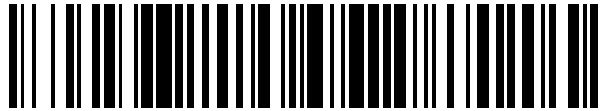


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 835**

21 Número de solicitud: 202230437

51 Int. Cl.:

<b>F21V 9/40</b>	(2008.01)
<b>F21S 8/00</b>	(2006.01)
<b>H02S 50/10</b>	(2014.01)
<b>G02F 1/13</b>	(2006.01)
<b>G02B 5/08</b>	(2006.01)
<b>G01J 3/02</b>	(2006.01)
<b>G02B 5/04</b>	(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**23.05.2022**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**28.12.2023**

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (87.5%)**  
**C/Serrano, 117**  
**28006 Madrid (Madrid) ES y**  
**INSTITUCIÓ CATALANA DE RECERCA I ESTUDIS AVANÇATS (ICREA) (12.5%)**

72 Inventor/es:

**GIBERT ROCA, Martí;**  
**CASADEMONT VIÑAS, Miquel;**  
**GOÑI, Alejandro Rodolfo y**  
**CAMPOY QUILES, Mariano**

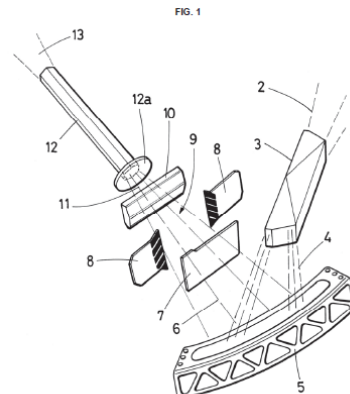
74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **DISPOSITIVO DE ILUMINACIÓN Y MODULADOR ESPECTRAL**

57 Resumen:

Dispositivo de iluminación y modulador espectral. La invención hace referencia a un dispositivo de iluminación y modulador espectral y a un método para proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable, así como modulado en intensidad y/o en un rango de longitud de onda con respecto a la fuente de luz. Además, la invención hace referencia a un método para la caracterización óptica espectroscópica de materiales y/o dispositivos ópticos y/o optoelectrónicos utilizando dicho dispositivo de iluminación y modulador espectral. Más aún, la presente invención hace referencia a un sistema de metrología óptica que comprende el dispositivo de iluminación y modulador espectral. La invención es por lo tanto de interés para las industrias óptica y/u optoelectrónica y para la industria de la metrología óptica.



ES 2 956 835 A1

## DESCRIPCIÓN

### Dispositivo de iluminación y modulador espectral

5 La invención hace referencia a un dispositivo de iluminación y modulador espectral y a un método para proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable, así como modulado en intensidad y/o en un rango de longitud de onda con respecto a la fuente de luz. Además, la invención hace referencia a un método para una caracterización óptica espectroscópica de materiales y/o  
10 dispositivos ópticos y/u optoelectrónicos que utilizan dicho dispositivo de iluminación y modulador espectral. Además, la presente invención hace referencia a un sistema de metrología óptica que comprende el dispositivo de iluminación y modulador espectral.

La invención es por lo tanto de interés para las industrias óptica y/u optoelectrónica y  
15 para las industrias de metrología óptica.

### ESTADO DE LA TÉCNICA

Las fuentes de iluminación para sistemas de caracterización y metrología óptica tienen  
20 habitualmente unos requerimientos operativos exigentes y una tolerancia ajustada. Algunas aplicaciones pueden necesitar una fuente de luz de banda estrecha con una capacidad de sintonización continua de la longitud de onda y el ancho de banda central, mientras que otras pueden necesitar iluminación de banda ancha con una distribución espectral específica.

25

Para dar un ejemplo, la caracterización de un dispositivo de célula solar requiere un conjunto de experimentos. El primero es la medición de la eficiencia de la conversión de potencia utilizando un simulador solar como la fuente de iluminación, en el que el espectro es la banda ancha y se ajusta al estándar AM1.5 para aplicaciones terrestres,  
30 o AM0 para aplicaciones en el espacio (u otras para aplicaciones en interiores, iluminación de luz difusa, etc.). La fotocorriente de la célula solar bajo iluminación se mide como una función del voltaje para calcular la eficiencia de la conversión de potencia. Una medición habitual de la recombinación que tiene lugar en una célula solar requiere repetir lo anterior para una iluminación que tiene la misma forma espectral que  
35 el AM1.5, pero con una intensidad integrada (en unidades de soles), abarcando varios órdenes de magnitud (habitualmente de 0,01x a 1,5x AM1.5). La otra medición básica

es la de la eficiencia cuántica externa (EQE, por sus siglas en inglés), que es la medición de la fotocorriente bajo una iluminación de longitud de onda monocromática, habitualmente en condiciones de cortocircuito. La medición se repite muchas veces para diferentes longitudes de onda centrales en el rango entre 350 nm y 1100 nm. Otros tipos de caracterización incluyen la de la caracterización de la estabilidad (mediciones en el tiempo en el que a menudo se filtra la parte UV del espectro) bajo luz concentrada, y la caracterización de geometrías en tándem. La mayoría de estas mediciones requieren un aparato independiente, principalmente debido a las características del dispositivo de iluminación, ya que, desde un punto de vista electrónico, la medición es casi siempre la misma (una curva de la fotocorriente versus el voltaje).

Dentro de la región espectral del ultravioleta, visible y del infrarrojo cercano, la iluminación de banda ancha se obtiene habitualmente utilizando lámparas (por ejemplo, de halógeno, de arco de xenón, etc.), matrices de diodos emisores de luz (LEDs), fuentes fosforescentes acopladas a láseres de excitación monocromáticos (por ejemplo, LED UV) o supercontinuos. La iluminación de banda estrecha se obtiene utilizando LEDs, láseres, o filtrando espectralmente una fuente de banda ancha. La sintonización de la longitud de onda central de un dispositivo de iluminación de banda estrecha se obtiene, habitualmente, acoplando una fuente de banda ancha a un monocromador. Efectivamente, un monocromador actúa como un filtro óptico de paso de banda. Para conformar el espectro de la fuente de luz en una forma deseada, se diseñan unos filtros especiales. Habitualmente, estos últimos se basan en filtros de reflectores de Bragg distribuidos, que son normalmente estáticos (es decir, un filtro proporciona un único espectro) y pueden tener un rango de longitud de onda limitado debido a una difracción de órdenes superiores.

Además del filtrado de paso de banda sintonizable proporcionado por un monocromador móvil, un método reciente atractivo para tener una fuente de luz cuyo espectro de luz pueda ser modificado en forma y en intensidad, es utilizar matrices de LED direccionables individualmente. Los dispositivos de iluminación basados en matrices LED son particularmente útiles para producir diferentes espectros de banda ancha (por ejemplo AM0 y AM1.5G). Sin embargo, la iluminación LED presenta diversas limitaciones intrínsecas, tales como una resolución espectral pobre (habitualmente, los LED utilizados en este tipo de dispositivos tienen FWHMs de decenas de nanómetros), la necesidad de refrigeración (para una iluminación de una potencia media/alta que

requiere estabilidad temporal), y, lo más importante, una respuesta no lineal con la corriente, que limita fuertemente el rango dinámico de la fuente de iluminación.

5 Recientemente, se ha propuesto un filtro sintonizable que utiliza una red de difracción para separar espacialmente los colores de una fuente de banda ancha, un filtro espacial situado en el punto focal para modificar la intensidad en posiciones determinadas del haz dividido espectralmente, y a continuación otra red de difracción para concentrar y mezclar los diferentes colores de regreso en un único haz homogéneo [US10422508B2]. El elemento de filtrado, aunque muy interesante, aún presenta algunas limitaciones. La  
10 primera es que el uso de redes de difracción para dispersar la luz tiene como resultado que se encuentre disponible un rango espectral limitado antes de que aparezcan órdenes superiores en el espectro (por ejemplo, habitualmente se encuentra limitado de una primera longitud de onda  $\lambda_1$  a un máximo de una longitud de onda de  $2x \lambda_1$ ). Más aún, debido a que la luz se difracta en diferentes órdenes, un sistema formado por dos  
15 redes tendería a perder una fracción significativa de intensidad de luz. Finalmente, el resultado de la anterior configuración es un haz distribuido homogéneamente y no un haz dividido espectralmente. Aunque esto puede resultar útil para algunas aplicaciones, se requiere un haz dividido espectralmente para mediciones tales como tecnología fotovoltaica multiunión basada en el concepto de separación espectral.

20

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención hace referencia a un dispositivo de iluminación y modulador espectral para proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado  
25 espectralmente y sintonizable/a medida, que es adecuado para la caracterización óptica espectroscópica de materiales y dispositivos ópticos y/u optoelectrónicos y para sistemas de metrología.

Por lo tanto, un primer aspecto de la invención hace referencia a un dispositivo de  
30 iluminación y modulador espectral proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (en el presente documento el dispositivo de iluminación de la presente invención) que comprende

- una fuente de luz configurada para proporcionar un haz de longitudes de onda  
35 entre 300 nm y 1200 nm,

- un elemento refractivo situado en la trayectoria del haz configurado para separar el haz en un haz dividido espectralmente,
  - un espejo cóncavo configurado para recibir el haz dividido espectralmente y para focalizar dicho haz dividido espectralmente en un punto focal, proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente y focalizado,
  - un primer elemento de filtrado seleccionado de entre una pluralidad de guillotinas motorizadas o una pantalla LCD controlada mediante unos medios de control y configurada para recibir el haz dividido espectralmente y focalizado y filtrar un rango de longitudes de onda del haz dividido espectralmente y focalizado, proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente y focalizado modulado espectralmente,
  - un segundo elemento de filtrado seleccionado de entre una máscara de sombra, una pantalla LCD, una matriz DMD (dispositivo de microespejos digitales), un elemento de filtrado de luz mecánico, un filtro pixelado o un filtro de apodización, y configurado para recibir el haz dividido espectralmente y focalizado y para filtrar la intensidad de un rango de longitudes de onda del haz dividido espectralmente y focalizado, proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente, focalizado y modulado espectralmente,
  - y una lente cilíndrica vertical situada después del elemento de filtrado y configurada para recibir el haz dividido espectralmente, focalizado y modulado espectralmente y para focalizar el haz dividido espectralmente, focalizado y modulado espectralmente en un punto focal, proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable,
- en donde el primer elemento de filtrado y el segundo elemento de filtrado se sitúan entre el espejo cóncavo y la lente cilíndrica vertical.

En el dispositivo de iluminación de la presente invención, el término “haz dividido espectralmente” hace referencia a un haz que se encuentra dividido en las longitudes de onda que lo componen únicamente en el plano XY. El haz dividido espectralmente es un haz que comprende un conjunto de bandas, cada banda con un color diferente y una banda al lado de la otra.

La fuente de luz que proporciona el haz de las longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm, proporciona preferiblemente un haz colimado de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm.

En una realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, la fuente de luz que proporciona el haz de las longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm se selecciona de entre una lámpara de arco de xenón o de halógeno, matrices de diodos emisores de luz (LEDs), o un láser supercontinuo.

Se utiliza un elemento refractivo en el dispositivo de iluminación de la presente invención para separar el haz de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 en un haz dividido espectralmente. Preferiblemente, el elemento refractivo se selecciona de entre al menos un prisma o una lente de Fresnel.

En otra realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, el elemento refractivo es un prisma de Amici doble que tiene una simetría especular a lo largo de su plano medio. Es ventajoso utilizar dicho prisma de Amici doble porque conserva la dirección entrante y la posición del haz colimado, simplificando la configuración del dispositivo de iluminación de la presente invención.

El espejo cóncavo con una curvatura personalizada, en lugar de deshacer la dispersión del prisma de Amici, se introduce únicamente con el propósito de focalizar el haz que sale del prisma de Amici pero manteniendo la separación espectral del haz. El tamaño del haz (que es proporcional a la separación de las longitudes de onda) puede sintonizarse mediante el tamaño y la posición del espejo, y mediante el diseño de la longitud focal del espejo. Cuanto mayor es la distancia del espejo y el prisma/espejo, mayor es la separación de colores.

En una realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, la curvatura del espejo cóncavo coincide con la salida del elemento refractivo para focalizar todos los componentes de la longitud de onda del haz dividido espectralmente en un punto focal, manteniendo el haz dividido espectralmente.

Una realización preferida adicional del dispositivo de iluminación de la presente invención hace referencia al espejo cóncavo que comprende una lámina de polietileno tereftalato glicol (PETG), una capa de plata (Ag) sobre la lámina PETG y una capa de fluoruro de litio (LiF) en la parte superior de la capa de Ag.

En una realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, el primer elemento de filtrado se encuentra más próximo al espejo cóncavo que el segundo elemento de filtrado, o el segundo elemento de filtrado se encuentra más próximo al espejo cóncavo que el primer elemento de filtrado. La colocación del primer o del  
5 segundo elemento de filtrado más cercano al espejo cóncavo no influye en el haz dividido espectralmente, focalizado y modulado espectralmente de salida, producido por el dispositivo de iluminación.

En otra realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, los  
10 dos elementos de filtrado, el primer elemento de filtrado y el segundo elemento de filtrado, son una única pantalla LCD. Con una pantalla LCD es posible filtrar un rango de longitudes de onda del haz dividido espectralmente y focalizado, y simultáneamente filtrar la intensidad de un rango de longitudes de onda del haz dividido espectralmente y focalizado. La principal ventaja de esta realización preferida es el uso de únicamente un  
15 dispositivo de filtrado para filtrar por intensidad y por longitud de onda.

En otra realización preferida del dispositivo de iluminación de la presente invención, dicho dispositivo además comprende un tubo de luz, que es esencial para una iluminación del área homogénea, dicho tubo de luz se coloca después de la lente  
20 cilíndrica vertical y está configurado para recibir el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable y para homogeneizar espacialmente el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable. Preferiblemente, el tubo de luz comprende un elemento de difusión configurado para introducir aleatoriedad en la dirección del haz dividido espectralmente,  
25 focalizado y modulado espectralmente, que mejora la homogeneidad del haz en toda el área de iluminación.

El dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención es capaz de producir casi cualquier espectro a demanda, particularmente adecuado para la  
30 caracterización óptica espectroscópica de materiales y dispositivos, por ejemplo, para aplicaciones fotovoltaicas. El dispositivo de iluminación y modulador espectral proporciona un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable/a medida, modulado en intensidad y/o en un rango de longitud de onda con respecto a la fuente de luz:

- Un haz dividido espacialmente en los componentes de su longitud de onda, una capacidad única de la invención para iluminar células solares en tándem laterales (de tipo arcoíris)
- Un haz espacialmente y espectralmente homogéneo de una sección transversal grande para una iluminación homogénea de área.

El dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención es por lo tanto de interés para las industrias óptica y/u optoelectrónica y para la industria de la metrología óptica. Particularmente, para la caracterización óptica espectroscópica de materiales y dispositivos ópticos y/o optoelectrónicos para aplicaciones fotovoltaicas (PV) como células solares convencionales, pero específicamente para células solares en tándem de tipo arcoíris, agrovoltaica, PV de interiores, PV integrada en edificios (ventanas, toldos, etc.). Otra aplicación del dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención es, por ejemplo, en fotocatalizadores, para la caracterización de absorbedores de luz, o para estudios de degradación.

Particularmente, el dispositivo de iluminación de la presente invención proporciona un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable/a medida, el cual

- Tiene una gran ventana espectral, al menos de 350 nm a 1100 nm, lo que es de interés para aplicaciones fotovoltaicas.
- Es capaz de ir de un espectro de banda ancha a un espectro de banda estrecha.
- Es altamente sintonizable en términos de espectro (AM1.5, AM0, pero también, diferentes iluminarias tal como las utilizadas en interiores, para BIPV (fotovoltaica integrada en edificios), o para aplicaciones agrovoltaicas, filtro de paso alto/bajo sintonizable para mediciones de energía fotovoltaica y estabilidad con separación espectral, etc.)
- Tiene un gran rango dinámico (mínimo de dos órdenes de magnitud).
- Muestra estabilidad temporal en términos de intensidad y espectro (por ejemplo, <2% para simuladores solares de tipo A), o una distribución espacial determinada de la fuente de luz (por ejemplo, <2% de inhomogeneidad en el caso de simuladores solares de tipo A).

Un segundo aspecto de la presente invención hace referencia a un método para producir un haz dividido espectralmente, focalizado y de filtrado sintonizable, utilizando el dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención (de aquí en

adelante el primer método de la invención) tal como se ha divulgado anteriormente, donde dicho método comprende los siguientes pasos:

- a) proporcionar un haz de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm mediante una fuente de luz,
- 5 b) separar el haz obtenido en el paso (a) en un haz dividido espectralmente mediante un elemento refractivo,
- c) focalizar el haz dividido espectralmente obtenido en el paso (b) en un punto focal mediante un espejo cóncavo,
- d) filtrar el haz dividido espectralmente y focalizado obtenido en el paso (c)
- 10 mediante el primer elemento de filtrado y/o el segundo elemento de filtrado, y
- e) focalizar el haz dividido espectralmente y modulado espectralmente obtenido en el paso (d) mediante una lente cilíndrica vertical, proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente y focalizado modulado espectralmente y sintonizable.

15

La principal ventaja del primer método de la presente invención es que es posible proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable/a medida. El paso (d) del primer método de la presente invención permite el filtrado por intensidad y/o por longitud de onda.

20

En una realización preferida del primer método de la presente invención, el haz que se proporciona en el paso (a) es un haz colimado. Esto mejora la separación de colores mediante el elemento refractivo, aumentando la resolución espectral del sistema (por ejemplo, la nitidez del umbral de banda alta/baja).

25

En una realización preferida del primer método de la presente invención, el paso (d) hace referencia al filtrado del haz dividido espectralmente y focalizado mediante el primer elemento de filtrado y el segundo elemento de filtrado, obteniendo de este modo en el paso (e), un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable por intensidad y por longitud de onda, lo que es ventajoso para la

30 caracterización de células solares de tipo arcoíris.

En una realización preferida del primer método de la invención, dicho método además comprende un paso de homogeneización espacial del haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable mediante un tubo de luz,

35 obteniendo de este modo un perfil de haz homogéneo espacialmente y espectralmente

con el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable, donde este es un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo con el espectro predefinido derivado del proceso de filtrado. Más preferiblemente, el primer método de la invención además comprende el paso de introducir aleatoriedad en la dirección del haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable mediante un elemento de difusión, obteniendo de este modo un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo. El elemento de difusión se encuentra sujeto frente al tubo de luz y mejora la homogeneidad.

10 Un tercer aspecto de la presente invención hace referencia a un método para la caracterización óptica espectroscópica de materiales y/o dispositivos ópticos y/o optoelectrónicos (en el presente documento, el segundo método de la invención) que son caracterizados utilizando el dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención tal como se ha descrito anteriormente, caracterizado por que  
15 comprende los siguientes pasos:

- 20 i) proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable o un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo utilizando el primer método según se describe anteriormente, en donde el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable o el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo se dirige hacia el material y/o dispositivo óptico y/u optoelectrónico,
- 25 ii) medir la respuesta del material y/o del dispositivo óptico y/u optoelectrónico al haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable o el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo obtenido en el paso (i) mediante un dispositivo de detección/medición de corriente/voltaje.

Este segundo método hace referencia a la caracterización óptica espectroscópica de materiales y/o dispositivos ópticos y/u optoelectrónicos.

30 El término “materiales ópticos y/o optoelectrónicos” hace referencia en el presente documento a sustancias utilizadas para manipular el flujo de luz reflejando, absorbiendo, focalizando o separando un haz óptico. La eficiencia de un material específico en cada tarea depende fuertemente de la longitud de onda. Los “materiales ópticos y/o optoelectrónicos” hacen referencia a compuestos en solución, a granel o depositados o  
35 crecidos como láminas delgadas, para los cuales sus propiedades ópticas y/u optoelectrónicas son una de sus características o funcionalidades distintivas. Estas

pueden incluir semiconductores orgánicos, inorgánicos, de óxido e híbridos; materiales fotocromáticos, electrocromáticos y termocromáticos; materiales de cambio de fase; materiales fotocatalíticos, fotosintéticos y fotovoltaicos; colorantes orgánicos e inorgánicos; materiales que muestran gradientes en parámetros relevantes (por ejemplo, para cribado combinatorio); sistemas biológicos (por ejemplo, partes de plantas, cianobacterias, etc.); sistemas quirales (incluyendo compuestos farmacológicos); nanopartículas plasmónicas; monocapas auto-ensambladas; recubrimientos ópticos (por ejemplo, recubrimientos anti-reflectantes); etc.

- 5
- 10 El término “dispositivo óptico y/o optoelectrónico” hace referencia en el presente documento a un aparato o a unos sistemas que procesan un haz óptico (ondas de luz o fotones). “Dispositivo óptico y/o optoelectrónico” hace referencia a un aparato o a sistemas para los que las propiedades de uno o más de los elementos juegan un papel fundamental en su operación. Estos pueden incluir dispositivos fotovoltaicos en general, células solares, fotodetectores, fotodiodos, fototransistores, diodos emisores de luz, pantallas planas, dispositivos luminiscentes, luminarias, láseres de estado sólido, dispositivos fotocromáticos, dispositivos electrocromáticos, dispositivos termocromáticos, ventanas inteligentes, dispositivos fotónicos y plasmónicos, células fotoquímicas, sistemas de refrigeración radiativos, dispositivos de telecomunicaciones ópticos, etc. En una realización preferida del segundo método de la presente invención, los pasos (i) y el paso (ii) se repiten y el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo se filtra de manera diferente mediante el primer y/o el segundo elemento de filtrado en cada repetición.
- 15
- 20
- 25 Preferiblemente, el dispositivo óptico y/o optoelectrónico es una célula solar, más preferiblemente una célula solar multi-unión.

El último aspecto de la presente invención hace referencia a un sistema de metrología óptica que comprende el dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención tal como se ha descrito anteriormente.

30

La metrología óptica es la ciencia y la tecnología que se ocupa de las mediciones con luz, por lo tanto el término “sistema de metrología óptica” hace referencia a un aparato o un dispositivo que se utiliza para medir con luz, en el presente documento la luz es proporcionada por el dispositivo de iluminación y modulador espectral de la presente invención.

35

A menos que se defina de otro modo, todos los términos técnicos y científicos utilizados en el presente documento tienen el mismo significado que el que se entiende comúnmente por un experto en la técnica a la que pertenece esta invención. Pueden  
5 utilizarse métodos y materiales similares o equivalentes a los descritos en el presente documento en la práctica de la presente invención. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones el término “comprender” y sus variaciones no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes, o pasos. Objetos, ventajas y características adicionales de la invención resultarán evidentes para los expertos en la  
10 técnica tras examinar la descripción, o bien pueden aprenderse mediante la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración y no pretenden ser limitativos de la presente invención.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

15

La figura 1 muestra el dispositivo de iluminación y modulador espectral (1) de la presente invención que comprende

- una fuente de luz (2),
- un prisma de refracción (3)
- 20 • un espejo cóncavo (5)
- un elemento de filtrado (7)
- un elemento de filtrado (8)
- una lente cilíndrica vertical (10)
- un tubo de luz (12) que sujeta un elemento de difusión (12a)

25

La figura 2 es un ejemplo de cuatro espectros diana diferentes (líneas discontinuas) y los correspondientes espectros de salida medidos (líneas continuas). Los cuatro espectros se evalúan espectralmente (panel inferior) siguiendo el estándar ASTM E927-10.

30

La figura 3 muestra el espectro de salida en función de la posición de uno de los elementos de guillotina del elemento de filtrado (7).

La figura 4 muestra los espectros de unas tarjetas que muestran una forma similar a una  
35 hendidura, del número 5 al número 30 del elemento de filtrado utilizado para la calibración del sistema de hendiduras del elemento de filtrado (8).

La figura 5 muestra la densidad de potencia integrada transmitida en función de la altura de la hendidura, donde cada hendidura se obtiene mediante una tarjeta diferente con un área de sombreado (8) diferente.

5

La figura 6 muestra el efecto del ancho del haz de luz de entrada y la colimación del haz en la resolución espectral. Intensidad normalizada de luz de (a) 650, (b) 550 y (c) 425 nm, en función de la posición relativa del motor para un barrido en rojo realizado con el elemento de filtrado (tal como se muestra en la figura 4) cuando la luz de entrada es directamente la salida de la lámpara de xenón (normal, línea continua), la lámpara de xenón con una máscara añadida que reduce el ancho del haz de entrada (hendidura, línea discontinua) y la lámpara de xenón con tratamiento óptico extra que mejora la colimación de la luz (colimado, línea de puntos).

10

15

La figura 7 compara el rendimiento de la célula solar orgánica medido con un dispositivo iluminado con una máscara AM1.5G y un simulador solar con lámpara de xenón estándar. (a) Panel superior: curva J-V para una célula de cada material medido bajo el dispositivo iluminado (línea discontinua) o un simulador solar AAA basado en una lámpara de xenón (línea continua). (b) Panel inferior: diagrama de cajas de los parámetros J-V medidos del dispositivo iluminado para tres materiales diferentes (PTB7-Th:Y6, PTQ10:Y6 y P3HT:PCBM) normalizados con la medición con la lámpara de xenón.

20

25

La figura 8 es una eficiencia cuántica externa (EQE) representativa de las células solares orgánicas medidas en la figura 7.

La figura 9 es un ejemplo de una medición realizada con el modo de separación espectral con ambos elementos de filtrado (7, 8).

30

La figura 10 es un ejemplo de la información extra que puede extraerse de una medición con el modo de separación espectral como en la figura 8. Con una calibración extra de la salida de la densidad de potencia, es posible tener una aproximación de la eficiencia cuántica externa (EQE) de una célula solar cuando se realiza una medición con separación espectral (puntos de datos '+' y 'x' para un barrido en azul y un barrido en rojo, respectivamente, y los puntos de datos '.' corresponden a la media de '+' y 'x'). La

35

línea continua es la eficiencia cuántica externa (EQE) medida con un equipo específico para este tipo de mediciones.

## EJEMPLOS

5

### Configuración experimental del dispositivo de iluminación (1)

La figura 1 muestra un dispositivo de iluminación (1) para proporcionar un haz (11) dividido espectralmente, focalizado, filtrado, modulado espectralmente y sintonizable o un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13) que comprende

- una fuente de luz (2),
- un prisma de refracción (3)
- un espejo cóncavo (5)
- un elemento de filtrado (7)
- 15 • un elemento de filtrado (8)
- una lente cilíndrica vertical (10)
- un tubo de luz (12) que sujeta un elemento de difusión (12a)

Más específicamente en este ejemplo, una luz de un haz colimado entrante procedente de una lámpara de xenón (2), pasa a través de un prisma de Amici doble (3) que separa el haz (2), únicamente a lo largo de un plano (plano X-Y), en las longitudes de onda que lo componen. La principal ventaja del prisma de Amici doble (3) en comparación con cualquier otro tipo de prisma, se basa en el hecho de que, debido a la simetría especular a lo largo del plano medio del prisma, el haz incidente paraxial tiene una longitud de onda (longitud de onda central) que conserva la dirección entrante y la posición del haz de salida (2), facilitando el diseño geométrico.

El haz dividido espectralmente (4) es obligado a recorrer una determinada distancia para garantizar una correcta separación de la longitud de onda espacial y así lograr la resolución de longitud de onda deseada. En el presente documento, la distancia es de aproximadamente 30 cm.

El haz dividido espectralmente (4) es reflejado por un espejo (5) de plata con una curvatura personalizada que corrige la divergencia aplicada por el prisma (3), para unificar el espectro otra vez en un punto de iluminación, reconcentrando la luz en el plano X-Y. En esta configuración experimental, este espejo (5) se diseñó y se produjo

utilizando una estructura polimérica impresa en 3D con la curvatura calculada y una superficie cubierta por una pieza de PETG rectangular de 1,5 mm de grosor recubierta con plata evaporada. La curvatura fue personalizada para tener 35-40 cm.

5 La lámina de PETG terminada de 0,5 mm de grosor del espejo (5) se sujetó sobre la pieza de curvatura personalizada con un adaptador impreso en 3D. La lámina de PETG se conformó completamente a la curvatura personalizada al atornillarla a la pieza impresa en 3D. Este conjunto completo se colocó en el evaporador térmico, y se depositó una capa de Ag seguida de una capa de LiF. La capa gruesa de Ag fue la capa  
10 de reflexión principal, actuando como un primer espejo de superficie, mientras que la capa de LiF proporcionó resistencia a corrosión a la capa de Ag sin afectar al aspecto de forma significativa.

Una ventaja de utilizar una lámina de PETG delgada no costosa es que, si ocurre algo  
15 con el espejo, solo es necesario reemplazar la lámina y re-evaporarla, sin tener que imprimir en 3D el revestimiento posterior del espejo de curvatura personalizada nuevamente.

Debido a las imprecisiones en las mediciones de la divergencia, el punto focal del espejo  
20 (5) no resultó una línea perfectamente estrecha, sino que en su lugar resultó una banda de 7 mm de ancho. Sin embargo, debido a que el haz requirió un remezclado de color adicional para corregir las inhomogeneidades direccionales, el tamaño del punto no supuso una limitación significativa. Se añadió adicionalmente una cubierta al espejo (5) de manera que se protegiera de restos y contacto accidental ya que como espejo de  
25 primera superficie, es increíblemente sensible a arañazos y a la grasa de los dedos.

Dos elementos de filtrado (7, 8) se colocaron en la trayectoria (6) del haz antes de que  
convergiere en un punto focal. En este elemento de filtrado (7, 8) se aprovechan de la separación espacial de los diferentes componentes de la longitud de onda del haz  
30 dividido espectralmente y focalizado (6) para conformar el espectro (9) de salida. Para llevar a cabo esto, el elemento de filtrado (7, 8) bloquea la luz (6) en ciertas posiciones en el plano perpendicular a la propagación de la longitud de onda central. En ese plano, uno puede definir dos direcciones ortogonales correspondientes a la luz espectralmente separada (longitud de onda) y la altura del haz de luz (intensidad). De este modo,  
35 variando la luz (6) que se transmite en la dirección de intensidad en diferentes partes de

la dirección de la longitud de onda, es posible sintonizar el espectro de salida a demanda (modulación espectral).

5 En el presente documento utilizamos literalmente “tarjetas” como máscaras (8) de sombras que reducen la intensidad de las longitudes de onda del haz (6). Esta tarjeta puede producirse, por ejemplo, a partir de materiales opacos impresos en 3D, o mediante láminas metálicas con un patrón. Optamos por la primera opción, ya que proporcionaba libertad de diseño. Realizamos las tarjetas reproduciendo los espectros  
10 deseados, y además unas tarjetas que se asemejan a las tarjetas (una abertura vertical en una máscara sombreada de otro modo), principalmente para la caracterización del aparato y con la finalidad de calibración.

El otro elemento de filtrado (7) implementado en nuestra configuración, está compuesto de dos guillotinas activadas mediante motores que cortan el haz (6) dividido  
15 espectralmente en ambas direcciones, produciendo el efecto de filtros pasa altos, pasa bajos o pasa banda sintonizables. Este elemento de filtrado (7) permite la selección de un haz (6) con longitudes de onda específicas.

Además, una lente cilíndrica (10) que concentra el haz a lo largo de uno de los ejes (eje  
20 Z en la figura 1) asegura una mínima pérdida de luz y proporciona un punto focal ajustado en el siguiente elemento óptico a lo largo de la dirección vertical. La longitud focal de esta lente (10) está diseñada para coincidir con el punto focal del espejo (5) en la dirección perpendicular, para estar en el punto focal en ambas direcciones.

25 Después de focalizar y filtrar el haz (4) de luz con el espejo (5) curvado y la lente cilíndrica (11), obtuvimos un punto focal estrecho blanco no finalizado, caracterizado por una baja homogeneidad espectral. Debido a que la mayoría de las células solares operan mejor bajo condiciones de iluminación homogénea, utilizamos un tubo de luz (12), que es básicamente una barra de cristal facetada, con cuatro o seis caras. Esta  
30 barra (12) toma ventaja de la reflexión interna total para homogeneizar la luz (11), mientras que al mismo tiempo la dirige en una dirección, como la de un tubo de espejo, con la ventaja añadida de pérdidas significativamente menores en cada reflexión.

Para asegurar el tubo de luz (12) contra caídas accidentales, utilizamos en un ejemplo  
35 un elemento de fijación compatible impreso en 3D que puede alojar un cierto grado de deflexión, regresando a su posición original después de que se retira la fuerza. Este

elemento de fijación compatible se imprimió completamente en 3D utilizando una combinación de filamento flexible (NinjaFlex TPU) y rígido (PLA), con una forma específica que permite algo de deflexión en el plano XZ, y una mayor deflexión (alrededor de 1 cm) en la dirección Y, a lo largo del tubo de luz (12).

5

En este ejemplo, se utiliza un elemento de difusión (12a) en frente de un tubo de luz (12), donde el haz de entrada del tubo de luz (11) se coloca en el punto de convergencia espectral. De esta manera, el elemento de difusión (12a) introduce una aleatoriedad significativa en la dirección de la luz entrante (11), y el tubo de luz (12) de  
10 homogeneización emite un área de iluminación (13) homogénea mejorada, tanto espectralmente como en cuanto a la intensidad. El área final de iluminación (13) es directamente proporcional al diámetro del tubo de luz (12). Nuestra actual implementación proporciona un área homogénea significativa de iluminación en el orden de 50 mm<sup>2</sup> (lo que corresponde a un hexágono con un radio de círculo inscrito de 4 mm).

15

#### Ejemplo: Mediciones del rendimiento de células solares

Para la caracterización de células solares, el procedimiento estándar es una medición de la curva J-V bajo el estándar AM1.5G 1000 Wm<sup>-2</sup> (correspondiente a 1 sol), a partir  
20 de la cual pueden extraerse los parámetros de la célula solar (voltaje de circuito abierto,  $V_{oc}$ ; densidad de fotocorriente de corto circuito,  $J_{sc}$ ; factor de forma (fill factor),  $FF$ ; y la eficiencia de conversión de potencia;  $PCE$ ).

Para evaluar cómo se comporta el dispositivo de iluminación en este importante  
25 procedimiento estándar, comparamos el rendimiento de células solares orgánicas (OSC) realizadas con diferentes materiales con capa activa: PTB7-Th:Y6, PTQ10:Y6 y P3HT:PCBM.

La EQE de esas células indican que PTB7-Th:Y6 y PTQ10:Y6 presentan una banda  
30 prohibida de energía similar, pero la última célula absorbe una parte más amplia del espectro solar debido a la mayor banda prohibida del polímero donador. Por otro lado, las células de P3HT:PCBM tienen una banda prohibida mayor. Por lo tanto, los tres materiales con capa activa elegidos son una representación de una banda ancha de materiales en el campo de las OSC.

35

Los parámetros de las células solares obtenidos cuando la célula solar se ilumina con el dispositivo de iluminación equipado con la máscara AM1.5G de 1 sol (espectro azul en la figura 2) se comparan con los medidos utilizando un simulador solar de lámpara de xenón AAA (SAN-EI Electric, XES-100S1).

5

La figura 2 es un ejemplo de cuatro espectros diana diferentes (línea discontinua) y sus correspondientes espectros de salida (línea continua). Los cuatro espectros se evalúan espectralmente (panel inferior) siguiendo el estándar ASTM E927-10.

10 La figura 3 es un ejemplo del efecto de una de las guillotinas motorizadas del elemento de filtrado (7). Los espectros mostrados corresponden al espectro de salida en función de la posición de uno de los elementos de guillotina del elemento de filtrado (7).

La figura 4 muestra los espectros a través de tarjetas con la forma de hendiduras (8) y situados en diferentes posiciones para seleccionar diferentes regiones espectrales. Particularmente, la figura 4 muestra del número 5 al número 30 del elemento de filtrado utilizado para la calibración del sistema de hendiduras del elemento de filtrado (8). Los espectros mostrados se utilizan como una base de una combinación lineal para producir el espectro deseado con el elemento de filtrado (8), por ejemplo para los espectros mostrados en la figura 2.

La figura 5 muestra la densidad de potencia integrada normalizada transmitida en función de la altura de la hendidura. Los espectros medidos se integraron a lo largo del pico de la hendidura, y su densidad de potencia total normalizada con el espectro de la hendidura completo se representa en función de la altura de la hendidura, que se reduce linealmente desde la parte superior y la parte inferior de la hendidura, para las hendiduras en las regiones del espectro (puntos de datos) azul, verde y rojo. La distribución homogénea ideal (línea de puntos) se representa a modo de referencia. Los puntos de datos se encuentran por encima de la distribución homogénea ideal, indicando que el espectro a lo largo de la dirección de la intensidad de la hendidura se concentra en el centro.

La figura 6 muestra el efecto del ancho de la luz de entrada y la colimación del haz en la resolución espectral. De izquierda a derecha, la intensidad normalizada de la luz de 650, 550 y 425 nm, en función de la posición relativa del motor para un barrido en rojo realizado con un elemento de filtrado (8) (tal como se muestra en la figura 4), cuando la

luz de entrada es directamente la salida de la lámpara de xenón (normal, línea continua), la lámpara de xenón con una máscara añadida que reduce el ancho del haz de entrada (hendidura, línea discontinua) y la lámpara de xenón con tratamiento óptico extra que mejora la colimación de la luz (colimado, línea de puntos). Las líneas verticales muestran aproximadamente el rango en el que la luz se concentra para cada caso y muestra que la reducción del ancho de entrada y el aumento de la colimación mejora la resolución de la longitud de onda.

La figura 7 compara el rendimiento de las OSC medidas con el dispositivo (1) iluminado con una máscara (8) AM1.5G y un simulador solar de lámpara de xenón estándar. (a) Panel superior: curva J-V para una célula de cada material medido bajo el dispositivo iluminado (discontinua) y una lámpara de xenón (continua). (b) Panel inferior: diagrama de cajas de los parámetros J-V medidos del dispositivo iluminado para tres materiales diferentes (PTB7-Th:Y6, PTQ10:Y6 y P3HT:PCBM) normalizados con la medición con la lámpara de xenón. Cada diagrama de cajas del material comprende cuatro células diferentes con diferentes grosores y PCE global.

La figura 8 es la eficiencia cuántica externa (EQE) representativa de las células solares orgánicas medidas en la figura 7.

Los resultados que se muestran en la figura 8 sugieren que la salida del dispositivo de iluminación que trabaja a un estándar AM1.5G de 1 sol es similar al simulador solar de lámpara de xenón, ya que la diferencia relativa en los parámetros de las OSC es inferior al 5%. Existe una tendencia clara con respecto al material de la célula, que se corresponde con el hecho de que el espectro es similar al AM1.5G diana. Excepto para el caso del  $J_{SC}$ , la cual se reduce con un incremento de la EQE en la parte azul-UV del espectro solar. Esto podría deberse a la gran diferencia entre el espectro diana y el espectro en ese rango de longitud de onda.

La figura 9 es un ejemplo de una medición realizada con el modo de separación espectral, en donde ambos elementos de filtrado (7, 8) filtran el haz dividido espectralmente y focalizado al mismo tiempo. El resultado es un tipo de medición que simula la luz que dos células diferentes recibirían bajo una geometría con separación espectral. Los resultados que se muestran en la Figura 9 son los parámetros del rendimiento de la célula solar en función de la parte del espectro que cada célula recibe.

La figura 10 es un ejemplo de información extra que puede extraerse de una medición del modo con separación espectral, al igual que en la figura 8. Con una calibración extra de la salida de la densidad de potencia, es posible tener una aproximación de la eficiencia cuántica externa (EQE) de una célula solar cuando se realiza una medición  
5 por separación espectral (los puntos de datos '+' y 'x' para un barrido en azul y un barrido en rojo, respectivamente, y los puntos de datos '.' corresponden a la media de '+' y 'x'). La línea continua es la eficiencia cuántica externa (EQE) medida con un equipo específico para este tipo de mediciones.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de iluminación y modulador espectral (1) para proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) que  
5 comprende
- una fuente de luz configurada para proporcionar un haz de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm (2),
  - un elemento refractivo (3) situado en la trayectoria del haz (2) configurado para separar el haz (2) en un haz dividido espectralmente (4),
  - 10 • un espejo cóncavo (5) configurado para recibir el haz dividido espectralmente (4) y para focalizar dicho haz dividido espectralmente (4) en un punto focal,
  - un primer elemento de filtrado (7) seleccionado de entre una pluralidad de guillotinas motorizadas o una pantalla LCD y configurado para recibir el haz dividido espectralmente y focalizado (6) y para filtrar un rango de longitudes de  
15 onda del haz dividido espectralmente y focalizado (6),
  - un segundo elemento de filtrado (8) seleccionado de entre una máscara de sombra, una pantalla LCD, una matriz DMD (dispositivo de microespejos digitales), un elemento de filtrado de luz mecánico, un filtro pixelado o un filtro de apodización, y configurado para recibir el haz dividido espectralmente y  
20 focalizado (6) y para filtrar la intensidad de un rango de longitudes de onda del haz dividido espectralmente y focalizado (6),
  - y una lente cilíndrica vertical (10) situada después del elemento de filtrado (7, 8) y configurada para recibir el haz dividido espectralmente, focalizado y modulado espectralmente (9) y para focalizar el haz dividido espectralmente, focalizado y  
25 modulado espectralmente (9) en un punto focal,
- en donde el primer elemento de filtrado (7) y el segundo elemento de filtrado (8) se sitúan entre el espejo cóncavo (5) y la lente cilíndrica vertical (10).
2. Dispositivo de iluminación (1) según la reivindicación 1, en donde la fuente de luz que  
30 proporciona el haz de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm (2) se selecciona de entre una lámpara de arco de xenón o halógena, matrices de diodos emisores de luz (LED), o un láser supercontinuo.
3. Dispositivo de iluminación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde  
35 el elemento refractivo (3) es un prisma de Amici doble que tiene una simetría especular a lo largo de plano medio.

4. Dispositivo de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el espejo cóncavo coincide con la salida del elemento refractivo (3) para focalizar todos los componentes de la longitud de onda del haz dividido espectralmente (4) en un punto focal.
- 5
5. Dispositivo de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el espejo cóncavo (5) comprende una lámina de polietileno tereftalato glicol PETG, una capa de plata Ag sobre la lámina de polietileno tereftalato glicol PETG y una capa de fluoruro de litio LiF sobre la capa de Ag.
- 10
6. Dispositivo de iluminación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el primer elemento de filtrado (7) se encuentra más próximo al espejo cóncavo (5) que el segundo elemento de filtrado (8) o el segundo elemento de filtrado (8) se encuentra más próximo al espejo cóncavo (5) que el primer elemento de filtrado (7).
- 15
7. Dispositivo de iluminación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el primer elemento de filtrado (7) y el segundo elemento de filtrado (8) son una pantalla de LCD.
- 20
8. Dispositivo de iluminación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende un tubo de luz (12), dicho tubo de luz (12) situado después de la lente cilíndrica vertical (10) y configurado para recibir el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) y para homogeneizar espacialmente el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11).
- 25
9. Dispositivo de iluminación (1) según la reivindicación 8, en donde el tubo de luz (12) comprende un elemento de difusión (12a) configurado para introducir aleatoriedad en la dirección del haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11).
- 30
10. Un método para producir un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) que utiliza el dispositivo de iluminación y modulador espectral (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el método comprende los siguientes pasos:
- 35

- a) proporcionar un haz (2) de longitudes de onda entre 300 nm y 1200 nm mediante una fuente de luz,
- b) separar el haz (2) obtenido en el paso (a) en un haz dividido espectralmente (4) mediante un elemento refractivo (3),
- 5 c) focalizar el haz dividido espectralmente (4) obtenido en el paso (b) en un punto focal mediante un espejo cóncavo (5),
- d) filtrar el haz dividido espectralmente y focalizado (5) obtenido en el paso (c) mediante el primer elemento de filtrado (5) y/o el segundo elemento de filtrado (6), y
- 10 e) focalizar el haz dividido espectralmente y modulado espectralmente (9) obtenido en el paso (d) mediante una lente cilíndrica vertical (10), proporcionando de este modo un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11).
- 15 11. El método según la reivindicación 10, en donde el haz (2) proporcionado en el paso (a) es un haz colimado.
12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en donde el filtrado del haz dividido espectralmente (5) en el paso (d) se realiza mediante el primer elemento
- 20 de filtrado (5) y el segundo elemento de filtrado (6).
13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que además comprende un paso de homogeneizar espacialmente el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) mediante un tubo de luz (12), obteniendo
- 25 de este modo un perfil de haz espectralmente y espacialmente homogéneo (13).
14. El método según la reivindicación 13, que además comprende un paso de introducir aleatoriedad en la dirección del haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) mediante un elemento de difusión (12a), obteniendo
- 30 de este modo un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13).
15. Método para la caracterización óptica espectroscópica de materiales y/o dispositivos ópticos y/o optoelectrónicos utilizando el dispositivo de iluminación y modulador espectral (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 caracterizado por que
- 35 comprende los siguientes pasos:

- 5 i) proporcionar un haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) o un perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13) utilizando el método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en donde el haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) o el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13) se dirige hacia el material y/o dispositivo óptico y/u optoelectrónico,
- 10 ii) medir la respuesta del material y/o del dispositivo óptico y/u optoelectrónico al haz dividido espectralmente, focalizado, modulado espectralmente y sintonizable (11) y el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13) obtenido en el paso (i) mediante un dispositivo de detección/medición de corriente/voltaje.
- 15 16. El método según la reivindicación 15, en donde los pasos (i) y el paso (ii) se repiten y el perfil de haz espacialmente y espectralmente homogéneo (13) se filtra de forma diferente mediante (7, 8) en cada repetición.
17. El método según cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, en donde el dispositivo óptico y/o optoelectrónico es una célula solar de multiunión.
- 20 18. Sistema de metrología óptica que comprende el dispositivo de iluminación y modulador espectral (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

FIG. 1

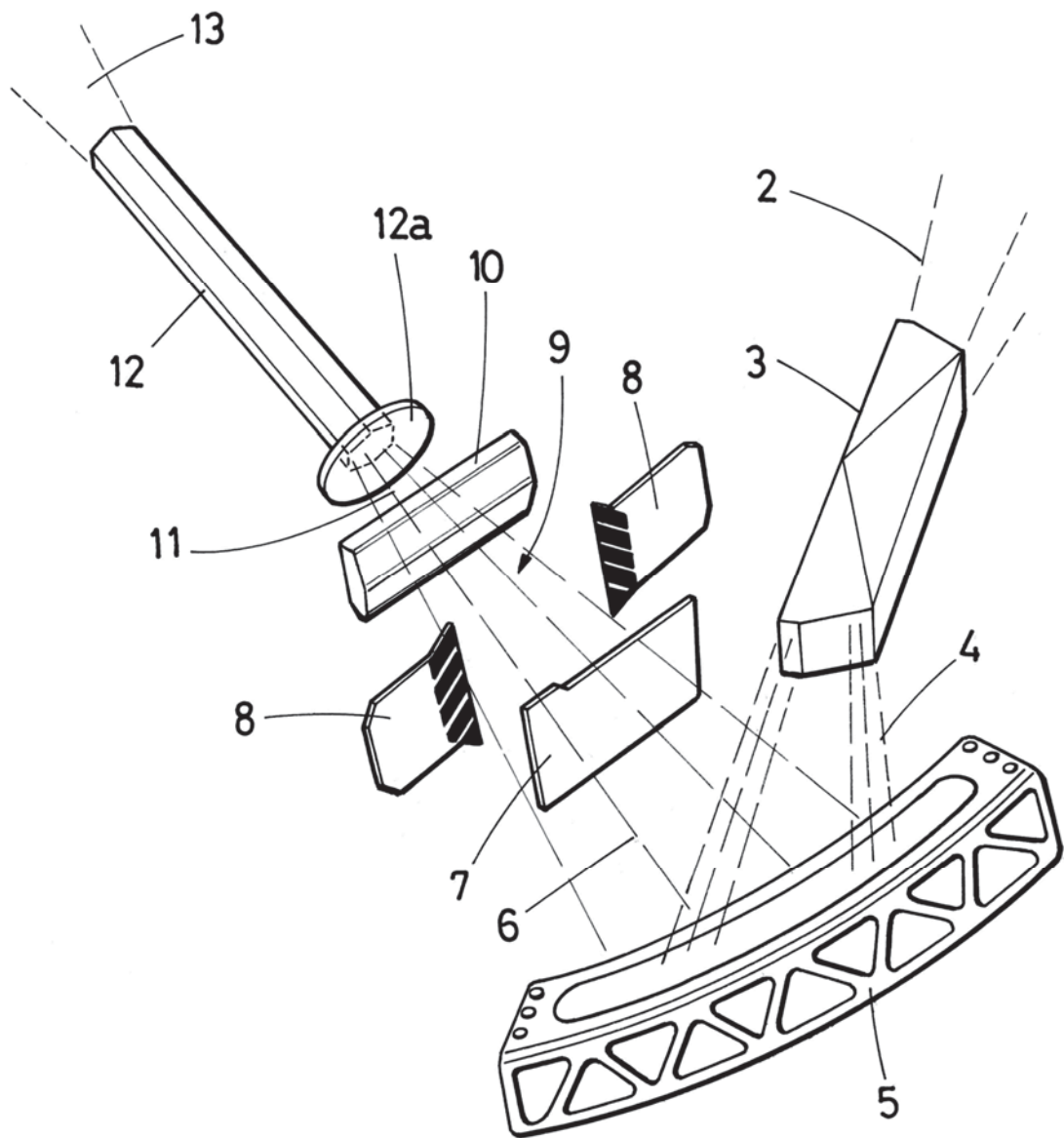


FIG. 2

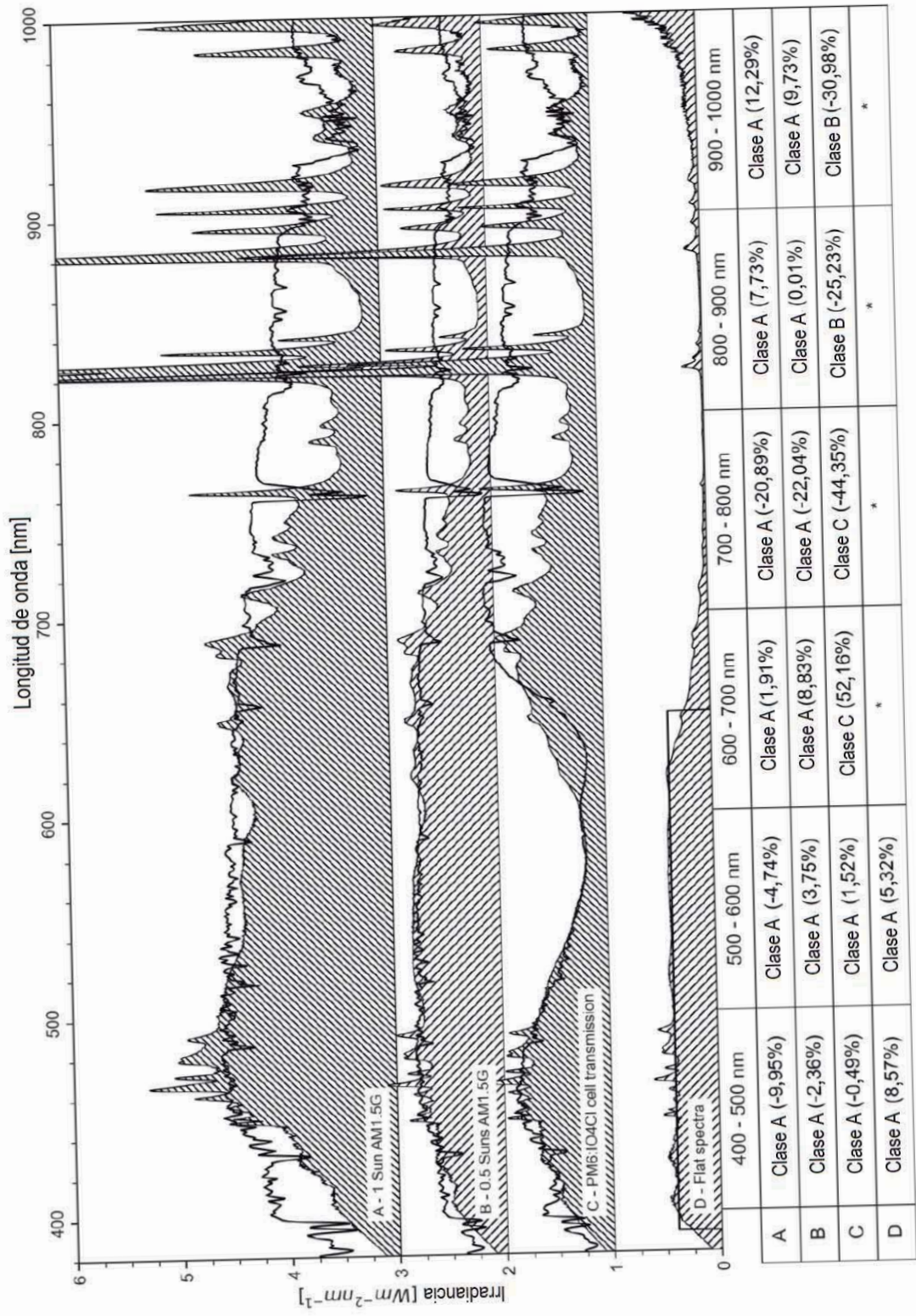


FIG. 3

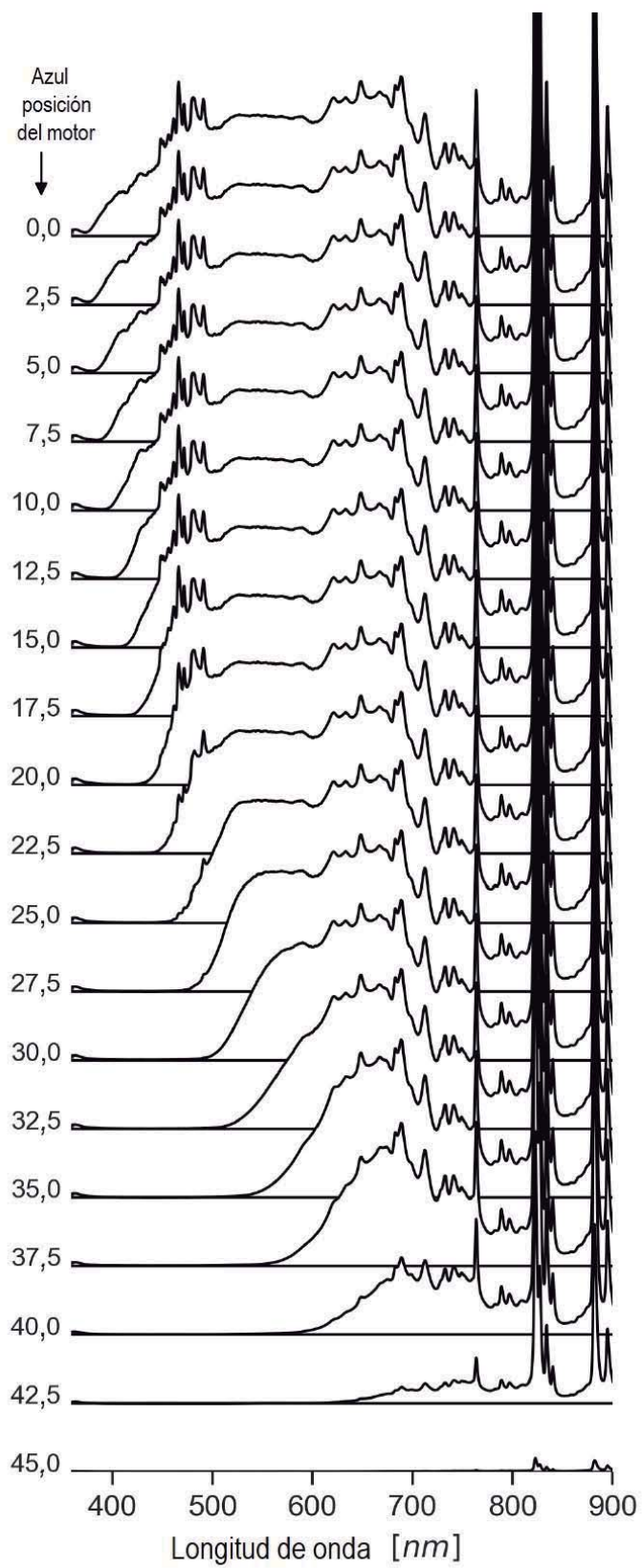


FIG. 4

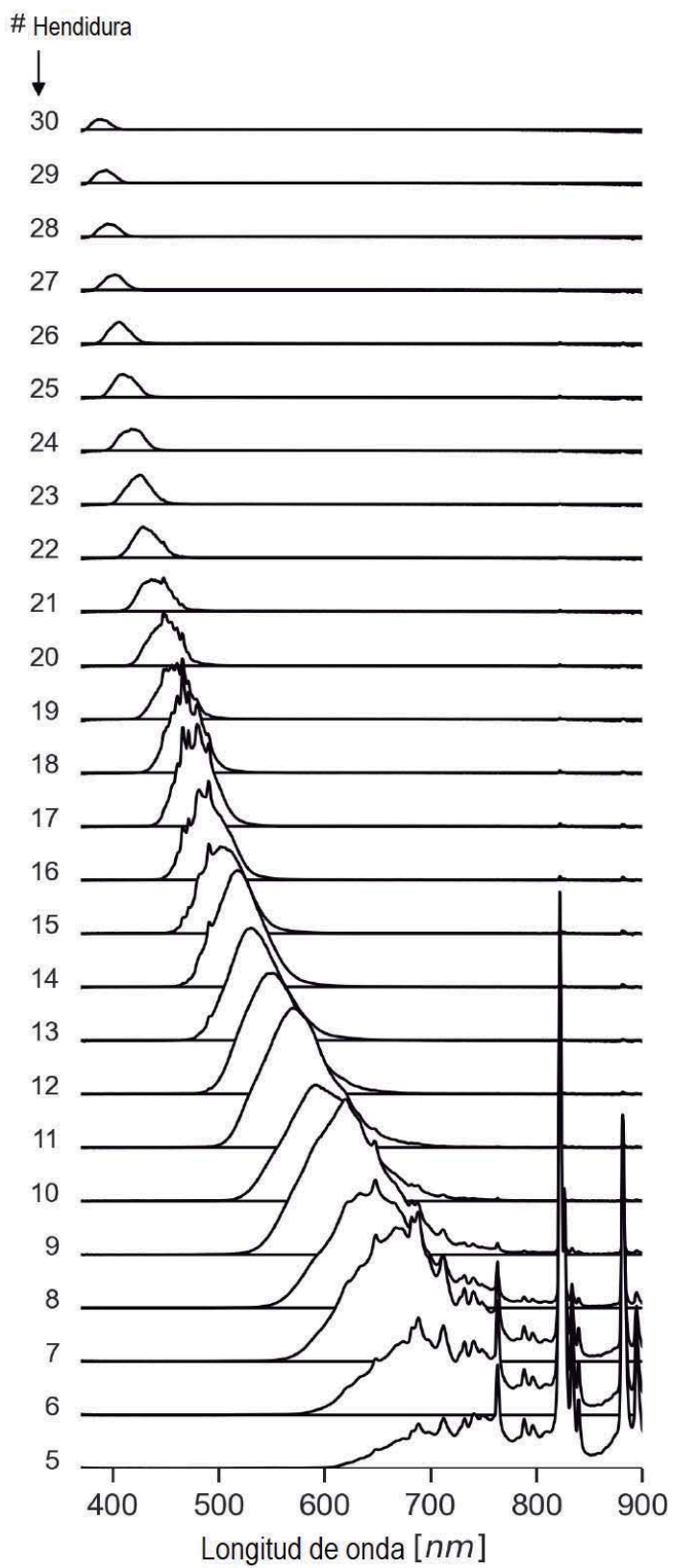


Fig. 5

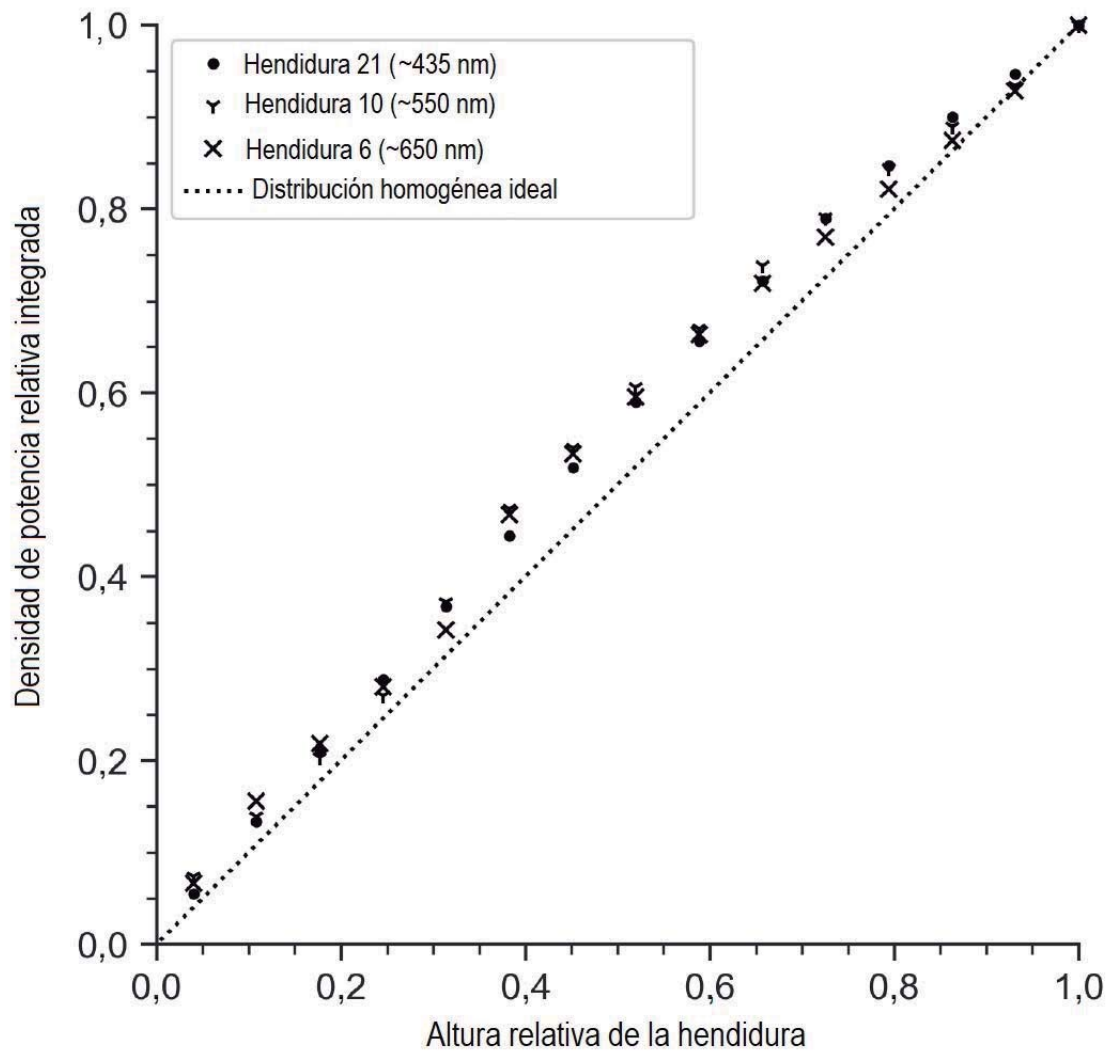


FIG. 6

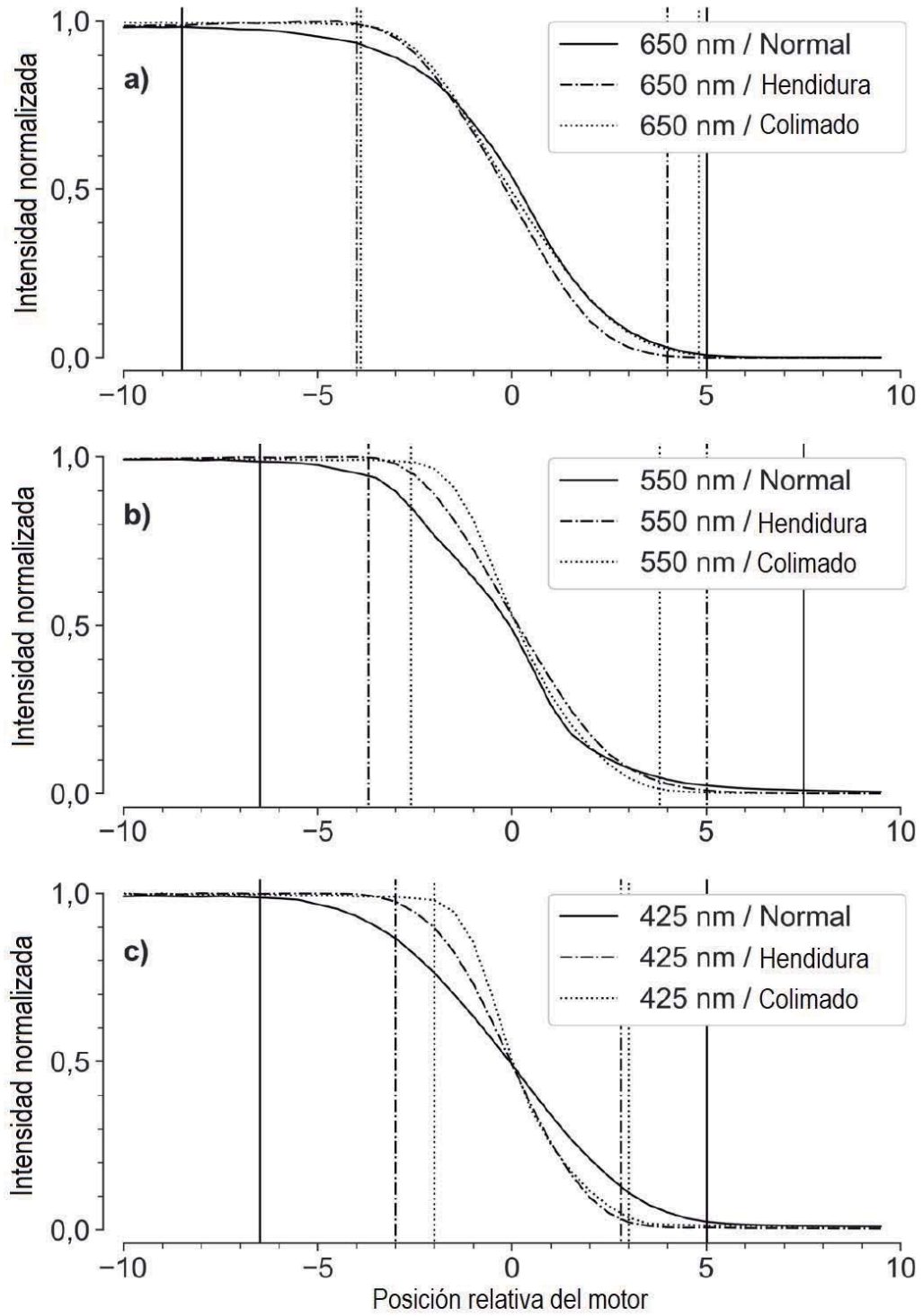


FIG. 7

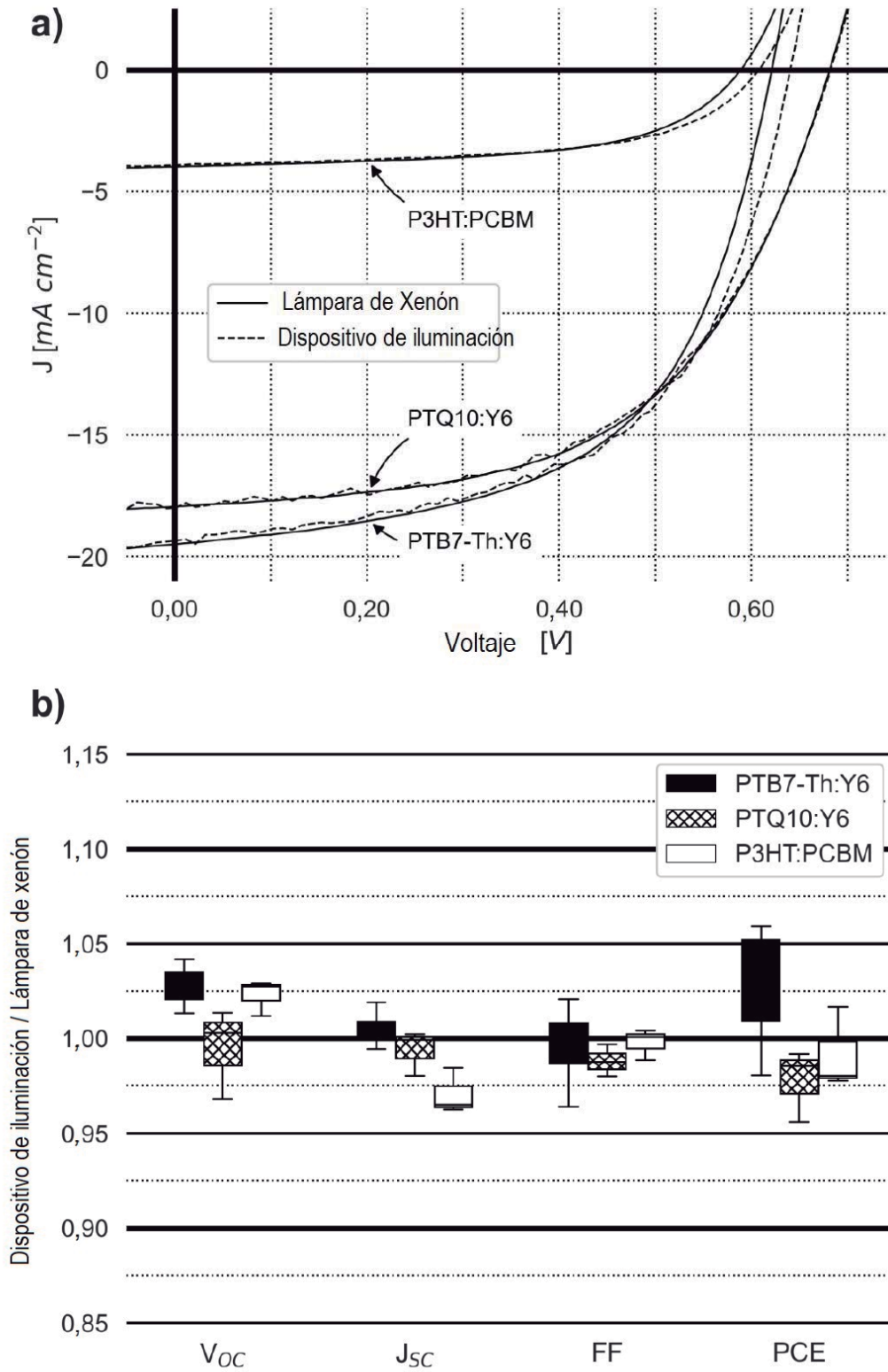


FIG. 8

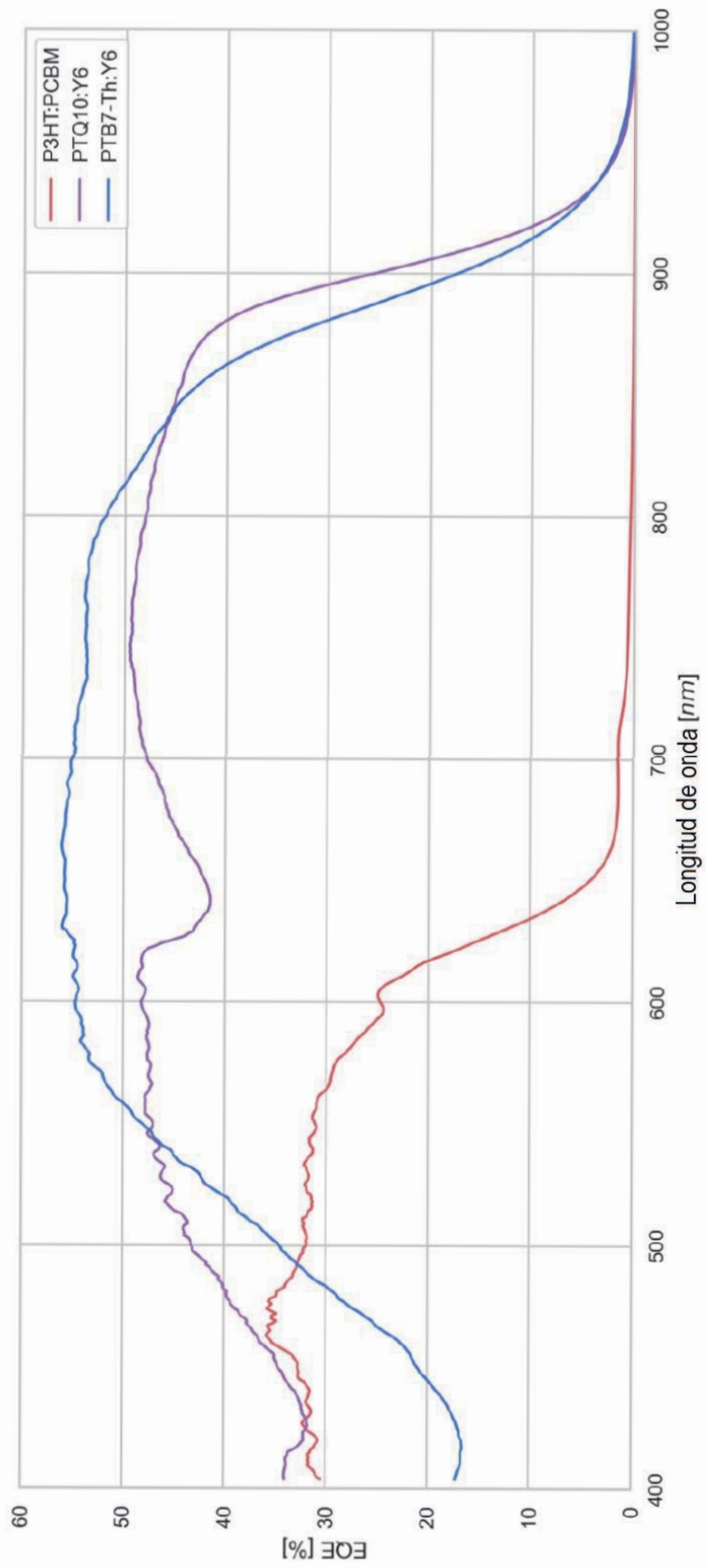


FIG. 9

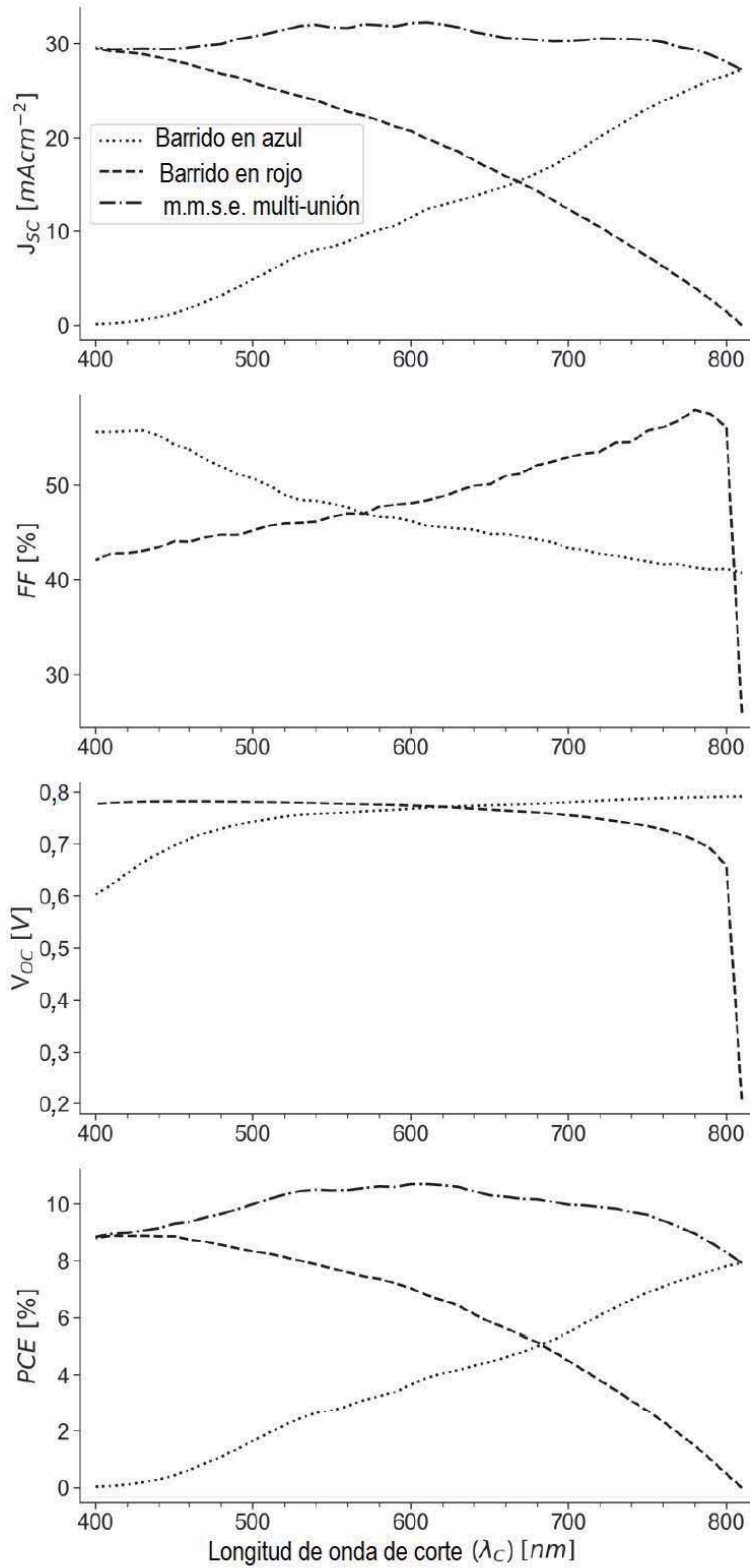
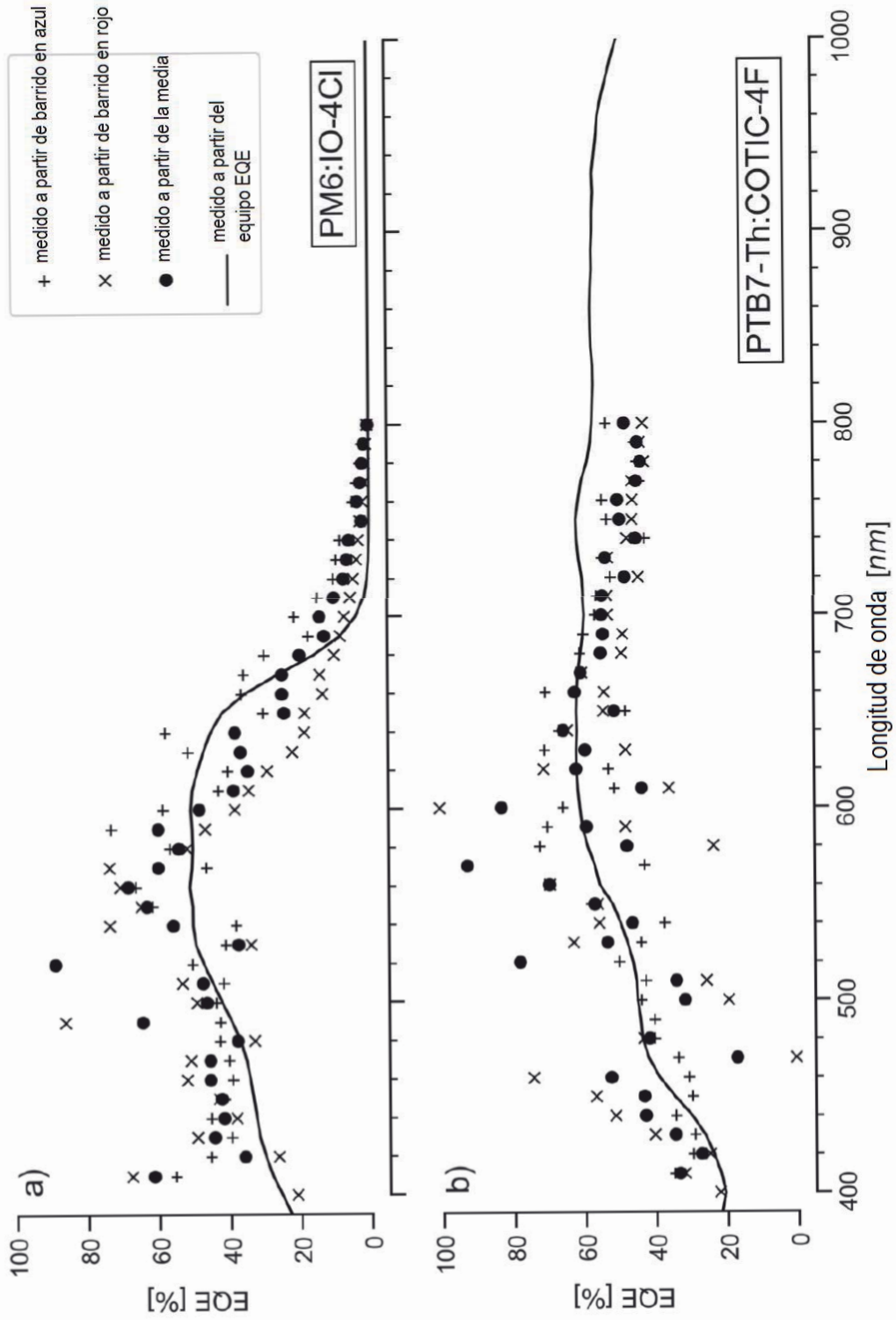


FIG. 10





- ②① N.º solicitud: 202230437  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.05.2022  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DENNIS, T. et al.: "A high-concentration programmable solar simulator for testing multi-junction concentrator photovoltaics". IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference, 19/06/2015, [en línea][recuperado el 16/12/2022]. Recuperado de Internet <URL: <a href="https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7356196">https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7356196</a> >, <DOI: 10.1109/PVSC.2015.7356196>. resumen; apartados I, II, IV; figura 1	1-18
A	WO 2015048591 A1 (NEWPORT CORP) 02/04/2015; resumen; párrafos [0002-0005, 0032, 0035, 0043]; reivindicaciones 8-12; figura 12	1-18
A	MELSKENS, J. et al.: "Fast Optical Measurement System: Ultrafast external quantum efficiency measurements on silicon solar cells". Solar Energy Materials and Solar Cells, 01/12/2017, [en línea] [recuperado el 16/12/2022]. Recuperado de Internet <URL: <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024817303884">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024817303884</a> >, ISSN 0927-0248, <DOI: 10.1016/j.solmat.2017.07.007>. Todo el documento.	1-18

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
16.12.2022

Examinador  
F. J. Dominguez Gomez

Página  
1/2

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**F21V9/40** (2018.01)  
**F21S8/00** (2006.01)  
**H02S50/10** (2014.01)  
**G02F1/13** (2006.01)  
**G02B5/08** (2006.01)  
**G01J3/02** (2006.01)  
**G02B5/04** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F21V, F21S, H02S, G02F, G02B, G01J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, WPI, NPL, IEEE, INSPEC