

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 906**

51 Int. Cl.:

G02F 1/163 (2006.01)

G03B 9/02 (2006.01)

H01L 31/0203 (2014.01)

G02F 1/153 (2006.01)

G02F 1/155 (2006.01)

G02F 1/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2009 PCT/US2009/066542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.06.2010 WO10065713**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2009 E 09799211 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2366127**

54 Título: **Elemento óptico electrocrómico que tiene una abertura apodizada**

30 Prioridad:

03.12.2008 US 119393 P

02.12.2009 US 629521

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

22.04.2019

73 Titular/es:

PPG INDUSTRIES OHIO, INC. (100.0%)

**3800 West 143rd Street
Cleveland, OH 44111, US**

72 Inventor/es:

**FOLLER, PETER C.;
TANG, ROBERT H.;
BLACKBURN, FORREST R.;
WALTERS, ROBERT W. y
SEYBERT, KEVIN W.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 709 906 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

Elemento óptico electrocrómico que tiene una abertura apodizada

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la ventaja de prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos N.º 61/119.393, presentada el 3 de diciembre de 2008.

10 Campo de la invención

La presente invención hace referencia a un elemento compuesto por una abertura apodizada electrocrómica que tiene una transmitancia de luz variable en respuesta a la magnitud de una tensión eléctrica aplicada.

15 Antecedentes de la invención

Los fabricantes de dispositivos móviles de comunicación tales como teléfonos móviles continúan aumentando la funcionalidad de estos dispositivos. Por ejemplo, los teléfonos móviles actuales pueden incluir cámaras instantáneas y de video, retransmisión de video y/o capacidades denominadas de video de doble vía. Los usuarios pueden capturar imágenes instantáneas o de video y puede transmitir los archivos de video o imagen por medio de una red. A medida que la tendencia va orientada a aumentar la funcionalidad, los fabricantes también continúan reduciendo el tamaño de dichos dispositivos de comunicación.

El tamaño reducido de dichos dispositivos móviles de comunicación ha restringido el uso de diafragmas y aperturas ajustables o dispositivos de iris en las cámaras incorporadas. Un iris de una cámara mecánica es un diafragma que tiene una abertura variable para una lente de cámara con el fin de modificar la cantidad de luz entrante así como para ajustar la profundidad de campo disponible para la imagen. Dichos dispositivos mecánicos de iris se usan en la mayoría de las cámaras de películas y en muchas cámaras digitales. Un iris mecánico no resulta práctico para su uso en dispositivos móviles de comunicación debido a que añadiría mucho volumen, costes elevados y podría presentar un funcionamiento poco fiable. Por tanto, los fabricantes normalmente no incluyen dispositivos ajustables de iris en los teléfonos móviles. La consecuencia es que los teléfonos móviles no generan imágenes de buena calidad a bajos niveles de iluminación (debido, por ejemplo, al ruido de disparo cuestionable y al ruido de lectura) ni tampoco a niveles elevados de iluminación debido, por ejemplo, a la incapacidad para disminuir de forma apropiada los tiempos de integración creando de este modo problemas de sobre-saturación. Las cámaras de los teléfonos móviles también pueden exhibir escasa profundidad de campo y menor nitidez de imagen debido a las aberraciones de la lente. El documento US 6 621 616 B1 divulga un elemento electrocrómico que tiene una transmitancia que varía en cuanto a respuesta a una señal eléctrica.

40 Sumario de la invención

La presente invención va destinada a un elemento óptico como se define en la reivindicación independiente, comprendiendo el elemento óptico una abertura apodizada electrocrómica que tiene transmitancia de luz variable en respuesta a la magnitud de la tensión eléctrica aplicada.

Además, las realizaciones preferidas de la invención se citan en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de distintas vistas de los dibujos

Diversas realizaciones no limitantes divulgadas en la presente invención se entenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos, donde:

- La Figura 1 es un perfil de una imagen inicial de la abertura del Ejemplo en el momento 0, determinado tal y como se describe en la presente memoria;
- La Figura 2 es un perfil de una imagen de la abertura del Ejemplo tras aproximadamente 1 segundo de tensión aplicada;
- La Figura 3 es un perfil de una imagen de la abertura del Ejemplo tras aproximadamente 4 segundos de tensión aplicada;
- La Figura 4 es un perfil de una imagen de la abertura del Ejemplo tras aproximadamente 18 segundos de tensión aplicada;
- La Figura 5 es un perfil de una imagen de la abertura del Ejemplo tras aproximadamente 110 segundos de tensión aplicada;
- La Figura 6 es un perfil de una imagen con ajuste de curva gaussiano aplicado a la línea verde mostrada en la Figura 5;
- La Figura 7 es un perfil de la imagen resultante cuando no está presente abertura alguna;
- La Figura 8 es un perfil de la imagen resultante cuando está presente la abertura fija del Ejemplo Comparativo; y
- La Figura 9 es un perfil de una imagen con ajuste de curva gaussiano aplicado a la línea verde mostrada en la

Figura 8.

Descripción detallada de la invención

5 Tal como se usan en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, los artículos "un", "una" y "el", "la" incluyen referencias en plural, a menos que se limite de forma expresa e inequívoca a una referencia.

10 Adicionalmente, para los fines de la presente memoria descriptiva, a menos que se indique otra cosa, se comprende que todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y otra propiedades o parámetros usados en la memoria descriptiva está modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique otra cosa, debería comprenderse que los parámetros numéricos explicados en la siguiente memoria descriptiva y reivindicaciones adjuntas son aproximaciones. Muy al final, cada parámetro numérico debería interpretarse al menos a la luz de los dígitos significativos indicados y mediante la aplicación de técnicas de redondeo habituales.

15 Todos los intervalos numéricos de la presente memoria incluyen valores numéricos e intervalos de todos los valores numéricos con los intervalos citados. Además, aunque los intervalos numéricos y parámetros que exponen el alcance amplio de la invención son aproximaciones, tal como se comenta en la presente memoria, los valores numéricos expuestos en la sección de Ejemplos se presentan con la mayor precisión posible. Debería entenderse, sin embargo, que dichos valores numéricos contienen de forma inherente ciertos errores resultantes del equipo de medición y/o de la técnica de medición.

20 La presente divulgación describe varias características diferentes y aspectos de la invención con referencia a varias realizaciones a modo de ejemplo. Se entiende, sin embargo, que la invención engloba numerosas realizaciones alternativas, con tal de que estas realizaciones se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones alternativas pueden lograrse por medio de la combinación de cualesquiera características, aspectos y realizaciones diferentes descritos en la presente memoria y cualquier combinación que el experto en la técnica encontraría útil.

25 Tal como se ha mencionado anteriormente, la presente invención proporciona un elemento óptico como se define en la reivindicación independiente, comprendiendo el elemento óptico una abertura apodizada electrocrómica que tiene transmitancia de luz variable en respuesta a la magnitud de una tensión eléctrica aplicada. La abertura apodizada comprende entre otros:

35 (i) un primer sustrato que tiene una superficie externa y una superficie interna plana,
 (ii) un segundo sustrato que tiene una superficie externa y una superficie interna no plana opuesta y separada de la superficie interna plana del primer sustrato, y
 (iii) un medio electrocrómico dispuesto entre la superficie plana interna del primer sustrato y la superficie no plana del segundo sustrato. Cada una de la superficie interna plana del primer sustrato y la superficie interna no plana del segundo sustrato tiene una capa al menos parcial de material conductor sobre la misma. Los respectivos índices de refracción del segundo sustrato, y el medio electrocrómico pueden ser sustancialmente iguales. Además, el índice de refracción del primer sustrato (i) es sustancialmente el mismo que los índices de refracción del segundo sustrato (ii) y el medio electrocrómico (iii). En el elemento óptico de la presente invención, una región central de la abertura apodizada define una "región pupilar" en la que la cantidad de medio electrocrómico es significativamente menor que la presente en el resto de la abertura apodizada. Esto sirve para minimizar (o eliminar de manera conjunta) la coloración en esta región pupilar. Se ha encontrado que la abertura electrocrómica de la presente invención ofrece varias ventajas con respecto a las previamente conocidas, y, en particular, aquellas en las que los sustratos opuestos son convexos, o ambos sustratos opuestos son cóncavos. La abertura apodizada electrocrómica de la presente invención ofrece menos complejidad de diseño (por ejemplo, la alineación de las dos superficies internas de los sustratos opuestos no es crítica) y, con ello, menos complejidad en la fabricación de la abertura apodizada.

50 El primer sustrato (i) y el segundo sustrato (ii) pueden estar compuestos por materiales iguales o diferentes. Por ejemplo, el primer y segundo sustratos pueden comprender vidrio, tal como sílice pirógena o cuarzo fundido, o materiales de sustrato polimérico. El primer sustrato (i) puede comprender vidrio, y el segundo sustrato puede comprender un material de sustrato polimérico o viceversa. Asimismo, el primer sustrato (i) puede comprender vidrio, y el segundo sustrato (ii) puede comprender vidrio. Como alternativa, el primer sustrato (i) puede comprender un material de sustrato polimérico y el segundo sustrato (ii) puede comprender un material de sustrato polimérico.

60 Los sustratos de vidrio apropiados pueden incluir pero sin limitación cualquiera de los ampliamente conocidos (por ejemplo, sílice fundida y cuarzo fundido como se ha mencionado anteriormente) y pueden incluir los que tienen un índice de refracción de 1,40 o más, o 1,45 o más, tal como 1,50 o más, o 1,65 o más. En una realización particular de la presente invención, el sustrato (i) y/o el sustrato (ii) pueden comprender un vidrio que tiene un índice de refracción de 1,40 a 1,75.

65

Los sustratos poliméricos pueden incluir sin limitación policarbonato, poliestireno, poliuretano, poliuretano (urea), poliéster, poliacrilato, polimetacrilato, olefina poli(cíclica), poliepóxidos, copolímeros o mezclas de cualquiera de los anteriores. Los sustratos poliméricos pueden comprender una combinación de cualquiera de los sustratos anteriores, por ejemplo, en forma de un laminado de multicapa. Los sustratos poliméricos se pueden formar a través de cualquier medio de fabricación conocido en la técnica tal como por medio de colada o moldeo, por ejemplo, técnicas de moldeo por inyección. En una realización particular de la presente invención, el sustrato polimérico comprende policarbonatos, olefinas poli(cíclicas), poliestirenos, poliuretanos, polimetacrilatos, copolímeros de cualquiera de los materiales anteriores, o mezclas de cualesquiera de los anteriores. Normalmente, ambos sustratos (i) y (ii) son transparentes (es decir, ópticamente transparentes), no obstante para algunas aplicaciones uno o ambos se pueden someter a tinción o por el contrario se pueden colorear. Como se usa en la presente memoria, "transparente" hace referencia a un sustrato que tiene transmitancia luminosa de al menos un 70 por ciento, tal como al menos un 80 por ciento, o al menos un 85 por ciento. Los sustratos poliméricos apropiados pueden incluir sin limitación los que tienen un índice de refracción que varía de 1,30 a 1,75, tal como de 1,35 a 1,70.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el primer sustrato (i) tiene una superficie externa y una superficie interna plana, y el segundo sustrato (ii) tiene una superficie externa y una superficie interna no plana opuesta a la superficie interna plana del primer sustrato. La superficie interna no plana del segundo sustrato (ii) normalmente es convexa pero puede tener un topografía superficial no plana diferente cuando se desea, por ejemplo una topografía esférica, parabólica o hiperbólica. En una realización particular, el segundo sustrato (ii) (que tiene una superficie interna no plana) puede comprender un sustrato plano que tiene una esfera parcial o semiesfera del mismo material o de un material diferente fijado a la superficie interna, formando de este modo una superficie interna convexa. Dicha configuración de esfera parcial o semi-esfera se puede formar, por ejemplo, proporcionando un material de resina epoxi o acrílico apto para curado UV sobre una superficie plana de un sustrato de vidrio o polimérico. Esta configuración proporciona flexibilidad para que el índice de refracción coincida con el de los sustratos y el medio electrocrómico dispuesto entre los mismos como se ha comentado con anterioridad.

Como alternativa, el segundo sustrato (ii) puede ser una pieza unitaria que tiene una superficie interna convexa compuesta por cualquiera de los materiales de sustrato anteriormente mencionados. En cualquier caso, la curvatura de la superficie interna convexa del segundo sustrato (ii) se escoge de forma que se consiga la máxima apodización de la abertura.

Al menos una superficie externa del primer sustrato (i) y la superficie externa del segundo sustrato (ii) pueden ser sustancialmente planas, es decir, al menos uno de las respectivas superficies externas puede estar esencialmente libre de cualquier distorsión de frente de onda.

Como se ha mencionado anteriormente, cada una de las superficies interna plana del primer y sustrato (i) y la superficie interna no plana del sustrato (ii) tiene una capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la misma. El material conductor puede estar seleccionado entre los que se conocen ampliamente en el campo de los dispositivos electrocrómicos. Para los fines de la presente invención, el material conductor normalmente comprende un material conductor transparente seleccionado entre nanotubos de carbono, oro, óxido de estaño, óxido de estaño dopado con flúor, óxido de estaño e indio y/o uno o más polímeros conductores. Los ejemplos no limitantes de polímeros conductores apropiados pueden incluir poli(acetileno), poli(pirrol), poli(tiofeno), poli(anilina), poli(fluoreno), poli(pirideno), poli(indol), poli(carbazol), poli(azina), poli(quinona), poli(3-alkyltiofeno), politetrafulvaleno, polinaftaleno, poli(sulfuro de p-fenileno) y/o poli(para-fenileno vinileno). Para una discusión detallada de los polímeros conductores apropiados, véase Handbook of Conducting Polymers, 2ª ed., Rev, Marcel Dekker, Inc., Nueva York 1998. En el elemento óptico de la presente invención, la una capa al menos parcial de material conductor transparente sobre las respectivas superficies internas del primer sustrato (i) y el segundo sustrato (ii) proporciona una conductividad superficial que varía de 1 a 1000 ohmios/cuadrado, por ejemplo, de 1 a 500 ohmios/cuadrado, tal como de 1 a 100 ohmios/cuadrado o de 3 a 80 ohmios/cuadrado, o de 5 a 50 ohmios/cuadrado.

En una realización particular de la presente invención, la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie interna no plana del segundo sustrato (ii) se opone y está separada de la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie plana interna del primer sustrato (i). La distancia de separación entre ellos depende de un número de factores, incluyendo pero sin limitarse a la concentración del medio electrocrómico y la topografía de la superficie interna del segundo sustrato (ii). Teniendo en cuenta dichos factores, la distancia de separación se escoge de forma que se minimice o elimine de forma conjunta la coloración del medio electrocrómico dentro de la región pupilar de la abertura apodizada. El material conductor transparente sobre al menos una de la superficie interna del primer sustrato (i) y la superficie interna del segundo sustrato (ii) se aísla eléctricamente en la región pupilar. Por la expresión "aislado eléctricamente" en la región pupilar se entiende que el material conductor transparente dentro de la región pupilar sobre la superficie interna del primer sustrato (i) se aísla (por ejemplo, como se ha descrito anteriormente) de la comunicación eléctrica con el material conductor transparente del segundo sustrato (ii) o viceversa. Esto permite el contacto directo entre (es decir, sin espaciado entre las respectivas superficies internas) las respectivas superficies internas de los sustratos (i) y (ii) sin que tenga lugar un corto circuito.

Se contempla que una o ambas superficies internas respectivas del primer sustrato (i) y el segundo sustrato (ii)

pueden estar esencialmente libres del material conductor transparente en la región pupilar de la abertura apodizada. Esta configuración proporciona una abertura apodizada en la que no existe espaciado entre los sustratos primero y segundos dentro de la región pupilar (sin crear un corto circuito) y, de este modo, no existe coloración en la región pupilar. La abertura apodizada que está esencialmente libre de material conductor transparente en la región pupilar se puede lograr por medio de enmascarado simple de la región pupilar de una o ambas superficies internas respectivas de los sustratos (i) y/o (ii), aplicando posteriormente el material conductor transparente a la(s) superficie(s) interna y posteriormente retirando la máscara para proporcionar una región pupilar libre de material conductor transparente.

- 5
- 10 Como alternativa, el material conductor transparente de la región pupilar de una o ambas superficies internas respectivas se puede retirar al menos de forma parcial, por ejemplo, por medio de técnicas de ablación por láser. En una realización, el material conductor transparente sobre la parte central de la región pupilar de la superficie interna del primer sustrato (i) y/o la superficie interna del segundo sustrato (ii) se puede aislar de la parte restante del material conductor transparente sobre esta superficie interna retirando una línea fina del material conductor alrededor de la parte central usando técnicas de ablación por láser (es decir, creando una "isla" de material conductor separado de la capa restante de material conductor sobre esa superficie interna). Esto permite el contacto directo de las respectivas superficies internas de los dos sustratos (es decir, sin espaciado entre las dos) sin que tenga lugar un corto circuito.
- 15
- 20 Asimismo, el material conductor transparente sobre la parte central de la región pupilar de la superficie interna del primer sustrato (i) y/o la superficie interna del segundo sustrato (ii) se puede aislar de la parte restante del material conductor transparente sobre esta superficie interna aplicando un material de revestimiento orgánico o inorgánico no conductor (incluyendo cualquiera de los conocidos en la técnica) sobre la parte central de la región pupilar (es decir, creando una "isla" de material no conductor sobre el material conductor de esa superficie interna). Esto permite el contacto directo de las respectivas superficies internas de los dos sustratos (es decir, sin espaciado entre las dos) sin que tenga lugar un corto circuito.
- 25

En una realización particular de la presente invención, la superficie interna no plana del segundo sustrato (ii) está esencialmente libre de material conductor transparente en la región pupilar. En esta realización alternativa, la región pupilar de la superficie interna del segundo sustrato (ii) que está esencialmente libre del material conductor transparente puede estar en contacto directo con el material conductor transparente sobre la superficie interna plana del primer sustrato (i), con la condición de que el material conductor que está presente sobre la superficie interna del segundo sustrato (ii) fuera de la región pupilar no entre en contacto con el material conductor sobre la superficie interna del primer sustrato (i).

- 30
- 35 Se dispone un medio electrocromico (iii) entre la capa conductora sobre la superficie interna plana del primer sustrato (i) y la capa conductora sobre la superficie interna no plana del segundo sustrato (ii). El medio electrocromico (iii) puede comprender cualesquiera materiales electrocromicos conocidos en la técnica, y puede adoptar cualquier forma (por ejemplo, en forma de un líquido, un gel o un material polimérico). Por ejemplo, el medio electrocromico (iii) puede estar en forma de medio electrocromico en fase de disolvente. Para los fines de la presente invención, se pretende que las expresiones "medio electrocromico en fase de disolvente" o "medio electrocromico en fase de disolución" incluyan medios electrocromicos en forma de un líquido así como un gel. En una realización particular de la presente invención, el medio electrocromico comprende un medio electrocromico en fase de disolvente en forma de un líquido. El medio electrocromico incluye al menos un compuesto electrocromico o colorante, que varía de color u oscuridad en respuesta a la tensión aplicada. Normalmente, el medio electrocromico usado en el elemento óptico de la presente invención incluye materiales anódicos y catódicos electroactivos. En el medio electrocromico en fase de disolución, el(los) compuesto(s)/colorante(s) electrocromico(s) está(n) presente(s) en una disolución en un electrolito iónicamente conductor. El material permanece en disolución cuando se reduce u oxida por vía electroquímica.
- 40
- 45
- 50

En general, el medio electrocromico en fase de disolvente contiene al menos un colorante electroactivo anódico, al menos un colorante electroactivo catódico, y una pequeña cantidad de sale(s) que es(son) soluble(s) en un disolvente apropiado. Cuando se aplica una tensión DC a través de dos capas conductoras transparentes respectivas (normalmente preparadas por medio de un material de bajo K, por ejemplo, un miembro de sellado o junta), los colorantes anódicos se oxidan electroquímicamente en la superficie del ánodo y los colorantes catódicos se reducen electroquímicamente en la superficie del cátodo. La formación de color se logra cuando el coeficiente de extinción molar del colorante anódico y/o colorante catódico en el medio electrocromico de fase de disolvente, cambian con sus reacciones electroquímicas. En general, al menos uno de los colorantes experimenta un aumento significativo del coeficiente de extinción a una longitud de onda dentro del intervalo visible. Estas especies coloreadas se encuentran libres de difusión a partir de los electrodos (es decir, las respectivas capas conductoras transparentes) y se reúnen una con la otra en el volumen del medio electrocromico. Tiene lugar una reacción redox entre dos colorantes electroquímicamente modificados para regenerar sus respectivos estados originales (es decir, los estados blanqueado o no coloreado). La coloración final de la abertura apodizada es el resultado de un equilibrio entre la reacción electroquímica en las superficies del electrodo (es decir, las respectivas superficies de las capas conductoras transparentes) y una reacción redox controlada en el volumen del medio electrocromico de fase de disolvente. En dicha "célula de auto-eliminación", se requiere una corriente a una tensión aplicada concreta para

- 55
- 60
- 65

mantener la abertura apodizada en estado coloreado. Sin la tensión aplicada, la célula vuelve finalmente a su estado blanqueado original.

5 No obstante lo anterior, la coloración electrocrómica dentro de la abertura apodizada electrocrómica se puede mejorar por medio de la aplicación de una evolución de pulsos de tensión. Los pulsos se pueden aplicar bien mediante pulsos de tensión de encendido y apagado, o mediante pulsos entre dos tensiones aplicadas diferentes, y/o mediante pulsos para invertir la polaridad con el fin de invertir la dirección de flujo de corriente. La coloración y la decoloración se puede ver afectadas por medio del ajuste (ya sea individualmente o en cualquier combinación) de la amplitud de los pulsos de tensión aplicada (ya sea en la dirección positiva o negativa), el tiempo del pulso y/o la frecuencia del pulso.

10 Además, se contempla que la abertura apodizada se puede estructurar para acomodar el calor resistivo de la abertura apodizada, por ejemplo, a través del uso de una explosión intensa de la potencia de la batería por medio de una o ambas capas conductoras transparentes en el plano (y no a través del medio electrocrómico). El calentamiento de la abertura no solo sirve para aumentar la cinética de coloración del medio electrocrómico, sino también para aumentar la velocidad de decoloración de nuevo hasta el estado blanqueado ("velocidad de decoloración").

15 El medio electrocrómico empleado en el elemento óptico de la presente invención puede comprender cualesquiera compuestos electrocrómicos conocidos en la técnica, incluyendo, por ejemplo, compuestos de fenazina, tales como compuestos de dihidro-fenazina y/o compuestos de dipiridinio (es decir, viológeno). Los ejemplos no limitantes apropiados de dichos compuestos de fenazina y su preparación pueden incluir los descritos en el documento U.S. 6.020.987, en la columna 31, renglón 43, columna 34, renglón 7, y en el documento de Estados Unidos N.º 4.902.108 en la columna 13, renglón 49 a columna 15, renglón 42. Los ejemplos no limitantes apropiados de dichos compuestos de viológeno incluyen los descritos en el documento U.S. 6.020.987, en la columna 34, renglones 8-55. Véase también, Electrochromism and Electrochromic Devices, Monk et al., Cambridge University Press 2007, Capítulo 11, pág. 341-373. Los ejemplos específicos de colorantes anódicos apropiados pueden incluir pero sin limitación 5,10-dihidro-5,10-dimetilfenaceno, N,N,N,N'-tetrametil-1,4-fenilendiamina, 10-metilfenotiazina, 10-etilfenotiazina, tetratrafalvaleno, ferroceno y sus derivados, y/o triarilaminas y derivados de los mismos. Los ejemplos específicos de colorantes electrocrómicos catódicos apropiados pueden incluir pero sin limitación difluoroborato de 1,1-difenil-4,4'-bipiridinio, difluoroborato de 1,1'-di(n-heptil)-4,4'bipiridinio, difluoroborato de 1,1'-dibencil-4,4'bipiridinio y/o difluoroborato de 1,1'-di(n-propilfenil)-4,4'-bipiridinio.

20 Además, el medio electrocrómico también puede incluir otros materiales tales como disolventes (por ejemplo disolventes polares apróticos), absorbedores de luz, estabilizadores de luz, estabilizadores térmicos, antioxidantes, espesantes o modificadores de viscosidad (por ejemplo, polivinilpirrolidona) y gel independiente, incluyendo matrices poliméricas. El medio electrocrómico puede incluir un disolvente que comprende carbonato de propileno, benzonitrilo, fenoxiacetonitrilo, difenil acetónitrilo, sulfolano, sulfolato y/o fosforamida. Otros disolventes útiles pueden incluir, pero sin limitación, ésteres fosfóricos tales como fosfato de tricresilo, fosfato de cresilo y similares, amidas tales como N,N-di-metilformamida, metilpropionamida, N-metilpirrolidona, hexametilfosfonamida, dietilformamida, tetrametilurea y similares, nitrilos tales como acetonitrilo, sulfóxidos tales como dimetilsulfóxido, ésteres tales como acetato de etilo, acetato de butilo, ftalato de dioctilo y similares, carbonatos tales como carbonato de propileno, carbonato de etileno y similares, lactonas tales como gamma-butirolactona, cetonas tales como metil etil cetona, metil isobutil cetona y similares. Cualquiera de los disolventes anteriormente mencionados se puede usar de forma individual o en cualquier combinación. La viscosidad del disolvente puede afectar a la velocidad de respuesta de la coloración electrocrómica. Por tanto, cuando se necesitan velocidades de respuesta elevadas, normalmente se usan disolventes de baja viscosidad.

25 Adicionalmente, el medio electrocrómico de fase de disolución puede comprender un electrolito disuelto, por ejemplo, tetrafluoroborato de tetrabutilamonio y/o bromuro de tetrabutilamonio para proporcionar conductividad iónica a la disolución. Los materiales de electrolito apropiados para esta finalidad se conocen bien en la técnica.

30 Tal como se ha mencionado anteriormente, en el elemento óptico de la presente invención, los respectivos índices de refracción del segundo sustrato (ii), y el medio electrocrómico (iii) pueden ser sustancialmente iguales. Por índices de refracción "sustancialmente iguales" se hace referencia a que la diferencia entre los índices de refracción respectivos de cada uno del segundo sustrato (ii), y el medio electrocrómico (iii) no es mayor de +/- 0,005, por ejemplo no mayor de +/- 0,004 o no mayor de +/- 0,003 o no mayor de +/- 0,002. Por tanto, el segundo sustrato (ii) y la composición del medio electrocrómico (iii) están seleccionados de forma que sus respectivos índices de refracción de (ii) y (iii) sean sustancialmente iguales. Además, los respectivos índices de refracción del primer sustrato (i), el segundo sustrato (ii) y el medio electrocrómico (iii) pueden ser sustancialmente iguales. Dicha "coincidencia" de los índices de refracción de (ii) y (iii), y cuando se desee (i), proporciona un elemento óptico que tiene excelentes calidades ópticas.

35 Debería apreciarse que si las diferencias entre los respectivos índices de refracción del sustrato (ii) y el medio electrocrómico (iii), y, cuando se desee, el primer sustrato (i), son mayores que los valores comentados anteriormente, por ejemplo, una diferencia de aproximadamente +/- 0,01, o una diferencia de aproximadamente +/-

0,1, las ópticas del dispositivo óptico en el que se emplea la abertura apodizada, (por ejemplo, una cámara de un teléfono móvil) se podrían modificar para ajustar esta falta de coincidencia de índice de refracción. De forma similar, en algunos casos puede ocurrir que resulte deseable la "coincidencia" de los índices de refracción de (ii) y (iii), y cuando se desee (i), como se ha analizado anteriormente. En dichos casos, la potencia óptica del elemento óptico se puede mantener por medio del ajuste de los diversos componentes del propio elemento óptico, y/o mediante el ajuste de uno o más de los componentes del dispositivo en el cual se emplea el elemento óptico. Por ejemplo, cuando se usa la abertura apodizada en una cámara de teléfono móvil, se puede usar la abertura apodizada junto con una lente de cámara que tenga una potencia particular. Asimismo, se puede introducir potencia en uno o ambos sustratos de la propia abertura apodizada. La propia abertura apodizada se puede usar como lente para equilibrar las formas respectivas y los índices de refracción del primer y segundo sustratos, así como mediante el ajuste del medio electrocrómico.

En el elemento óptico de la presente invención, la abertura apodizada electrocrómica puede comprender además al menos un miembro de sellado (iv) alrededor del perímetro externo de la abertura apodizada y en contacto con el primer sustrato (i), el segundo sustrato (ii), y el medio electrocrómico (iii) para proteger y contener el medio electrocrómico entre las capas conductoras transparentes sobre las respectivas superficies internas del primer y segundo sustratos. Dicho miembro de sellado debería estar compuesto por un material que tenga buena adhesión al vidrio y/o materiales de sustrato poliméricos, y a las capas conductoras. Además, el miembro de sellado debería exhibir baja permeabilidad frente a oxígeno, vapor de humedad u otros gases, y no debería interaccionar con o contaminar el medio electrocrómico al que hace referencia el contacto o la presencia. Los materiales apropiados para su uso como miembro de sellado incluyen, pero sin limitación resinas de sellado orgánicas para curado UV y termoplásticas o termoestables tales como cualquiera de las conocidas para su uso en dispositivos de cristal líquido. (Véanse, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos números 4.297.401, 4.418.102, 4.695.490, 5.596.023 y 5.596.024.) Los materiales apropiados para su uso como miembro de sellado de perímetro son materiales de bajo K como se ha mencionado con anterioridad. Diversos ejemplos no limitantes de materiales de sellado apropiados pueden incluir los basados en epoxi, poliolefina (tal como polipropileno, polietileno, copolímeros y mezclas de los mismos), siliconas, poliésteres, poliamidas y/o resinas de poliuretano. Cualquiera de los materiales anteriormente mencionados se pueden modificar con silano para mejorar la unión de los mismos a los materiales del sustrato, por ejemplo de vidrio. Los adhesivos apropiados se pueden usar cuando resulte apropiado para adherir el miembro de sellado a los sustratos (i) y (ii).

Además, debería apreciarse que uno o más adhesivos tales como cualquiera de los conocidos en la técnica, pueden constituir el miembro de sellado. Los adhesivos apropiados para la finalidad pueden incluir, sin limitación, adhesivos basados en resinas orgánicas de curado UV, termoestables y termoplásticas. Los adhesivos apropiados pueden incluir, por ejemplo, los basados en epoxi, poliolefina (tal como polipropileno, polietileno, copolímeros y mezclas de los mismos), siliconas, poliésteres, poliamidas y/o resinas de poliuretano. También se contempla el uso de los materiales de vidrio de soldadura tales como los descritos en http://www.us.schott.com/epackaging/english/glass/technical_powder/solder.html.

Obviamente, se debería evitar cualquier contacto físico entre las respectivas capas conductoras transparentes proporcionadas sobre la superficie interna del sustrato (i) y sobre la superficie interna del sustrato (ii) (que sirve como electrodo) con el fin de evitar el cortocircuito (es decir, corto circuito) durante la operación de la abertura apodizada. Por tanto, en realizaciones particulares de la presente invención, las capas conductoras transparentes respectivas se deberían separar una de otras. El propio miembro de sellado anteriormente mencionado puede servir como espaciador, y/o se pueden usar miembros de elemento óptico separado compuesto por materiales aislantes como espaciadores para mantener la separación física de las respectivas capas conductoras transparentes.

Como se usa en la presente memoria, el término "apodizado" y los términos relacionados (por ejemplo, apodizar, apodización, etc.) hacen referencia a una abertura, que tiene una transición suave y gradual a lo largo de su radio a partir del porcentaje mayor de luz transmitida (por ejemplo, en el centro de la abertura) hasta el porcentaje menor de luz transmitida (por ejemplo en los bordes de la abertura). Una abertura completamente apodizada sería una para la cual la transmitancia de luz (T) varíe a lo largo de su radio (x) como una curva gaussiana (es decir, $T = \exp(-\alpha x^2)$). Cuando se emplea como elemento óptico, por ejemplo, como iris de cámara, la abertura apodizada electrocrómica de la presente invención simula la pupila del ojo humano ya que facilita la "dilatación" automática y la "contracción". A medida que aumenta la energía de excitación, la abertura se contrae para reducir la cantidad de luz que penetra a través de la lente. La contracción de la abertura permitida por medio de la presente invención modifica (es decir, aumenta) el número-f eficaz del sistema de lente y, por tanto, aumenta su profundidad de campo. De forma similar, a medida que disminuye la energía de excitación, la abertura se dilata para aumentar la cantidad de luz que penetra a través de la lente. A medida que la abertura se vuelve completamente transparente, la abertura completa está limitada únicamente por la interrupción mecánica de la lente (asumiendo que no existen otros elementos de sistema que sirvan como factores limitantes). Por tanto, la abertura apodizada se caracteriza por una curva de transmitancia radial gaussiana. El espesor del medio electrocrómico aumenta a lo largo del radio de la abertura apodizada y varía con la superficie interna no plana (por ejemplo, convexa) del segundo sustrato.

En general, las capas al menos parciales de material conductor transparente sobre la superficie del primer sustrato (i) y la superficie interna del segundo sustrato (ii) sirven como contra-electrodos conductores en comunicación

eléctrica con un controlador que se opera para optimizar la abertura electrocrómica por medio de la aplicación de una tensión eléctrica la misma. La magnitud de la tensión eléctrica aplicada varía en respuesta a las condiciones de luz tal y como viene determinado, por ejemplo, por medio de un foto sensor, tal como un sensor de imágenes CMOS de un módulo típico de cámara de un teléfono móvil. Tal como se ha mencionado anteriormente, la presente invención proporciona una abertura apodizada que se "abre" para permitir el paso de una mayor cantidad de luz a través de la misma en condiciones de baja iluminación (es decir, cuando el medio electrocrómico pierde energía por medio de la reducción o eliminación de la tensión aplicada); y que se "cierra" para atenuar o bloquear una parte de la luz cuando las condiciones son de mayor intensidad de luz (es decir, cuando el medio electrocrómico capta energía por medio de la aplicación de una tensión). El medio electrocrómico proporciona de este modo una abertura apodizada que tiene una transición suave y gradual a lo largo de su radio desde el porcentaje más elevado de luz transmitida (por ejemplo, en el centro de la abertura en la región pupilar) hasta el porcentaje más bajo de luz transmitida (por ejemplo, en los bordes de la abertura) con el fin de proporcionar una mayor resolución y un enfoque global, por ejemplo por medio de una lente y un sensor. El medio electrocrómico puede ganar o perder energía de forma automática y puede variar de forma continua en respuesta a cambios en las condiciones de iluminación detectadas que rodean al sensor de matriz de imágenes, proporcionando de este modo una iluminación mejorada del sensor en condiciones de baja intensidad de luz al tiempo que un enfoque mejorado y mayor control de las aberraciones de la lente en condiciones de alta intensidad de luz.

En una realización particular, la presente invención hace referencia a un elemento óptico compuesto por una abertura apodizada electrocrómica que tiene una transmitancia de luz variable en respuesta a la magnitud de una tensión eléctrica aplicada, comprendiendo la abertura apodizada: (i) un primer sustrato que tiene una superficie externa y una superficie interna plana, y (ii) un segundo sustrato que tiene una superficie externa y una superficie interna convexa opuesta y separada de la superficie interna plana del primer sustrato para formar una cavidad entre ellas, donde cada una de las superficie interna plana y la superficie interna convexa tiene una capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la misma, comprendiendo el material conductor, por ejemplo, óxido de indio y estaño; y (iii) un medio electrocrómico dispuesto dentro de la cavidad. Los índices de refracción del segundo sustrato, y el medio electrocrómico pueden diferir en no más de +/- 0,003. En esta realización, la abertura apodizada electrocrómica puede comprender además un miembro de sellado (iv) que comprende los materiales de miembro de sellado anteriormente mencionado alrededor del perímetro externo de la abertura apodizada y en contacto con el primer sustrato (i), el segundo sustrato (ii) y el medio electrocrómico (iii). Se puede usar un adhesivo apropiado para fijar el miembro de sellado a los sustratos (i) y (ii), o el propio adhesivo puede servir como miembro de sellado. Los índices de refracción de (i), (ii) y (iii) pueden diferir en no más de +/- 0,003. Además, al menos una superficie externa de (i) y la superficie externa de (ii) son sustancialmente planas.

La abertura apodizada electrocrómica de la presente invención normalmente se implementa junto con un sensor de matriz de formación de imágenes pixelado, tal como un chip CCD o CMOS. Sin embargo, la abertura apodizada electrocrómica se puede implementar junto con otros tipos de sensores, y se puede implementar con o sin un filtro de color o proceso asociado al sensor, sin que ello afecte al alcance de la presente invención.

En cualquier(cualesquiera) elemento(s) de la presente invención, las respectivas superficies externas del primer y segundo sustratos de la abertura apodizada puede estar revestida al menos parcialmente con al menos un revestimiento escogido entre revestimientos protectores, tales como revestimientos duros y/o revestimientos resistentes a la abrasión, revestimientos anti-reflectantes ("AR"), revestimientos anti-formación de niebla, revestimientos de barrera frente a oxígeno y/o revestimientos de absorción de infra-rojos (IR) y/o revestimientos reflectantes de IR, y/o revestimientos reflectantes convencionales conectados a al menos una parte de la superficie externa de uno o ambos sustratos. Nótese que los revestimientos pueden, pero no necesariamente, abarcar toda la superficie externa. Los ejemplos no limitantes apropiados de revestimientos AR pueden incluir un revestimiento de monocapa o revestimiento de multicapa de óxidos metálicos, fluoruros metálicos u otros materiales, que se pueden depositar sobre la superficie(s) del(de los) sustrato(s) y/o (ii) o, alternativamente sobre películas auto-portantes que se aplican a la(s) superficie(s) externa(s) del sustrato, a través de un medio de aplicación tal como deposición de vacío y técnicas de metalizado por bombardeo como se conocen bien en la técnica. Los ejemplos no limitantes apropiados de revestimientos reflectantes IR pueden incluir capas metálicas muy finas parcialmente transparentes tales como NiCr y/o capas de oro aplicadas, por ejemplo, por medio de métodos de metalizado de PVD. Dichos materiales y medios de aplicación se encuentran disponibles en Creavac akuumbeschechtung GmbH of Dresden, Alemania. Los ejemplos apropiados de revestimientos reflectantes IR (por ejemplo, Oro Láser y Negro Láser) también se encuentran disponibles en Epner Technology, Inc. También, los revestimientos reflectantes IR apropiados pueden incluir los revestimientos basados en plata disponibles con el nombre comercial de AgHT™ y el revestimiento basado en oro disponible con el nombre comercial de AuARE™, de CPFilms Inc. de Canoga Park, CA. Los ejemplos no limitantes apropiados de revestimientos de absorción IR son revestimientos que comprenden materiales de colorante de absorción IR, por ejemplo, los que son fotoquímicamente estables en condiciones de luz ambiental, y que absorben luz dentro de la región de IR próximo del espectro, por ejemplo, perclorato de 5,5'-dicloro-11-difenilamino-3,3'-dietil-10,12-etilentiatricarbocianina (que proporciona una absorción de IR máxima a aproximadamente 830 nm); dihidróxido de 2,4 di-3-guaiazuilenil-1,3-dihidroxociclobutendiilio, bis(sal interna) (que proporciona una absorción IR máxima a aproximadamente 780 a aproximadamente 800 nm); y tetrafluoroborato de 1-butil-2-[2-[3[(1-butil-6-clorobenz[cd]indol-2(1H)-ilidene)etiliden]-2-cloro-5-metil-1-ciclohexen-1-il]etenil]-6-clorobenz[cd]indolio (que proporciona un bloqueo IR máximo a aproximadamente 900 a aproximadamente 1000 nm).

También se pueden emplear revestimientos de transición. Tal y como se usa en la presente memoria, la expresión "revestimiento de transición" significa un revestimiento que contribuye a crear un gradiente de propiedades entre los dos revestimientos. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el revestimiento de transición puede contribuir a crear un gradiente de dureza entre un revestimiento relativamente duro y un revestimiento relativamente blando. Los ejemplos de revestimientos de transición incluyen películas finas basadas en acrilato curadas por radiación.

Los ejemplos apropiados de revestimientos protectores pueden incluir, pero sin limitación, revestimientos resistentes a la abrasión que comprenden organo silanos, revestimientos resistentes a la abrasión que comprenden películas finas basadas en acrilato curadas por radiación, revestimientos resistentes a la abrasión basadas en materiales inorgánicos tales como sílice, titanía y/o circonia, revestimientos resistentes a la abrasión orgánicos del tipo que son revestimientos de barrera frente a oxígeno apto para curado por luz ultravioleta, revestimientos de protección UV y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, el revestimiento protector puede comprender un primer revestimiento de una película fina basada en acrilato curada por radiación y un segundo revestimiento que comprende un organo silano. Los ejemplos de productos de revestimientos protectores comerciales incluyen revestimientos de SILVUE® 124 y HI-GARD®, disponibles en SDC Coatings, Inc. y PPG Industries, Inc., respectivamente.

Diversas realizaciones divulgadas en la presente memoria se ilustrarán ahora en los siguientes ejemplos.

Ejemplos

La Sección I describe la preparación de una disolución electrocromica y una coincidencia del índice de la disolución y la lente. La Sección II describe la fabricación del iris electrocromico. La Sección III describe los métodos usados para evaluar el iris electrocromico de la presente invención y un Ejemplo Comparativo de abertura fija. La Sección IV describe los resultados de formación de imágenes para el Ejemplo y Ejemplo Comparativo presentados en las Figuras 1-9.

Sección I - Preparación de Disoluciones Electrocrómicas

Parte A - Preparación de tetrafluoroborato de viológeno de n-heptilo

Se llevó a cabo la preparación de tetrafluoroborato de viológeno de n-heptilo en dos etapas. Se adquirieron los siguientes materiales en Aldrich sin purificación: bromuro de n-heptilo, 99 % (629-04-9), 4,4'-bipiridina (553-26-4) 98 %, acetonitrilo (75-05-08), tetrafluoroborato de sodio (13755-29-8) y tetrafluoroborato de tetrabutilamonio (429-42-5).

Etapas 1 - Preparación de Dibromuros

A un matraz de fondo redondo de tres bocas de 1.000 ml se añadió acetonitrilo (200 ml), 4,4'-dipiridina (0,08 moles, 12,5 g) y bromuro de n-heptilo (0,25 moles, 45,23 g) y se agitó la disolución con un agitador mecánico. Se calentó la disolución amarilla transparente resultante hasta ebullición durante aproximadamente un intervalo de 30 minutos. Trascurridas aproximadamente 2 horas y 30 minutos, la disolución se volvió más oscura y se formó un precipitado amarillo. Se colocó la disolución a reflujo a 80 °C durante aproximadamente 16 horas y a continuación se enfrió a temperatura ambiente. Se separó el precipitado amarillo por medio de filtración, se lavó con acetonitrilo nuevo y se secó al aire dando lugar a 26,5 g de producto. Se usó el producto recuperado en la Etapa 2 sin purificación adicional.

Etapas 2 - Purificación/Intercambio de Sal

Se disolvió tetrafluoroborato de sodio (0,22 moles, 24,15 g) en aproximadamente 700 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de un litro con mezcla y se añadió el producto de la Etapa 1 (0,045 moles, 23,1 g). El producto amarillo de la Etapa 1 cambió de color de forma gradual hasta blanco a temperatura ambiente. Trascurridas 2 horas de mezcla, se recuperó el precipitado blanco por medio de filtración usando un embudo Büchner con papel de filtro N.º 54 para dar lugar a aproximadamente 26 g de producto. Se secó el producto recuperado a vacío en un horno a 90 °C durante varias horas dando lugar a 21,4 g de producto. El análisis por medio de un ensayo de HPLC de % de área reveló que era un 99,9 %. El producto (10 g) se recristalizó a partir de 250 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de 600 ml. Se calentó la suspensión resultante y se volvió transparente cuando la temperatura fue de aproximadamente 90 °C. Se filtró la disolución transparente caliente a través de papel de filtro N.º 40 en el interior de matraces erlenmeyer de 300 ml que se calentaron en la misma placa caliente. Se permitió el enfriamiento de los filtrados resultantes hasta temperatura ambiente y se formó un precipitado cristalino. Se analizó el producto recristalizado (6,8 g) por medio de un ensayo de HPLC de % de área que indicó el 100 % sin impurezas detectables.

Parte B - Preparación de la Disolución de Célula

Se obtuvieron los siguientes materiales en Aldrich sin purificación: carbonato de propileno (108-32-7), benzonitrilo (100-47-0), 5,10-dihidro-5,10-dimetilfenazina (DMPZ, 15546-75-5) y polivinilpirrolidona (PVP,) con M_w típico = 1,3 MM (9003-39-8). se obtuvo absorbedor de luz ultravioleta TINUVIN® P en Ciba Geigy. Se midió el índice de

ES 2 709 906 T3

refracción a 589 nm/20 °C a través de un refractómetro digital de ATAGO, Automatic Digital Refractometer modelo RX-7000a siguiendo los procedimientos recomendados por el fabricante en el Manual de Instrucciones N°. Cat. 3262.

5 Etapa 1 - Preparación de Mezcla de Disolvente

Se mezclaron benzonitrilo (50,88 g) y carbonato de propileno (49,12 g) en un recipiente apropiado. El índice de refracción de la mezcla resultante fue de 1,4816.

10 Etapa 2 - Preparación de Mezcla de Disolventes PVP al 3 %

Se disolvió polivinilpirrolidona (3 g) en el producto de la Etapa 1 (97,0 g). El índice de refracción de la disolución resultante fue de 1,4819.

15 Etapa 3 - Preparación de Disolución de Reserva

En un recipiente apropiados, se añadió el producto de la Etapa 2 (20,0 g). Se añadieron tetrafluoroborato de tetrabutilamonio (0,10 M, 0,6585 g) y absorbedor de luz ultravioleta TINUVIN® P (0,0200 g) con mezcla. El índice de refracción de la disolución resultante fue de 1,4821.

20 Etapa 4 - Preparación de Disolución de Célula Electrocrómica (0,06 M)

Se disolvió tetrafluoroborato de viológeno de n-heptilo (0,1584 g) en el producto de la Etapa 3 (5,0 g) dando como resultado una disolución incolora y transparente. Se añadió DMPZ (0,0631 g) a la disolución y el color de la disolución transparente se volvió grisáceo. El índice de refracción de la disolución resultante fue de 1,4844. Parte C - Coincidencia de Índice de la Disolución de Célula Electrocrómica con la Lente Semiesférica N-FK5

Con el fin de hacer coincidir el índice de refracción de 1,4890 del vidrio N-FK5 (Schott) usado para la lente de iris electrocrómico a una longitud de onda de 550 nm, se determinó que la disolución de célula necesitaba coincidir con un índice de refracción medido a 589 nm de $1,4851 \pm 0,0003$, basado en la curva de dispersión óptica. Se determinó la curva de dispersión óptica usando un Acoplador de Prisma Metricon, Modelo 2010M y se calculó usando el módulo de ajuste de Cauchy del instrumento operando un soporte lógico versión 1,81.

El ajuste del índice de refracción desde 1,4844 hasta 1,4851 se llevó a cabo añadiendo una disolución de PVP al 3 % en peso en benzonitrilo al 100 % (0,0374 g) al producto de la Etapa 4 (2,7550 g). Se agitó la disolución resultante con aproximadamente 0,5 g de perlas de tamiz molecular 4A (tamaño de malla 8-12) durante aproximadamente 16 horas y se filtró a través de un cartucho de 0,45 micrómetros. El índice de refracción resultante a 589 nm fue de 1,4850. Dado que el índice de refracción obtenido estuvo dentro de $\pm 0,0003$, no fue necesario el ajuste adicional.

40 Sección II- Fabricación del Iris Electrocrómico

Se usaron los siguientes materiales: dos portaobjetos de vidrio revestidos con óxido de estaño e indio que medían 25 mm por 25 mm por 1,1 mm, ítem X-178 de Delta Technologies; dos agujas de calibre 30; una lente semiesférica preparada a partir de una lente de bola de 2,5 mm de vidrio N-FK5 obtenida en MSPT, Inc. Mountain View, CA. que se rebajó por parte de Opticfab Corp. Santa Clara, CA. hasta dar lugar a una lente semiesférica que tenía la curvatura de la lente de bola de 2,5 mm y un espesor de aproximadamente 300 micrómetros; Adhesivo Epoxi de Dispositivo Médico Loctite® M-121 HP™ Hysol®; y adhesivo de vidrio de gel-429 DYMAX Light Weld®;

Sobre uno de los portaobjetos de vidrio revestido con ITO se usó un espacio rectangular que medía 20 por 25 mm para ubicar los componentes usados para preparar la célula. Este espacio estaba definido por un borde en el que se colocó la aguja de calibre 30 en una esquina superior y se colocó otra aguja de calibre 30 a 5 mm del borde de la otra esquina superior. Se colocó la lente semiesférica en el centro del rectángulo de 20 por 25 mm. Se colocó otro portaobjetos de vidrio revestido con ITO sobre el rectángulo de forma que quedó expuesto un borde de 5 mm desde cada uno de los portaobjetos revestidos con ITO. El conjunto resultante se mantuvo unido con clips de carpeta en miniatura unidos en la parte superior y la parte inferior del conjunto. Se usó el adhesivo epoxi para rellenar el hueco en los dos extremos opuestos de la célula sin tocar las agujas. Se permitió el curado de la célula a temperatura ambiente durante la noche para fijar el espesor de la célula y posteriormente se retiraron las agujas. Se usó más resina epoxi para rellenar el hueco de célula de los cuatro lados excepto una entrada de aproximadamente 0,2 mm en un borde. Posteriormente se curó la célula a 105 °C durante una hora para completar el proceso. A continuación, se colocó la célula con la entrada hacia abajo en el interior de un vaso de precipitados que contenía la disolución de célula electrocrómica con coincidencia de índice de la Parte C y se colocó en un cámara de vacío durante 5 minutos a aproximadamente 30 pulgadas de mercurio (762 mm de Hg). Se sustituyó lentamente el vacío por gas de nitrógeno para permitir la extracción de la disolución de célula al interior del conjunto. Una vez rellena a vacío la célula con el producto de la Parte C, se selló la abertura con adhesivo de vidrio DYMAX Light Weld® 429-gel y se curó por medio de exposición a luz ultravioleta en una cámara DYMAX® 5000-EC durante 7 segundos. Se limpió la célula resultante con acetona y se recubrieron ambas superficies revestidas con ITO expuestas con cinta conductora

de cobre (aproximadamente 6,3 mm de ancho) revestida sobre el lado unido con un adhesivo conductor para hacer las funciones de barra colectora para facilidad de conexión eléctrica. Se expulso la celda resultante a luz ultravioleta en la cámara DYMAX® 5000-EC de nuevo durante 7 segundos. Se conectaron las barras colectoras de la célula a un suministro energético LAMBA Modelo LLS5018. Al aumentar la tensión a más de 0,6 V hasta 1,2 V la célula se coloreó. Cuando disminuyó la tensión por debajo de 0,6 V la célula comenzó el blanqueo hasta el aspecto original incoloro.

Sección III - Métodos usados para evaluar el Iris Electrocrómico

Se colocó el producto de la Sección II en una fijación de montaje aproximadamente 40 a 60 mm por debajo del objetivo de un estereomicroscopio Olympus SZH10 con aumento iluminado por una fuente de luz difusa con intensidad máxima. Se ajustó el microscopio usando un objetivo de 1,5 aumentos con ajuste de aumento en 2,5. Se ajustó la abertura del microscopio en un valor de 6. Se conectó la fijación de montaje a una etapa que contenía un disparador manual de plástico.

Con el fin de minimizar los efectos de la iluminación ambiental, se cubrieron los oculares del microscopio con cubiertas de plástico negro y material negro de bloqueo de luz. También se enrolló el material de bloque de luz de plástico negro alrededor del área de etapa de microscopio. Las áreas de barra colectora de cada lado de la célula electrocrómica se unieron a un suministro energético digital LAMBDA LLS5008 ajustado para proporcionar 1,2 voltios.

Se adquirieron imágenes usando un cámara digital de color AVT Stingray 145C montada sobre el microscopio usando un conector C-Mount. Se unió la cámara digital a un ordenador usando un cable FireWire 800 y una tarjeta Firewire PCI. Se adquirieron las imágenes usando un soporte lógico AVTs (SmartView 1,10). Se ajustó la cámara usando los siguientes ajustes: Formato = F7 Modo 0, Velocidad ISO = 400, Anchura = 1388, Longitud = 1038, Tiempo de Integración = 140 milisegundos, Relación elevada señal-ruido = 8 imágenes, fotogramas por segundo = 0,85 y se desconectaron las características de auto-ajuste, tales como equilibrado de blanco. Se adquirieron imágenes para 300 imágenes a una velocidad de 0,85 fotogramas por segundo. De las 300 imágenes, se adquirieron aproximadamente 24 imágenes con la tensión de la muestra desconectada, aproximadamente 100 imágenes con la tensión en 1,2 V, aproximadamente 100 imágenes con la tensión desconectada y aproximadamente 75 imágenes oscuras (disparador manual entre la fuente de luz y la muestra cerrado). Se promediaron las imágenes oscuras y se usaron para restar el ruido negro del sistema de la cámara en los perfiles mostrados a continuación. Se grabaron las imágenes en formato RAW.

Se analizaron los datos usando Igor Pro (versión 6,1 x) de WaveMetrics, configuradas para auto analizar todas las imágenes adquiridas durante la adquisición de datos. Se introdujeron las imágenes en Igo Pro y se convirtieron desde el formato RAW en formato RGB usando una función debayering de RGRG... GBGB... como viene indicado en el manual AVT Stringray. Además de convertir las imágenes de RAW en RGB, no se llevó a cabo procesado adicionales de imágenes sobre las imágenes analizadas y representadas por medio de las Figuras 1-9. Se recogieron las imágenes para la "no abertura" de la Figura 7 y "abertura fija" del Ejemplo Comparativo (poro de precisión de 300 micrómetros, montado, en Edmund Optics, NT56-285) de las Figuras 8 y 9 usando la misma configuración exceptuando que el tiempo de integración fue de 120 milisegundos y los fotogramas por segundo fueron 0,98. El perfil de intensidad extraído de cada imagen analizada fue a lo largo de una línea vertical a través del centro de la imagen.

Además, de analizar las imágenes en función del tiempo, se programó el soporte lógico para mostrar un perfil de "intensidad" de corte transversal del iris como función del tiempo. Nótese que los perfiles mostrados proceden de datos con la información promedio de imagen oscura sustraída a lo largo de las mismas coordenadas que el perfil. La imagen negra promedio fue un promedio de 60 a 75 fotogramas con el disparador de plástico en posición cerrada (sin luz presente). También nótese que los perfiles se extrajeron de las filas verticales de los datos y se promediaron aproximadamente +/- 8 pixeles para mejorar la relación de señal-ruido.

Sección IV - Resultados de Formación de Imágenes

Los perfiles de intensidad para el iris electrocrómico procedieron de imágenes tomadas para la Figura 1 en el tiempo 0, para la Figura 2 en aproximadamente 1 segundo, para la Figura 3 en aproximadamente 4 segundos, para la Figura 4 en aproximadamente 18 segundos y para la Figura 5 en aproximadamente 110 segundos. La Figura 6 muestra el ajuste de curva de una curva gaussiana sobre la línea de curva de respuesta verde de la Figura 5 tras 110 segundos. La Figura 7 representa el perfil sin abertura. La Figura 8 representa el Ejemplo Comparativo de una abertura fija de 300 micrómetros. Las imágenes analizadas del iris se recogieron por medio de un soporte lógico SmartView 1,10 (sin auto equilibrado de blanco aplicado antes de la adquisición de datos y posteriormente se fijó el equilibrado de blanco) y mostradas en Igor Pro. Los perfiles de intensidad de las figuras muestran las curvas roja, verde y azul (curva continua, línea discontinua grande y línea discontinua pequeñas, respectivamente) que proceden de filas verticales de datos de las imágenes.

Los perfiles de las Figuras 1-6 demuestran la función de un iris apodizado electrocrómico. Cuando la tensión se

- encuentra apagada, el iris está completamente abierto en la Figura 1. Cuando se aplican 1,2 V, el iris electrocrómico activa la formación de una abertura apodizada como viene demostrado tras aproximadamente 1 segundo en la Figura 2, tras aproximadamente 4 segundos en la Figura 3, tras aproximadamente 18 segundos en la Figura 4 y tras aproximadamente 110 segundos en la Figura 5. La Figura 6 demuestra como la respuesta verde (curva discontinua)
- 5 de la Figura 5 representa una distribución gaussiana (curva continua), que resulta útil para la apodización. El parámetro de anchura gaussiana obtenido usando las rutinas de ajuste gaussiano Igor Pro (con el parámetro de anchura resultante igual a $\text{Sqrt}(2) \cdot \text{error estándar}$) se convirtió en un cálculo más tradicional de entallado de haz para haces gaussianos [$2 \cdot \text{error estándar}$] dividiendo el parámetro de anchura Igor Pro entre $\text{Sqrt}(2)$ y multiplicando ese resultado por 2. La anchura gaussiana (entallado de haz) de la abertura apodizada fue de aproximadamente 316
- 10 micrómetros. El perfil de "abertura fija" del Ejemplo Comparativo (anchura de aproximadamente 300 micrómetros ± 10 micrómetros) se muestra en la Figura 8 y se aplica el ajuste de curva gaussiana al perfil de la Figura 9. El perfil de la Figura 9 demuestra claramente la diferencia entre una abertura apodizada (curva continua) y una abertura fija (curva discontinua). La Figura 7 demuestra un perfil sin abertura alguna.
- 15 Mientras que se han descrito anteriormente realizaciones particulares de la presente invención para fines ilustrativos, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar numerosas variaciones de los detalles de la presente invención sin alejarse de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento óptico que comprende una abertura apodizada electrocrómica, es decir una abertura que tiene una transición suave y gradual de sus propiedades ópticas de transmisión a lo largo de su radio, teniendo el elemento óptico una transmitancia de luz variable en respuesta a la magnitud de una tensión eléctrica aplicada, comprendiendo la abertura apodizada
- (i) un primer sustrato que tiene una superficie interna plana y una superficie externa, donde la superficie interna plana tiene una capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la misma;
- (ii) un segundo sustrato que tiene una superficie externa y una superficie interna no plana opuesta a la superficie interna plana del primer sustrato, donde la superficie interna no plana tiene una capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la misma; y
- (iii) un medio electrocrómico dispuesto entre la superficie plana interna del primer sustrato y la superficie interna no plana del segundo sustrato,
- donde una región central de la abertura apodizada electrocrómica es una región pupilar, donde en la región pupilar la cantidad de medio electrocrómico es significativamente menor que en el resto de la abertura apodizada y donde el material conductor transparente sobre al menos una de la superficie interna del primer sustrato y la superficie interna del segundo sustrato está eléctricamente aislada en la región pupilar.
2. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde los índices de refracción del segundo sustrato y el medio electrocrómico son iguales, o donde el índice de refracción del primer sustrato es el mismo que los índices de refracción del segundo sustrato y del medio electrocrómico.
3. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde la superficie interna no plana del segundo sustrato es convexa.
4. El elemento óptico de la reivindicación 3; donde hay formada una cavidad entre la superficie interna plana del primer sustrato y la superficie interna convexa del segundo sustrato, y donde las capas al menos parciales de materiales conductores transparentes de cada una de la superficie interna plana y la superficie interna convexa comprenden una capa al menos parcial que comprende óxido de estaño e indio, y el medio electrocrómico está dispuesto dentro de la cavidad.
5. El elemento óptico de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 4, donde al menos una de la superficie externa del primer sustrato y la superficie externa del segundo sustrato es plana.
6. El elemento óptico de la reivindicación 4, donde los índices de refracción del segundo sustrato y el medio electrocrómico difieren en no más de +/- 0,003 o donde los índices de refracción del primer sustrato, el segundo sustrato y el medio electrocrómico difieren en no más de +/- 0,003.
7. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde
- a) la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie interna plana del primer sustrato y la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie no plana del segundo sustrato proporciona una conductividad superficial que varía de 1 a 1000 ohmios/cuadrado; o
- b) la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie interna no plana del segundo sustrato se opone y está separada de la capa al menos parcial de material conductor transparente sobre la superficie plana interna del primer sustrato.
8. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde la superficie interna no plana del segundo sustrato está esencialmente libre de la capa al menos parcial de material conductor transparente de la región pupilar.
9. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde el medio electrocrómico comprende un medio electrocrómico de fase de disolvente, preferentemente en forma de un líquido.
10. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde
- a) la abertura apodizada tiene una transición de sus propiedades ópticas de transmisión a lo largo de su radio **caracterizado por** una curva gaussiana; o
- b) el espesor del medio electrocrómico aumenta a lo largo de un radio de la abertura apodizada; o
- c) donde el espesor del medio electrocrómico varía de acuerdo con la superficie interna no plana del segundo sustrato; o
- d) las capas al menos parciales de material conductor transparente comprenden un material conductor transparente seleccionado entre nanotubos de carbono, oro, óxido de estaño, óxido de estaño dopado con flúor y/o óxido de estaño e indio.

11. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde el primer sustrato y el segundo sustrato comprenden materiales iguales o diferentes, seleccionados entre:
- 5 a) un vidrio que tiene preferentemente un índice de refracción de 1,40 a 1,75; o
b) un material polimérico que tiene preferentemente un índice de refracción de 1,30 a 1,75 o donde el material polimérico comprende policarbonatos, poliuretanos, olefinas poli(cíclicas), poliestirenos, polimetacrilatos, copolímeros de los mismos o mezclas de cualquiera de los materiales poliméricos anteriores.
12. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde el primer sustrato y el segundo sustrato son transparentes.
- 10 13. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde el medio electrocrómico comprende compuestos de fenazina y/o compuestos de viológeno o donde el medio electrocrómico comprende carbonato de propileno, benzonitrilo y/o fenoxiacetonitrilo.
- 15 14. El elemento óptico de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 4, donde la abertura apodizada electrocrómica comprende además al menos un miembro de sellado en el perímetro externo de la abertura apodizada y en contacto con el primer sustrato, el segundo sustrato y el medio electrocrómico.
- 20 15. El elemento óptico de la reivindicación 1, donde la superficie externa del primer sustrato y/o la superficie externa del segundo sustrato está revestida al menos parcialmente con al menos un revestimiento escogido entre revestimientos protectores, revestimientos anti-formación de niebla, revestimientos de barrera frente a oxígeno, revestimientos anti-reflectantes, revestimientos de absorción de IR, revestimientos reflectantes de IR y/o revestimientos reflectantes convencionales.

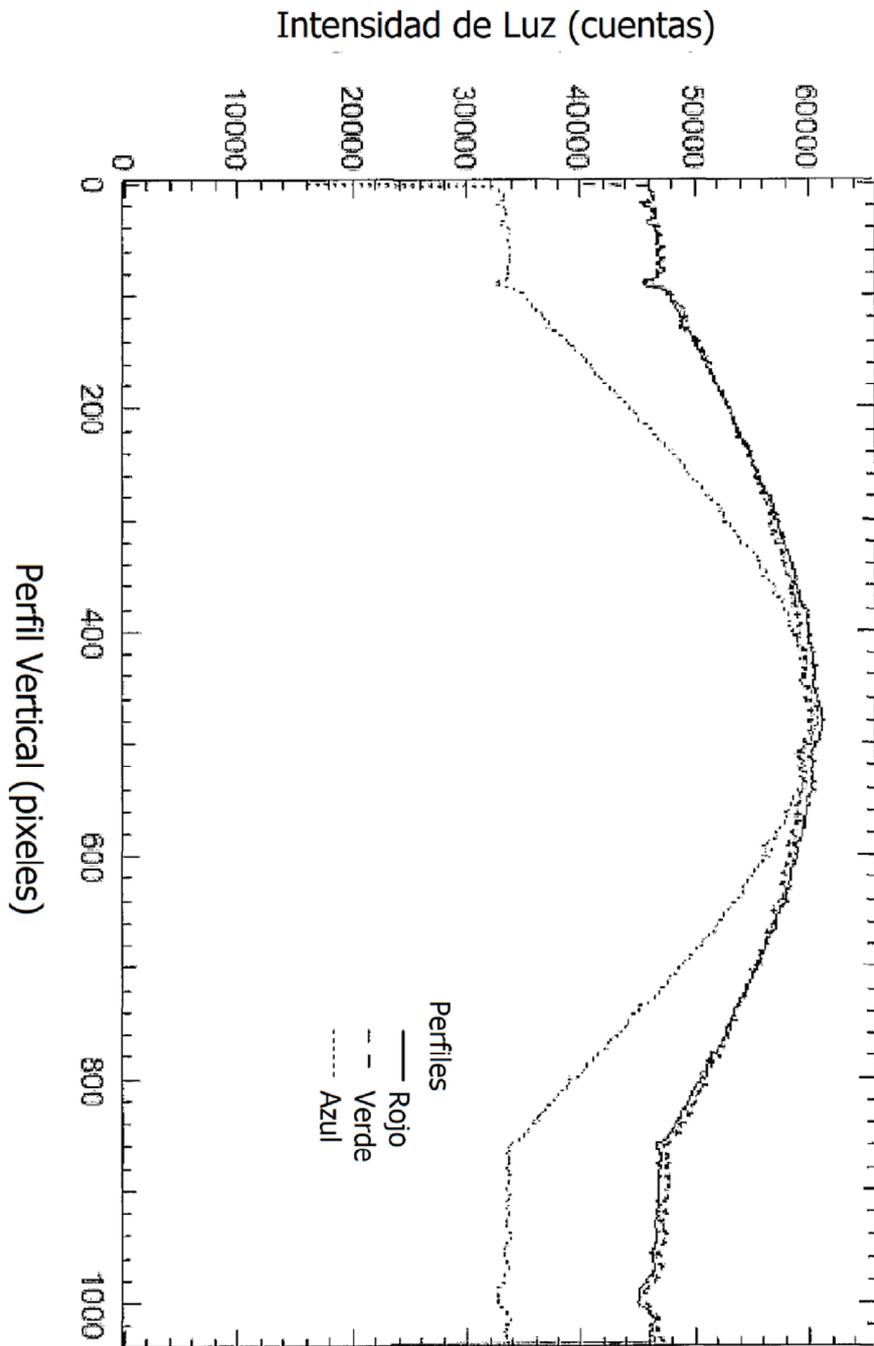


FIG. 1

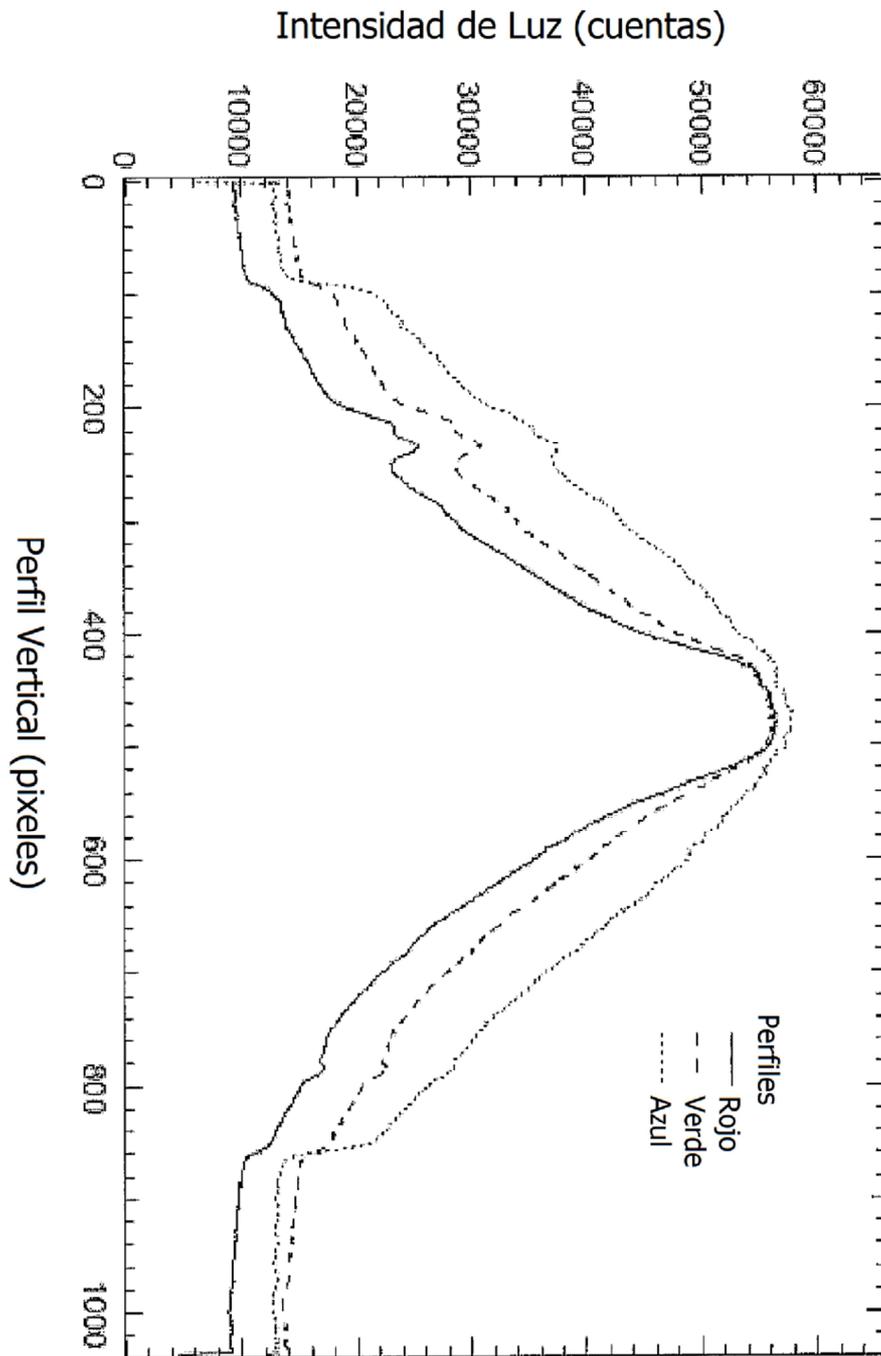


FIG. 2

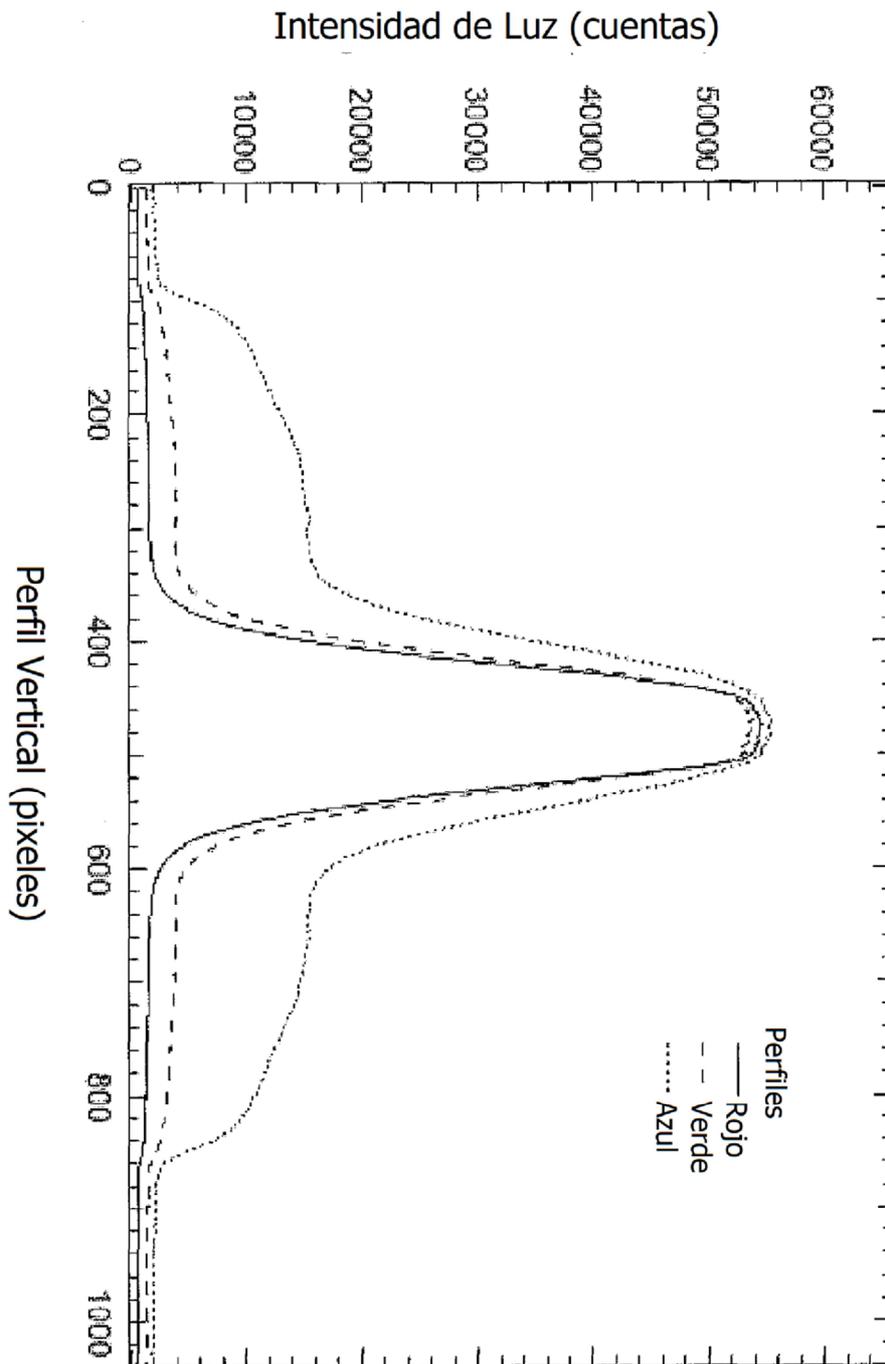


FIG. 3

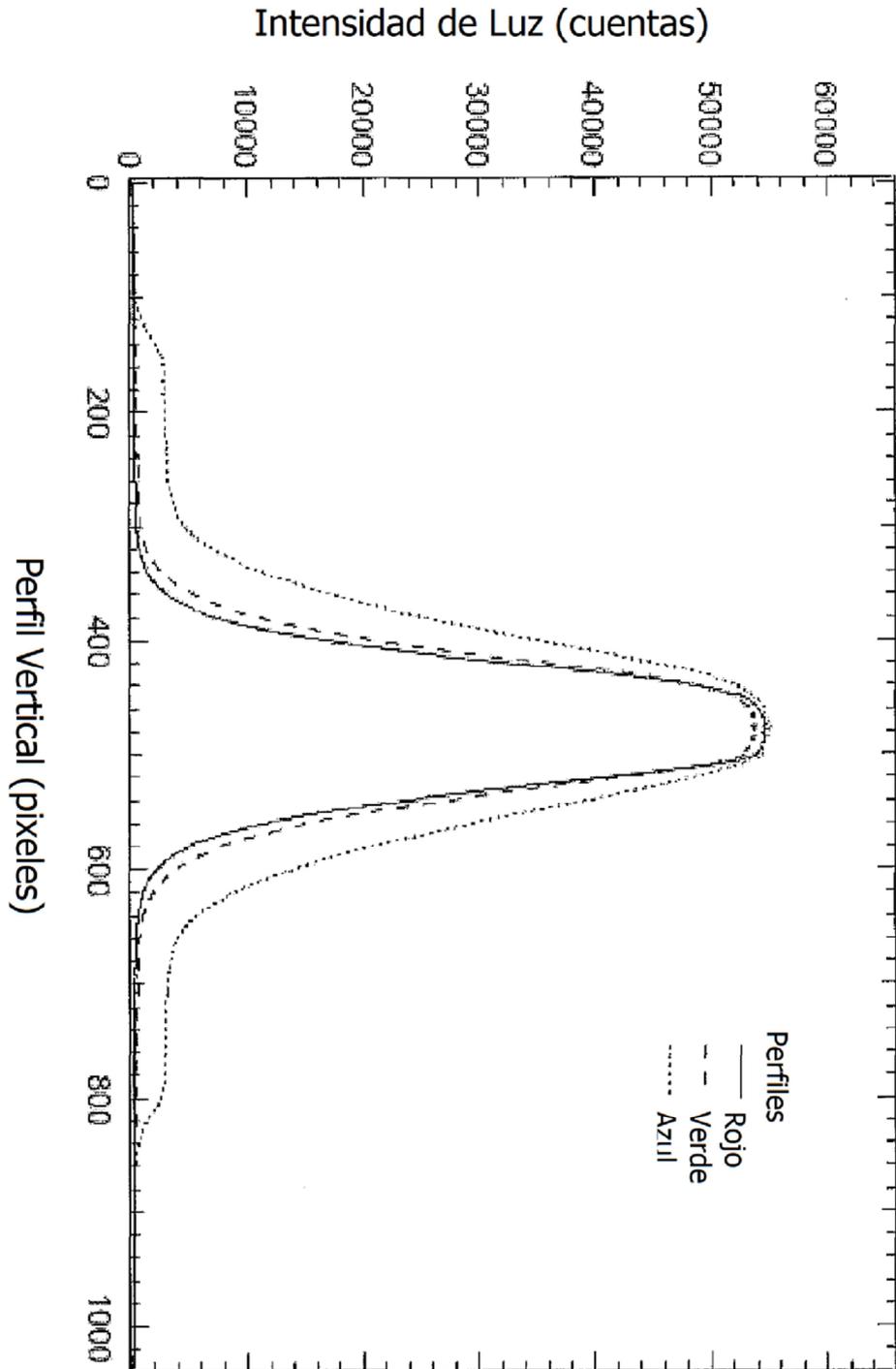


FIG. 4

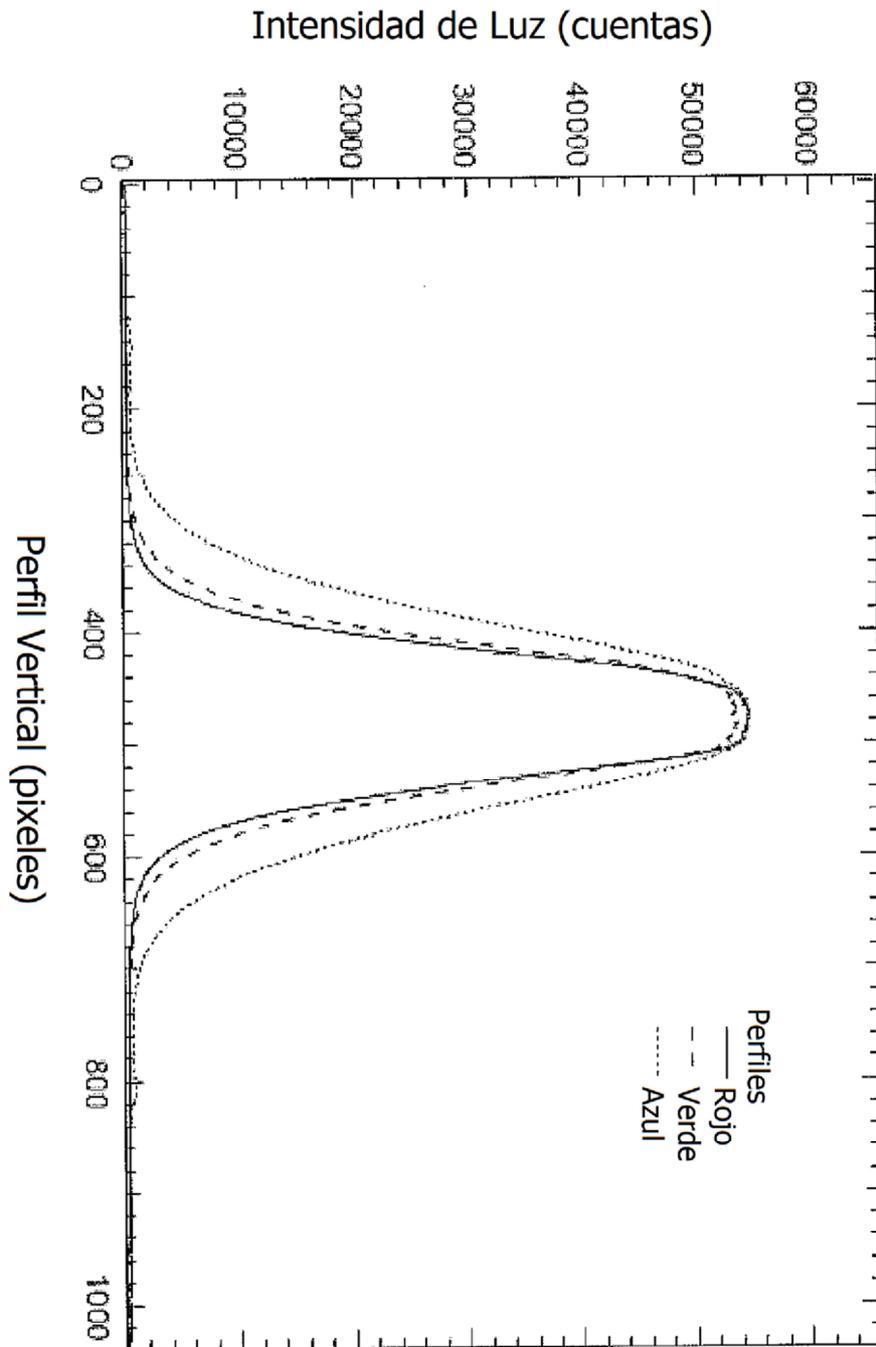


FIG. 5

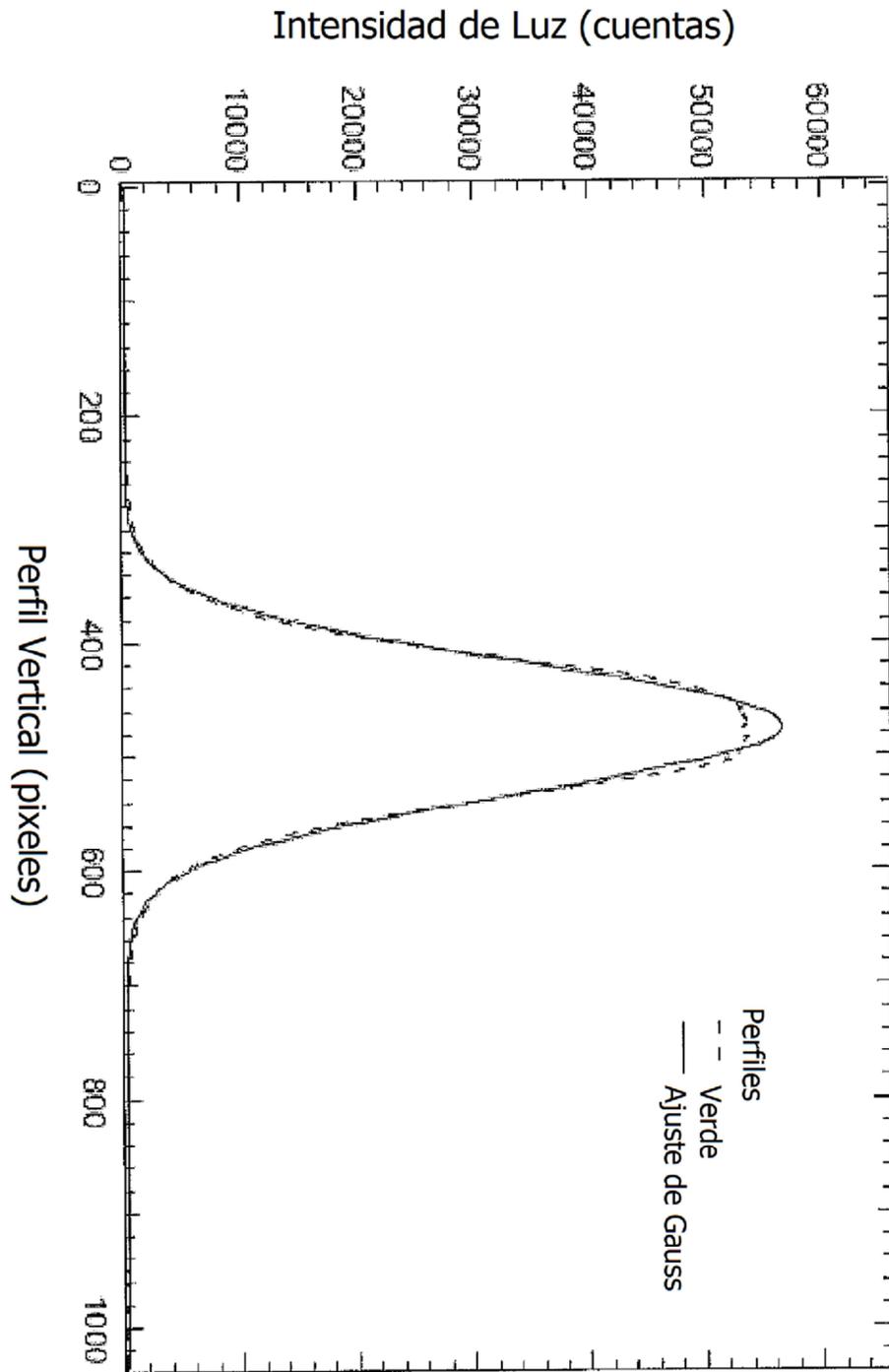


FIG. 6

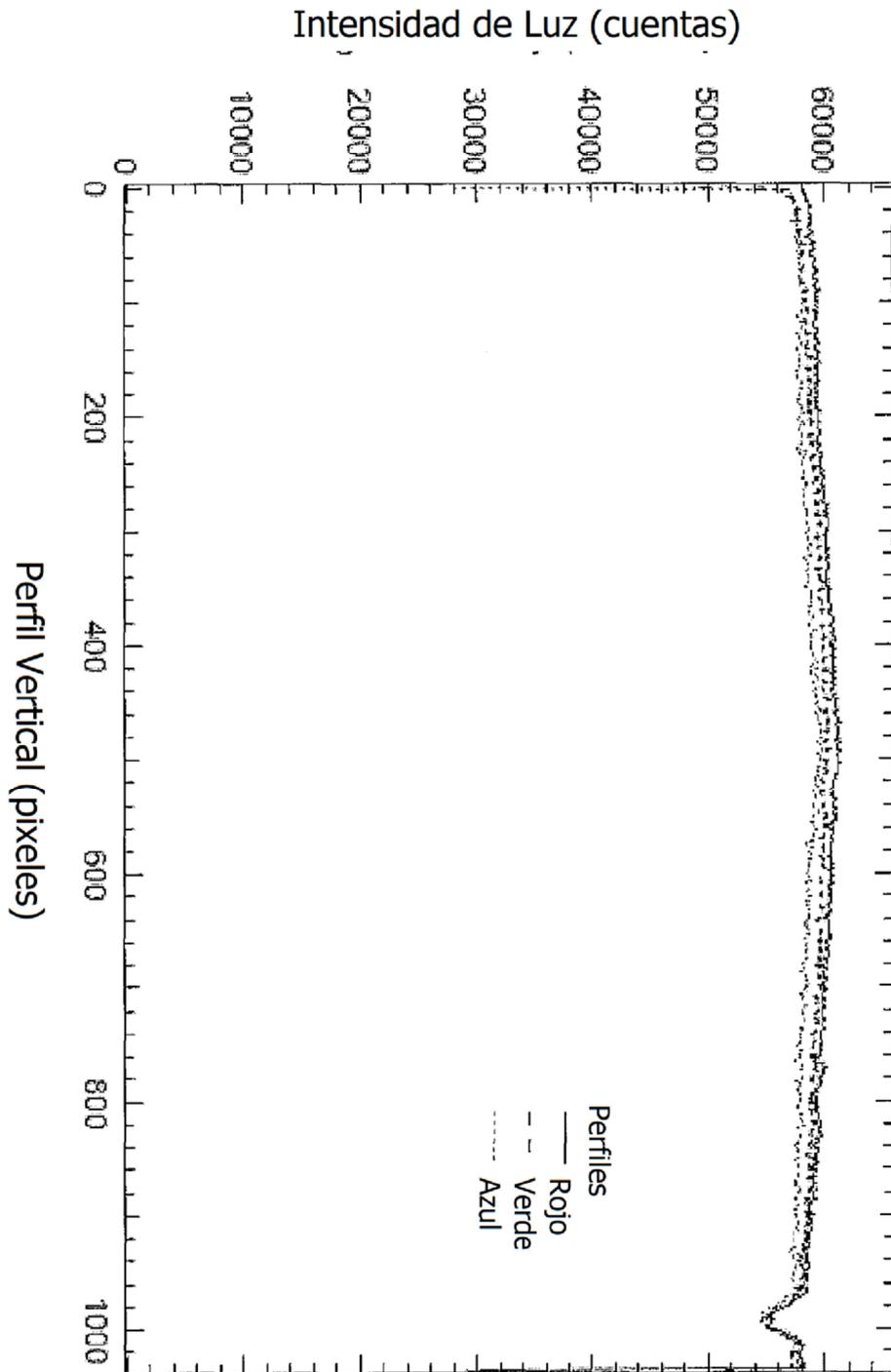


FIG. 7

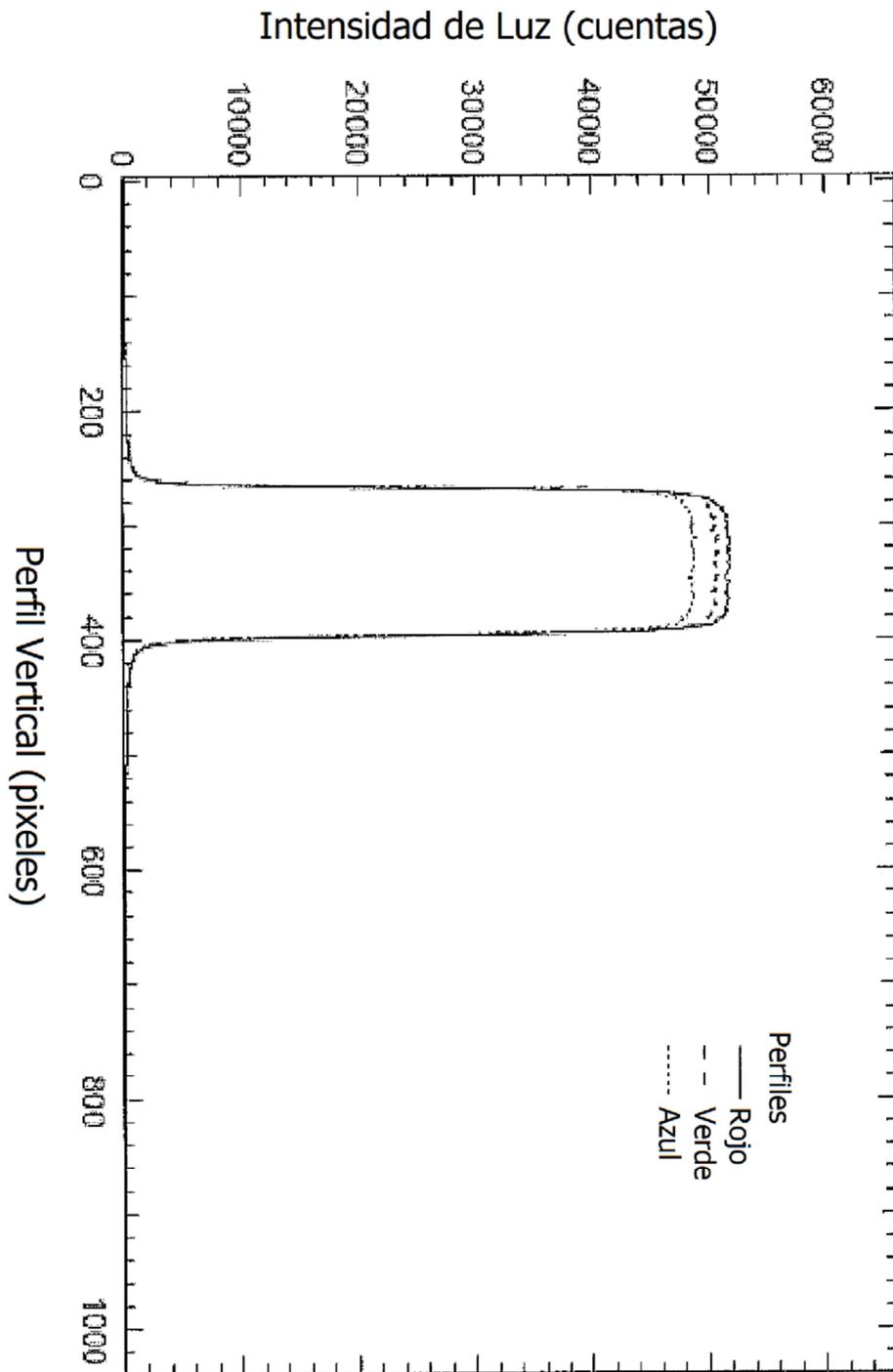


FIG. 8

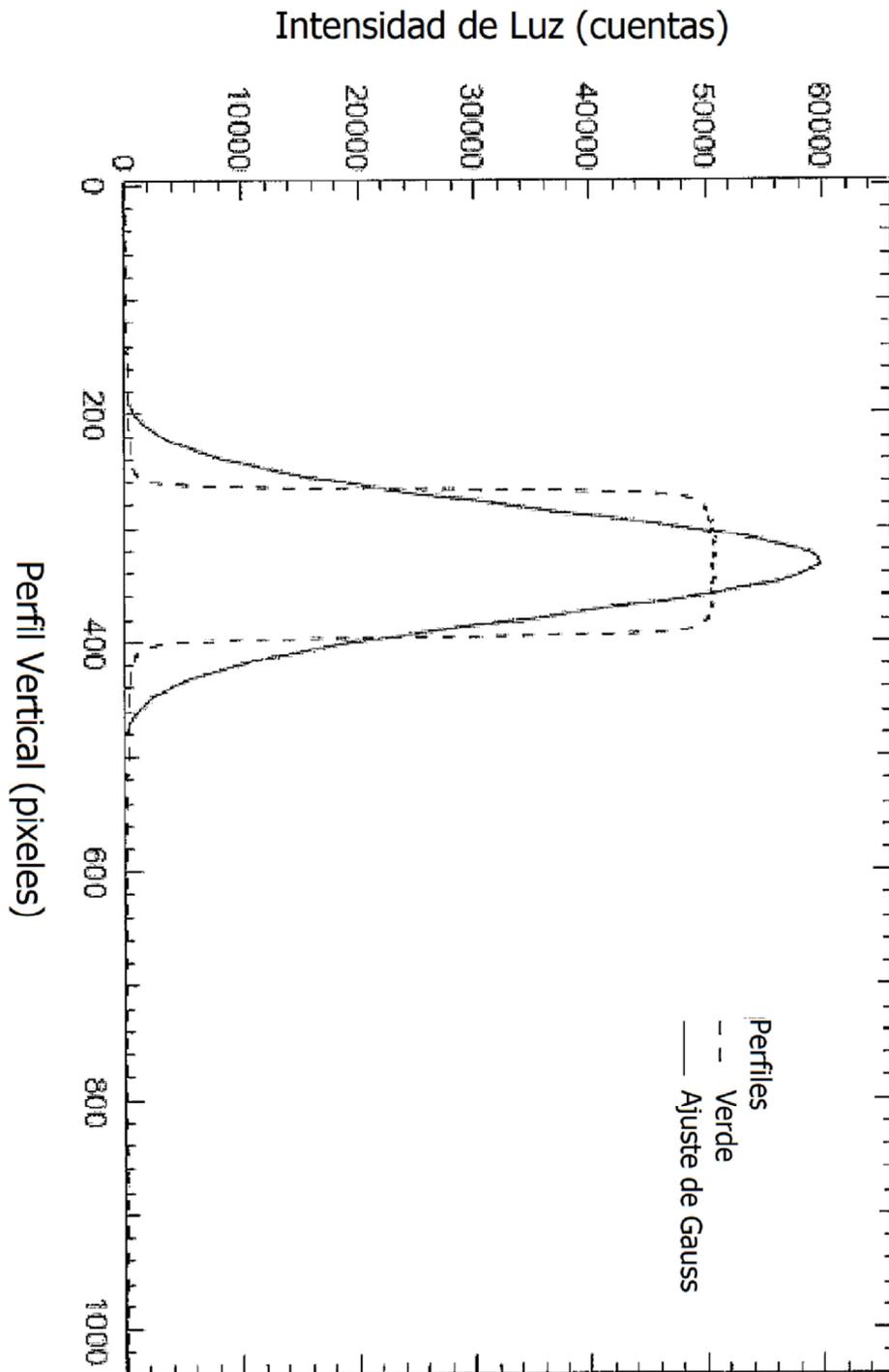


FIG. 9