



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 109 169**

② Número de solicitud: 9501443

⑤ Int. Cl.⁶: G02C 7/06
G02B 3/10

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **18.07.95**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.98**

⑬ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.01.98

⑦ Solicitante/s:
**Universidade de Santiago de Compostela
Centro de Transferencia de Tecnoloxía
Avda. das Ciencias s/n
15706 Santiago de Compostela, Coruña, ES**

⑦ Inventor/es: **Liñares Beiras, Jesús;
Prieto Blanco, Xesús y
Montero Orille, Carlos**

⑦ Agente: **No consta.**

⑤ Título: **Procedimiento de fabricación de lentes bifocales oftálmicas por intercambio iónico.**

⑤ Resumen:
Procedimiento de fabricación de lentes bifocales oftálmicas por intercambio iónico en sustratos de vidrio adecuados. Las complejas técnicas usuales de fabricación de lentes bifocales requieren un elevado número de pasos, gran precisión y cuidado en el proceso de producción industrial. El procedimiento de fabricación se caracteriza por tres pasos: realización (opcional) de alojamientos cóncavos en sustratos de vidrio de índice n ; intercambio iónico (térmico o asistido con campo eléctrico) en dicho vidrio, produciendo superficies equi-indiciales de radio de curvatura R y un valor máximo del índice igual a n' ; finalmente un tallado de superficies que elimina la región intercambiada en una cierta zona del sustrato, conservándola en el resto. La potencia de adición obtenido es: $(n'-n)/R$. El procedimiento de fabricación, altamente reproducible y de fácil automatización, es de aplicabilidad en la industria oftálmica.



Fig. 3

ES 2 109 169 A1

DESCRIPCION

Procedimiento de fabricación de lentes bifocales oftálmicas por intercambio iónico.

Las lentes bifocales permiten la corrección visual, tanto para visión lejana como para visión cercana, mediante dos regiones o zonas de lente separadas, cada una de las cuales tiene distinta longitud focal y por tanto distinta potencia óptica. La diferencia de potencias se denomina adición y se consigue ya sea mediante el uso de un material con distinto índice de refracción en una de esas zonas o proporcionando una diferente curvatura a dicha zona [Y. Le Grand y S. G. El Hage, *Physiological Optics*, Berlin: Springer Verlag, 1980].

De acuerdo con lo anterior, podemos dividir las lentes bifocales en tres grandes grupos, los cuales a su vez, también de el método de fabricación de las mismas: A) Bifocales formadas mediante la unión o cementación, en la región de visión cercana, de una lente de menor tamaño o lentilla la lente principal, ambas del mismo índice de refracción, B) Bifocales en los que la lentilla es de distinto índice de refracción y se funde a la lente principal, y C) Bifocales fabricadas mediante el tallado de las dos zonas a partir el mismo bloque de material.

Los métodos B) y C) datan de las primeras décadas de este siglo y, con algunas mejoras, son los que se siguen empleando hoy en día [Y. Le Grand y S. G. El Hage, *Physiological Optics*, Berlin: Springer Verlag, 1980].

En el método B) se parte de un bloque de material algo mayor que la lente que se desea obtener, en el cual se practica mediante una pulidora una concavidad esférica denominada alojamiento. En esta concavidad se fija una lentilla de material de distinto índice de refracción (generalmente mayor) con una curvatura en una de sus superficies ligeramente mayor que la del alojamiento, de tal manera que encajen casi perfectamente. El conjunto se calienta a unos 650°C (es decir, por encima de la temperatura de reblandecimiento de los vidrios usuales) fundiéndose entre sí los dos materiales. La frontera entre ambos vidrios no debe deformarse y tampoco pueden quedar burbujas de aire (de ahí la pequeña diferencia de curvaturas) ni suciedad encerradas puesto que afectarían a las características ópticas de la lente. Ambos materiales deben tener un coeficiente de dilatación aproximadamente igual y el proceso de fusión debe hacerse durante horas para eliminar tensiones entre los vidrios. Finalmente, todo el conjunto se talla con forma esférica. La curvatura de este tallado, la del alojamiento y la diferencia de índices entre ambas zonas determinan la adición producida. La curvatura de la cara opuesta (normalmente la posterior) junto con el índice de la lente principal deben ser tales que corrijan el defecto de visión lejana prescrito.

El principal inconveniente de este modo es la gran cantidad de pasos necesarios para la fabricación de una lente. Además de los mencionados, son necesarios varios pasos de limpieza de los vidrios a fundir para evitar que queden partículas atrapadas; así como pasos de alineamiento y fijado manual de la lentilla a la lente principal.

Todo ello en un ambiente limpio, lo cual encarece el producto final. Esto es especialmente grave si se desean lentillas con una forma final no circular, ya que en este caso se debe construir previamente la lentilla fundiendo dos o más trozos de vidrio, y cada paso de fundido requiere un tallado previo de cada uno de los trozos, un ajuste entre ambos y el propio fundido. Además, un proceso de tallado de una superficie consta a su vez de 2 ó 3 pasos: desbastado, afinado y pulido (a veces los dos primeros son simultáneos) [D. F. Home, *Spectacle lens technology*, Bristol: Adam Hilger Ltd., 1978].

En el método C) la filosofía de diseño es análoga al caso anterior, pero consiste en proporcionar, mediante pulidoras especiales, una distinta curvatura a la zona de visión cercana con respecto a la zona de visión lejana. El tallado requiere maquinaria de precisión y debe realizarse delimitando cuidadosamente las dos zonas de visión diferente. Por otra parte, la línea de transición entre ambas zonas es necesariamente un arco de circunferencia, cuando lo preferible desde un punto de vista oftálmico es una línea recta.

En la presente invención describimos un procedimiento de fabricación de lentes bifocales que evita los inconvenientes anteriormente expuestos, basándose fundamentalmente en la reducción de los pasos de fabricación, una fácil realización y alta reproductibilidad.

Este procedimiento de fabricación de lentes bifocales oftálmicas utiliza la técnica conocida como difusión-intercambio iónico en vidrio [S. I. Najafi, *Introduction to Glass Integrated Optics*, London: Artech House, 1992]. Consiste en el intercambio uno a uno de cationes entre un vidrio y una sal o mezcla de sales fundidas. El intercambio es posible porque, a la temperatura de trabajo, tanto los iones salientes como los entrantes se encuentran muy poco ligados a la red de óxido de silicio responsable de la rigidez estructural del vidrio, por lo que sufren un proceso de difusión en su interior. La concentración de iones entrantes o impurezas decae suavemente desde su valor máximo en la superficie del vidrio hasta cero en su interior. El cambio de composición produce un cambio en el índice de refracción que se considera proporcional a la concentración de impurezas. En la discusión que sigue supondremos que el ion que sale del vidrio es sodio. Normalmente, los iones entrantes son plata, potasio, talio, cesio o litio. Las fuentes de iones suelen ser nitratos de los elementos anteriores, tanto puros como mezclados. Es usual diluir la sal de la impureza (en algunos casos cara) en la sal de sodio correspondiente porque el incremento de índice de refracción (Δn) que se produce no es mucho menor, es decir la relación entre concentración de iones en la sal y en el vidrio es muy poco lineal. Por ejemplo, una mezcla de 5% (en moles) de NO_3Ag en NO_3Na produce un Δn de 0.082 en un vidrio soda-lima, mientras que una de 1% genera un Δn de 0.057. La temperatura de trabajo debe ser superior a la de fusión de la sal (entre 200°C y 350°C aproximadamente, dependiendo del catión y del tipo de mezcla); tampoco es recomendable superar los 400°C o 450°C, según las sales, puesto que los nitratos se descomponen en nitritos y/o óxidos de

nitrógeno a estas temperaturas. Para trabajar a una temperatura superior se usan sulfatos o cloruros de dichos iones puesto que sus temperaturas de fusión son más altas, y por lo tanto también se descomponen a temperaturas mayores (alrededor de 800°C).

Tanto el coeficiente de difusión D_i como la movilidad μ_i de las impurezas en el vidrio crecen rápidamente con la temperatura; por ejemplo, los valores típicos de D_i para difusión de plata en vidrio soda-lima varían desde 0.02 $\mu\text{m}^2/\text{min}$ a 350°C hasta 0.38 $\mu\text{m}^2/\text{min}$ a 440°C. Teniendo en cuenta que la profundidad efectiva de penetración es proporcional a $(4D_i t)^{1/2}$, siendo t el tiempo de intercambio iónico, se debe difundir a la mayor temperatura posible para minimizar el tiempo necesario en alcanzar una profundidad dada. Esta temperatura no debe superar como máximo en 50°C la temperatura de reblandecimiento del vidrio -que en el caso de vidrio soda-lima es de unos 520°C o se deformará la lente bajo su propio peso. Para el ejemplo anterior de $D_i = 0.38 \mu\text{m}^2/\text{min}$ sería necesaria una semana de difusión para alcanzar una profundidad de 0.12 mm, que representa un valor demasiado bajo comparado con las necesidades requeridas para una aplicación oftálmica (alrededor de 2 mm), o dicho de otro modo, implica tiempos de difusión prohibitivos.

Se puede modificar fuertemente la difusión bajo el efecto de un campo electrostático de magnitud E que arrastre los iones. Si este efecto es dominante se suele denominar electromigración, aunque en esta memoria conservaremos el término intercambio iónico para todos los casos. Si la dirección del campo electrostático es hacia el interior, entrarán impurezas por la cara a tratar mientras que saldrán iones de sodio por la cara opuesta. La profundidad de penetración en este caso es aproximadamente $\mu_i E t$, siendo μ_i la movilidad de los iones entrantes, lo cual permite acortar el tiempo de intercambio ya que el valor del campo puede ser variado a voluntad y además el proceso no se ralentiza para tiempos grandes como ocurre en una difusión sin campo (térmica). Por ejemplo, con un campo eléctrico de 0.1 V/ μm y una movilidad $\mu_i = 5 \mu\text{m}^2/(\text{min V})$ para iones de plata en soda-lima (ambos valores típicos) se alcanzaría una profundidad de 1 mm en 33 horas. En realidad esta velocidad es sólo una cota inferior que se verifica cuando la profundidad ocupa casi todo el espesor de la muestra o cuando la concentración de impurezas en el vidrio es pequeña frente a la concentración de sodio. El perfil de la concentración en una difusión asistida por campo eléctrico no decae tan suavemente como en una difusión térmica, sino que se mantiene aproximadamente constante en una región amplia y luego cae de forma relativamente brusca a cero cuanto mayor es el campo aplicado. La dimensión de la región de transición puede llegar a ser del orden de 10 μm .

Para generar un campo electrostático en el interior del vidrio se deben aislar eléctricamente ambas superficies de la lente y colocar a mayor potencial la superficie de entrada que la de salida de iones. La sal de impurezas sirve como electrodo en la cara de entrada puesto que es conductora.

En la cara de salida normalmente se usan como electrodos deposiciones metálicas en alto vacío, o bien otra sal sin impurezas (por ejemplo, nitrato de sodio) aislada eléctricamente de la anterior. Las deposiciones metálicas no son adecuadas para tiempos de difusión largos, pues el sodio que sale del vidrio se reduce a sodio metálico que degrada el electrodo, siendo preferible el uso de dos sales, una por cada cara.

El ion a difundir debe verificar al menos dos condiciones para ser de utilidad en esta aplicación. Por una parte debe proporcionar un incremento de índice suficientemente alto: $\Delta n \approx 0.07$ si se desean mantener las características de las bifocales usuales, como veremos más adelante; y por otra parte debe tener movilidades o coeficientes de difusión grandes. Imponiendo una profundidad de 2 mm y un tiempo máximo para el proceso de una semana, tenemos que: si el intercambio es puramente térmico, D_i debe ser mayor que 25 $\mu\text{m}^2/\text{min}$, lo que no verifica ningún ion en vidrios usuales; si el intercambio es asistido por campo, debe verificarse que $\mu_i E > 0.06$. Ni el potasio ni el litio cumplen la primera condición ($\Delta n \approx 0.01$) aunque el litio tiene una movilidad muy alta. El cesio posee una movilidad de $\mu_i \approx 0.014 \mu\text{m}^2/(\text{min V})$ a una temperatura de 540°C, lo que requiere campos de al menos 4 V/ μm para verificar la segunda, es decir, si se parte de una muestra de 5 mm de espesor, la mínima diferencia de potencial que es necesario aplicar es del orden de 20000 V, lo que supone una seria desventaja frente a otros iones. Por otra parte, posee el inconveniente de producir un Δn de tan solo 0.04. El talio cumple ambas condiciones $\Delta n \approx 0.1$ y $\mu_i \approx 0.31 \mu\text{m}^2/(\text{min V})$ a 480°C, lo que implica la necesidad de usar un campo de 0.2 V/ μm . Este ion es usado frecuentemente por investigadores nipones en el campo de la óptica integrada [K. Koizumi, *From Galileos "occhialino" to optoelectronics*, ed. Paolo Mazoldi, Singapore: World Scientific, 1993], pero su inclusión en un proceso industrial presenta como grave desventaja su altísima toxicidad. La plata es la impureza que cumple más holgadamente ambos requisitos, como se mostró en ejemplos anteriores. Sin embargo, ennegrece los vidrios usuales durante el intercambio, lo que es inaceptable en aplicaciones oftálmicas. Además, los cúmulos que forma en el interior del vidrio, actúan como trampas para los propios iones de plata, entorpeciendo la difusión. Recientemente se demostró que estas deficiencias pueden inhibirse incluyendo en la composición del vidrio óxidos de aluminio (US Patent 5007948, vidrio 193ZQW de Corning). Se logran así vidrios transparentes con una temperatura de reblandecimiento superior, y coeficientes de difusión mucho más altos (hasta cien veces mayores), que permiten alcanzar profundidades del orden del milímetro con difusiones térmicas de días. Este tipo de vidrios se fabrican especialmente para intercambio iónico, por lo que su contenido en sodio es superior al usual. Se aumenta así la cantidad de iones intercambiados llegando a alcanzarse $\Delta n \approx 0.11$.

En resumen, desde el punto de vista técnico, las mejores soluciones son el intercambio de plata

en vidrios especiales cuya composición esté basada en aluminosilicatos, y el intercambio de talio en vidrios usuales a temperaturas cercanas a la de reblandecimiento.

A continuación se comentan las figuras que se incluyen para clarificar el procedimiento de fabricación:

Fig. 1 Esquema gráfico de la lente con alojamiento donde se indica en sombreado la región de intercambio iónico y se muestran las superficies inicial (con alojamiento) y final.

Fig. 2 Esquema análogo al anterior para el caso de intercambio iónico asistido por campo electrostático no uniforme en el interior del vidrio.

Fig. 3 Resultado final tras el proceso de fabricación donde se muestra la lentilla -que proporciona la adición- inmersa en el vidrio.

Como se observa en la figura 1, el alojamiento esférico de radio r y profundidad h se realiza sobre un sustrato también esférico con radio de curvatura R . Se indica también en dicha figura, la profundidad de difusión efectiva d y el tamaño de la lentilla L resultantes del proceso de intercambio iónico. En trazo grueso se muestra la superficie S que resulta del tallado final.

En la figura 2 se muestra el mismo esquema, con la diferencia de que se ha utilizado un campo electrostático en el proceso de intercambio iónico. En trazo más grueso se identifica el elemento final resultante. En este caso, y a diferencia de lo mostrado en la figura 1, la curvatura de la superficie efectiva ($1/a$) debida al intercambio, no coincide con la curvatura del alojamiento original ($1/r$), lo cual es debido a las diferentes profundidades efectivas de intercambio iónico que produce el campo electrostático en el vértice (d_v) y en el borde (d_b) del alojamiento, respectivamente. También se indica el espesor final del elemento e .

El procedimiento de fabricación más sencillo consiste en el uso de una lente oftálmica con las caras esféricas y que por simplicidad supondremos concéntricas. En la cara anterior se talla un alojamiento esférico. A continuación se realiza una difusión (asistida o no por campo electrostático, según se explicó anteriormente), con una profundidad efectiva fuera del alojamiento (d) (Fig. 1 y 2) menor que la profundidad de éste (h). Las dos primeras etapas de tallado coinciden con las de fabricación de una bifocal convencional por el método B), aunque en este caso sean innecesarios los pasos de pulido, tanto del alojamiento como de las caras, puesto que las irregularidades de las superficies no se transmitirán al frente de iones quedando suavizadas por la difusión, y además no es necesaria una extrema calidad óptica en superficies que volverán a ser talladas. Finalmente se talla toda la cara anterior con la forma esférica original justo hasta que desaparezca el alojamiento. La cara posterior será tallada, como es usual, según la prescripción oftálmica. Con el vidrio desbastado se habrán eliminado todas las impurezas, salvo bajo el alojamiento donde quedará una región de índice mayor (Fig. 1 y 2). Aquí, la superficie correspondiente a la profundidad de penetración será de nuevo semejante a un sector esférico. Si la difusión es térmica, dicho sector será concéntrico con el del alojamiento ya

eliminado; por el contrario, si la difusión es asistida por campo electrostático, la curvatura de la superficie de profundidad efectiva será mayor que la curvatura del alojamiento. La razón de esta diferencia reside en el hecho de que la distancia que separa ambas caras es mínima en el vértice del alojamiento por lo que el campo será más intenso en esta zona. En consecuencia la velocidad del frente será máxima bajo el vértice e irá decayendo hacia los lados incrementando la curvatura del alojamiento. En ambos casos, tenemos una lentilla inmersa en el vidrio, análoga a la que obtendríamos prosiguiendo con el método usual B).

Desde el punto de vista de la óptica paraxial, y asumiendo que la lentilla es un elemento delgado, la adición que proporciona es igual al producto del incremento de índice por la suma de la curvatura de la cara anterior más la curvatura de las líneas equi-índices. Por lo tanto, la lentilla actúa como la de una bifocal convencional, es decir, podemos diseñar suponiendo que el vidrio está compuesto por dos regiones de índices distintos: n_s , (índice del sustrato) y $\Delta n + n_s$, separadas por una superficie efectiva definida por la profundidad de penetración (superficie equi-índice). Análogamente, en el caso de difusión asistida por campo, la superficie efectiva estará definida por la región de caída brusca de la concentración. Por todo ello, para una adición dada, el diseñador deberá tener en cuenta que la profundidad de la difusión limita el diámetro de la lentilla y además que una profundidad del alojamiento menor que la profundidad de la difusión desaprovechará el diámetro máximo alcanzable. Por la misma razón, el último tallado debe rebajar la mínima cantidad de vidrio posible una vez eliminado el alojamiento.

Hasta el momento hemos supuesto una lentilla circular; si se desea fabricar una lentilla semicircular o con cualquier otra forma, se debe de evitar la entrada de iones en la región correspondiente. Una posibilidad consiste en tallar el alojamiento con la misma forma que la deseada para la lentilla mediante una muela con la geometría apropiada: semiesférica, de esfera truncada, etc. Además, la calidad del tallado en el borde no circular del alojamiento es irrelevante pues esta zona será eliminada por tallado en la última etapa. Otra posibilidad para obtener formas no circulares consiste en depositar sobre el alojamiento circular una capa (máscara) de alguna sustancia (generalmente aluminio) que impida el paso de iones en la(s) región(es) no deseada(s), al igual que se hace en óptica integrada o en microelectrónica [W. M. Moreau, *Semiconductor Lithography*, New York: Plenum Press, 1989]. A diferencia de lo requerido en estos campos tecnológicos, la calidad de los bordes y la resolución de la máscara no es en absoluto crítica. Con este método tenemos total libertad en el diseño de la forma de la lentilla, que además de las usuales, podrían ser elípticas, ovales, etc. sin incrementar el número de pasos de fabricación. La sustancia a depositar que reúne las mejores características es el aluminio o, si la impureza es plata, preferentemente aluminio sobre una capa previa de óxido de aluminio. La razón es la reducción que sufre la plata a plata metálica en presencia de aluminio ennegreciendo

el vidrio en los bordes de la máscara. De todas formas, dependiendo del diseño de la máscara, esta región puede quedar eliminada en el tallado final haciendo innecesaria esta precaución.

Es importante destacar la existencia de procedimientos de fabricación de lentes oftálmicas fabricadas mediante intercambio iónico, cuya estrategia es notablemente diferente a la que aquí se presenta, y orientadas, por ejemplo, a aspectos particulares tales como la corrección de aberraciones [US patent 5148205].

Como ejemplo de diseño se presenta el siguiente:

Partiremos de un substrato, con dos de sus caras concéntricas, fabricado a partir de un vidrio aluminosilicatado. En dicho substrato, se practica un alojamiento (cuyas dimensiones calcularemos en este apartado) en la cara anterior y se realiza una difusión de plata proveniente de una mezcla de sales del 70 % en peso de cloruro de plata y un 30 % de sulfato de plata, estando el conjunto a una temperatura de 650°C. El intercambio iónico será asistido por campo eléctrico entre dos sales como fue descrito anteriormente. Los coeficientes de difusión y movilidades de la plata y el sodio en este tipo de vidrios son del orden de: $D_{Ag} \approx 35 \mu\text{m}^2/\text{min}$ ($\mu_{Ag} \approx 440 \mu\text{m}^2/\text{min V}$), $D_{Na} \approx 5 \cdot D_{Ag}$. Supondremos una sustitución del 90 % de los iones de sodio, porcentaje que se puede fijar escogiendo adecuadamente la concentración de las sales. Evidentemente, en cada caso estos valores

deberán medirse previamente de forma más precisa en cada tipo de vidrio mediante difusiones de prueba. La consecuencia principal que acarrea estas suposiciones en el presente diseño es un cambio en el tiempo de intercambio necesario.

La cara anterior de una lente típica suele tener un radio de curvatura de R 100 mm (ver Fig. 2); si queremos obtener una adición de 2.5 dioptrías necesitamos, suponiendo un $\Delta n = 0.1$ constante hasta la profundidad de penetración, un radio de curvatura de la cara interior de la lentilla de $a = 66.7$ mm. Si deseamos un diámetro de la lentilla típico de $L = 27$ mm, necesitamos una profundidad de penetración en el vértice del alojamiento de $d_v = 2.30$ mm. Considerando una muestra con un espesor de $e = 5$ mm entre el vértice de dicho alojamiento y la cara posterior (concéntrica a la anterior) entre los que aplicaremos una tensión de 220 voltios, se alcanzaría la profundidad deseada en 53 min. La profundidad de penetración en el borde del alojamiento sería de $d_b = 1.94$ mm. Por lo tanto el radio de curvatura del mismo debe ser $r = 88.5$ mm y su profundidad (h) superior a 1.94 mm con el objeto de eliminar todos los iones en el exterior de la lentilla; si escogemos esta última igual a 2 mm el diámetro del alojamiento será de 25.2 mm y el espesor de la muestra inicial de 7 mm.

Este diseño es el mismo independientemente de la forma de la lentilla, sea ésta circular, semi-circular, oval, etc.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de lentes bifocales oftálmicas por intercambio iónico (asistido o no por campo electrostático) en substratos de vidrio, **caracterizado** porque mediante el tallado final -que se realiza con posterioridad a dicho intercambio iónico- de las superficies del substrato, se elimina la región intercambiada en una cierta zona de dicho substrato, conservándose en el resto.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el intercambio iónico se produce mediante difusión térmica de iones de plata a partir de sales de dicho ion, preferentemente mezclas de cloruros y sulfatos, a una temperatura entre 200 y 800°C, preferentemente 650°C, en un substrato de vidrio del tipo 193ZQW de Corning.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el intercambio iónico se produce mediante difusión térmica de iones de talio a partir de sales de dicho ion, preferentemente una mezcla de sulfato de talio y sulfato de zinc, a una temperatura entre 200 y 800°C, preferentemente 460°C.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque se usa un campo electrostático de hasta 2000 V/mm, para acelerar el proceso de difusión.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque, en el proceso de difusión, el campo electrostático no es uniforme en el interior del substrato y esta no uniformidad es debida a la no uniformidad del espesor del mismo.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el tallado final de la superficie del substrato, a través de la cual se produjo el intercambio iónico, se realiza mediante muelas esféricas.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la cara del substrato a través de la cual se realiza el intercambio iónico es esférica.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque previamente al proceso de intercambio iónico se practica, por técnicas convencionales, un alojamiento cóncavo en la cara anterior del substrato.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el alojamiento es esférico.

10. Procedimiento según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado** porque previamente al intercambio iónico se deposita en una zona del alojamiento, preferentemente en una de sus mitades, y con una forma dada, preferentemente semicircular, una capa de un material, de preferencia aluminio, que evite la entrada de iones al interior del vidrio en dicha zona.

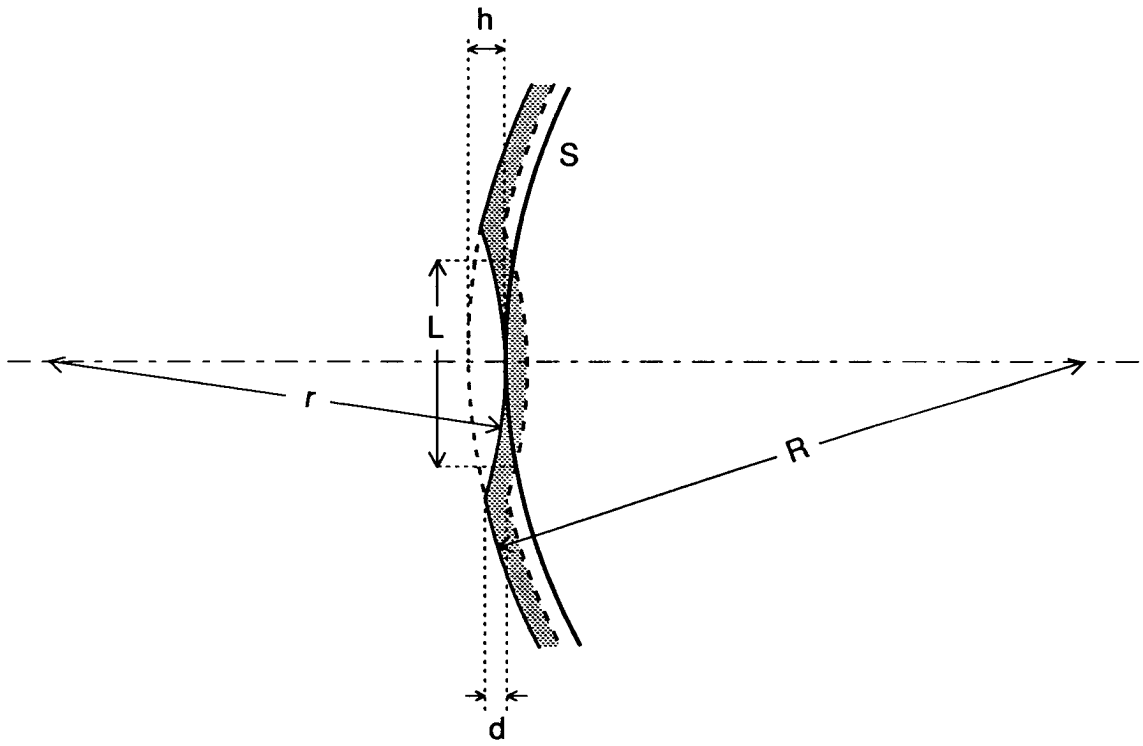


Fig. 1

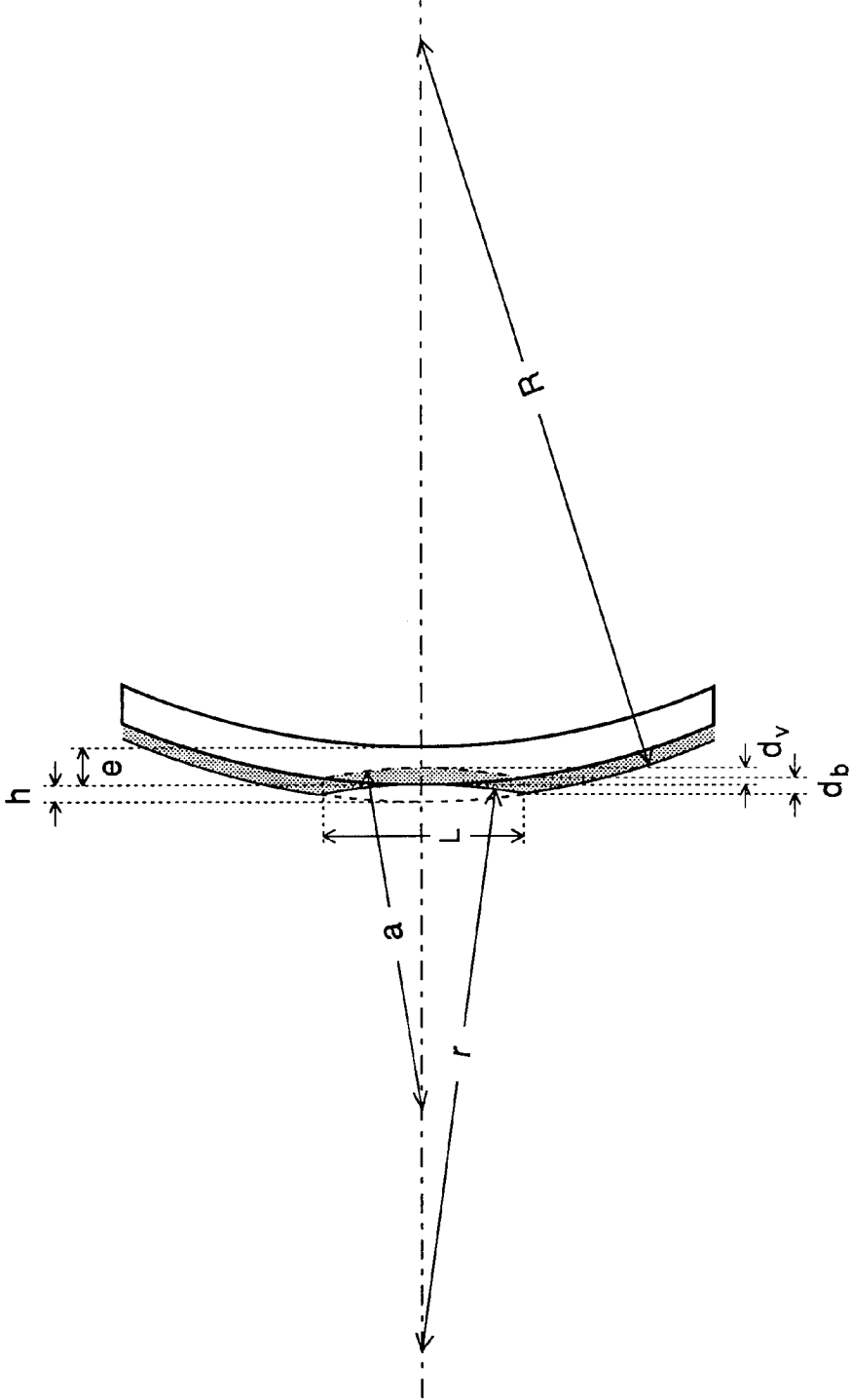


Fig. 2



Fig. 3



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: G02C 7/06, G02B 3/10

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	US-3486808-A (DAVID P. HAMBLÉN) 30.12.69 * Todo el documento *	1,2,6-9 3
Y	US-3859103-A (M. YOSHIYAGAWA; Y. IKEDA) 07.01.75 * Resumen; columna 3, líneas 48-61 *	3
A	US-3647406-A (GEORGE M.C. FISHER) 07.03.72 * Resumen; página 2, líneas 7-24,36-58 *	1,3
A	US-3431327-A (GEORGE F. TSUETAKI) 04.03.69 * Reivindicación 1; figuras *	1,6
A	WO-8809950-A (PORTNEY) 15.12.88 * Página 12, línea 1 - página 13, línea 4; figuras 7,8a,8b,8c *	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
25.11.97

Examinador
O. González Peñalba

Página
1/1