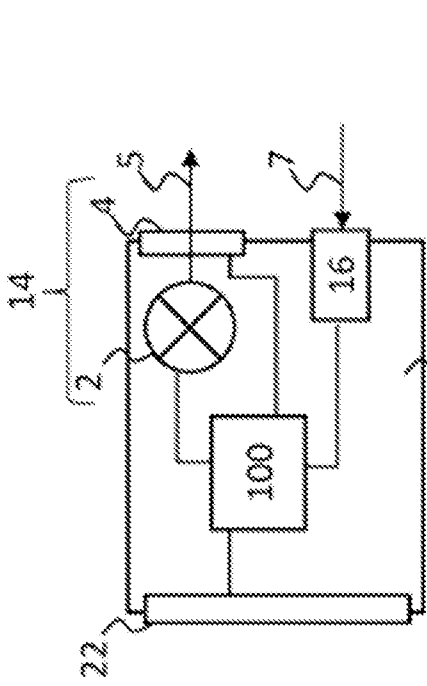


FIG. 3A

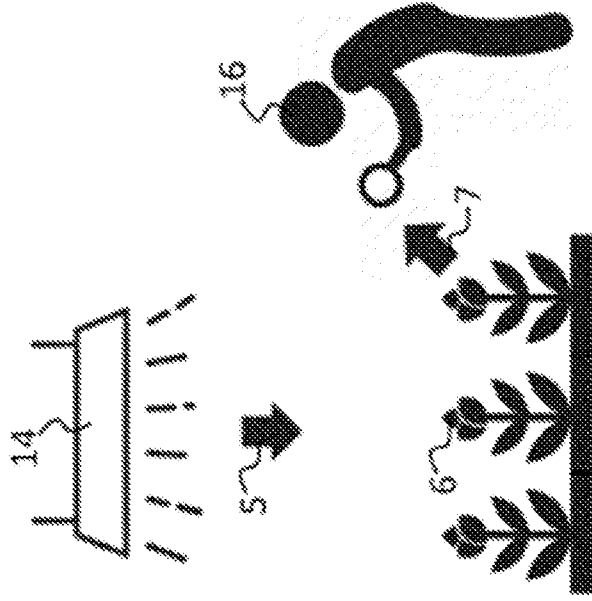


FIG. 3B

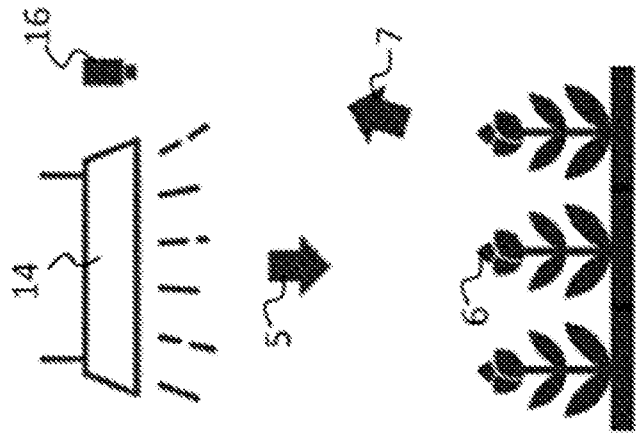


FIG. 3C

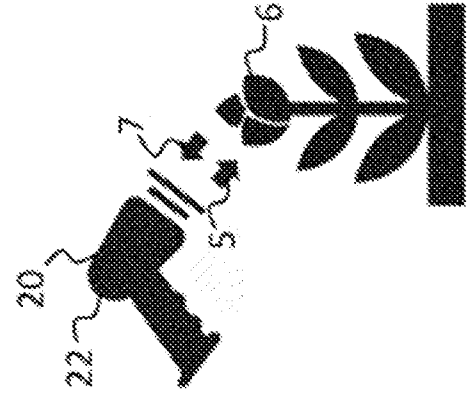


FIG. 3D

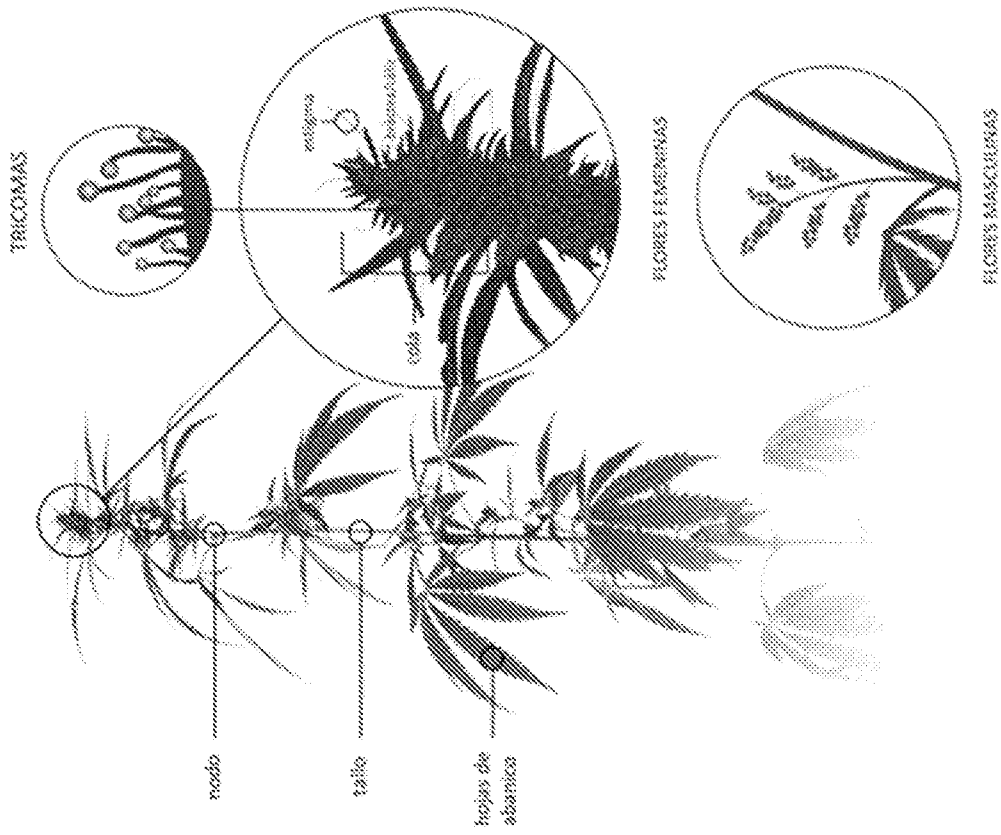


Fig. 4A

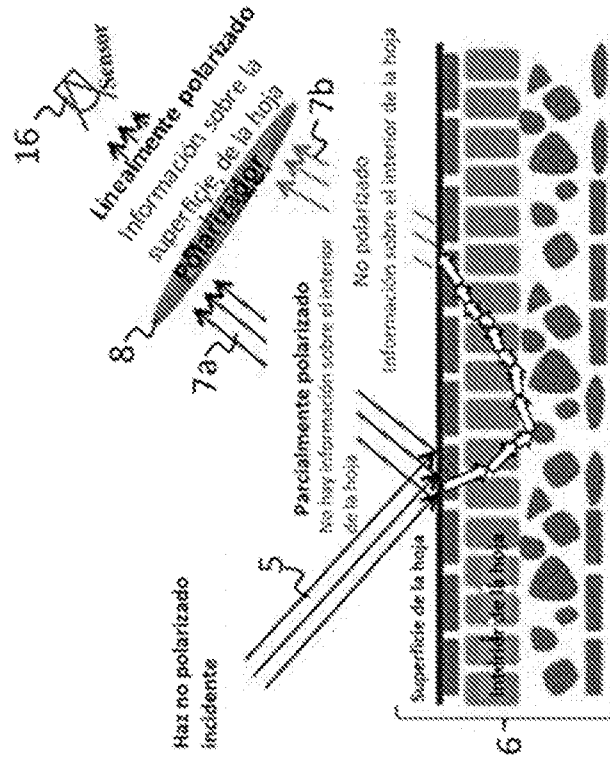


Fig. 4B

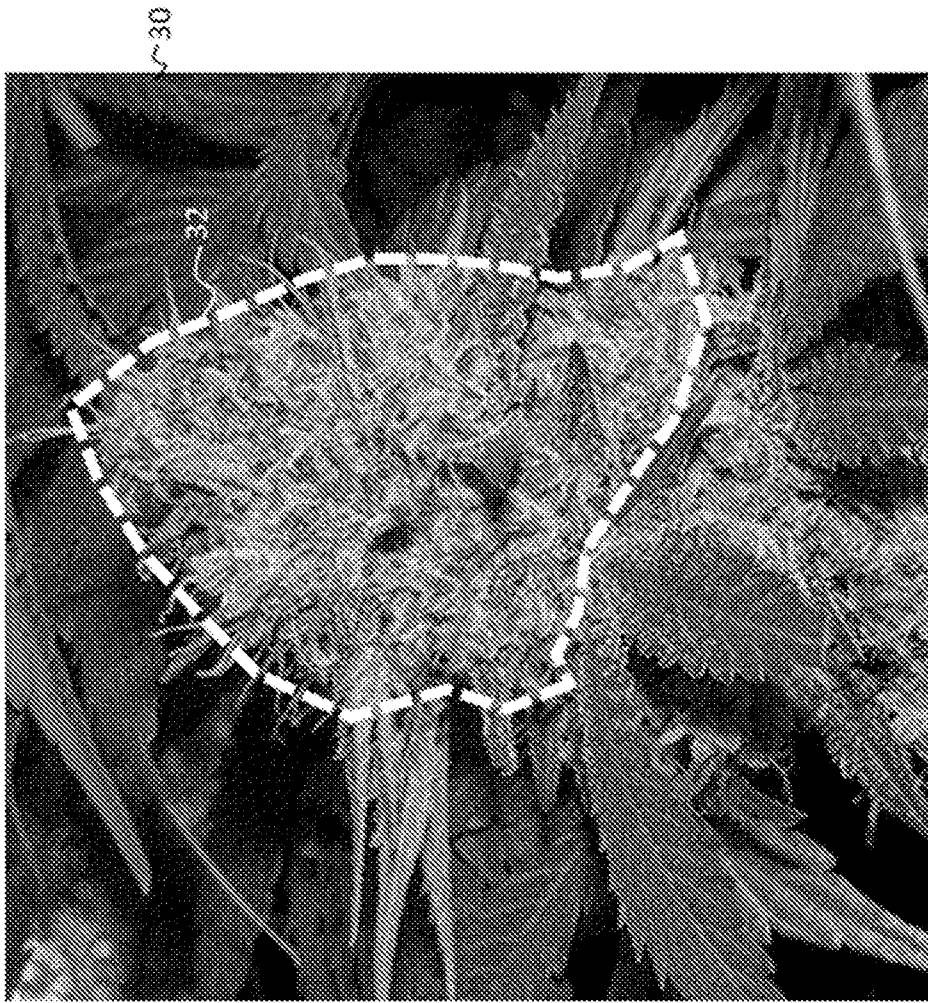


Fig. 5

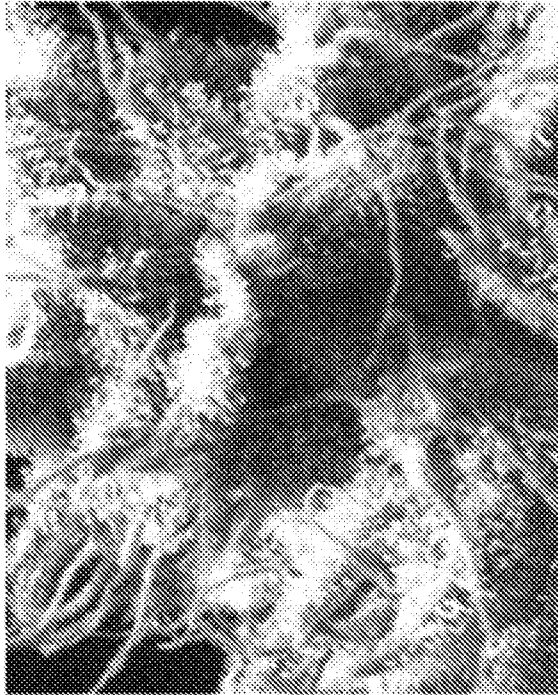


Fig. 6B

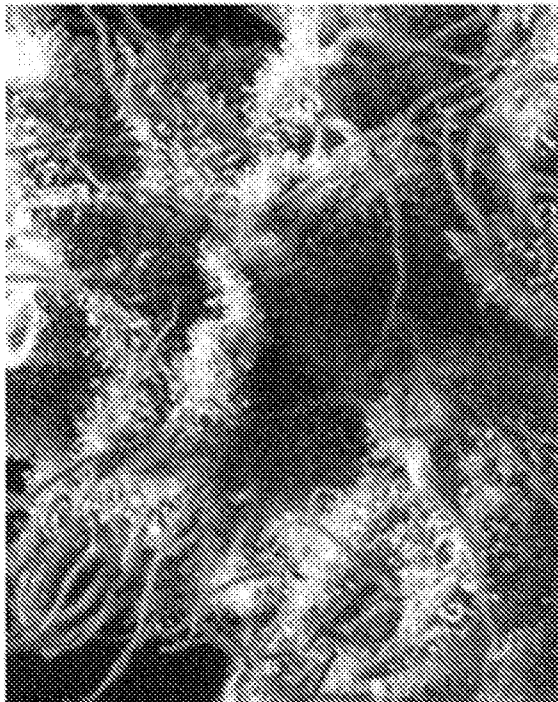


Fig. 6A

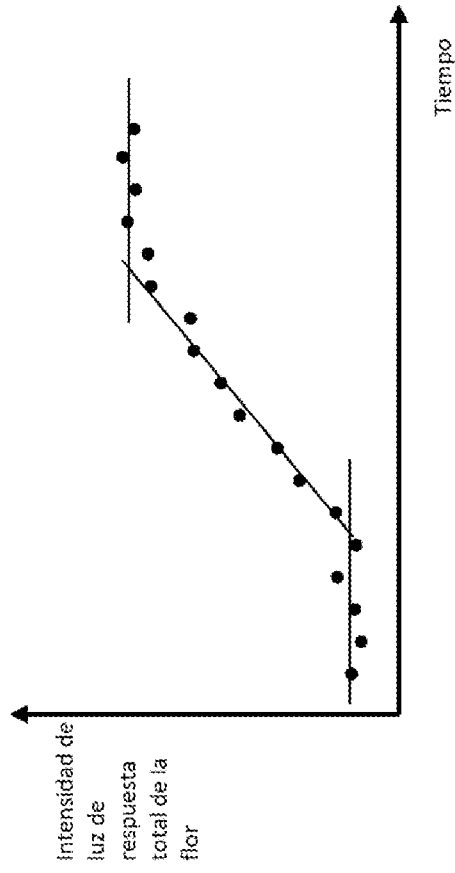


Fig. 7

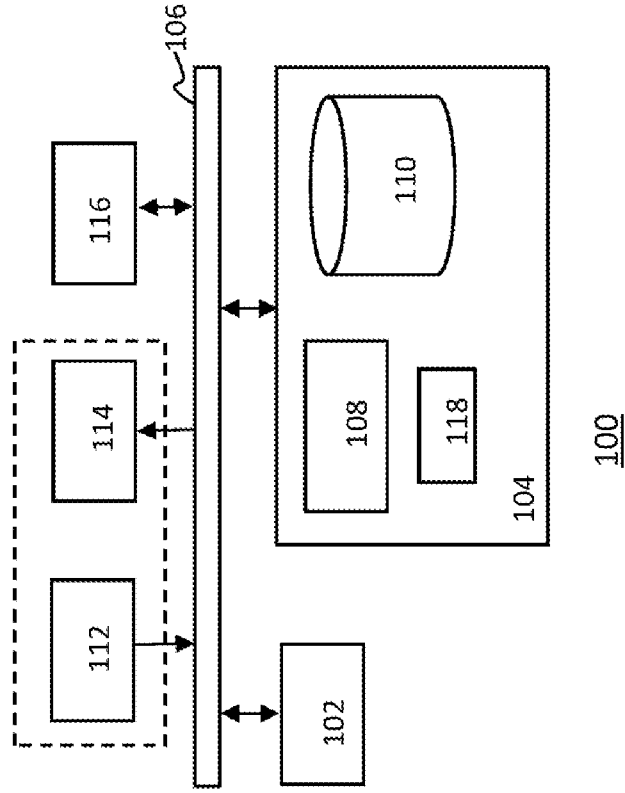


Fig. 9

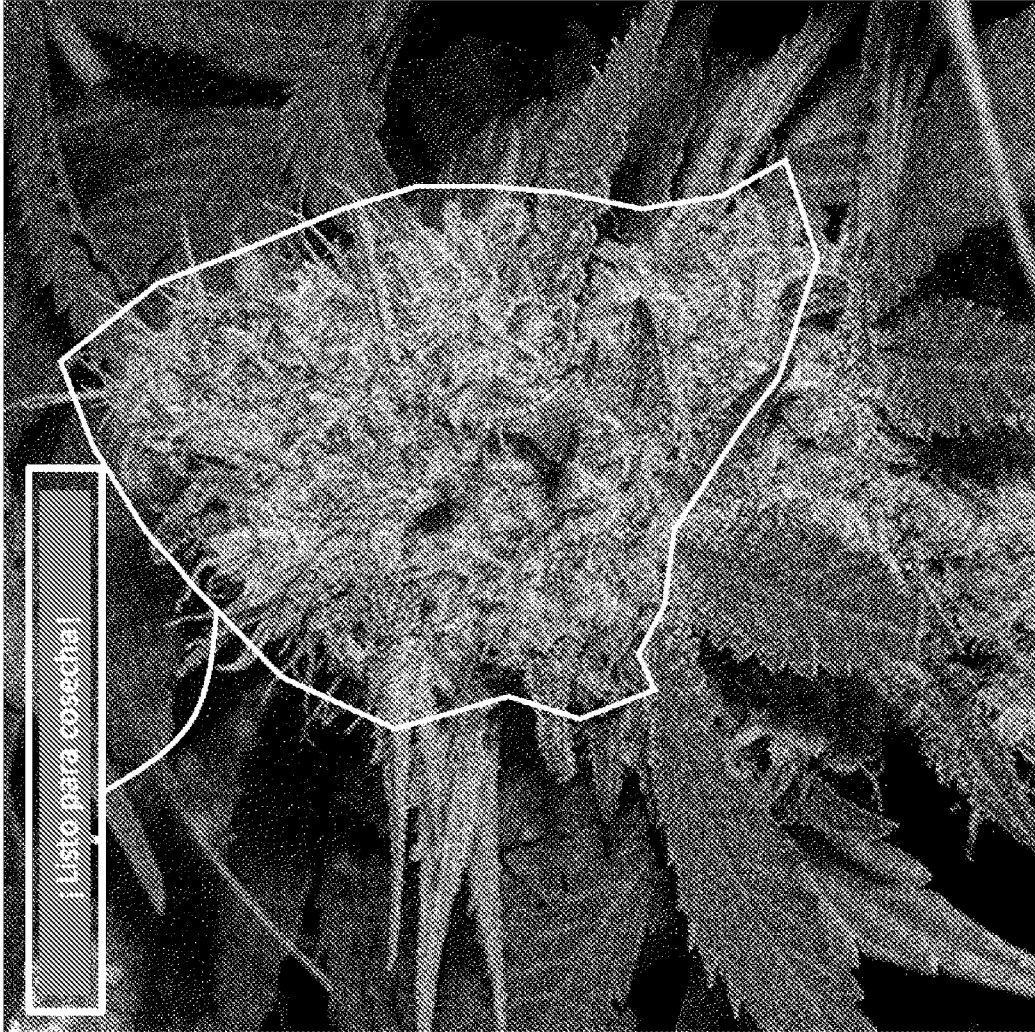


Fig. 8B

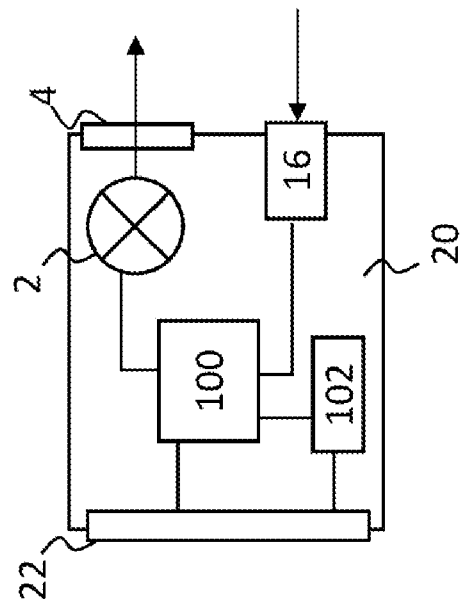


Fig. 8A

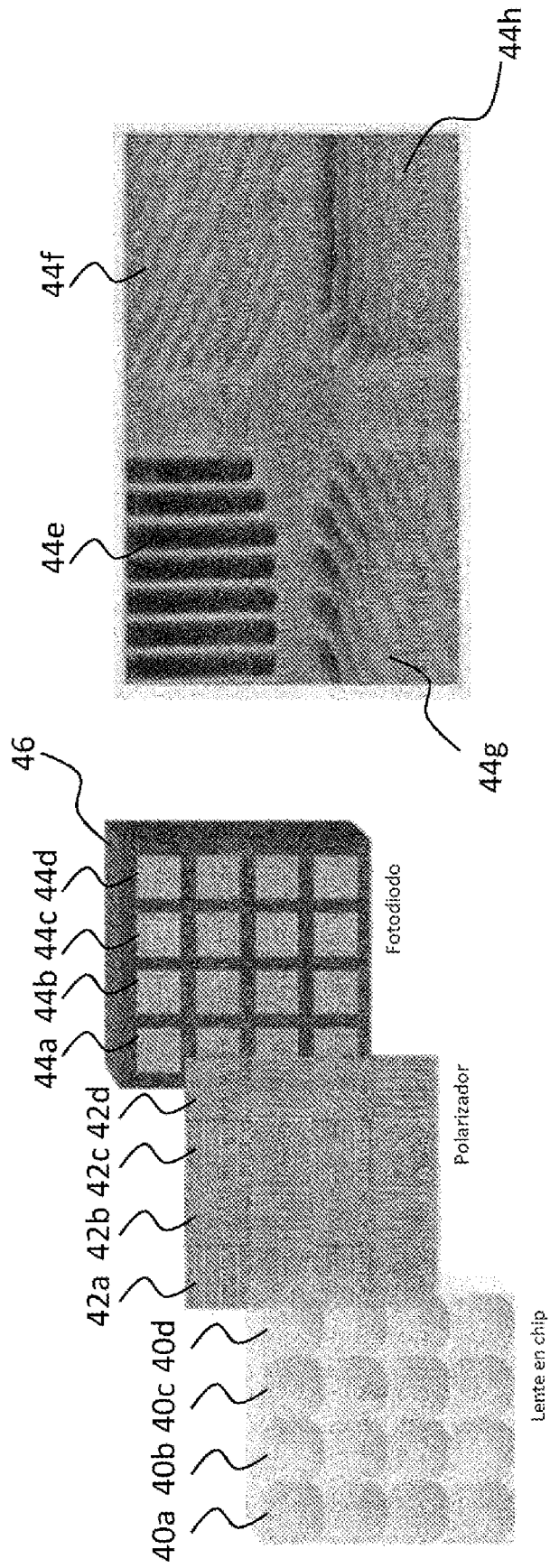


Fig. 10