

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 509**

51 Int. Cl.:

G02F 1/1343 (2006.01)

G02F 1/1345 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

G02F 1/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2010 E 12162036 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2477068**

54 Título: **Lentes electro-ópticas de cristal líquido adaptables**

30 Prioridad:

19.06.2009 US 269110 P
17.06.2010 US 802943

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2015

73 Titular/es:

KENT STATE UNIVERSITY (100.0%)
East Main & Lincoln Streets
Kent, OH 44242, US

72 Inventor/es:

BOS, PHILIP;
BRYANT, DOUGLAS;
SHI, LEI y
WALL, BENTLEY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 535 509 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

Lentes electro-ópticas de cristal líquido adaptables

5 **Referencia cruzada**

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad conforme a 35 U.S.C. § 119 de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con N° de Serie 61/269.110 presentada el 19 de junio de 2009.

10 **Declaración de interés gubernamental**

El Gobierno de Estados Unidos ha pagado la licencia para las investigaciones y el derecho, en circunstancias limitadas, a requerir al propietario de la patente que dé licencia a otros en términos razonables, según lo recogido por los términos del contrato número FA 7014-07-C-0013 adjudicado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos.

15 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a lentes electro-ópticas, que incluyen cristales líquidos, en las que la potencia de las lentes puede modificarse por aplicación de un campo eléctrico. En una realización, las lentes basadas en cristal líquido incluyen electrodos de anillo que tienen un puente resistivo localizado entre electrodos adyacentes y, en una realización preferida, las conexiones de entrada para varios anillos de electrodo están separadas en la lente. En una realización adicional, se proporcionan lentes basadas en cristal líquido que pueden aumentar la potencia óptica mediante el uso de restablecimiento de fase, en la que en una realización una lente incluye electrodos de anillo sobre las superficies de los sustratos en lados opuestos de la célula de cristal líquido, de manera que puede añadirse un término de fase fija a cada conjunto de electrodos, que permite que el cambio de fase a través de cada grupo de electrodos sea el mismo y también que coincida con respecto a uno previo.

Antecedentes de la invención

30 Se conocen lentes electro-ópticas que utilizan cristal líquido birrefringente para alterar su potencia óptica. Tienen la ventaja inherente sobre las lentes ópticas de vidrio o plástico convencionales de ser capaces de alterar su potencia óptica por la aplicación sensata de un campo eléctrico. Un inconveniente de las lentes electro-ópticas de cristal líquido existentes es que el número de potencias ópticas que puede generar una lente individual actualmente está limitado.

35 Una estructura básica de las lentes electro-ópticas de cristal líquido es la de una capa fina de cristal líquido intercalada entre dos sustratos transparentes. Sobre las superficies internas de cada sustrato, se forma una estructura de electrodo metálico transparente. Se forma una capa de alineación encima de las capas de electrodo para establecer una orientación específica de las moléculas de cristal líquido cuando no hay campo eléctrico presente. Se establece un campo eléctrico a través de la capa de cristal líquido cuando se aplica tensión sobre una capa de electrodo y se crea un potencial eléctrico entre los electrodos. Si la estructura del electrodo tiene un diseño, se crea un gradiente en el campo que da lugar a un gradiente en el índice de refracción de la capa de cristal líquido. Con el diseño apropiado de la estructura del electrodo y las tensiones aplicadas, puede fabricarse una lente electro-óptica.

45 Se han diseñado y fabricado lentes electro-ópticas de cristal líquido que utilizan estructuras de electrodo para generar varias potencias ópticas con una sola lente.

50 La estructura básica de una lente electro-óptica esférica de cristal líquido es la de un diseño de electrodo de anillo circular, donde los electrodos transparentes en uno o ambos sustratos consisten en anillos tóricos, eléctricamente aislados de los anillos vecinos. Los diseños previos de estas lentes son restrictivos en el sentido de que las anchuras del electrodo de anillo y el espaciado a menudo determinan la potencia óptica de la lente. Sin embargo, si pudiera fabricarse y abordarse individualmente un número muy grande de electrodos muy estrechos, en teoría, una lente de este tipo podría generar un número muy grande de potencias ópticas.

55 Considerando que el cambio de fase óptica entre cada electrodo adyacente debería ser menor de aproximadamente 1/8 de una onda y que el cambio de fase total a través de una lente podría ser tan alto como 100 ondas, parece que podría requerirse una estructura de electrodo que consiste en cientos de anillos rodeados por cientos de conexiones de entrada al dispositivo para una adaptación continua. Sin embargo, esto no es una solución aceptable, puesto que la fotolitografía necesaria para crear tal estructura de electrodo sería abrumadora. Además, la fabricación de una estructura de buss para conectar y dirigir eléctricamente cada electrodo sería una tarea desproporcionada y haría al dispositivo resultante extremadamente complejo y difícil de manejar.

65 El uso de una envoltura de fase puede ayudar a mitigar el problema de fabricar cientos de conexiones de entrada a la lente. Se ha mostrado previamente en "Liquid Crystal Based Electro-Optic Diffractive Spectacle Lenses and Low Operating Voltage Nematic Liquid Crystals" de Joshua Naaman Haddock, una disertación presentada en la Facultad

del Colegio de Ciencias Ópticas en el cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de Doctor en Filosofía en la Escuela de Postgrado de la Universidad de Arizona en 2005, que los electrodos pueden agruparse de tal manera que el cambio de fase sobre un grupo es de aproximadamente una onda. De esta manera, el número de conexiones de entrada está limitado al número de anillos en cada grupo. Sin embargo, este esquema solo proporciona alta eficacia si el cambio de fase a través de cada grupo de electrodos es muy cercano a un múltiplo de una onda. De esta manera, el cambio de fase a través de cada grupo de electrodos no puede cambiarse de una manera continua y, como resultado, la lente no puede adaptarse continuamente a múltiples potencias.

La Publicación de Estados Unidos N° 2008/0212007 se refiere a un dispositivo electro-óptico que comprende una capa de cristal líquido entre un par de sustratos transparentes opuestos; un conjunto electrodo con diseño resistivo situado entre la capa de cristal líquido y la superficie orientada hacia dentro del primer sustrato transparente; y una capa conductora entre la capa de cristal líquido y el sustrato orientado hacia dentro del segundo sustrato transparente, en el que la capa conductora y el conjunto de electrodo con diseño están conectados eléctricamente y en el que dicho conjunto de electrodo con diseño resistivo comprende uno o más electrodos separados eléctricamente, en el que la caída de tensión deseada se aplica a través de cada electrodo para proporcionar el perfil de retardo de fase deseado.

La Publicación de Estados Unidos N° 2006/0273284 se refiere a una lente de cristal líquido que comprende una pluralidad de electrodos de anillo. Los electrodos de anillo se proporcionan sobre diferentes niveles en cada sustrato y están parcial o completamente solapados entre sí.

Sumario de la invención

Un objetivo de la invención es proporcionar una lente basada en cristal líquido adaptable, como se cita en la reivindicación independiente adjunta. Otros aspectos de la invención se citan en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

La invención se entenderá mejor y otras características y ventajas resultarán evidentes al leer la descripción detallada de la invención, tomada junto con los dibujos, en los que:

La Figura 1 es una vista superior de un sustrato utilizado para formar una lente óptica basada en cristal líquido que contiene electrodos de anillo, en el que los electrodos adyacentes están conectados por puentes resistivos;

La Figura 2 ilustra una vista superior cerrada de una porción del sustrato con diseño ilustrado en la Figura. 1 que incluye el área 2-2, que ilustra particularmente un puente resistivo;

La Figura 3 es una vista superior de un ejemplo de una línea de buss conectada a un electrodo de anillo a través de una vía en el aislante;

La Figura 4 es una vista en sección transversal de un ejemplo de una lente adaptable basada en cristal líquido;

La Figura 5 es una vista superior de un ejemplo adicional de una estructura alterna para el puente resistivo localizado entre los electrodos de anillo;

La Figura 6 es una vista superior de un ejemplo de un sustrato que incluye una capa de electrodo que comprende electrodos de anillo sobre la misma;

La Figura 7 es una vista superior de un ejemplo de una línea de buss conectada a un electrodo de anillo a través de una vía en el aislante;

La Figura 8 es una vista superior de un ejemplo de un sustrato opuesto que contiene una pluralidad de anillos de electrodo sobre la misma;

La Figura 9 es una vista en sección transversal de un diseño de dos capas para conexiones de línea de entrada para una porción de un dispositivo de la presente invención; y

La Figura 10 es una vista en sección transversal de un ejemplo adicional de una lente adaptable basada en cristal líquido de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Los dispositivos electro-ópticos de la presente invención son lentes que son eléctricamente adaptables y comprenden una capa de cristal líquido localizada entre sustratos transparentes, en los que el material de cristal líquido puede realinearse en presencia de un campo eléctrico. Cuando se aplica tensión a través de la celda que contiene el material de cristal líquido, cambia el eje de orientación del material de cristal líquido, con lo que el uso de la estructura de electrodo con diseño crea un gradiente en el campo que produce un gradiente en el índice de

refracción de la capa de cristal líquido. La longitud focal de la lente se adapta ajustando el campo eléctrico aplicado.

Lente adaptable sin envoltura de fase

5 Haciendo referencia ahora a los dibujos, la Figura 4 ilustra una vista en sección transversal de una porción de un ejemplo de un dispositivo electro-óptico 10 de la presente invención. El dispositivo 10 incluye un par de sustratos 20, 22, preferiblemente planos y dispuestos en paralelo entre sí en una realización. Los sustratos se mantienen a una distancia separados por espaciadores, no mostrados. El intervalo de separación puede variar, y en una realización es de aproximadamente 5 a aproximadamente 100 micrómetros. Una capa de electrodo 30 está presente sobre el sustrato inferior 20 y una capa de electrodo 32 está presente sobre el sustrato superior 22, con la capa de electrodo inferior 30 ilustrada como electrodo con diseño, como se explica adicionalmente en este documento. Una capa de alineación 50 está presente sobre el sustrato 20, 22, preferentemente sobre las capas de electrodo 30, 32. Una capa de cristal líquido 60 está presente entre los sustratos 20, 22 y en contacto con las capas de alineación 50. Como se utiliza en este documento, el término "capa" no requiere un espesor uniforme y pueden estar presentes imperfecciones o espesores no uniformes siempre y cuando la capa realice su fin pretendido.

20 Dado que el dispositivo 10 es una lente, los sustratos 20, 22 deben proporcionar una transmisión óptica deseada y preferentemente son transparentes. Los sustratos 20, 22 pueden ser planos o pueden ser curvos. Pueden utilizarse diversos materiales como se sabe en la técnica, tales como vidrios, cuarzo o un polímero, siendo el preferido el vidrio. El sustrato preferentemente es un material no birrefringente, alineado o compensado para minimizar el efecto de su birrefringencia.

25 Las capas de electrodo conductor 30, 32 pueden depositarse sobre un sustrato por cualquier método conocido. Preferentemente, el electrodo con diseño 30 se forma utilizando un proceso foto-litográfico. El material de la capa de electrodo puede ser cualquier material conductor sustancialmente transparente inorgánico. Los ejemplos de materiales adecuados incluyen óxidos metálicos tales como óxido de indio, óxido de estaño y óxido de indio y estaño, y preferentemente es óxido de indio y estaño. El espesor de la capa de electrodo conductor generalmente es de aproximadamente 100 a aproximadamente 2.000 angstrom. La capa de electrodo debe ser suficientemente gruesa para proporcionar la conductividad deseada. La resistividad de la capa de electrodo conductor generalmente es de aproximadamente 10 a aproximadamente 1.000 ohms/sq y es preferentemente de aproximadamente 10 a aproximadamente 200 o 300 ohms/sq.

35 La capa de alineación 50 se usa para inducir una orientación direccional particular en el cristal líquido cuando no se aplica tensión al dispositivo 10. Se conocen en la técnica diversos materiales adecuados para su uso como capas de alineación incluyendo, pero sin limitación, poliimida y alcohol polivinílico. El espesor de la capa de alineación 50 debería ser suficiente para conferir la orientación direccional deseada al material de cristal líquido, tal como de aproximadamente 100 a aproximadamente 1.000 angstrom. Como se sabe en la técnica, la capa de alineación 50 se trata por frotado en algunas realizaciones para conferir una orientación molecular sustancialmente homogénea al material de cristal líquido antes de aplicar un campo eléctrico al material.

40 En general, puede utilizarse cualquier material de cristal líquido que tenga un orden orientacional que pueda controlarse en presencia de un campo eléctrico, incluyendo cualquier fase nemática, esméctica o colestérica que formen los cristales líquidos, o los cristales líquidos que contienen polímero tal como cristales líquidos de polímero, cristales líquidos dispersados en polímero o cristales líquidos estabilizados con polímero. En una realización se prefieren cristales líquidos nemáticos. Las características deseables que poseen los materiales de cristal líquido adecuados incluyen la capacidad de alinear el cristal líquido sin mucha dificultad, un tiempo de conmutación rápido, y un umbral de tensión bajo.

50 La Figura 1 ilustra un ejemplo de un sustrato 22 que tiene una capa de electrodo 30 presente en el mismo. La capa de electrodo 30 contiene un diseño e incluye una pluralidad de electrodos tal como en forma de anillos 34 que rodean un anillo en forma de un disco central 35, en el que los anillos adyacentes y el anillo más interno 34 y el disco 35 están separados eléctricamente entre sí por un hueco eléctricamente aislante 36, con excepción de un puente resistivo 38 como se describe adicionalmente en este documento. El hueco aislante 36 es un espacio abierto localizado entre electrodos adyacentes o puede ser un material aislante no conductor tal como dióxido de silicio. En una realización preferida, se dice que el hueco 36 es un espacio abierto. Los anillos 34 preferentemente son sustancialmente anulares y concéntricos, aunque puede que no todos estén formados una forma geométrica perfecta debido al material y las técnicas de procesamiento utilizadas. Es decir, el término "anillo" como se utiliza en este documento abarca estructuras que son similares a un anillo, por ejemplo anillos elípticos. Análogamente, el disco 35 preferentemente es sustancialmente circular, aunque también puede tener forma de anillo. Los electrodos pueden estar en el mismo plano o en diferentes planos separados por un aislante, con lo que el puente resistivo 38 podría conectar electrodos en diferentes planos.

60 La anchura de los anillos se ajusta de manera que la diferencia de fase máxima entre electrodos adyacentes sea menor que aproximadamente 1/8 de onda en una realización.

65

El número de electrodos presentes en el sustrato, es decir, ambos anillos 34 y el disco central 35, puede variar. En una realización, generalmente están presentes de aproximadamente 20 a aproximadamente 2.000 y preferentemente de aproximadamente 50 a aproximadamente 200 electrodos en total sobre un sustrato.

5 De acuerdo con un ejemplo, al menos un grupo de electrodos, es decir, dos o más electrodos, y preferentemente todos o sustancialmente todos los electrodos presentes, son parte de una red divisora resistiva. La estructura de electrodo está diseñada de manera que puede establecerse una serie de cambios sustancialmente lineales en el retardo de fase entre electrodos adyacentes, que producirá el perfil de fase r^2 parabólico requerido para generar una óptica de enfoque. La red divisora resistiva comprende un puente resistivo 38 que tiene una resistencia deseada que
 10 conecta anillos de electrodo adyacente 34, o un anillo 34 y un disco 35, como se muestra en las Figuras 1, 2 y 5. Dependiendo del diseño del dispositivo, el divisor resistivo o puente 38 pueden tener una resistencia generalmente de aproximadamente 100 a aproximadamente 2.000 ohms y preferentemente de aproximadamente 800 a aproximadamente 1.200 ohms. El puente resistivo 38 comprende una trayectoria de resistencia que comprende un material eléctricamente conductor, preferentemente rebordeado por un material no conductor o un área libre de
 15 material conductor que ayuda a crear la resistencia deseada entre cada electrodo adyacente 34, 35.

El material conductor del puente de electrodo puede ser cualquier material como se define para la capa de electrodo conductor 30. El material de la capa de electrodo conductor 30 puede ser diferente del material conductor del puente resistivo, pero preferentemente es el mismo material. En una realización, el óxido de indio y estaño es el material conductor preferido del puente resistivo. Como un beneficio importante de la presente invención, se utiliza el método utilizado para crear la capa de electrodo deseado 30, por ejemplo fotolitografía, para crear el diseño de cada puente resistivo 38. De esta manera, la capa de electrodo con diseño y los puentes resistivos se crean utilizando fotolitografía en una sola etapa de proceso. De esta manera, no se requieren materiales o etapas de proceso
 20 adicionales para formar la red resistiva.

25 Además, se da el caso de que el cambio de fase del cristal líquido con la tensión también es lineal, que una lente adaptable continuamente puede fabricarse con solo dos conexiones de entrada, una en el anillo más interno, es decir el disco 35, y una conexión en el anillo de electrodo más externo, limitando de esta manera la necesidad de múltiples líneas de buss. Este ejemplo es especialmente útil cuando solo se utiliza una pequeña porción del cambio de fase disponible del dispositivo de cristal líquido.
 30

En un ejemplo en el que la relación de tensión frente a fase del dispositivo de cristal líquido se considera lineal sobre una pequeña porción del posible cambio de fase parabólico, es preferible conectar cada electrodo por un puente resistivo fijo y después proporcionar una conexión de entrada para varios anillos de electrodo separados
 35 uniformemente sobre la lente. En una realización, una conexión de entrada está conectada cada n-ésimo anillo de electrodo, en el que n es 2 o mayor. Por lo tanto, en una realización, es deseable proporcionar una conexión de entrada conectada en el anillo o disco más interno 35 y proporcionar conexiones de entrada adicionales basándose en el número de anillos, por ejemplo de aproximadamente 10 a aproximadamente 100 anillos de electrodo y preferentemente de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 anillos de electrodo. Por ejemplo, en una realización donde el sustrato 22 incluye 100 electrodos de anillo, en el que uno de los electrodos de anillo es un electrodo de disco más interno, los electrodos 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 están provistos de conexiones de entrada. De esta manera, en esta realización, solo se requiere que la relación de fase frente a tensión para el material de cristal líquido sea lineal sobre 1/10 del intervalo del enfoque previo en el que no se utilizaron puentes resistivos. Análogamente, en un ejemplo en el que se emplean 20 conexiones de entrada, la linealidad solo se requiere sobre 1/20 del intervalo completo o cada quinto electrodo. La Figura 1 ilustra una conexión de entrada
 40 70, cada una conectada al primer electrodo y el décimo electrodo de la capa de electrodo 30.
 45

Las conexiones de entrada 70 a los electrodos deseados pueden colocarse en el lado del electrodo más cercano al sustrato o el lado opuesto del electrodo, lejos del sustrato. Las conexiones de entrada se forman preferentemente depositando un material aislante, tal como dióxido de silicio, entre la capa de electrodo y la conexión de entrada. Cada conexión de entrada se conecta al electrodo apropiado a través de una vía en el aislante, tal como se muestra en la Figura 3. En una realización en la que una conexión de entrada está localizada en el lado de un electrodo lejos del sustrato, la conexión de entrada puede fabricarse depositando una capa fina de aislante sobre la capa de electrodo y después desarrollando una línea de conexión de entrada sobre la capa de aislante para cada conexión
 50 de entrada.
 55

En un ejemplo, una capa de cristal líquido, que por ejemplo comprende el cristal líquido 18349 disponible en Merck, que tiene un espesor de aproximadamente 25 μm dará una potencia óptica de aproximadamente 0,5 dioptrías para un diámetro de lente de aproximadamente 1 cm. Puede conseguirse una mayor potencia óptica aumentando el espesor de la capa de cristal líquido, pero eventualmente la no linealidad en los campos degradará el rendimiento óptico; el tiempo de relajación de conmutación entre las diversas potencias también aumentará con el espesor de cristal líquido. Puede conseguirse potencia óptica adicional apilando múltiples dispositivos electro-ópticos
 60 10.

Se aplica una tensión apropiada al dispositivo 10, en concreto a la capa de electrodo 30 a través de las conexiones de entrada 70, como saben los expertos habituales en la materia. La capa de electrodo sin diseño 32 sirve como toma de tierra. Se aplica tensión al dispositivo 10 basándose en un número de factores que incluyen, aunque sin
 65

limitación, el material de cristal líquido utilizado y el espesor del material de cristal líquido entre los electrodos. Se conocen varios métodos en la técnica para controlar la tensión aplicada al electrodo, por ejemplo un circuito, un procesador o un microprocesador.

5 Lente adaptable con envoltura de fase

Una realización adicional de la presente invención se refiere a un dispositivo electro-óptico adaptable que utiliza envoltura de fase. El dispositivo tiene la ventaja de conseguir una mayor potencia óptica mediante el uso de restablecimientos de fase.

10 En contraste con el método de envoltura de fase descrito en los antecedentes, la realización de la presente invención no requiere que cada anillo de electrodo tenga una conexión de salida individual, aunque al mismo tiempo permite una lente con envoltura de fase que es adaptable.

15 En esta realización, los electrodos con diseño se proporcionan en ambas superficies del sustrato, a cada lado del material de cristal líquido y, de esta manera, puede añadirse un término de fase "pistón" fijo a cada conjunto de electrodos en una sección de la estructura de electrodo quemada. Esto permite que el cambio de fase a través de cada grupo de electrodos sea el mismo y después también que la fase coincida con respecto al grupo anterior.

20 La Figura 10 ilustra una vista en sección transversal de una porción de una realización de un dispositivo electro-óptico 110 de la presente invención. El dispositivo 110 incluye un par de sustratos 120, 122 generalmente ambos paralelos entre sí. Es decir, los sustratos pueden ser planos y/o curvos, etc. Una capa de electrodo 130 está presente en el sustrato inferior 120 y una capa de electrodo 132 está presente en el sustrato superior 122, siendo ambas capas de electrodo electrodos con diseño, como se explica adicionalmente en este documento. Una capa de alineación 150 está presente en cada sustrato 120, 122, preferentemente en las capas de electrodo 130, 132 y dispuesta adyacente a la capa de cristal líquido 160, en la que los materiales, especificaciones y configuraciones, etc. descritos anteriormente en este documento para cada uno de los componentes respectivos en este documento se incorporan por referencia.

30 La Figura 6 ilustra una vista superior de una realización del sustrato 120 que incluye una pluralidad de electrodos, cada uno de los cuales tiene una conexión de entrada 170 respectiva. Los electrodos generalmente comprenden un electrodo circular similar a un anillo o de disco 135 y una pluralidad de electrodos de anillo 134, tal como se describe en este documento. En una realización preferida, la capa de electrodo 130 comprende electrodos adyacentes dispuestos en diferentes planos, véase la Figura 9 por ejemplo. El material aislante 140 separa los diferentes planos de los electrodos de anillo 134. La conexión de entrada/conexión de anillo de electrodo se forma a través de una vía, tal como se muestra en la Figura 7.

40 La Figura 8 ilustra una realización del sustrato 122, adaptado para disponerse sobre un lado opuesto de la capa de cristal líquido 160 en comparación con el sustrato 120, como se ilustra en la Figura 10, que incluye una capa de electrodo 132, en este caso una capa de contra-electrodo, que incluye una pluralidad de anillos de electrodo 134 que rodea un electrodo circular similar a un anillo central o electrodo de disco 135. De acuerdo con la invención, una única estructura de anillo o disco en la capa de contra-electrodo 132 tiene un área más ancha o más grande que un anillo de electrodo del sustrato inferior 120 y cubre o solapa al menos un grupo de dos o más anillos. La determinación de área se realiza para electrodos dispersados directamente a través de la capa de material de cristal líquido entre sí, generalmente perpendicular o normal al plano del sustrato donde están dispuestos los electrodos particulares. En particular, la Figura 8 ilustra el diseño para una capa de contra-electrodo gruesa que proporciona el cambio de fase de tipo pistón sobre varios grupos, por ejemplo 4 electrodos de anillo fino 134 de la capa de electrodo inferior 130 en el sustrato 120. Se proporcionan conexiones de entrada 170 para cada uno de los electrodos de la capa de electrodo superior 132.

50 Como se ilustra en la Figura 10, un material de cristal líquido 160 está localizado entre los sustratos 120, 122 y las capas de electrodo 130, 132.

55 Un ejemplo del enfoque de la realización de la invención que incluye una lente adaptable con envoltura de fase es el siguiente.

60 Como un ejemplo de la técnica, se asegura que se desea un dispositivo que sea ópticamente adaptable sobre un intervalo de 1,5 dioptrías, en etapas de 0,25 dioptrías o menores. Para conseguir esta lente electro-óptica adaptable, se fabrica una estructura de anillo fino que, en este ejemplo, tiene todos los electrodos en grupos de 4 anillos (es decir, el anillo de electrodo n tiene la misma tensión que el anillo $n+4$). Una estructura de anillo de contra-electrodo está presente en el otro sustrato, donde cada anillo de electrodo del anillo de contra-electrodo tiene un área mucho más ancha y cubre un grupo de anillos del electrodo opuesto, es decir, 4 anillos finos, generalmente en una dirección sustancialmente perpendicular o normal al plano del sustrato. La Figura 8 ilustra el diseño para la capa de contra-electrodo gruesa que proporciona el cambio de fase de tipo pistón sobre varios grupos de 4 electrodos de anillo fino que se ilustran en la Figura 6. Los anillos anchos, m , están agrupados en 12 anillos (el anillo m tiene la misma tensión que el anillo $m+12$). De esta manera, hay 16 conexiones de entrada necesarias para accionar

eléctricamente la lente: 12 para los anillos anchos del contra-electrodo y 4 para los anillos finos del primer electrodo. Con este diseño, uno es capaz de seleccionar cuántos grupos de electrodos finos se usan para conseguir una onda de retardo de fase, considerando que el número mínimo de anillos finos o tensiones por onda de retardo para una representación de fase precisa es 8. Por lo tanto, puede seleccionarse que tenga 2, 3, 4, 6 o 12 grupos de 4 anillos de electrodo finos por onda de retardo de fase, produciendo 12 grupos por 1 onda de retardo la mayor eficacia pero la menor potencia óptica, y produciendo 2 grupos por onda la menor eficacia pero la mayor potencia óptica.

Para este ejemplo, el intervalo del cambio requerido es 1,5 dioptrías, por lo que es necesaria una lente variable que tiene un intervalo de potencia de -0,75 a +0,75 dioptrías. Eligiendo cómo se agrupan los electrodos, si la mayor potencia de la lente tiene que ser +0,75 dioptrías, entonces la potencia de la lente con 2, 3, 4, 6 o 12 grupos de electrodos será: +0,75, +0,5, +0,375, +0,25 o +0,125 dioptrías. Debido a que el dispositivo funciona con la polaridad eléctrica opuesta, también generará las potencias ópticas negativas idénticas, igualmente.

De esta manera, esta realización de lente electrónica con envoltura de fase es adaptable sobre 11 niveles de potencia óptica. Por supuesto, este intervalo de potencia puede desviarse añadiendo una lente de potencia fija. Por ejemplo, combinando el dispositivo en el ejemplo anterior con una lente convencional de -2,25 dioptrías, puede adaptarse de -1,5 a -3,0 dioptrías en 11 etapas. Como alternativa, combinándola con una lente convencional de +1,75 dioptrías, puede adaptarse de +1,0 a +2,5 dioptrías.

Para ilustrar más claramente las tensiones aplicadas a los electrodos, se necesita un dispositivo LC donde el retardo de fase es una función lineal de la tensión aplicada y, más que tensiones específicas, puede decirse que cada electrodo tiene una tensión que produce un retardo de fase particular respecto al electrodo central.

Con esta definición, para el caso de una lente negativa, las tensiones aplicadas a los cuatro electrodos finos en cada grupo son:

- Electrodo fino N° 1 = 0
- Electrodo fino N° 2 = $2 \pi / (4*j)$
- Electrodo fino N° 3 = $4 \pi / (4*j)$
- Electrodo fino N° 4 = $6 \pi / (4*j)$

donde j en este ejemplo es 2, 3, 4, 6 o 12, correspondiente a las potencias de lente relativas.

Las tensiones para los contra-electrodos en este ejemplo corresponderían a las fases:

$$\text{Fase (radianes)} = 0, \frac{2\pi}{j}, \frac{2*2\pi}{j}, \frac{3*2\pi}{j}, \dots, \frac{(j-1)*2\pi}{j}$$

Como un ejemplo particular, considérese que la adaptación de esta lente es -0,5 dioptrías (j = 3). La tensión aplicada a los electrodos finos corresponderá a una fase de:

- 1. 0 (por definición)
- 2. $2 \pi * (1/12)$
- 3. $2 \pi * (2/12)$
- 4. $2 \pi * (3/12)$

La tensión aplicada a los contra-electrodos dará una fase de:

- 1. 0 (por definición)
- 2. $2 \pi * (1/3)$
- 3. $2 \pi * (2/3)$
- 4. 0
- 5. $2 \pi * (1/3)$
- 6. $2 \pi * (2/3)$
- 7. 0
- 8. $2 \pi * (1/3)$
- 9. $2 \pi * (2/3)$
- 10. 0
- 11. $2 \pi * (1/3)$
- 12. $2 \pi * (2/3)$

Después, considerando desde el electrodo central y hacia fuera, la fase relativa a la localización de cada anillo más fino será:

ES 2 535 509 T3

1.	0	= 0
2.	$2\pi^*(1/12)$	$=2\pi^*(1/12)$
3.	$2\pi^*(2/12)$	$=2\pi^*(2/12)$
4.	$2\pi^*(3/12)$	$=2\pi^*(3/12)$
5.	$0+2\pi^*(1/3)$	$=2\pi^*(4/12)$
6.	$2\pi^*(1/12)+2\pi^*(1/3)$	$=2\pi^*(5/12)$
7.	$2\pi^*(2/12)+2\pi^*(1/3)$	$=2\pi^*(6/12)$
8.	$2\pi^*(3/12)+2\pi^*(1/3)$	$=2\pi^*(7/12)$
9.	$0+2\pi^*(2/3)$	$=2\pi^*(8/12)$
10.	$2\pi^*(1/12)+2\pi^*(2/3)$	$=2\pi^*(9/12)$
11.	$2\pi^*(2/12)+2\pi^*(2/3)$	$=2\pi^*(10/12)$
12.	$2\pi^*(3/12)+2\pi^*(2/3)$	$=2\pi^*(11/12)$
13.	0	= 0
14.	$2\pi^*(1/12)$	$=2\pi^*(1/12)$
15.	$2\pi^*(2/12)$	$=2\pi^*(2/12)$
16.	$2\pi^*(3/12)$	$=2\pi^*(3/12)$
17.	.etc.	
18.	...	
19.	...	
20.	...	

5 Las tensiones abarcadas por los electrodos finos y contra-electrodos, correspondientes a cada una de las potencias ópticas como se ha ilustrado anteriormente, pueden almacenarse en un chip de memoria que se comunica con un suministro de potencia y con la lente. El chip está programado para proporcionar la potencia óptica requerida según demanda.

10 Los dispositivos de lente adaptable, por ejemplo los dispositivos 10, 110 ilustrados en los dibujos de la presente invención pueden utilizarse en numerosas aplicaciones diferentes incluyendo, pero sin limitación, lentes, por ejemplo, gafas o anteojos, cámaras, diversas pantallas, telescopios, lentes de zoom, correctores de frente de onda y equipos usados para diagnosticar imperfecciones en el ojo humano. Las lentes adaptables de la invención pueden utilizarse donde se utilicen las lentes y ópticas convencionales.

15 Aunque de acuerdo con los estatutos de patente se han expuesto el mejor modo y la realización preferida, el alcance de la invención no está limitado a los mismos, sino más bien por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de lente electro-óptica adaptable (110), que comprende:

5 al menos dos sustratos transparentes (120, 122),
una capa de electrodo conductor transparente (130, 132) en cada sustrato,
un material electro-activo (160) dispuesto entre los sustratos,
10 en el que las capas de electrodo en cada sustrato están diseñadas y comprenden una pluralidad de electrodos
de anillo (134), definiendo cada electrodo de anillo de la pluralidad de electrodos de anillo un anillo continuo
correspondiente;
15 en el que los electrodos de anillo de una capa de electrodo proporcionan un control fino sobre el retardo de fase
óptica y los electrodos de anillo de la otra capa de electrodo proporcionan un control más aproximado de la fase
sobre un grupo de al menos dos de los electrodos de anillo de control fino, en donde el retardo de fase óptica es
una función lineal de una tensión aplicada a través de dos electrodos de anillo adyacentes desde la pluralidad de
20 electrodos de anillo y cada electrodo de anillo tiene una tensión que produce un retardo de fase óptica particular
respecto a un electrodo de anillo central de cada una de la primera y la segunda capas de electrodos; y
en el que al menos un electrodo de anillo sobre un primer sustrato de los al menos dos sustratos transparentes
cubre, en una dirección paralela a un plano definido por el primer sustrato, al menos dos electrodos de anillo co-
25 planares de un segundo sustrato de los al menos dos sustratos transparentes.

2. Un dispositivo de lente electro-óptica adaptable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

los electrodos de anillo de la otra capa de electrodo proporcionan un control aproximado de la fase sobre un
30 grupo de al menos cuatro de los electrodos de anillo de control fino.

3. El dispositivo de lente electro-óptica adaptable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer sustrato
comprende una pluralidad de conjuntos de electrodos de anillo, comprendiendo cada conjunto una pluralidad
35 correspondiente de electrodos de anillo, comprendiendo un conjunto predeterminado la pluralidad de electrodos de
anillo.

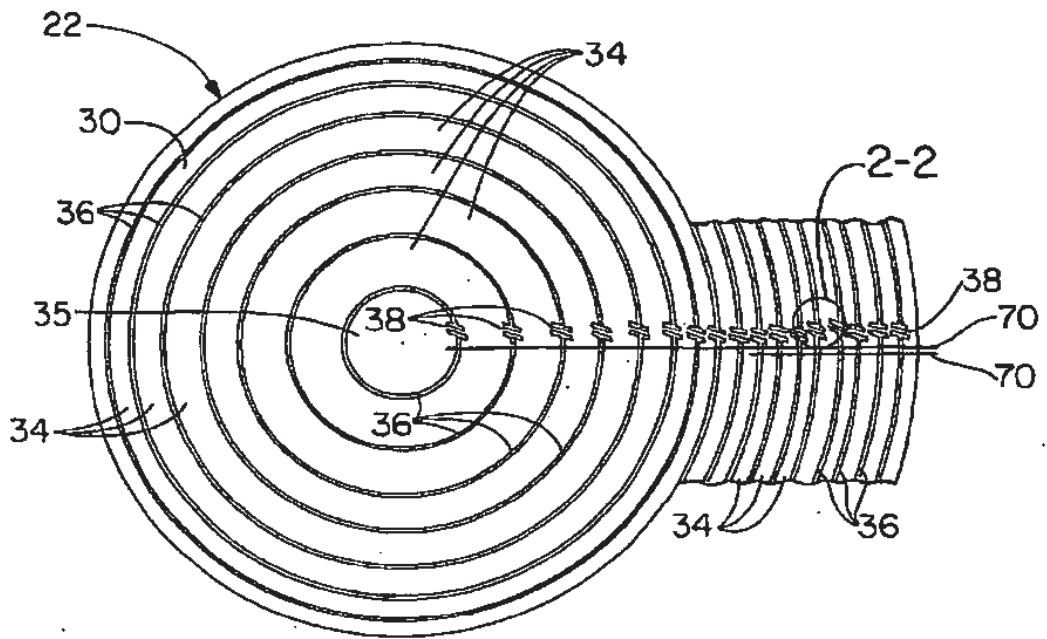


FIG. -1

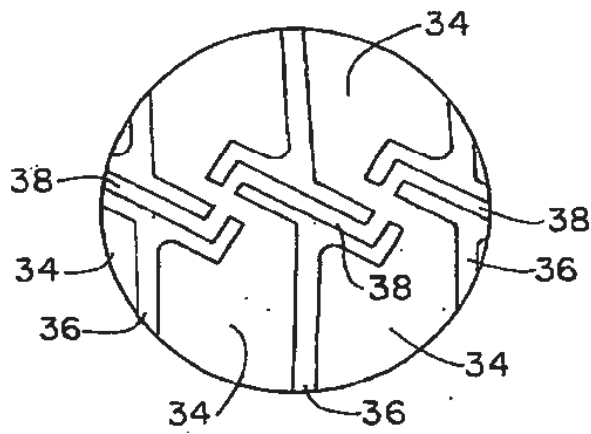


FIG. -2

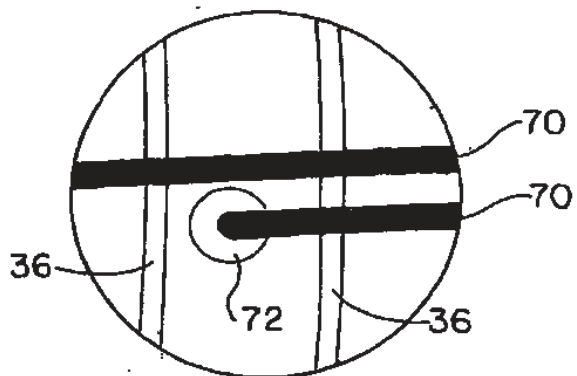


FIG. -3

FIG.-4

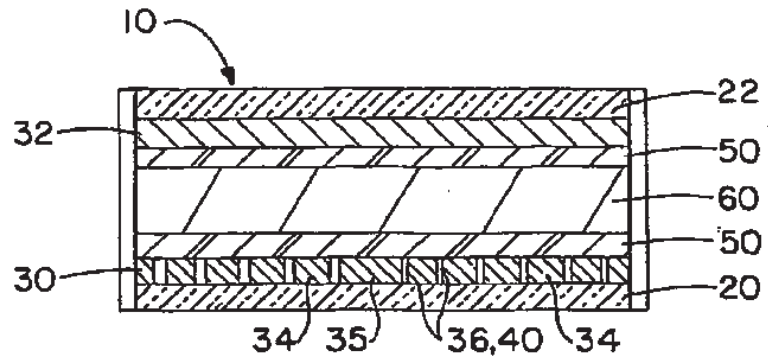


FIG.-5

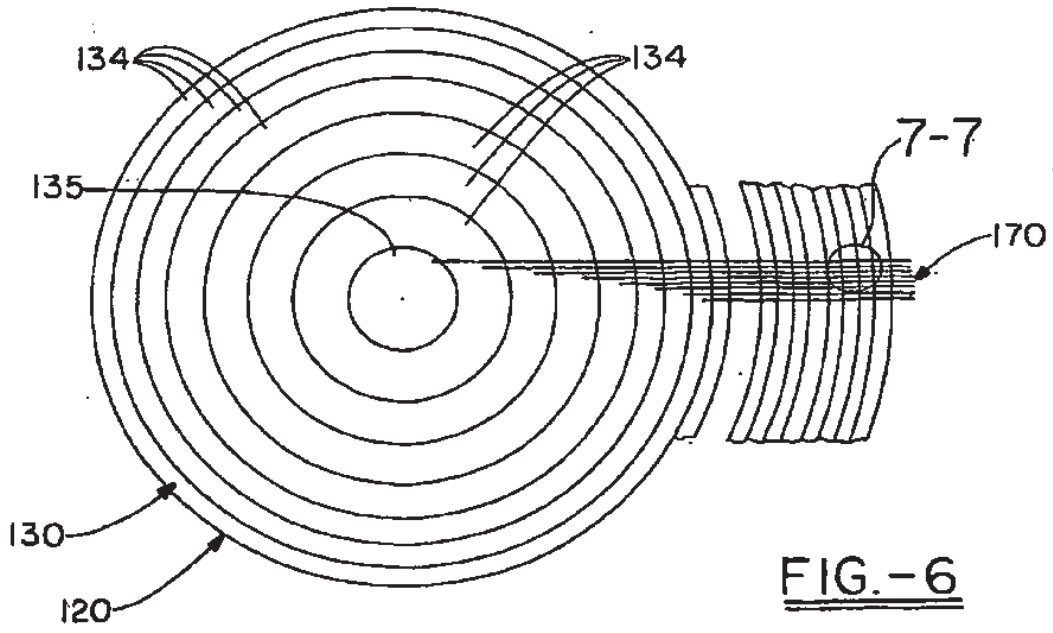
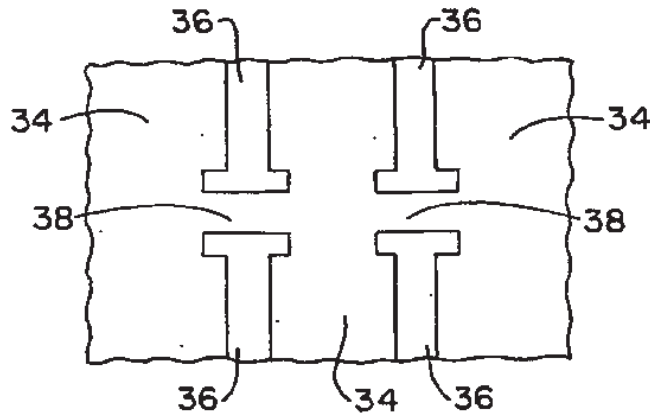


FIG.-6

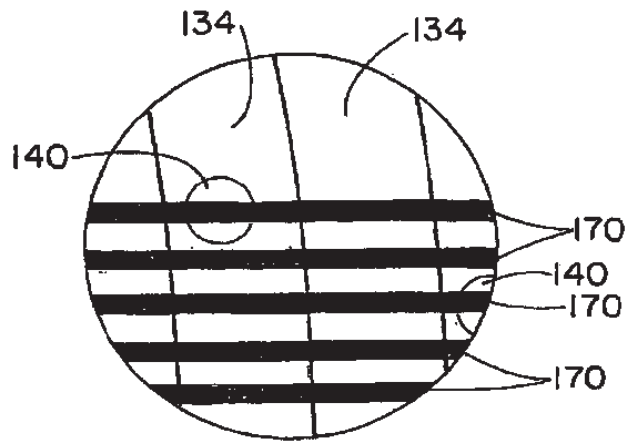


FIG.-7

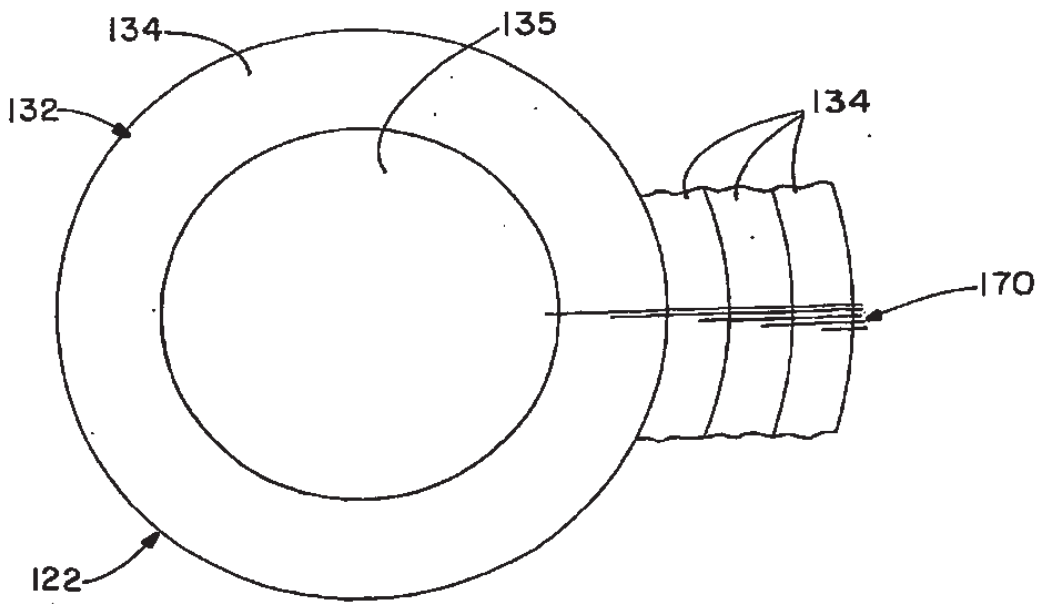


FIG:- 8

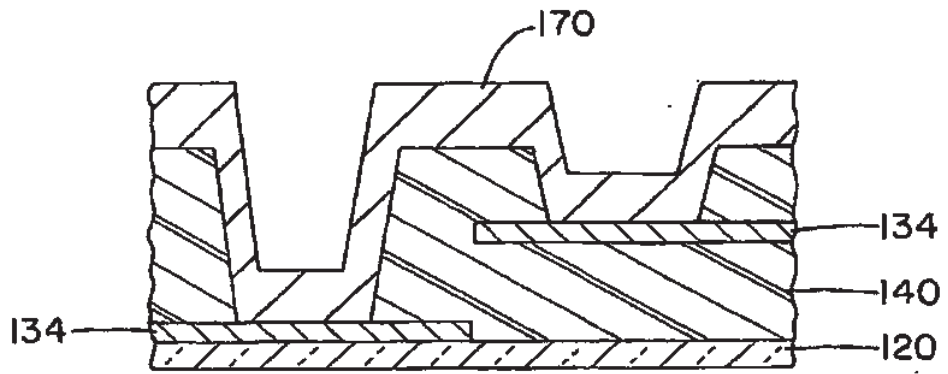


FIG.-9

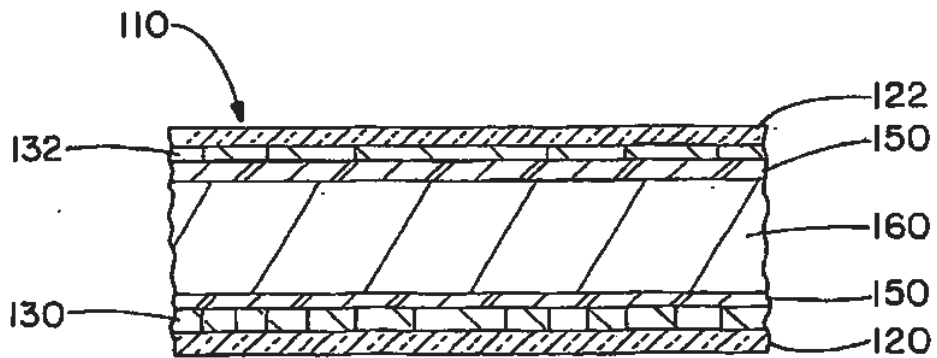


FIG.-10