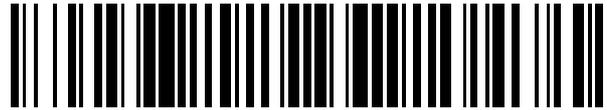


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 518**

51 Int. Cl.:

**G02B 26/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2011 E 11290073 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2354832**

54 Título: **Elemento óptico bímorfo**

30 Prioridad:

**05.02.2010 FR 1000471**

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

**25.03.2014**

73 Titular/es:

**THALES SESO (100.0%)  
Pôle d'Activités d'Aix les Milles, 305, rue Louis  
Armand  
13090 Aix en Provence, FR**

72 Inventor/es:

**CARRÉ, JEAN-FRANCOIS**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Carlos**

**ES 2 450 518 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Elemento óptico bimorfo

5 La presente invención tiene por objeto un elemento óptico bimorfo, controlado por elementos activos de cerámicas piezoeléctricas accionados en oposición.

La solicitud de patente europea EP 1 723 461, se refiere a un espejo bimorfo que presenta dos capas cerámicas dotadas de electrodos y separadas por un ánima central.

10 Este espejo está montado en forma de estructura de varias láminas, presentando dos capas llamadas de piel, de las que por lo menos una, es utilizada como espejo, estando dispuestas en forma de sandwich, las dos capas cerámicas y el ánima central entre dos capas de piel.

15 La fabricación de una estructura de varias láminas, es relativamente complicada y delicada.

El concepto de estructura de varias láminas que predomina en los espejos bimorfos, limita igualmente la dimensión de los espejos a las dimensiones de los elementos de cerámica y a sus múltiplos y la calidad de pulido del espejo está limitada por la presencia de la estructura de varias láminas.

20 En efecto, las soluciones conocidas se basan siempre en el montaje de elementos de cerámica sobre una cara paralela a la cara óptica útil.

25 En todos los casos, las cerámicas están efectivamente encolados sobre una cara paralela a la cara óptica, porque conduce a una estructura de varias láminas en la dirección perpendicular a la cara óptica.

Éste es igualmente el caso del documento EP 1 835 302 para el que las cerámicas están encoladas sobre la cara opuesta a la cara óptica.

30 En el caso en el que, las barras de cerámica son bimorfas, es decir que las barras presentan dos cerámicas encoladas una a otra, la estabilidad está limitada por el efecto bilamina cuando la temperatura del conjunto cambia.

35 Además, si el espejo deformable es de dimensiones más grandes que los elementos de las cerámicas (lo que ocurre frecuentemente por las dimensiones limitadas de las cerámicas disponibles comercialmente), el constructor debe llevar a tope varios tramos de cerámica para obtener las dimensiones necesarias y, en el caso del documento EP 1 835 302, estas uniones entre tramos de cerámica se sitúan en la cara posterior no óptica de espejo y esta discontinuidad aparece cuando se somete a esfuerzo, las cerámicas para obtener el cambio de curvatura del espejo.

40 La presente invención está destinada a evitar, por lo menos en parte, como mínimo, uno de los inconvenientes antes citados, adoptando una estructura en la que los elementos piezoeléctricos están dispuestos lateralmente con respecto a un elemento óptico que no presenta dicha estructura de láminas, la cual integraría los elementos piezoeléctricos.

45 La invención se refiere, por lo tanto a aun dispositivo óptico bimorfo, que presenta un elemento óptico deformable y elementos activos de cerámica piezoeléctrica dotados de electrodos, estando controlados estos elementos por pares en oposición para producir un desplazamiento en compresión para un primer elemento de un par y un desplazamiento en extensión para el segundo elemento de un par, caracterizado porque el elemento óptico presenta una primera superficie principal ópticamente activa y una segunda superficie principal opuesta a la primera superficie principal, de manera que, por lo menos, una primera y una segunda caras laterales opuestas, y porque los elementos activos de cerámica presentan, por lo menos, dos pares de barras de cerámica piezoeléctrica dispuestas en oposición sobre dichas primera y segunda caras laterales, comportando cada par dos barras dispuestas sobre una de las primera y segunda caras laterales a un lado y otro de la superficie media del elemento óptico que constituye la fibra neutra.

50 En el caso del dispositivo según la invención, el principio expuesto es de funcionalidad bimorfa, puesto que está constituido por pares de cerámica opuestos, dispuestos a un lado y otro de la fibra neutra del elemento óptico deformable, lo que comporta que funcionen en oposición, encontrándose uno en compresión y el otro en extensión y viceversa.

60 Además, las cerámicas no están encoladas sobre una cara paralela a la cara óptica o entre caras paralelas a la cara óptica, sino lateralmente sobre los lados. La estructura no tiene, por lo tanto, carácter de láminas.

Contrariamente a los dispositivos conocidos, de los que el que se describe en el documento EP 1 835 302, no es directamente la curvatura de las cerámicas la que se utiliza para curvar el espejo.

65 Las barras de cerámica son encoladas sobre las caras laterales del elemento óptico por su cara lateral. En la técnica

anterior, la cara de apoyo no permanece plana, sino que adopta por el contrario una curvatura que produce a su vez la curvatura del espejo.

5 Según la invención, la cara lateral de las barras permanece plana, y la acción sobre las barras de cerámica comporta su variación de longitud. Es la reacción de la barra con esta variación de longitud la que crea la curvatura. La curvatura generada por la acción de las barras sobre las caras laterales del espejo se reparte de manera homogénea en el centro del espejo, contrariamente a lo que se podría esperar.

10 Es por lo tanto, como resultado de un análisis funcional original que se ha podido realizar la presente invención.

Esta disposición presenta además, varias ventajas.

15 La más importante es que los elementos cerámicos están situados a nivel de las caras externas, por lo tanto, a una y otra partes y más lejos de la fibra neutra, con respecto a la estructura de láminas descrita en la solicitud EP 1 723 461, permitiendo de este modo una acción máxima sobre el espejo.

Esta acción, por el mejor acoplamiento cerámica-espejo permite una mejor precisión y mejor estabilidad del espejo cuando es curvado.

20 Al no encontrarse las cerámicas directamente por debajo o por encima de la superficie óptica, las uniones entre los elementos cerámicos son menos visibles y su efecto se suaviza en la anchura del espejo.

25 La estructura realizada, contrariamente al caso de la solicitud EP 1 835 302, es simétrica con respecto a la fibra neutra del elemento óptico, evitando cualquier efecto térmico bilaminar (incluso si las barras industriales están formadas de varios elementos cerámicos contra-encolados), por lo que se consigue una buena estabilidad térmica.

30 Estas ventajas son particularmente interesantes en el caso en el que se transforma un espejo tradicional en espejo bimorfo, puesto que la solución de añadir en la cara posterior cerámicas (monomorfa o bimorfa) es solamente una adaptación mínima que facilita solamente una dinámica más débil y ocasiona un efecto térmico bilamina.

Por lo menos una barra de cerámica puede tener una cara coplanaria con una llamada superficie principal.

35 El dispositivo se puede caracterizar porque, como mínimo, una de las superficies principales corta la primera y segunda caras laterales, según un segmento de recta y porque, como mínimo, algunas de dichas barras de cerámica son rectas y están dispuestas paralelamente a dicho segmento de recta.

40 El dispositivo se puede caracterizar porque, como mínimo, una de las superficies principales corta la primera y la segunda caras laterales según un segmento de curva cóncavo o convexo y porque, como mínimo, algunas de dichas barras de cerámica son rectas y están dispuestas paralelamente a la dirección media de dicho segmento de curva.

45 El dispositivo se puede caracterizar porque, por lo menos, una de las superficies principales corta la primera y la segunda caras laterales según un segmento de curva cóncavo o convexo y, porque, como mínimo, algunas de dichas barras de cerámica son curvas y están dispuestas de manera que siguen dicho segmento de curva.

Por lo menos, una barra de cerámica puede comportar, como mínimo, dos elementos de cerámica piezoeléctrica puestos a tope uno con otro y/o superpuestos.

50 El elemento óptico es ventajosamente paralelepípedo, preferentemente cuadrado o rectangular y la primera y segunda caras laterales, están dispuestas según el lado más grande, en el caso de un rectángulo.

La relación entre la longitud L y la anchura l del paralelepípedo está comprendida ventajosamente entre 1 y 100, más particularmente entre 3 y 50 y preferentemente entre 3 y 25.

55 La anchura l puede estar comprendida, por ejemplo, entre 10 mm y 80 mm.

La longitud L puede estar comprendida, por ejemplo, entre 40 mm y 1500 mm.

60 El grosor e del elemento óptico puede ser comprendida, por ejemplo, entre 5 mm y 100 mm.

El dispositivo óptico puede comportar igualmente, como mínimo, dos de dichos pares de barras de cerámica piezoeléctrica dispuestos de la misma manera sobre una tercera y una cuarta caras laterales opuestas.

65 Dado que, el dispositivo según la invención utiliza accionadores piezoeléctricos en oposición, que son simplemente solidarios de dos o cuatro caras laterales, puede ser fabricado por cualquier dispositivo óptico deformable.

El elemento óptico es, por ejemplo, un cuerpo de espejo y, como mínimo, la primera superficie principal está pulida.

El elemento óptico es, por ejemplo, una red y, como mínimo, la primera superficie principal presenta, como mínimo, un motivo de red.

5 Otras características y ventajas de la invención, aparecerán mejor de la lectura de la descripción siguiente en relación con los dibujos, en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo según la invención, por ejemplo un espejo,
- 10 - la figura 2 es una vista lateral de la figura 1,
- la figura 3 es una variante, según la cual las barras están separadas de la superficie del elemento óptico,
- las figuras 4a y 4b son dos variantes de realización de los pares de electrodos,
- la figura 5 muestra la realización de pares de electrodos en cuatro caras laterales,
- 15 - las figuras 6a-6c representan variantes de realización con, como mínimo, una cara principal curvada.

La figura 1 muestra, un elemento óptico deformable -1- de forma rectangular, que presenta dos caras laterales principales -2- y -3-, según el lado mayor del rectángulo y dos caras laterales extremas -4- y -5-. La cara superior -6- presenta una función óptica, por ejemplo, es pulida para formar un espejo plano o curvado (cóncavo o convexo) en la dirección longitudinal y/o en dirección transversal, o bien presenta uno o varios motivos de red, cuyos trazos son por ejemplo, perpendiculares a los lados mayores del rectángulo, o bien paralelos a éstos, para formar una red plana o curvada (cóncava o convexa) en la dirección longitudinal y/o en la dirección transversal, que funciona en reflexión o en difracción.

25 La cara lateral -2- presenta un primer par de barras piezoeléctricas -21-, -22- que son sensiblemente paralelas al plano medio -P- (en trazos mixtos en la figura 2) del elemento óptico -1-, que define la fibra neutra (cuando los planos -6- y -7- son planos o débilmente curvados) y que están separados preferentemente de forma simétrica. Lo mismo ocurre para las barras -31- y -32- solidarias de la cara lateral -3-. Cuando, como mínimo, una cara es curvada la fibra neutra es una superficie media no plana.

30 La superficie -6- puede ser plana, cilíndrica, tórica, esférica o asférica (por ejemplo, elíptica, puede ser plana o curvada (cóncava o convexa).

La gama de los radios de curvatura de la cara -6- (y/o -7-) está comprendida, por ejemplo, entre 10 mm e  $\infty$  (superficie plana en una dirección), que no comporta barras piezoeléctricas (en este caso, caras transversales -4- y -5-) y entre 100 mm e  $\infty$  en la dirección (en este caso, caras longitudinales -2- y -3-) que lleva barras piezoeléctricas.

Esta o estas curvaturas pueden estar realizadas igualmente en el caso de un elemento óptico -1- de forma cuadrada.

40 Esta curvatura, está orientada en la misma dirección que la curvatura producida por pares de elementos piezoeléctricos -21-, -22-, -31-, -32-, o perpendicularmente.

Cada una de las barras -21-, -22-, -31-, -32- está constituida por un tramo o varios tramos a tope realizados en cerámica piezoeléctrica.

45 Estas barras piezoeléctricas -21-, 22-, 31-, -32- están dispuestas preferentemente enrasadas con las caras -6- y -7-, lo que permite separarlas al máximo de la fibra neutra y obtener, por lo tanto, la curvatura máxima del elemento óptico -1- para una instrucción determinada de las barras, minimizando simultáneamente el esfuerzo en el encolado de las barras.

50 Las barras -21- y -22- se encuentran en oposición, y por ejemplo, una misma instrucción aplicada a sus electrodos (no representados) permite controlar la barra -21- en compresión y la barra -22- en extensión, tal como se ha representado en la figura 2 o inversamente. En la figura 2 se ha representado esquemáticamente (a mayor escala) la curvatura del elemento óptico -1-, para modificar la curvatura de su cara ópticamente activa -6- para otorgarle un perfil cóncavo en -C- a partir de una cara plana.

55 El hecho de partir de una cara cóncava o convexa -6- permite desplazar el rango de variación de las curvaturas sin modificar la amplitud del desplazamiento.

60 Las barras -21-, -22-, -31-, -32- están encoladas sobre las caras laterales -2- y -3-. Se extienden preferentemente a toda la longitud de estas caras. En el caso de un espejo, el encolado puede ser realizado después del pulido de la cara -6-, lo que facilita la fabricación, dado que la pieza -1- es monolítica.

65 Esta particularidad permite transformar un espejo pasivo preexistente en un espejo activo, lo que no permitirían las estructuras de láminas.

En el caso de otros elementos ópticos, en particular las redes, el encolado de las barras piezoeléctricas -21-, -22-, -31-, -32- se puede efectuar después del acabado de la cara -6-, es decir, después de haber conferido a la misma las características ópticas.

5 Con respecto a los espejos con estructura de láminas, los tramos de cerámicas utilizados son más pequeños, puesto que no recubre la superficie del espejo, lo que disminuye los costes. Por lo tanto, su dimensión puede ser adaptada al valor de la curvatura deseada. Por ejemplo, una barra puede tener una anchura  $l_0$  comprendida entre 2 mm y 30 mm y una altura  $h_0$  comprendida entre 2 mm y 30 mm. Además, dado que no existe electrodo bajo una capa de piel que constituye el espejo, no hay deformación local debida a las uniones entre los electrodos.

10 El elemento óptico -1- puede estar realizado en cualquier material utilizable en óptica: por ejemplo, cristal, sílice, silicio, carburo de silicio, germanio, vidrio para láser, ZnS y ZnSe, metales.

15 La figura 3 muestra una variante, en la que las barras de cerámica -21-, -22-, -31-, -32- están separadas de la superficie -6- y -7-, por ejemplo, en una distancia  $d$  inferior a 10 mm y, por ejemplo, comprendida entre 0,1 mm y 4 mm. Esto es especialmente conveniente en el caso de las superficies -6- cóncavas o convexas.

20 Las figuras 4a y 4b muestran variantes de realización de la invención con barras elementales -21<sub>1</sub>-, -21<sub>2</sub>-, -21<sub>3</sub>-, -22<sub>1</sub>-, -22<sub>2</sub>-, -22<sub>3</sub>-, -31<sub>1</sub>-, -31<sub>2</sub>-, -31<sub>3</sub>-, etc... puestas a tope (figura 4a) y/o superpuestas (figura 4b, referencias -21-, -21'-, -22-, -22'-).

25 En el caso en el que varias barras de cerámica piezoeléctricas están encoladas a tope (caso de espejos de grandes longitudes), las uniones dispuestas sobre las caras laterales -2- y -3- del elemento óptico -1- ya no crean defectos de planicidad sobre la superficie ópticamente activa -6-. Estos defectos, no pueden volver a aparecer a lo largo del tiempo (figura 4a).

Una barra -21-, -22-, -31-, -32- puede estar formada por la superposición de dos barras elementales encoladas entre sí (figura 4b).

30 La figura 5 muestra un espejo bimorfo que puede estar curvado, según los dos ejes perpendiculares, gracias a barras piezoeléctricas suplementarias -41-, -42-, -51-, -52- encoladas sobre las caras -4- y -5- de un elemento óptico -1- cuadrado o rectangular, y separadas preferentemente de forma simétrica con respecto al plano medio -P-, que constituye la fibra neutra, cuando la superficie -6- y -7- son planas o poco curvadas. Estas barras -41-, -42-, -51-, -52- tienen una cara que está dispuesta preferentemente enrasada con las caras -6- y -7- o bien que está separada como en el caso de la figura 3. Las superficies -6- y -7- pueden ser planas o curvadas, según una o dos de las direcciones de curvatura producida por los pares de elementos piezoeléctricos, o perpendicularmente a dicha dirección. La gama de los radios de curvatura, puede estar comprendida entre 100 mm e  $\infty$ .

40 Este doble accionamiento por dos pares de accionadores piezoeléctricos laterales, es utilizable especialmente para piezas ópticas de forma cuadrada o rectangular. La relación  $L/l$  puede estar comprendida entre 1 (cuadrado) y 5.

45 La figura 6a muestra el caso de un espejo cuya superficie principal superior -6- es cóncava, tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal. Las barras -21-, -22-, -31-, -32-, son rectas y están dispuestas longitudinalmente.

50 Son paralelas una a otra y están dirigidas en la dirección media del segmento de curva -6<sub>2</sub>- ó -6<sub>3</sub>- que representa la intersección entre la superficie superior -6- y la cara lateral -2- o -3-. Los segmentos de curva -6<sub>4</sub>-, -6<sub>5</sub>- corresponden a la intersección de la cara superior -6- con las caras laterales, respectivamente -4- y -5-. En el ejemplo representado, esta dirección es paralela a la cara inferior -7-, que es plana, pero esta cara podría ser convexa o cóncava en la dirección longitudinal y/o transversal. Esta dirección es, en general, paralela a la tangente en la cúspide -S-, en especial para segmentos de curva en forma de parábola o de hipérbola. Esta disposición puede ser conseguida igualmente en el caso en el que la cara superior -6- no está curvada, más que en el sentido longitudinal (figura 6b). La intersección entre la cara superior -6- y las caras laterales -4- y -5- se hace entonces, según los segmentos de recta 6<sub>4</sub> y 6<sub>5</sub>.

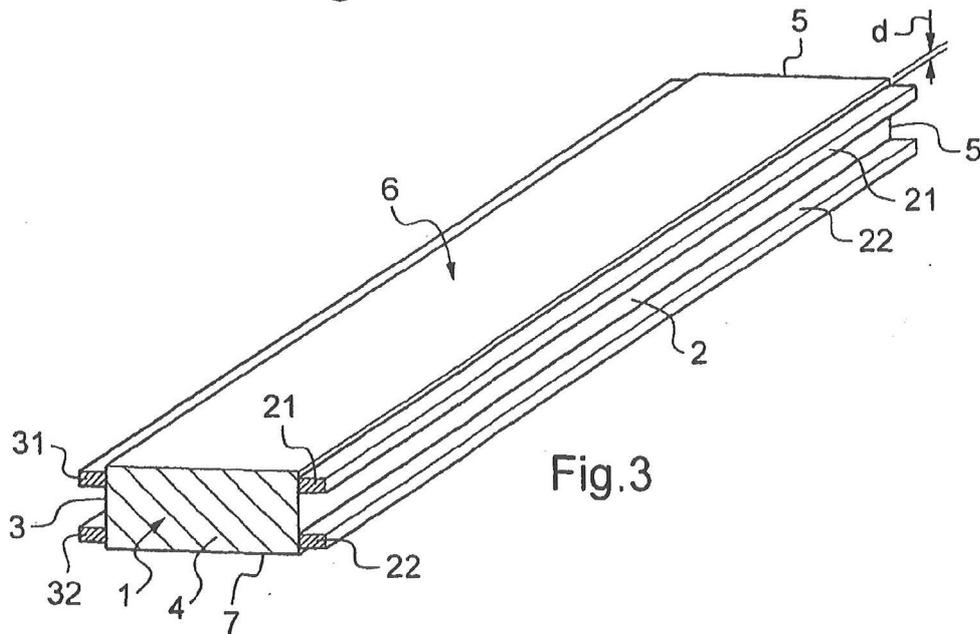
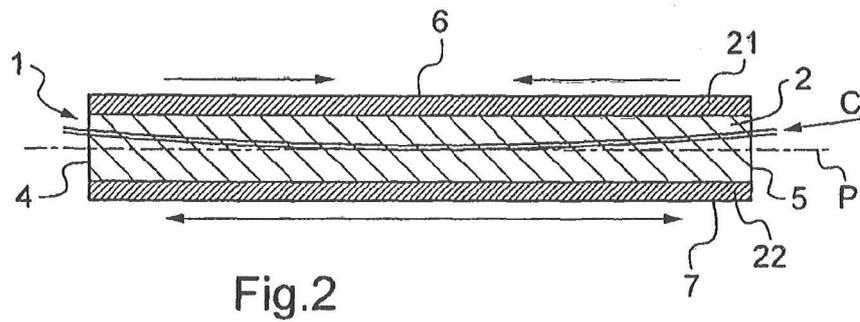
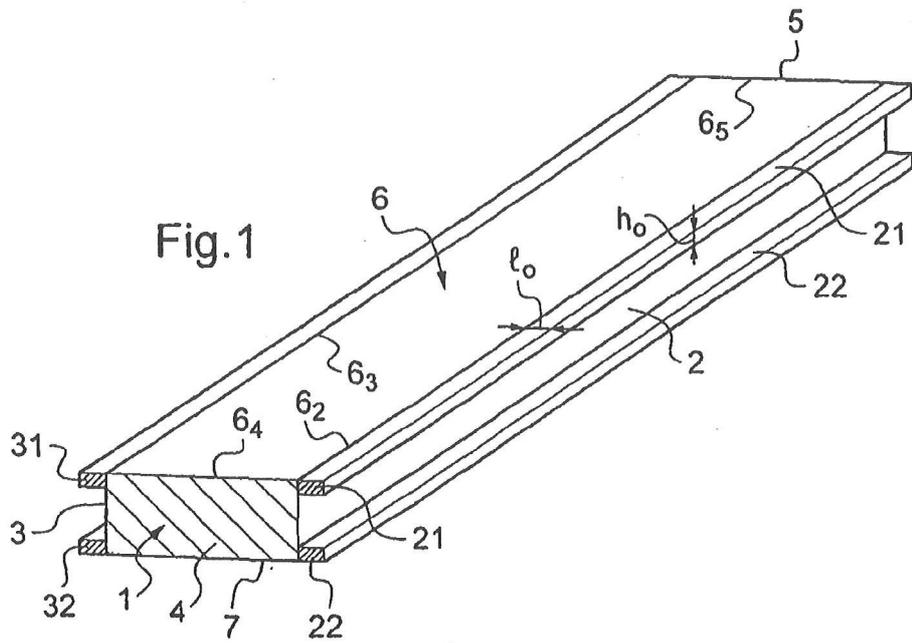
55 La figura 6c muestra el caso de un espejo cuya superficie superior -6- pulida es cóncava en la dirección longitudinal. Las barras -21<sub>0</sub>- y -31<sub>0</sub>- adyacentes a esta superficie -6- sigue en el segmento de curva -6<sub>2</sub>- ó -6<sub>3</sub>-, que representa la intersección entre la superficie superior -6- y la cara lateral -2- o -3-. Las barras -22- y -32- son rectas y están dirigidas en la dirección longitudinal paralelamente la cara inferior -7-. En el ejemplo representado, las barras -21- y -31- están separadas en dicha distancia  $d$  de la superficie superior -6-. Igualmente podrían estar situadas en la vertical del segmento de curva.

60 Las barras rectas o curvadas están dispuestas, por lo tanto, de manera que siguen más o menos los segmentos de recta (6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, 6<sub>4</sub>, 6<sub>5</sub>) o segmentos de curva (6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, 6<sub>4</sub>, 6<sub>5</sub>), a una distancia  $d$  que es constante o no, pero que es inferior o igual a 10 mm, y en especial a 4 mm.

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo óptico bimorfo, que presenta un elemento óptico deformable y elementos activos de cerámica piezoeléctricos dotados de electrodos, cuyos elementos están controlados por pares en oposición para producir un desplazamiento de compresión para un primer elemento de un par y un desplazamiento de extensión para el segundo elemento de un par, presentando el elemento óptico (1) una primera superficie principal (6) ópticamente activa y una segunda superficie principal (7) opuesta a la primera superficie principal, así como, como mínimo, una primera (2) y una segunda (3) caras laterales opuestas, comportando los elementos activos de cerámica, como mínimo, dos pares de barras de cerámica piezoeléctrica (21, 22; 31, 32), **caracterizado porque**
- 10 los, como mínimo, dos pares de barras de cerámica piezoeléctrica están dispuestos en oposición sobre dichas primera (2) y segunda (3) caras laterales, comportando cada par (21, 22; 31, 32) dos barras dispuestas sobre una de las primera (2) y segunda (3) caras laterales a un lado y otro de una superficie media del elemento óptico (1) que constituye la fibra neutra.
- 15 2. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, como mínimo, una de las superficies principales (6, 7) corta la primera (2) y la segunda (3) caras laterales, según un segmento de recta (6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, 6<sub>4</sub>, 6<sub>5</sub>) y **porque**, por lo menos, alguna de dichas barras de cerámica (21, 31) son rectas y están dispuestas paralelamente a dicho segmento de recta.
- 20 3. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, como mínimo, una de las superficies principales (6, 7) corta la primera (2) y la segunda (3) caras laterales, según un segmento de curva (6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, 6<sub>4</sub>, 6<sub>5</sub>) cóncavo o convexo y **porque**, como mínimo, algunas de dichas barras de cerámica (21, 31) son rectas y están dispuestas paralelamente a la dirección media de dicho segmento de curva.
- 25 4. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, como mínimo, una de las superficies principales (6, 7) corta la primera (2) y la segunda (3) caras laterales, según un segmento de curva (6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, 6<sub>4</sub>, 6<sub>5</sub>) cóncavo o convexo y **porque**, como mínimo, algunas de dichas barras de cerámica (21, 31) son curvadas y están dispuestas, de manera que sigan dicho segmento de curva.
- 30 5. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, como mínimo, una barra de cerámica presenta, como mínimo, dos elementos de cerámica piezoeléctricos puestos a tope (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>3</sub>, 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>, 22<sub>3</sub>, 31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>) y/o superpuestos (21, 21', 22, 22', 31, 31', 32, 32').
- 35 6. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, el elemento óptico (1) es paralelepípedo y **porque** dichas primera (2) y segunda (3) caras laterales están dispuestas, según el lado mayor del rectángulo.
- 40 7. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 6, **caracterizado porque**, la relación entre la longitud L y la anchura l de dicho paralelepípedo está comprendida entre 1 y 100.
8. Dispositivo óptico bimorfo, según la reivindicación 7, **caracterizado porque**, la anchura l está comprendida entre 10 mm y 80 mm.
- 45 9. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado porque**, la longitud L está comprendida entre 40 mm y 1500 mm.
- 50 10. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, la anchura l<sub>0</sub> de una barra (21, 22, 31, 32, 41, 42, 51, 52) está comprendida entre 2 mm y 30 mm y **porque** su altura h<sub>0</sub> está comprendida entre 2 mm y 30 mm.
- 55 11. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado por** comportar igualmente una tercera (4) y una cuarta (5) caras laterales opuestas, que presenta, como mínimo, dos de dichos pares de barras de cerámica piezoeléctrica (41, 42, 51, 52).
- 60 12. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, el grosor e del elemento óptico (1) está comprendido entre 5 mm y 100 mm.
13. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, el elemento óptico es un cuerpo de espejo y **porque**, como mínimo, la primera superficie principal (6) está pulida.
14. Dispositivo óptico bimorfo, según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque**, el elemento óptico es una red y **porque**, como mínimo, la primera superficie principal (6) comporta, como mínimo, un motivo de red.



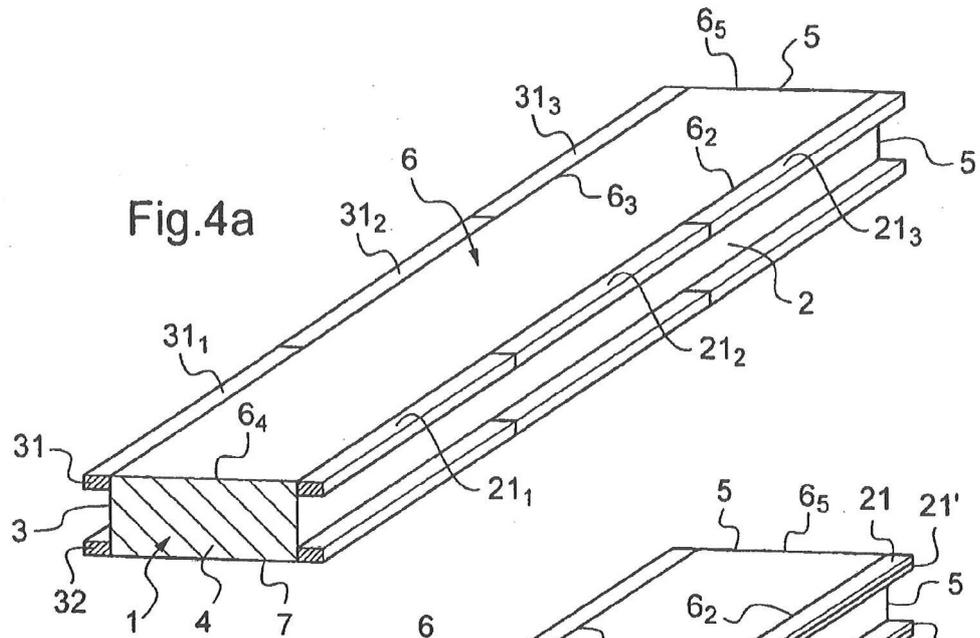


Fig.4a

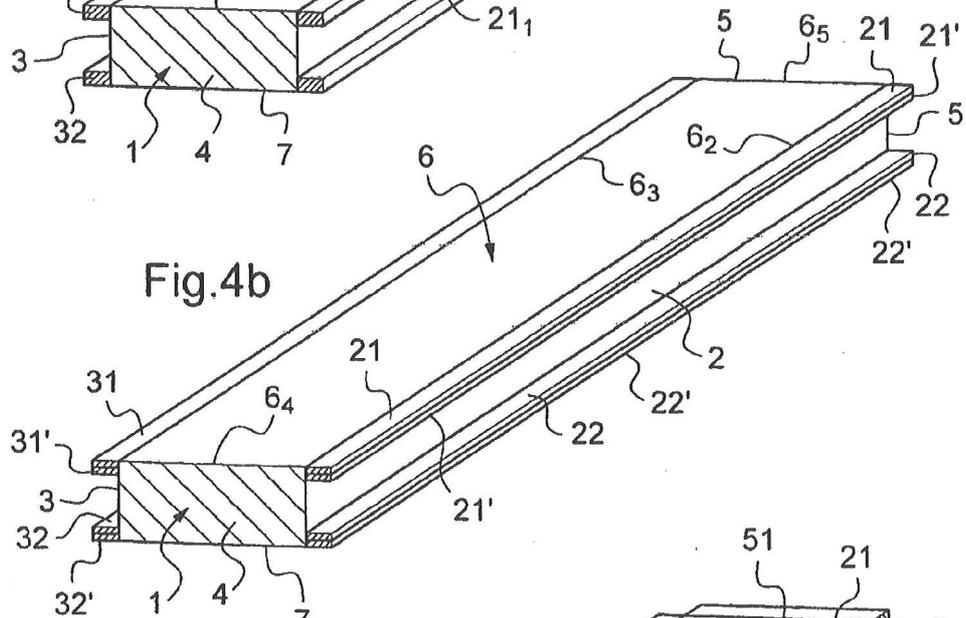


Fig.4b

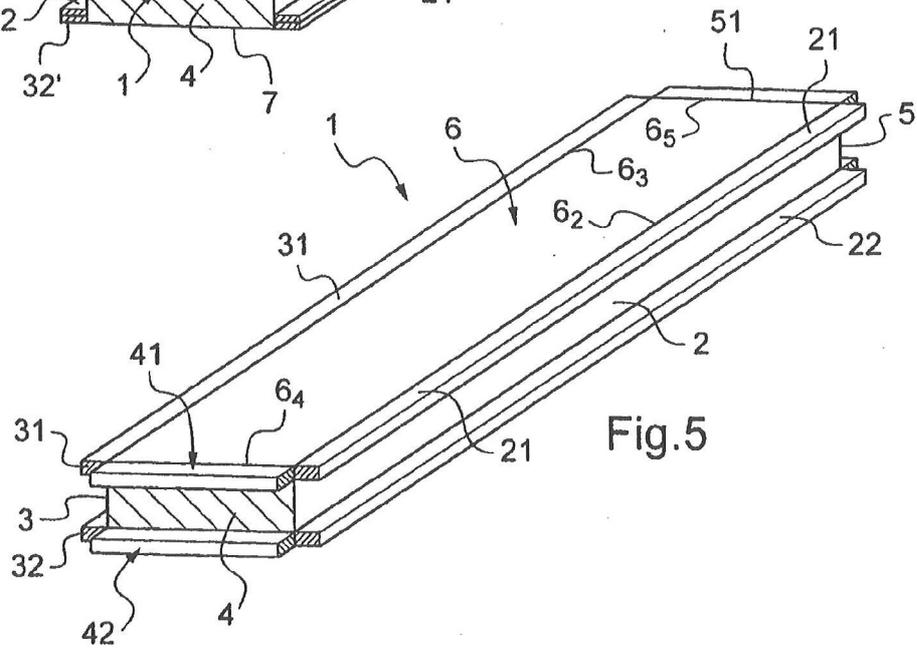


Fig.5

