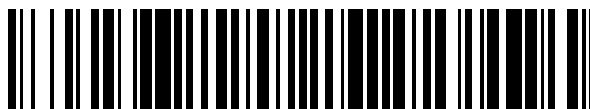


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 005**

51 Int. Cl.:

G02F 1/29 (2006.01)

G02C 7/08 (2006.01)

G02B 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2015 PCT/IB2015/053335**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015 WO15186010**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2015 E 15803392 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 3152602**

54 Título: **Lentes dinámicas y método de fabricación de las mismas**

30 Prioridad:

05.06.2014 US 201462007948 P
11.06.2014 US 201462010475 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
01.10.2019

73 Titular/es:

OPTICA AMUKA (A.A.) LTD. (100.0%)
9 Bareket Street, P.O. Box 7101
4951777 Petach Tikva, IL

72 Inventor/es:

YADIN, YOAV;
HADDAD, YARIV y
ALON, ALEX

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 726 005 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 dinámicas y método de fabricación de las mismas

La presente invención se refiere en general a dispositivos ópticos, y en particular a lentes ajustables eléctricamente.

5 Las lentes ajustables son elementos ópticos cuyas características ópticas, como la longitud focal y/o la ubicación del eje óptico, se pueden ajustar durante el uso, generalmente bajo control electrónico. Tales lentes se pueden usar en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, la patente estadounidense 7.475.985 describe el uso de una lente electroactiva con el propósito de corregir la visión.

10 Las lentes ajustables eléctricamente contienen, de manera habitual, una capa delgada de un material electroóptico adecuado, es decir, un material cuyo índice de refracción local efectivo cambia en función de la tensión aplicada a través del material. Se utiliza un electrodo o conjunto de electrodos para aplicar las tensiones deseadas con el fin de ajustar localmente el índice de refracción al valor deseado. Los cristales líquidos son el material electroóptico que se usa más comúnmente para este propósito (en donde la tensión aplicada rota las moléculas, lo que cambia el eje de birrefringencia y por lo tanto cambia el índice de refracción efectivo), pero pueden usarse, de manera alternativa, otros materiales, como los geles de polímeros, con propiedades electroópticas similares para este propósito.

15 Algunos diseños de lentes ajustables utilizan un conjunto de electrodos para definir una cuadrícula de píxeles en el cristal líquido, similar al tipo de cuadrícula de píxeles utilizado en las pantallas de cristal líquido. Los índices de refracción de los píxeles individuales pueden controlarse eléctricamente para dar un perfil de modulación de fase deseado. (El término "perfil de modulación de fase" se usa en la presente descripción y en las reivindicaciones para indicar la distribución de los desplazamientos de fase locales que se aplican a la luz que pasa a través de la capa como resultado del índice de refracción efectivo variable localmente sobre la zona de la capa electroóptica de la lente ajustable). Las lentes que utilizan conjuntos de cuadrículas de este tipo se describen, por ejemplo, en la patente estadounidense 7.475.985.

25 La publicación internacional PCT WO 2014/049577 describe un dispositivo óptico que comprende una capa electroóptica, que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación. Un conjunto de electrodos de excitación, que incluyen bandas conductoras paralelas que se extienden sobre la zona activa, se dispone sobre uno o ambos lados de la capa electroóptica. Las circuiterías de control aplican formas de onda de tensión de control respectivas a los electrodos de excitación y están configuradas para modificar simultáneamente las formas de onda de tensión de control respectivas aplicadas a los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica.

35 La publicación de solicitud de patente estadounidense 2012/0133891 describe un aparato electroóptico y un método para corregir la miopía que incluye al menos una lente adaptativa, una fuente de alimentación y un rastreador ocular. El rastreador ocular incluye un sensor de imagen y un procesador conectado operativamente a la lente adaptativa y al sensor de imagen. El procesador está configurado para recibir señales eléctricas procedentes del sensor de imagen y para controlar la potencia de corrección de la lente adaptativa para corregir la miopía, y dependiendo la potencia de corrección de la distancia de la mirada del usuario y la fuerza de la prescripción de la miopía.

Las realizaciones de la presente invención que se describen a continuación en el presente documento proporcionan dispositivos ópticos ajustables electrónicamente mejorados.

40 Los documentos EP1760515 y WO-A-2014063432 describen, de manera independiente, un dispositivo óptico, que comprende una capa electroóptica, que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación; sustratos transparentes primero y segundo en los lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica; electrodos conductores ubicados en los sustratos transparentes primer y segundo, comprendiendo los electrodos un conjunto de electrodos de excitación, que incluyen bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de los ejes mutuamente paralelos respectivos a través del primer lado de la capa electroóptica, cada banda se divide en dos o más segmentos que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas, de un eje de la banda; y la circuitería de control está acoplada para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los segmentos de los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica. Los documentos EP1760515 y WO-A-2014063432 también describen, de manera independiente, un método para producir un dispositivo óptico, comprendiendo el método proporcionar una capa electroóptica, que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación, con los sustratos transparentes primero y segundo en los lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica; posicionando electrodos conductores en los sustratos transparentes primero y segundo, comprendiendo los electrodos una conjunto de electrodos de excitación, que comprenden bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de ejes mutuamente paralelos, respectivos a través del primer lado de la capa electroóptica, dividiéndose cada banda en dos o más segmentos que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas de un eje de la banda; y acoplando los circuitería de

control para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los segmentos de los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo óptico como se describió anteriormente, caracterizado por que el dispositivo comprende, para cada banda, uno o más conmutadores que interconectan los segmentos de la banda y son operables por la circuitería de control para unir eléctricamente o separar los segmentos de la banda

En realizaciones, la circuitería de control está configurada para aplicar las formas de onda de tensión de control a los electrodos de excitación para que el dispositivo funcione como una lente, que tenga propiedades focales determinadas por el perfil de modulación de fase. En algunas realizaciones, la circuitería de control está configurada para aplicar primeras formas de onda de tensión de control a los primeros segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, y segundas formas de onda de tensión de control, diferentes de las primeras formas de onda de tensión de control, a segundos segmentos de al menos algunas de las formas de onda de excitación, de modo que la lente funciona como una lente multifocal. En una realización divulgada, los primeros segmentos de las bandas se extienden en conjunto a través de una primera zona de la capa electroóptica, mientras que los segundos segmentos de las bandas se extienden en conjunto a través de una segunda zona de la capa electroóptica, y la circuitería de control está configurada para aplicar las diferentes formas de onda de tensión de control respectivas de modo que la primera zona tenga una primera longitud focal y la segunda zona tenga una segunda longitud focal, diferente de la primera longitud focal.

En otras realizaciones, la circuitería de control está configurada para aplicar las formas de onda de tensión de control a los electrodos de excitación para que el dispositivo funcione como una sola lente, que tenga una única longitud focal. En algunas realizaciones, los dos o más segmentos de cada banda incluyen al menos segmentos primero y segundo respectivos, y los uno o más conmutadores incluyen un conmutador en cada una de las bandas que interconecta los segmentos primero y segundo respectivos, y el dispositivo incluye una sola línea de control conectada para accionar el conmutador en cada una de las bandas para unir o separar eléctricamente los segmentos primero y segundo en todas las bandas simultáneamente.

Adicional o alternativamente, los dos o más segmentos de cada banda incluyen tres o más segmentos conectados en serie por múltiples conmutadores, y el dispositivo incluye múltiples líneas de control conectadas para activar los múltiples conmutadores en todas las bandas. En una realización, la circuitería de control está conectada a al menos un extremo respectivo de cada una de las bandas conductoras y está configurada para aplicar diferentes formas de onda de tensión de control respectivas a diferentes segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, alternativamente, accionando los múltiples conmutadores y modificando las formas de onda de tensión de control aplicadas a los extremos respectivos de las bandas conductoras.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir un dispositivo óptico como se describe anteriormente, caracterizado por que, para cada banda, uno o más conmutadores interconectan los segmentos de la banda y son operables por la circuitería de control para unir o separar eléctricamente los segmentos de la banda.

En la presente memoria también se describe un aparato óptico, que incluye una lente que puede ajustarse eléctricamente. La lente incluye una capa electroóptica, que tiene, para una polarización dada de luz que incide sobre la capa, un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación. Los electrodos conductores se extienden sobre lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica, incluyendo los electrodos un conjunto de electrodos de excitación que se extienden a través del primer lado de la capa electroóptica. La circuitería de control está acoplada para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica. Un rotador de polarización está posicionado y configurado para interceptar la luz entrante que se dirige hacia la lente y para rotar una polarización de la luz interceptada para garantizar que la luz incidente sobre la capa electroóptica tenga una componente de la polarización dada, independientemente de una polarización lineal inicial de la luz interceptada.

El rotador de polarización puede incluir una placa de cuarto de onda o una placa birrefringente.

El dispositivo puede incluir un polarizador, que se interpone entre el rotador de polarización y la lente ajustable eléctricamente y está orientado para pasar el componente de la polarización dada.

En el presente documento se describe adicionalmente una montura para gafas y lentes primera y segunda ajustables eléctricamente, montadas en la montura para gafas. La circuitería de control está configurada para recibir una entrada indicativa de la distancia desde un ojo de una persona que lleva las gafas hasta un objeto visto por la persona, y para ajustar las lentes primera y segunda para tener diferentes potencias focales primera y segunda respectivas que abarcan la distancia indicada por la entrada.

La lentes primera y segunda pueden montarse en la montura para gafas para aplicar las potencias focales primera y segunda, respectivamente, a la luz que incide en los ojos izquierdo y derecho de la persona.

Adicional o alternativamente, la primera lente está configurada para aplicar la primera potencia focal solo a la luz de una primera polarización, mientras que la segunda lente está configurada para aplicar la segunda potencia focal solo a la luz de una segunda polarización, ortogonal a la primera polarización. Las lentes primera y segunda se pueden montar en la montura para gafas para aplicar las potencias focales primera y segunda a la luz que incide en un solo ojo de la persona. Las gafas pueden incluir un rotador de polarización, colocado y configurado para interceptar la luz entrante que se dirige hacia las lentes primera y segunda y para rotar una polarización de la luz interceptada, a fin de garantizar que la luz incidente en las lentes primera y segunda tenga componentes respectivas tanto de la primera como polarización como de la segunda, independientemente de la polarización inicial de la luz entrante.

Las gafas pueden incluir un sensor, configurado para detectar la distancia desde el ojo de una persona que lleva las gafas al objeto visto por la persona y acoplado para proporcionar la entrada indicativa de la distancia a la circuitería de control. Por lo general, el sensor se selecciona de un grupo de sensores que consiste en un rastreador ocular, una cámara configurada para captar una imagen del objeto, un telémetro, un sensor de proximidad y un sensor de disparo operable por la persona que lleva las gafas.

Adicional o alternativamente, el sensor está configurado para detectar una dirección de la mirada del ojo hacia el objeto, y en el que la circuitería de control está configurada para desplazar los ejes ópticos respectivos de las lentes primera y segunda en respuesta a la dirección de mirada detectada. La circuitería de control puede configurarse para desplazar los ejes ópticos en respuesta a un cambio en la dirección de mirada detectada con un retardo de tiempo predefinido en relación con el cambio.

Además, en el presente documento, se describe un método para producir aparatos ópticos. El método incluye proporcionar una lente ajustable eléctricamente, que incluye una capa electroóptica, que tiene, para una polarización dada de la luz que incide en la capa, un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación. Los electrodos conductores se extienden sobre lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica. Los electrodos incluyen un conjunto de electrodos de excitación que se extienden a través del primer lado de la capa electroóptica. La circuitería de control está acoplada para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica. Se coloca un rotador de polarización para interceptar la luz entrante que se dirige hacia la lente y para rotar una polarización de la luz interceptada a fin de garantizar que la luz incidente en la capa electroóptica tenga una componente de la polarización dada, independientemente de la polarización lineal inicial de la luz interceptada.

Además, en el presente documento, se describe un método para operar gafas adaptativas. El método incluye el montaje de lentes primera y segunda ajustables eléctricamente en una montura de gafas. Se recibe una entrada, indicativa de la distancia desde un ojo de una persona que lleva las gafas hasta un objeto visto por la persona. Las lentes primera y segunda se ajustan para tener diferentes potencias focales respectivas, primera y segunda, que abarcan la distancia indicada por la entrada.

En el presente documento también se describen gafas adaptativas, que incluyen una montura de gafas y lentes primera y segunda ajustables eléctricamente, montadas en la montura de gafas. Un sensor está configurado para emitir una señal indicativa de un gesto realizado por un ojo de una persona que lleva las gafas. La circuitería de control está configurada para ajustar una característica óptica de al menos una de las lentes primera y segunda en respuesta a la señal.

Normalmente, el gesto realizado por el ojo se selecciona de un grupo de gestos que consiste en movimientos oculares, parpadeos y guiños.

En el presente documento se describe adicionalmente un método para operar gafas adaptativas. El método incluye el montaje de lentes primera y segunda ajustables eléctricamente en una montura de gafas. Se recibe una señal, indicativa de un gesto realizado por un ojo de una persona que lleva las gafas. Una característica óptica de al menos una de las lentes primera y segunda se ajusta en respuesta a la señal.

La presente invención se entenderá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos en los que:

La figura 1 es una ilustración esquemática, pictórica de gafas adaptativas.

La figura 2 es una vista lateral esquemática de un sistema de lentes ajustables electrónicamente;

La figura 3A es una ilustración esquemática, pictórica de una lente que se puede ajustar electrónicamente;

Las figuras 3B y 3C son vistas frontales esquemáticas de electrodos formados en lados opuestos de la lente de la figura 3A;

La figura 3D es una vista frontal esquemática de la lente de la figura 3A, que muestra una superposición de los electrodos en los lados opuestos de la lente;

La figura 4 es una vista frontal esquemática de electrodos formados en una lente que se puede ajustar electrónicamente, según otra realización de la invención; y

La figura 5 es un diagrama eléctrico esquemático que muestra los electrodos y los elementos de conmutación formados en una lente ajustable electrónicamente, según una realización alternativa de la invención.

5 Las lentes bifocales y multifocales contienen zonas de diferentes potencias ópticas, para permitir que la persona que usa la lente pueda ver objetos a diferentes distancias. Este tipo de capacidad multifocal mejora la capacidad de las lentes para corregir la visión de las personas con capacidad limitada para la adaptación a distancia (como personas mayores que padecen presbicia). La estructura de zona de las lentes, sin embargo, limita el campo de visión a cualquier distancia dada al área de la zona de la lente que proporciona la potencia óptica requerida para esa distancia.

10 Las lentes de gafas ajustables eléctricamente pueden proporcionar una solución más flexible y cómoda en tales casos. Las lentes se pueden acoplar con sensores de varios tipos para ajustar las longitudes focales y los ejes ópticos de las lentes según el objeto que ve la persona que lleva las gafas. Idealmente, este tipo de ajuste proporcionaría una corrección óptima de la visión en toda la zona de la lente, independientemente de la longitud focal del ángulo de visión. Sin embargo, en la práctica, los sensores proporcionan una indicación imperfecta en cuanto a la distancia focal y el ángulo del ojo deseados en un momento dado, y el ajuste dinámico de las propiedades de la lente puede, por tanto, ser incierto. Además, las personas con graves limitaciones en su capacidad para adaptarse a la distancia pueden beneficiarse del uso de una lente multifocal, incluso cuando la longitud (o longitudes) focal(es) de la lente se ajusta(n) electrónicamente.

20 Las realizaciones de la presente invención que se describen en el presente documento proporcionan nuevas lentes ajustables eléctricamente con propiedades que pueden usarse, entre otras cosas, para abordar las dificultades prácticas involucradas en la corrección dinámica de la visión humana. Algunas de estas realizaciones son útiles, en particular, para proporcionar un rendimiento multifocal en una lente de este tipo.

25 La divulgación se basa en dispositivos ópticos que comprenden una capa electroóptica, como una capa de cristal líquido, que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de la zona activa de la capa que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través del capa en esa ubicación. Los electrodos conductores se extienden sobre ambos lados de la capa electroóptica, incluyendo, en al menos uno de los lados, un conjunto de electrodos de excitación, que comprenden bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de los ejes mutuamente paralelos respectivos a través de la capa electroóptica. Los electrodos en el lado opuesto de la capa electroóptica pueden comprender o bien un electrodo común (en cuyo caso el dispositivo funciona como una lente cilíndrica) o bien un conjunto de bandas paralelas orientadas ortogonalmente con respecto a las bandas en el otro lado (de modo que el dispositivo funciona de manera que simula una lente esférica o esférica). Los dispositivos de este tipo general y los detalles de su funcionamiento se describen adicionalmente en la publicación internacional PCT WO 2014/049577 anteriormente mencionada. Los principios de la divulgación, sin embargo, pueden aplicarse alternativamente, *mutatis mutandis*, a otros tipos de diseños de lentes adaptativas.

35 Cada banda de los electrodos de excitación en al menos un lado de la capa electroóptica puede dividirse en dos o más segmentos, que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas del eje de la banda. La circuitería de control aplica formas de onda de tensión de control respectivas a los segmentos de los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica. Específicamente, la circuitería de control puede aplicar diferentes formas de onda de tensión de control a los diferentes segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, de modo que la lente funciona como una lente multifocal, con diferentes zonas que tienen diferentes potencias ópticas. La circuitería de control puede modificar las formas de onda de tensión de control aplicadas a los segmentos del electrodo para modificar el perfil de modulación de fase de una o más de las diferentes zonas.

40 Las bandas segmentadas pueden incluir uno o más conmutadores que interconectan los segmentos de la banda. Estos conmutadores son operables por la circuitería de control para unir o separar eléctricamente los segmentos de la banda. De este modo, la circuitería de control puede cambiar dinámicamente no solo las propiedades focales de las diferentes zonas de la lente, sino también sus tamaños y ubicaciones, cerrando o abriendo adecuadamente los conmutadores.

45 Aunque algunos materiales electroópticos, como los cristales líquidos colestéricos, operan con luz independientemente de la polarización, los cristales líquidos más comúnmente disponibles y otros materiales electroópticos son sensibles a la polarización y pueden ejercer su efecto refractivo solo sobre la luz incidente de una cierta polarización. Esta limitación del material electroóptico puede limitar el rendimiento de las lentes de gafas adaptativas basándose en el material. Algunas de las realizaciones de la presente invención que se describen en el presente documento superan esta limitación mediante el uso innovador de elementos de rotación de la polarización, e incluso convierten la limitación en ventaja para mejorar el rendimiento de las gafas.

Un rotador de polarización puede interceptar la luz entrante que se dirige hacia una lente ajustable eléctricamente y rota la polarización de la luz interceptada para garantizar que la luz que incide en la capa electroóptica tenga un

componente de polarización que será refractada por la lente incluso si la luz interceptada se polariza linealmente en una dirección ortogonal a la polarización refractada por el material electroóptico. El rotador de polarización comprende habitualmente una placa de cuarto de onda o una placa birrefringente, por ejemplo. Un polarizador puede interponerse entre el rotador de polarización y la lente ajustable eléctricamente y está orientado para que

5 pase solo el componente de la luz con la polarización que será refractada por la lente. Dos lentes ajustables eléctricamente, con capas electroópticas que están orientadas para refractar la luz con polarizaciones mutuamente ortogonales, pueden disponerse en serie para que la luz entrante de cualquier polarización se enfoque.

Algunos ejemplos que se describen en el presente documento proporcionan gafas adaptativas que comprenden lentes ajustables eléctricamente, que se montan en una montura de gafas junto con un sensor, que detecta la

10 distancia desde el ojo de una persona que lleva las gafas hasta un objeto visto por la persona. La circuitería de control ajusta las lentes según la distancia detectada, pero no siempre es posible o deseable determinar la distancia de manera inequívoca. Por lo tanto, en algunos ejemplos, la circuitería de control ajusta las lentes en la montura para que tengan diferentes potencias focales respectivas (también denominadas potencias ópticas) que abarcan la distancia detectada. El término “abarcar” se usa en este contexto, en la presente descripción y en las

15 reivindicaciones, en el sentido de enfoque de abarcado, para significar que las potencias focales oscilan alrededor de un cierto valor de potencia objetivo que se elige sobre la base de la distancia detectada. (El abarcado no necesita ser simétrico, y una de las potencias focales puede ser, en realidad, la potencia objetivo en sí misma). Tal abarcado puede aplicarse por las gafas adaptativas no solo cuando la distancia del objeto se detecta automáticamente, sino también para mejorar la profundidad de campo, cuando el usuario establece la longitud focal de forma manual.

Algunos de estos ejemplos hacen uso de un par de lentes ajustables eléctricamente, como se describió

20 anteriormente, con capas electroópticas respectivas orientadas de manera que la primera lente aplica su potencia focal solo a la luz de una cierta polarización, mientras que la segunda lente aplica su potencia focal, que es diferente de la de la primera lente, solo a la luz de la polarización ortogonal. En un ejemplo, estas dos lentes están dispuestas para aplicar sus poderes focales a la luz que incide, respectivamente, en los ojos izquierdo y derecho de la persona

25 que lleva las gafas. En otro ejemplo, las dos lentes están montadas una detrás de la otra en la montura para gafas para aplicar las potencias focales respectivas a la luz que incide en un solo ojo de la persona. En cualquier caso, el ojo o los ojos de la persona recibirán dos imágenes a diferentes longitudes focales. Alternativamente, ambas lentes ajustables eléctricamente derecha e izquierda pueden aplicar sus potencias focales respectivas independientemente de la polarización; para este propósito, las lentes pueden comprender un material electroóptico que es insensible a la polarización, o pueden comprender dos lentes sensibles a la polarización y/o lentes y rotadores de polarización, como se describió anteriormente. En cualquiera de estos casos, el cerebro es capaz de elegir y procesar la imagen que realmente está enfocada en el objeto de interés.

La figura 1 es una ilustración pictórica, esquemática de gafas adaptativas 20. Las gafas 20 comprenden lentes ajustables eléctricamente 22 y 24, montadas en una montura 25. Las propiedades ópticas de las lentes, incluyendo

35 la longitud focal y el centro óptico (o, de manera equivalente, el eje óptico) son controladas por la circuitería de control 26, alimentada por una batería 28 u otra fuente de alimentación. La circuitería de control 26 comprende habitualmente un microprocesador integrado con componentes lógicos cableados y/o programables e interfaces adecuadas para llevar a cabo las funciones que se describen en el presente documento. Estos y otros elementos de las gafas 20 se montan habitualmente sobre o en la montura 25, o, alternativamente, pueden estar contenidos en

40 una unidad separada (no se muestra) conectada por cable a la montura 25.

Las gafas 20 comprenden uno o más sensores, que detectan la distancia desde el ojo de la persona que lleva las gafas hasta un objeto 34 visto por la persona. La circuitería de control 26 ajusta las lentes 22 y 24 según las lecturas del sensor. En el ejemplo ilustrado, los sensores incluyen un par de rastreadores oculares 30, que detectan

45 direcciones de mirada 32 respectivas de los ojos derecho e izquierdo. La circuitería de control 26 normalmente desplaza los ejes ópticos respectivos de las lentes en respuesta a las direcciones de la mirada detectada. Además, la circuitería de control puede usar la distancia entre las pupilas, medida por los rastreadores oculares 30, para estimar la longitud focal del usuario (incluso sin analizar la dirección real de la mirada), y posiblemente para identificar el objeto 34.

Una cámara 36 capta una imagen del objeto 34, para ser utilizada por la circuitería de control 26 en la identificación del objeto y el ajuste de la distancia focal. Se pueden usar rastreadores oculares 30 o cámara 36 para determinar la

50 distancia focal, pero ambos sensores pueden usarse en conjunto para proporcionar una identificación más precisa del objeto. De forma alternativa o adicional, la cámara 36 puede ser reemplazada o complementada por un telémetro u otro sensor de proximidad, que mide la distancia hasta el objeto 34.

En algunos ejemplos, las gafas 20 también incluyen al menos un sensor de disparo 38, que activa los otros

55 componentes de las gafas 20. Por ejemplo, el sensor de disparo 38 puede comprender un temporizador que dispara la circuitería de control 26 y otros elementos periódicamente, u otros sensores que indiquen un posible cambio de la distancia de visualización, como un sensor de movimiento de la cabeza o un sensor de entrada del usuario. En un modo de operación, cuando se activa el sensor de disparo 38, la cámara 36 u otros sensores de proximidad detectan la distancia hasta los objetos en el campo de visión del usuario. Si todos los objetos en el campo de visión

60 están aproximadamente a la misma distancia, las lentes 22 y 24 pueden configurarse para enfocar la visión del usuario a esa distancia. Si se detectan varios objetos a diferentes distancias en el campo de visión del usuario, los

rastreadores oculares 30 se activan para determinar la distancia a la que el usuario está mirando, por ejemplo, analizando la distancia entre las pupilas del usuario.

Adicional o alternativamente, la circuitería de control 26 puede activar las funciones de las gafas 20 en respuesta a las entradas del usuario. Se pueden usar varios dispositivos de entrada (que no se muestran en las figuras) para este propósito, por ejemplo:

- Botones (botones pulsadores o botones táctiles) en la montura 25.
- Sistemas de control de gestos basados en el ojo, basados en rastreadores oculares 30 u otros sensores, que cambian las propiedades de la lente según los movimientos del ojo, los guiños y/o los parpadeos.
- Botones colocados en un dispositivo externo, como una muñequera, que están conectados a la circuitería de control 26 a través de un enlace de comunicaciones cableadas o inalámbricas, como un enlace Bluetooth.
- Detectores de movimiento en un dispositivo externo, como una muñequera, conectados a la circuitería de control 26 a través de un enlace de comunicaciones alámbrico o inalámbrico, que hacen que la circuitería de control modifique las propiedades de la lente según movimientos específicos, como rotaciones de la muñeca o movimientos en direcciones específicas.
- Aplicaciones implementadas en dispositivos portátiles o portados que están conectados a la circuitería de control 26 a través de un enlace de comunicaciones alámbrico o inalámbrico.
- Control de voz, en el que la circuitería de control 26 modifica las propiedades de la lente en función del análisis de voz o el análisis de sonido para identificar comandos de voz predefinidos.

Además, adicional o alternativamente, la circuitería de control 26 puede tener modos de funcionamiento predefinidos, que están determinados por entradas del usuario y/o entradas del sensor y pueden ayudar a optimizar las distancias focales de las lentes 22 y 24 bajo ciertas condiciones. Tales modos de operación pueden incluir, por ejemplo:

- Manual - El usuario selecciona manualmente una sola distancia (lectura, intermedia o lejana). Las lentes 22 y 24 se ajustan en consecuencia, y el sistema de enfoque automático se desactiva.
- Oficina - Favorece el ajuste de rango intermedio y cercano de las lentes 22 y 24.
- Espera - Si no se detecta movimiento durante algún tiempo, se apagan los sensores 30, 36 y las lentes 22, 24 para ahorrar energía.
- Conducción - Favorece la visión de lejos. Por razones de seguridad, es posible mantener al menos una parte de las lentes 22 y 24 constantemente en un entorno de visión lejana e ignorar los temblores.
- De lectura - Favorece el rango cercano, con cambio a otros rangos solo en casos especiales.
- Normal - No hay datos de contexto. En este caso, la circuitería de control se basa únicamente en los sensores 30, 36.

La detección precisa de la distancia de visualización por los sensores 30 y 36 puede ser difícil e incierta, y el ajuste erróneo de las potencias focales de las lentes 22 y 24 puede ser molesto para el usuario. Para paliar este problema, las lentes 22 y 24 pueden configurarse a diferentes potencias focales respectivas que abarcan una cierta distancia objetivo que se estima en función de los sensores. Esta distancia objetivo suele ser la distancia estimada al objeto que se está viendo, como el objeto 34. La disparidad de potencia de la lente aprovecha el hecho de que la visión binocular a menudo solo requiere un ojo para ver una imagen con un enfoque nítido para que la vista parezca enfocada.

Por ejemplo, si los detectores 30 y 36 indican que la distancia objetivo es de 1 metro, las lentes 22 y 24 deben configurarse en 1 dioptría (en relación con las correcciones refractivas normales del usuario), y el usuario tiene una tolerancia de desenfoque de 0,2 dioptrías, entonces la circuitería de control 26 puede configurar las lentes 22 y 24 a las potencias respectivas de 0,8 y 1,2 dioptrías. Este enfoque de abarcado le brinda al usuario la posibilidad de ver enfocado en un rango más amplio de distancias (correspondientes a potencias de 0,6 a 1,4 dioptrías), en caso de que la distancia detectada no fuera precisa.

Las lentes 22 y 24 pueden operarse con diferentes potencias ópticas en todo momento o solo en ciertas circunstancias en las que la distancia del objeto es incierta. La diferencia entre las potencias focales de las lentes izquierda y derecha (0,4 dioptrías en el ejemplo anterior) puede ser constante o variar en función de varios parámetros, como el nivel de confianza en la distancia del objeto detectada por los sensores 30, 36; la distribución

de probabilidad de las salidas de los sensores 30, 36; condiciones de iluminación; la propia distancia detectada; y las preferencias del usuario.

En otro ejemplo, la lente 22 (y/o la lente 24) puede comprender dos o más elementos ópticos que aplican diferentes potencias focales respectivas a la luz entrante que incide en uno o ambos ojos del usuario. Estos elementos ópticos pueden configurarse para refractar la luz de diferentes polarizaciones, por ejemplo, orientando las capas electroópticas en los elementos en direcciones ortogonales. Este ejemplo se describe adicionalmente más adelante en el presente documento con referencia a la figura 2. Las lentes 22 y 24 pueden configurarse para operar en polarizaciones ortogonales de manera similar.

Como se señaló anteriormente, la circuitería de control 26 utiliza las direcciones de mirada indicadas por los rastreadores oculares 30 para desplazar los ejes ópticos (es decir, para colocar los centros ópticos) de las lentes 22 y 24 dinámicamente para que coincidan con las ubicaciones de la pupila, además de o en lugar de ajustar la potencia focal. Al cambiar el eje óptico con la pupila, se puede mejorar la calidad de la lente, particularmente cuando el usuario está mirando a través de una zona cerca del borde de la lente.

Sin embargo, los desplazamientos erróneos del eje óptico pueden dar como resultado una mala experiencia para el usuario. En un ejemplo, la circuitería de control 26 supera este problema aplicando un retraso de tiempo predefinido al desplazar los ejes ópticos en respuesta a cambios en la dirección de mirada detectada. El centro óptico de la lente se mueve gradualmente en respuesta a los movimientos oculares, hasta que alcanza la posición óptima. Los movimientos graduales del centro de la lente que son lo suficientemente lentos para que el usuario no los perciba pueden producir una experiencia más natural para el usuario en comparación con los cambios bruscos de la lente. Los centros ópticos de las lentes 22 y 24 se pueden mover de forma simultánea o consecutiva, ya sea de forma gradual o instantánea en respuesta a los movimientos oculares.

La figura 2 es una vista lateral esquemática de una lente 22 ajustable electrónicamente. La lente 24 tiene, habitualmente, un diseño similar.

Como se muestra en la imagen, la lente 22 es una lente compuesta, que comprende múltiples elementos: una lente fija 40, realizada habitualmente de vidrio o plástico, proporciona una potencia óptica de línea de base, que se modifica dinámicamente por dos lentes ajustables eléctricamente 42 y 44. (Por este motivo, la propia lente 22 puede considerarse una lente ajustable eléctricamente.) Alternativamente, la lente 22 puede comprender solamente un único elemento ajustable eléctricamente, y la lente fija 40 puede no ser necesaria en algunas aplicaciones. La lente 22 también puede comprender un elemento de polarización 46, tal como un polarizador y/o rotador de polarización, con la funcionalidad que se describe a continuación.

Las lentes ajustables eléctricamente 42 y 44 ajustan la potencia óptica de la lente 22 dependiendo de la distancia focal al objeto que está viendo el usuario, teniendo en cuenta las consideraciones descritas en la sección anterior. Adicional o alternativamente, un eje óptico 48 de las lentes 42 y 44 puede desplazarse en respuesta a los cambios en la dirección de mirada 32, como se ha descrito anteriormente. Las lentes 42 y 44 pueden comprender lentes cilíndricas ajustables eléctricamente, con ejes de cilindro ortogonales. Alternativamente, las lentes 42 y 44 pueden configurarse, como se muestra en las figuras 3A-3D, para generar perfiles de modulación de fase bidimensionales y, por lo tanto, emular lentes esféricas o asféricas (o sus equivalentes de Fresnel). Estos dos tipos de configuraciones de lentes, así como las formas de onda para conducir las lentes, se describen en detalle en el documento WO 2014/049577 anteriormente mencionado.

Como se señaló anteriormente, en el que las lentes 42 y 44 comprenden las capas electroópticas respectivas dependientes de la polarización, las dos lentes están orientadas para refractar polarizaciones mutuamente ortogonales: una de estas lentes, por ejemplo, la lente 42, opera con luz polarizada en la dirección X (apuntando a la página en la vista que se muestra en la figura 2), y no influye en la luz polarizada en la dirección Y (apuntando hacia arriba en esta vista). La lente 44 funciona con luz polarizada en la dirección Y, posiblemente con una longitud focal diferente de la lente 42, y no influye en la luz polarizada en la dirección X. La luz no polarizada que pasa a través de las lentes 42 y 44 se enfocará así a ambas distancias, con aproximadamente la mitad de la luz enfocada según la longitud focal de la lente 42, mientras que la otra mitad se enfoca según la longitud focal de la lente 44.

Es posible que esta solución no funcione con objetos que emiten luz polarizada, como la luz emitida desde pantallas electrónicas. En este caso, si la luz está polarizada en la misma dirección que una de las lentes 42 y 44, entonces toda la luz se enfocará según la longitud focal de esa lente.

Para evitar este tipo de dependencia de polarización, en algunos ejemplos, el elemento de polarización 46 comprende un rotador de polarización, que intercepta la luz entrante y rota su polarización para garantizar que la luz que incide en las capas electroópticas de las lentes 42 y 44 tenga una componente en cada una de las polarizaciones respectivas, independientemente de la polarización inicial de la luz interceptada. Por ejemplo, en un ejemplo, el elemento de polarización 46 comprende una placa de cuarto de onda, habitualmente con un ancho de banda óptico amplio. Los ejes de la placa de cuarto de onda están orientados en un ángulo de 45° con respecto a los ejes de polarización de las lentes 42 y 44. La polarización de cualquier luz polarizada linealmente que pasa a través de la placa de cuarto de onda se rotará entonces para que la energía se divida equitativamente entre las direcciones

de polarización ortogonal de las lentes y se enfocará en las longitudes focales de ambas lentes 42 y 44, al igual que en el caso de la luz no polarizada. Las lentes 22 y 24 en las gafas 20 (figura 1) pueden contener placas de un cuarto de onda respectivas que rotan la polarización en la misma dirección o en direcciones opuestas.

En un ejemplo alternativo, el elemento de polarización 46 comprende una placa transparente birrefringente, que crea un rotador de polarización dependiente de la longitud de onda. Una capa con birrefringencia $\Delta n(\lambda)$, en función de la longitud de onda λ , y el grosor d crea un rotador de polarización dependiente de la longitud de onda, con un retardo

de fase relativo entre los ejes dado por $\Delta\varphi(\lambda) = \frac{2\pi}{\lambda} d \Delta n(\lambda)$. La placa birrefringente en la lente 22 está orientada para rotar la polarización de la luz que entra en la placa con polarización a lo largo del eje X o Y (suponiendo que estos sean los ejes de polarización de las lentes 42 y 44). La cantidad de rotación depende de la longitud de onda λ y del grosor d . Siempre y cuando la placa birrefringente sea lo suficientemente gruesa, la intensidad de la luz que sale de la placa, cuando se promedia en cualquier rango de longitudes de onda que no sea muy estrecho, se dividirá por igual entre las polarizaciones X e Y. Esta disposición asegura que la mitad de la luz será enfocada por la lente 42 y la otra mitad por la lente 44.

En algunos ejemplos, el elemento de polarización 46 también comprende un polarizador, que está interpuesto entre el rotador de polarización y la lente 42 y está orientado para pasar la componente de polarización que está enfocada por la lente 42. (En este caso, la lente 44 puede omitirse, o bien las lentes 42 y 44 pueden ser lentes cilíndricas, con el mismo eje de polarización). La lente 22 operará entonces con luz de cualquier polarización, independientemente de su orientación. Como en los ejemplos anteriores, el rotador de polarización (como una placa de cuarto de onda o una placa birrefringente) está orientado con su eje en un ángulo de 45° con respecto al eje de polarización de la lente 42. El polarizador está orientado de modo que su eje de polarización es paralelo al de la lente 42. Esta disposición asegura que para cualquier luz polarizada linealmente (y también la luz no polarizada), la mitad de la intensidad pasará a la lente 42, polarizada paralelamente al eje de polarización de la lente, de modo que la lente 42 enfocará la luz como se desee.

Las figuras 3A-3D muestran esquemáticamente detalles de lentes 42 ajustables electrónicamente. La figura 3A es una ilustración pictórica de la lente 42, mientras que las figuras 3B y 3C son vistas laterales que muestran sustratos transparentes 52 y 54 en lados opuestos de una capa electroóptica 50 en la lente 42. La figura 3D es una vista lateral del dispositivo 42, que muestra una superposición de los electrodos de excitación 56 y 60 que están ubicados en los sustratos 52 y 54 en los lados opuestos de la lente 42. La lente 44 puede tener un diseño similar.

La capa electroóptica 50 comprende habitualmente una capa de cristal líquido, como se describe en la publicación internacional PCT WO 2014/049577 anteriormente mencionada. Como se explicó anteriormente, la capa 50 refracta habitualmente la luz, en respuesta a las formas de onda de tensión aplicadas por los electrodos 56 y 60, en una sola dirección de polarización, mientras que la otra polarización pasa a través de la lente 42 sin refracción. Alternativamente, la capa 50 puede comprender un cristal líquido colestérico u otro material electroóptico que sea independiente de la polarización.

Los electrodos 56 y 60 en los sustratos 52 y 54, respectivamente, comprenden bandas paralelas de material conductor transparente que se extienden sobre la zona activa de la capa 50 en direcciones mutuamente ortogonales. Aunque los electrodos 56 y 60 tienen una forma y una separación uniformes en las figuras, las bandas pueden tener alternativamente tamaños y/o pasos variables. Como se muestra en la figura 3D, la superposición de los electrodos 56 y 60 crea un conjunto de píxeles 64, definido por las zonas de superposición de las bandas verticales de los electrodos 56 con las bandas horizontales de los electrodos 60.

La circuitería de control 58 y 62, bajo el control de la circuitería de control 26 u otro controlador, aplican tensiones de control a los electrodos de excitación 56 y 60, respectivamente. Como se describe en la publicación internacional WO 2014/049577 anteriormente mencionado, la circuitería de control en la lente 42 puede modificar las tensiones de control aplicadas a cada uno de un conjunto de electrodos de excitación (que pueden incluir todos los electrodos) de manera simultánea e independiente. La circuitería de control 58 y 62 en conjunto puede modificar las tensiones aplicadas a los conjuntos de electrodos de excitación en ambos lados de la capa 50, modificando así el perfil de modulación de fase de la capa en dos dimensiones.

Las tensiones de control aplicadas a los electrodos de excitación 56 y 60 ajustan las propiedades focales de la lente 42, según lo determinado por el perfil de modulación de fase. La circuitería de control 58 y 62 puede modificar las tensiones de control para cambiar la longitud focal y/o para cambiar el eje óptico de la lente. Los patrones de tensión aplicados por los circuitos 58 y 62 a través de los electrodos 56 y 60 se pueden elegir para proporcionar un perfil de modulación de fase que sea circularmente simétrico y, por lo tanto, pueden simular una lente esférica o asférica. Alternativamente, se pueden aplicar diferentes patrones de tensión para que la lente 42 funcione, por ejemplo, como una lente astigmática, con un componente cilíndrico más fuerte a lo largo de un eje u otro.

En algunos casos, puede ser conveniente dividir la zona de una lente ajustable electrónicamente, como las lentes 22 y 24, en dos lentes independientes. Por ejemplo, las gafas 20 pueden configurarse de modo que, en algunos casos, las lentes se dividan, con parte de las lentes ajustadas constantemente para la corrección de la visión del usuario hasta el infinito, y cambiando la otra parte dinámicamente. Las realizaciones descritas a continuación admiten la

división espacial opcional de la zona de una lente ajustable electrónicamente. La lente en estas realizaciones puede operarse como una lente única que se extiende sobre toda (o al menos parte) de la zona activa, o la zona activa se puede dividir en dos o más regiones, implementando cada región diferentes características de la lente (como longitud focal y/o eje óptico). Se puede hacer que las lentes conmuten dinámicamente entre estos modos.

- 5 La figura 4 es una vista frontal esquemática de electrodos formados en un sustrato 70 para usarse en una lente divisible, ajustable electrónicamente, según una realización de la invención. El sustrato 70 y los electrodos formados en él se pueden usar en la lente 42, por ejemplo, para aplicar formas de onda de tensión a la capa 50 (figuras 3A-3D) en lugar del sustrato 52 y los electrodos 56. Los electrodos 60 en el sustrato 54 pueden permanecer como se muestra en la figura 3C, o pueden dividirse alternativamente de una manera similar a la que se muestra en la figura 4. Además, como alternativa, para producir una lente cilíndrica dividida, los electrodos 60 pueden reemplazarse en el sustrato 54 por un electrodo común (no mostrado en las figuras).

- 15 Los electrodos en el sustrato 70 comprenden un conjunto de bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de ejes respectivos, mutuamente paralelos, a través de la zona activa de la capa electroóptica. Cada banda se divide en dos segmentos 76 y 78, que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas del eje de la banda. (En esquemas alternativos, como el esquema dinámico ilustrado en la figura 5, cada banda puede dividirse en tres o más segmentos). Por lo general, aunque no necesariamente, los segmentos 76 están conectados y controlados por conductores en el borde superior del sustrato 70, en la vista que se muestra en la figura 4, mientras que los segmentos 78 están conectados y controlados por conductores en el borde inferior.

- 20 Los segmentos 76 se extienden en conjunto y cubren una zona 72 de la lente, mientras que los segmentos 78 se extienden y cubren una zona diferente 74. La circuitería de control 26 puede aplicar diferentes formas de onda de control de tensión a los segmentos en la zona 72 de las aplicadas a los segmentos correspondientes en la zona 74, y por lo tanto hace que la lente funcione como una lente multifocal, con diferentes zonas focales correspondientes a las zonas 72 y 74. Normalmente, las zonas focales tienen diferentes longitudes focales respectivas. Sin embargo, cuando se desee, se pueden aplicar las mismas formas de onda a cada segmento 76 que a su segmento homólogo 78 en cada banda, de modo que ambas zonas 72 y 74 tengan las mismas características focales.

- 25 La figura 5 es un diagrama eléctrico esquemático que muestra los segmentos de electrodo 82 y los conmutadores 84 formados en un sustrato 80 en una lente ajustable electrónicamente, según una realización alternativa de la invención. Cada banda puede comprender tan solo dos segmentos 82, como en la realización anterior. En la realización mostrada en la figura 5, sin embargo, cada banda se divide en n segmentos 82, denominados $R_1, R_2, \dots, R_n$, que están interconectados en serie por los conmutadores 84, denominados $G_1, G_2, \dots, G_{n-1}$, como los transistores de película delgada adecuados. Las líneas de control 86 están conectadas para accionar las filas correspondientes de los conmutadores 84 en todas las bandas, con una sola línea de control conectada a cada conmutador G_i en todas las bandas. Al accionar las líneas de control apropiadas, la circuitería de control 26 puede, por tanto, unir o separar eléctricamente cada segmento a o de los colindantes en todas las bandas simultáneamente.

- 35 Para lograr una buena calidad óptica, los huecos entre los segmentos 82 son habitualmente mucho más pequeños que las longitudes de los propios segmentos. Todos los segmentos pueden ser de longitudes similares, como en el ejemplo que se muestra en la figura 5, o diferentes segmentos pueden tener diferentes longitudes, tanto dentro de cada banda como entre diferentes bandas.

- 40 Habitualmente, la circuitería de control 26 está conectada para aplicar las formas de onda de tensión de control a uno o ambos extremos de cada una de las bandas conductoras, por ejemplo, al segmento R_1 y posiblemente al segmento R_n en cada banda. Para aplicar diferentes formas de onda de tensión de control respectivas a diferentes segmentos, la circuitería de control puede accionar los conmutadores 84 apropiados y modificar las formas de onda de tensión de control aplicadas a los extremos respectivos de las bandas conductoras.

- 45 Por ejemplo, para dividir la lente 80 a lo largo de la línea de los conmutadores G_i , la circuitería de control 26 establece todas las líneas de control 86 para que $k \neq i$ encienda (cierre) los conmutadores correspondientes G_k , de modo que los segmentos colindantes 82 se unan eléctricamente. Al mismo tiempo, la línea de control i está configurada para desactivar (abrir) los conmutadores G_i , separando así los segmentos R_i y $R_i + 1$ a lo largo de la línea de división. La circuitería de control 26 aplica formas de onda de tensión a los segmentos R_1 que se eligen para implementar un primer conjunto de características focales. Estas formas de onda pasan a través de los conmutadores 84 y, por lo tanto, se propagan hacia abajo a través de los segmentos 82 en cada banda hasta que alcanzan los conmutadores abiertos G_i . De manera similar, la circuitería de control 26 aplica otras formas de onda a los segmentos R_n , elegidos para implementar diferentes características focales, y estas formas de onda pasan a través de los conmutadores 84 y segmentos 82 hasta la misma línea de separación en los conmutadores G_i .

- 55 En otra realización, la lente 80 se usa para implementar una lente dinámica dividida en la que cada una de dos o más zonas, como se define por una fila de segmentos o un grupo de dichas filas, se puede configurar para implementar diferentes características focales (longitud focal y/o eje óptico), con la circuitería de control conectada al segmento R_1 . Pueden realizarse las zonas 1, ..., n , correspondiente a los segmentos $R_1, \dots, R_n$, para implementar las características focales $F_1, \dots, F_n$ aplicando los siguientes pasos:

- 1) Establecer todos los conmutadores, G_k , $k = 1 \dots n-1$ en 'activado'.
- 2) Aplicar tensiones a los electrodos para implementar las características focales F_n .
- 3) Repetir para $j = n-1$ a 1:
 - a) Establecer el conmutador G_j en "apagado".

- 5 b) Aplicar tensiones a los electrodos para implementar la lente F_j .

Usando este método, los conmutadores 84 se apagan (abren) una fila a la vez. Las tensiones de los segmentos del electrodo en la sección R_j se actualizan durante el intervalo entre la apertura del conmutador j y la apertura del conmutador $j-1$. Es deseable que la duración de este intervalo se mantenga al mínimo, pero debe ser lo suficientemente larga para asegurar que las tensiones en los segmentos R_j alcancen sus valores finales y se actualicen correctamente.

La tensión aplicada a cada segmento de electrodo R_j cambia con el tiempo: cuando los segmentos $R_j + 1 \dots R_n$ se actualizan, esta tensión puede ser diferente de la tensión requerida para implementar las características focales correctas F_j para la zona j de la lente. Como el cristal líquido se ve afectado por la tensión promedio en el tiempo que se le aplica, estos cambios de tensión pueden agregar ruido a la función de modulación de la zona j . Este ruido se puede reducir modificando la tensión aplicada a los electrodos cuando se actualiza cada segmento R_j para compensar las tensiones que se aplicaron cuando se actualizaron los segmentos $R_j + 1 \dots R_n$, de manera que la tensión promedio en el tiempo en el segmento R_j tiene el valor deseado.

Para mejorar la eficiencia de este esquema, si los segmentos adyacentes 82 requieren tensiones de conducción similares (y, por lo tanto, implementan lentes similares), pueden actualizarse simultáneamente cerrando los conmutadores 84 que conectan estos segmentos.

Adicional o alternativamente, la circuitería de control 26 puede conectarse tanto al segmento R_1 como al segmento R_n en cada banda, y puede usar una secuencia de propagación similar a la descrita anteriormente simultáneamente desde R_1 hacia abajo y desde R_n hacia arriba. De esta manera, las tensiones de todas las secciones de la lente se pueden actualizar en un tiempo más corto.

Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se mencionan a modo de ejemplo, y que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente con anterioridad en el presente documento. Más bien, la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo óptico, que comprende:

una capa electroóptica (50), que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a través de la capa electroóptica en la ubicación;

sustratos transparentes primero y segundo (52, 54) en lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica;

electrodos conductores ubicados en los sustratos transparentes primero y segundo, comprendiendo los electrodos un conjunto de electrodos de excitación, que comprenden bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de ejes mutuamente paralelos, respectivos a través del primer lado de la capa electroóptica, cada banda se divide en dos o más segmentos (76, 78, 82) que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas de un eje de la banda; y

circuitería de control (58, 62), que está acoplada para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los segmentos de los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica;

caracterizado por que el dispositivo comprende, para cada banda, uno o más conmutadores (84) que interconectan los segmentos de la banda y son operables por la circuitería de control para unir o separar eléctricamente los segmentos de la banda.

2. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que la circuitería de control está configurada para aplicar las formas de onda de tensión de control a los electrodos de excitación de modo que el dispositivo funcione como una lente, que tiene propiedades focales determinadas por el perfil de modulación de fase.

3. El dispositivo según la reivindicación 2, en el que la circuitería de control está configurada para aplicar primeras formas de onda de tensión de control a primeros segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, y segundas formas de onda de tensión de control, diferentes de las primeras formas de onda de tensión de control, a segundos segmentos de al menos algunas de las formas de onda de excitación, de modo que la lente funciona como una lente multifocal.

4. El dispositivo según la reivindicación 3, en el que los primeros segmentos de las bandas se extienden en conjunto a través de una primera zona de la capa electroóptica, mientras que los segundos segmentos de las bandas se extienden en conjunto a través de una segunda zona de la capa electroóptica, y

en el que la circuitería de control está configurada para aplicar las diferentes formas de onda de tensión de control respectivas de manera que la primera zona tenga una primera longitud focal y la segunda zona tenga una segunda longitud focal, diferente de la primera longitud focal.

5. El dispositivo según la reivindicación 2, en el que la circuitería de control está configurada para aplicar las formas de onda de tensión de control a los electrodos de excitación de modo que el dispositivo funcione como una única lente, que tiene una única longitud focal.

6. El dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que los dos o más segmentos de cada banda comprenden al menos segmentos primero y segundo respectivos, y el uno o más conmutadores comprenden un conmutador en cada una de las bandas que interconectan los segmentos primero y segundo respectivos, y

en el que el dispositivo comprende una única línea de control conectada para accionar el conmutador en cada una de las bandas para unir o separar eléctricamente los segmentos primero y segundo en todas las bandas simultáneamente.

7. El dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que los dos o más segmentos de cada banda comprenden tres o más segmentos conectados en serie por múltiples conmutadores, y en el que el dispositivo comprende múltiples líneas de control conectadas para activar los múltiples conmutadores en todas las bandas.

8. El dispositivo según la reivindicación 7, en el que la circuitería de control está conectada a al menos un extremo respectivo de cada una de las bandas conductoras y está configurada para aplicar diferentes formas de onda de tensión de control respectivas a diferentes segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, alternativamente, accionando los conmutadores múltiples y modificando las formas de onda de tensión de control aplicadas a los extremos respectivos de las bandas conductoras.

9. Un método para producir un dispositivo óptico, comprendiendo el método:

proporcionar una capa electroóptica (50), que tiene un índice de refracción local efectivo en cualquier ubicación dada dentro de una zona activa de la capa electroóptica que está determinada por una forma de onda de tensión aplicada a

través de la capa electroóptica en la ubicación, con sustratos transparentes primero y segundo (52, 54) en lados opuestos primero y segundo de la capa electroóptica;

5 posicionar electrodos conductores en los sustratos transparentes primero y segundo, comprendiendo los electrodos una serie de electrodos de excitación, que comprenden bandas conductoras paralelas que se extienden a lo largo de ejes mutuamente paralelos, respectivos a través del primer lado de la capa electroóptica, cada banda se divide en dos o más segmentos (76, 78, 82) que se extienden sobre partes separadas una con respecto a otra, respectivas de un eje de la banda; y

10 acoplar la circuitería de control (58, 62) para aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a los segmentos de los electrodos de excitación para generar un perfil de modulación de fase específico en la capa electroóptica;

caracterizado por que para cada banda, uno o más conmutadores (84) interconectan los segmentos de la banda y son operables por la circuitería de control para unir o separar eléctricamente los segmentos de la banda.

15 10. El método según la reivindicación 9, en el que el acoplamiento de la circuitería de control comprende aplicar las formas de onda de tensión de control a los electrodos de excitación para que el dispositivo funcione como una lente, que tiene las propiedades focales determinadas por el perfil de modulación de fase.

20 11. El método según la reivindicación 10, en el que aplicar las formas de onda de tensión de control comprende aplicar las primeras formas de onda de tensión de control a los primeros segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, y las segundas formas de onda de tensión de control, diferentes de las primeras formas de onda de tensión de control, a los segundos segmentos de al menos algunas de las formas de onda de excitación, de modo que la lente funciona como una lente multifocal; en el que la aplicación de diferentes formas de onda de tensión de control respectivas hace que la primera zona tenga una primera longitud focal y la segunda zona tenga una segunda longitud focal, diferente de la primera longitud focal.

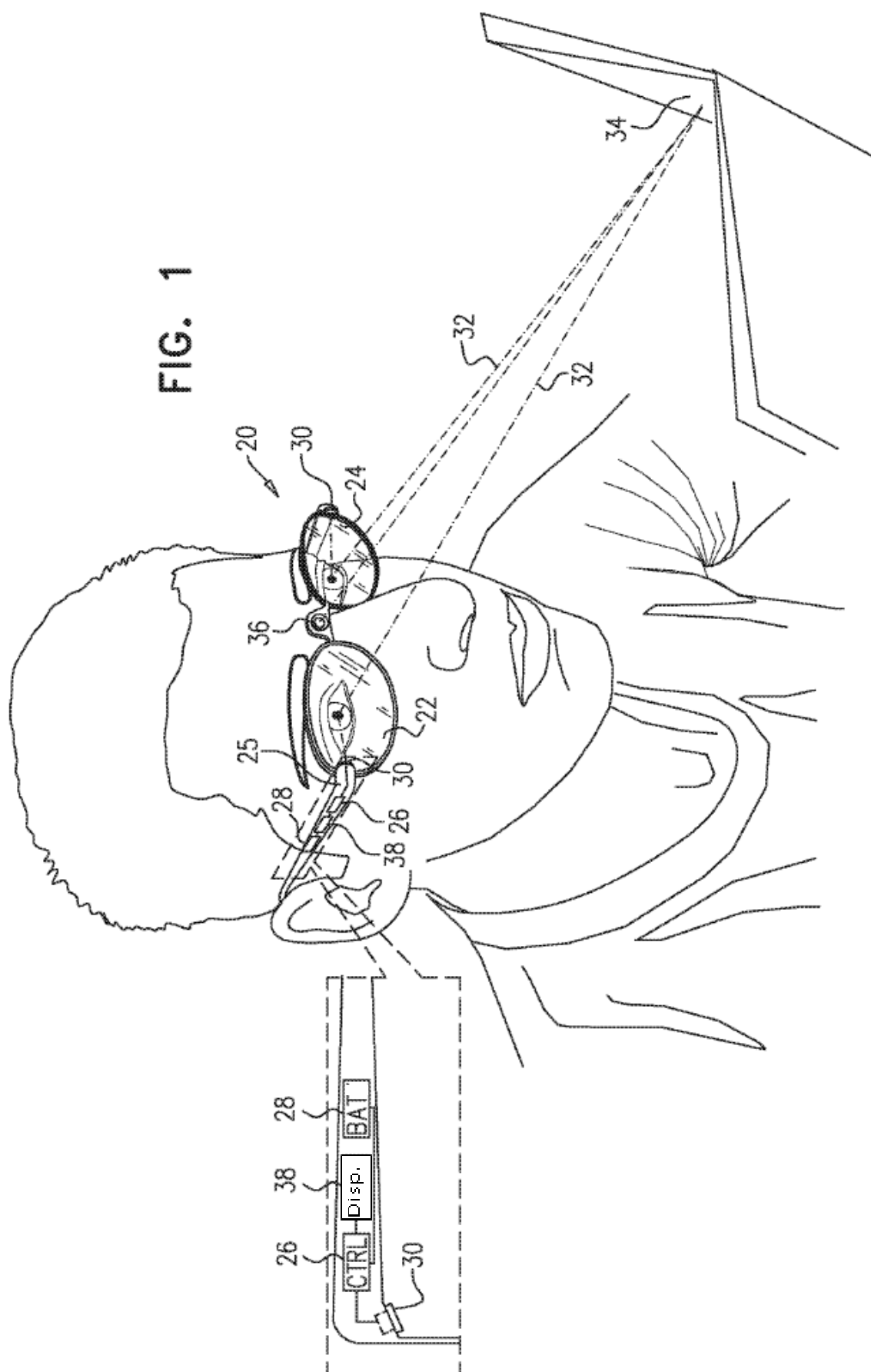
25 12. El método según la reivindicación 10, en el que aplicar las formas de onda de tensión de control comprende aplicar las formas de onda de tensión de control de manera que el dispositivo funcione como una sola lente, que tenga una única longitud focal.

30 13. El método según la reivindicación 9 o 10, en el que los dos o más segmentos de cada banda comprenden al menos segmentos primero y segundo respectivos, y el uno o más conmutadores comprenden un conmutador en cada una de las bandas que interconectan los segmentos primero y segundo respectivos; y en el que el método comprende conectar una única línea de control para accionar el conmutador en cada una de las bandas para unir o separar eléctricamente los segmentos primero y segundo en todas las bandas simultáneamente.

14. El método según la reivindicación 9 o 10, en el que los dos o más segmentos de cada banda comprenden tres o más segmentos conectados en serie por múltiples conmutadores, y en el que el método comprende conectar múltiples líneas de control para activar los múltiples conmutadores en todas las bandas.

35 15. El método según la reivindicación 14, en el que el acoplamiento de la circuitería de control comprende conectar la circuitería de control a al menos un extremo respectivo de cada una de las bandas conductoras, y aplicar formas de onda de tensión de control respectivas a diferentes segmentos de al menos algunos de los electrodos de excitación, alternativamente, accionando los conmutadores múltiples y modificando las formas de onda de tensión de control aplicadas a los extremos respectivos de las bandas conductoras.

१०६



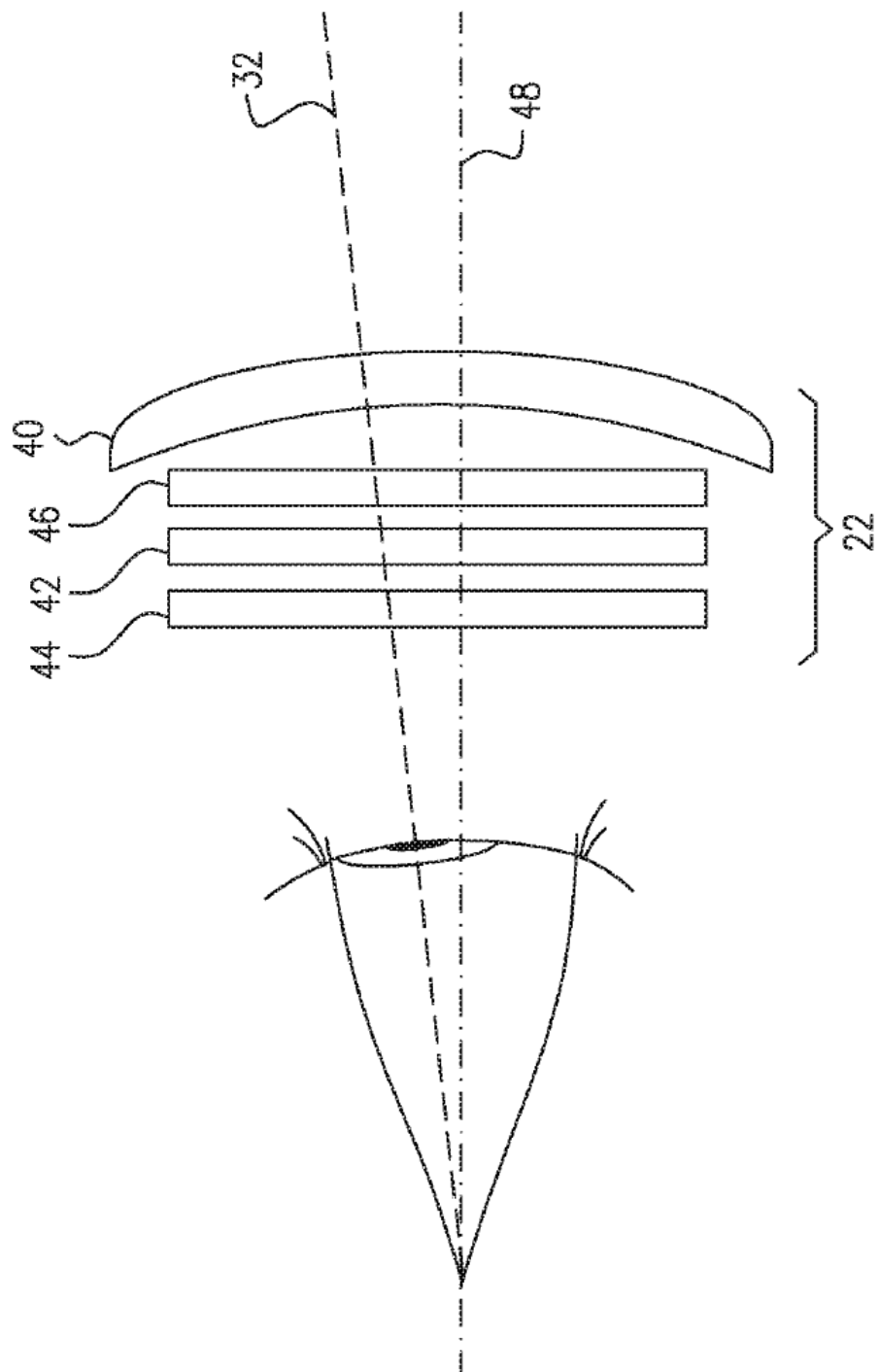


FIG. 2

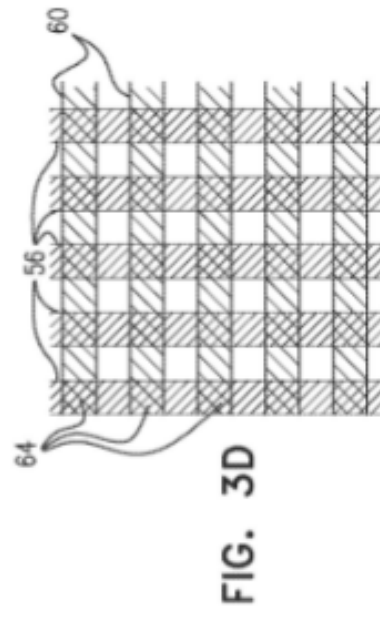
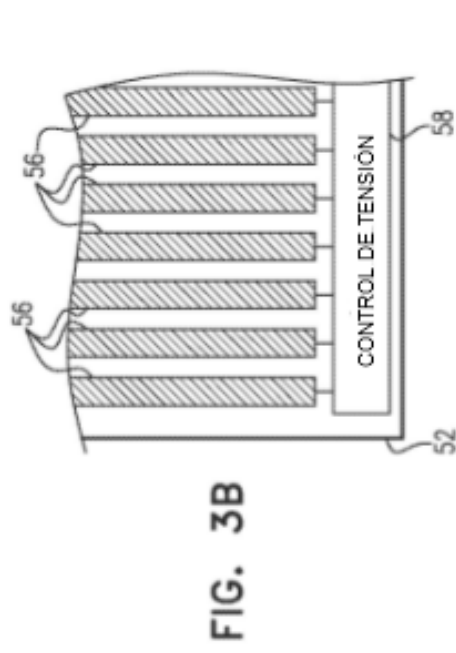
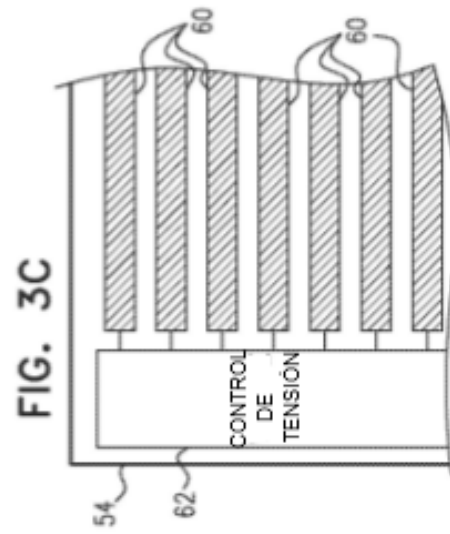
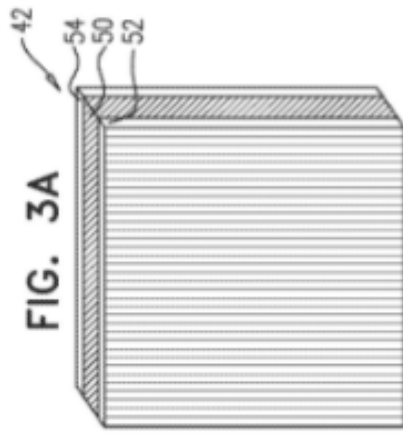


FIG. 4

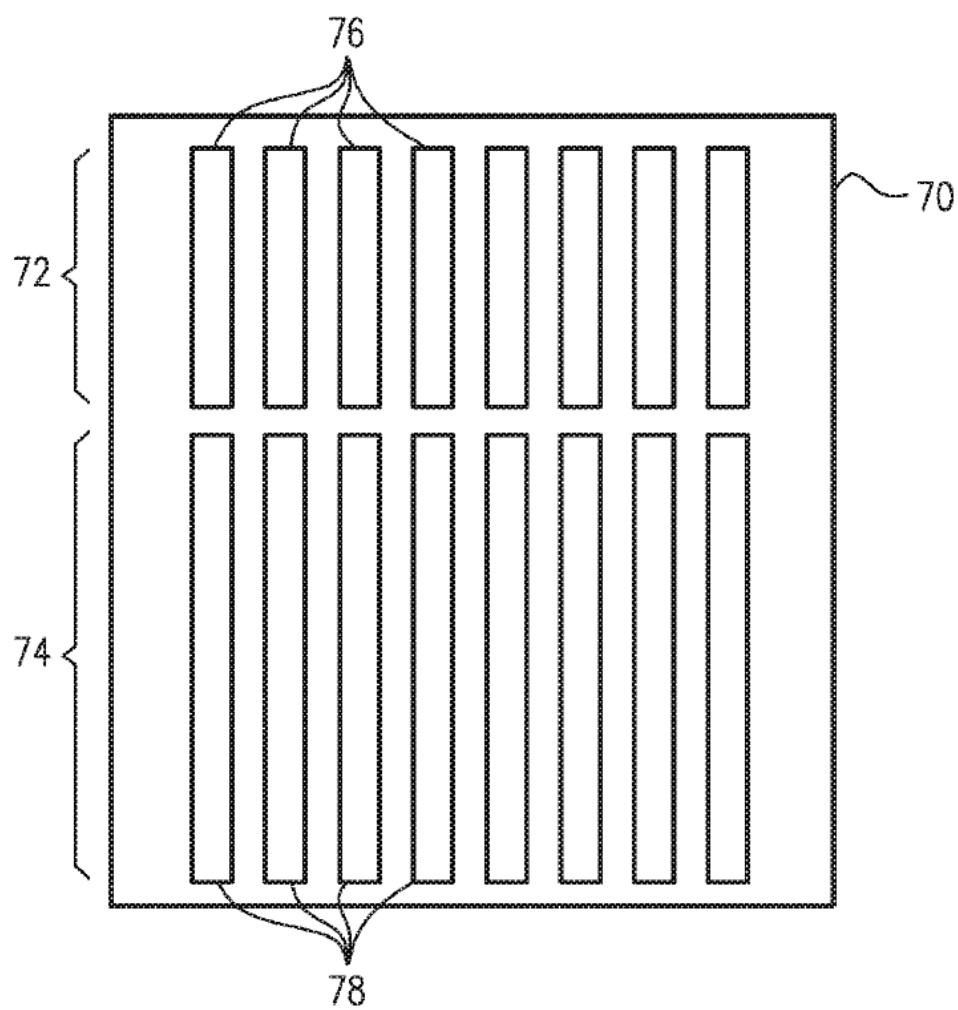


FIG. 5

