



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 323 564**

⑫ Número de solicitud: 200900578

⑬ Int. Cl.:
G02B 5/20 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **25.02.2009**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2009**

Fecha de la concesión: **21.04.2010**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
23.03.2010

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **05.05.2010**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
05.05.2010

⑲ Titular/es: **Universidad de Cantabria**
Avda. de los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES

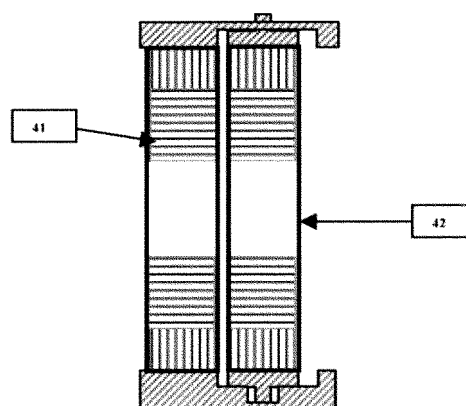
⑳ Inventor/es: **Pérez Cagigal, Manuel;**
Valle Herrero, Pedro y
Fernández Canales, Vidal

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Dispositivo óptico de focal variable.**

㉓ Resumen:

Dispositivo óptico de focal variable que comprende una pluralidad de filtros (41, 42) que tienen una distribución de fase determinada y soporte para filtros configurado para producir un desplazamiento de foco óptico cuando uno de los filtros (42) es rotado con respecto a otro (41).



ES 2 323 564 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo óptico de focal variable.

5 **Objeto de la invención**

La invención concierne al diseño de dispositivos ópticos de focal variable realizados a partir de filtros de fase. El dispositivo consiste en un par de filtros de fase que se disponen uno a continuación del otro. La variación de la posición del foco se consigue mediante la rotación de un filtro con respecto al otro.

10 **Antecedentes**

Los sistemas ópticos de formación de imágenes, independientemente de su complejidad, están caracterizados por sus planos focales y sus planos principales. La distancia entre plano principal y plano focal se denomina distancia focal y es uno de los parámetros que definen el comportamiento del sistema óptico.

Para que un sistema óptico sea versátil ha de tener la capacidad de formar imágenes de objetos situados a diferentes distancias. Esto se puede conseguir variando la distancia entre el sistema óptico y el detector. Sin embargo, hay sistemas en los que esto no es posible bien por tener una geometría que no permite desplazamientos o bien por tener limitaciones de espacio (por ejemplo en las cámaras de teléfonos móviles). En estos casos, la solución ideal sería disponer de un sistema cuya distancia focal se pueda cambiar de un modo simple y que ocupe un mínimo espacio.

La forma más sencilla de cambiar la focal de un sistema óptico es combinarlo con una lente auxiliar. Por ejemplo, si consideramos que estamos utilizando lentes delgadas que se sitúan en contacto, la inversa de la distancia focal del sistema óptico total se puede estimar como la suma de las inversas de las distancias focales de cada una de las lentes.

Otra posibilidad son los sistemas llamados *Zoom*, que permiten desplazamiento continuo de foco. Están compuestos por pares de lentes convergente- divergente, de forma que al variar la distancia entre ellas se puede modificar la distancia focal del sistema óptico total. En general ofrecen buenos resultados aunque presentan limitaciones como son su gran tamaño y, en algunos casos, la falta de calidad en la imagen.

Actualmente se están desarrollando una serie de dispositivos que, siendo más compactos que los *zoom* tradicionales, producen los mismos resultados. Así, están los dispositivos basados en lentes de cristal líquido que permiten modular el perfil radial de fase mediante impulsos eléctricos. También se encuentran los sistemas de lentes líquidas basados en una membrana interpuesta entre dos medios como agua-aire, agua- aceite, etc. Esta membrana puede cambiar su curvatura como respuesta a un estímulo externo que puede ser presión, campo eléctrico, etc. Estos sistemas parecen prometedores aunque, al ser muy recientes, todavía no se han explorado en profundidad sus prestaciones.

Por otro lado, los intentos para realizar sistemas ópticos delgados fueron iniciados por Fresnel en 1822 creando una lente escalonada que conseguía un efecto de enfoque similar al de otras lentes pero con un espesor mucho menor.

El dispositivo objeto de la invención combina la estrategia de modulación del perfil radial de fase de las lentes de cristal líquido con el uso de distribuciones escalonadas de fase. En concreto se trata de un par de filtros de fase que se sitúan en la pupila de un sistema óptico. Cuando los dos filtros se colocan de forma que no hay rotación entre ellos, su efecto sobre el sistema óptico es nulo, es decir, la distancia focal del sistema óptico es la misma que tenía antes de la introducción del dispositivo. Sin embargo, cuando se produce una rotación entre los filtros la distribución de fase en la pupila del sistema varía. Cuando se llega al punto de máxima rotación la distribución de fase es una versión escalonada del perfil de fase que tendría una lente auxiliar y con ello se modifica la distancia focal del sistema óptico.

50 **Descripción de la invención**

El dispositivo objeto de la invención es un sistema óptico que contiene dos o más filtros y que se caracteriza por la variación de su distancia focal cuando se rota al menos uno de los filtros con respecto a otro. Según la elección de los filtros el dispositivo se caracteriza por comportarse como un sistema multifocal o se caracteriza por comportarse como un sistema de focal variable.

La estructura de los filtros depende de los objetivos que se persigan. Como ejemplo de funcionamiento se describe un dispositivo que consta de dos filtros iguales. Los filtros son de fase y la distribución de fase en la superficie de cada filtro es discreta. Cada filtro está dividido en una serie de coronas concéntricas y cada corona en una serie de sectores. En la figura 1 se muestra un esquema de filtro compuesto por tres coronas (a,b,c) y cada una por cuatro sectores (1, 2, 3, 4). En cada uno de los sectores se dispone un desfase con valores que dependen de las prestaciones requeridas. Este desfase se puede obtener por variación de espesor, de índice de refracción o una combinación de ambos. Aunque los posibles valores de fase son infinitos, tras algunas consideraciones teóricas se concluye que los múltiplos de $\pi/2$ son los óptimos para la realización de este dispositivo.

En la figura 2a se muestran los valores de fase que ha de tener cada segmento para realizar uno de los filtros que componen el dispositivo. En la figura 2b se muestra la fase total del conjunto de dos filtros iguales superpuestos. Se observa que hay dos coronas con fase cero. La corona intermedia presenta valores de fase que alternan entre 0 y π . En

la figura 2c se muestran los valores de fase que se obtienen cuando se superponen dos filtros rotados $\pi/2$ entre sí. El resultado es una distribución radial escalonada con salto de $\pi/2$ y que produce un corrimiento de foco cuya magnitud dependerá de las características del sistema óptico en cada caso.

5 Como se ha dicho, la estructura de los filtros depende de los requisitos de cada aplicación. En el ejemplo de la figura 2 se utilizan cuatro sectores pero este número puede variarse para tener imágenes más simétricas transversalmente o reducir la rotación necesaria para alcanzar el desplazamiento máximo.

10 El número de coronas, siempre que mantengamos el salto de fase igual a $\pi/2$, nos dará la magnitud del desplazamiento del foco. En la figura 3 se observa que la curvatura de una superficie aproximada por seis escalones es mucho mayor que la aproximada por tres escalones. Por tanto para aumentar el desplazamiento de foco únicamente es necesario aumentar el número de coronas.

15 Para cambiar el signo del desplazamiento de foco es necesario invertir el orden de los escalones de fase, es decir, si se comenzaba con fase cero en el centro, aumentando $\pi/2$ en cada corona, para cambiar la curvatura se situará el máximo valor de fase en el centro y se irá disminuyendo hacia los bordes. Hay que tener en cuenta que fases con valores superiores a 2π se comportan igual que si se les resta 2π por lo que el conjunto de valores de fase utilizado en estos filtros será siempre $0, \pi/2, \pi, \text{ y } 3\pi/2$.

20 El desplazamiento de foco puede ocurrir de una forma continua entre el punto inicial y final, cuando el número de coronas es pequeño, o de forma discontinua cuando el número de coronas es grande. En ambos casos la calidad de los focos inicial y final es excelente y comparable a la que habría cuando no se utiliza el dispositivo.

25 El dispositivo que hemos descrito como ejemplo está compuesto por sólo dos filtros de fase pero es posible utilizar un dispositivo que se caracteriza porque consta de tres o más filtros, o un dispositivo que se caracteriza porque los filtros son diferentes entre sí o un dispositivo que se caracteriza porque los filtros son de amplitud y fase simultáneamente.

Descripción de las figuras

30 Figura 1. - Esquema de un filtro de fase compuesto por tres coronas (a, b, c) y cuatro sectores (1, 2, 3, 4). Los sectores en cada corona pueden tener un valor de fase distinto.

Figura 2A. - Distribución de fase que presenta un único filtro.

35 Figura 2B. - Distribución de fase que presenta dos filtros iguales al descrito en la Figura 2A y superpuestos sin rotación entre ellos.

Figura 2C. - Distribución de fase que presenta dos filtros iguales al descrito en la Figura 2A y superpuestos pero uno de ellos rotado $\pi/2$ respecto del otro.

40 Figura 3. - Valores de las coronas de fase en función del cuadrado del radio de la pupila para un filtro de tres coronas (31) y otro de seis coronas (32).

45 Figura 4. - Montaje de dos filtros (41, 42) de tres coronas sobre un soporte (43) que permite girar el segundo filtro (42) respecto del primer filtro (41) actuando sobre un anillo (44).

Realización preferente de la invención

50 A continuación se describe una realización de la invención sin perjuicio de otras posibles realizaciones.

El sustrato sobre el que se realice el filtro puede ser de diferentes materiales como vidrio, plástico, polímero, etc. Puede ser rígido o flexible. La única condición que ha de cumplir es que sea transparente y que presente una fase prácticamente constante en toda su superficie.

55 Para fabricar un filtro de fase hay varias estrategias. Se pueden depositar diferentes espesores de un material de índice de refracción conocido o tallar cavidades de diferente profundidad en el sustrato. El objetivo en ambos casos es producir una variación local de la fase $\phi(\rho, \theta)$ del frente de onda que atraviesa el filtro (ρ y θ son las coordenadas polares en el plano del filtro). En el caso en el que se deposite una película delgada sobre cada sector del filtro, la fase en cada sector se obtiene como $\phi(\rho, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d(\rho, \theta) n$, donde λ es la longitud de onda de la radiación incidente, n es el índice de refracción del material que forma la película delgada y $d(\rho, \theta)$ es el espesor de la película delgada depositada, que es una función de las coordenadas. De esta forma, eligiendo espesor e índice de refracción de la película, se pueden realizar depósitos que proporcionen fases con los valores deseados.

65 También es posible modificar el índice de refracción de una lámina de espesor constante. En estos casos, se puede reproducir el perfil de fase deseado modificando el índice de refracción local mediante la técnica de implantación de iones.

ES 2 323 564 B2

Continuando con el caso mostrado en las figura 2A, 2B, 2C, es decir, un dispositivo compuesto por dos filtros de fase, se puede tomar como sustrato un vidrio con una calidad óptica suficiente como para no perturbar el resultado. El siguiente paso es obtener sectores con los valores de fase deseados. Se puede realizar el depósito de una capa de espesor constante (que en este caso ha de ser de un material transparente para evitar una modulación de amplitud no deseada) y a continuación, mediante alguno de los procedimientos habituales, eliminar material hasta dejar el espesor preciso para que los valores de desfase en cada región sean múltiplos de $\pi/2$.

En la figura 4 se muestra una posible realización de la invención que consta de dos filtros (41, 42) de tres zonas que se colocan paralelos entre sí y uno a continuación del otro. El filtro (41) va sujeto al soporte (43) mientras que el filtro (42) va sujeto a un anillo (44) que puede girar en el interior del soporte (43). Actuando sobre la protuberancia (45) es posible girar un filtro con respecto al otro y producir así un desplazamiento de foco. El soporte de los filtros (43), puede ser circular para facilitar el giro de uno de los filtros (42) con respecto al otro (41). El giro se puede realizar de forma manual, de forma mecánica e incluso puede ser controlado de forma automática por un dispositivo electrónico adicional.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo óptico de focal variable que comprende una pluralidad de filtros (41, 42) que tienen una distribución de fase determinada y soporte para filtros, donde cada uno de dichos filtros (41, 42) está formado por una pluralidad de coronas concéntricas y éstas a su vez están divididas en una pluralidad de sectores, donde cada uno de los sectores de cada corona tiene un valor de fase determinado, **caracterizado** por que el dispositivo está configurado para que uno de los filtros (42) sea rotado con respecto a otro (41), donde dicha rotación produce una distribución radial escalonada de la fase conjunta de dichos filtros (41, 42) que a su vez produce un desplazamiento de foco óptico del dispositivo.

2. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que está configurado para ser utilizado como lente intraocular.

3. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que está configurado para comportarse como un sistema multifocal.

4. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que está configurado para comportarse como un sistema de focal variable.

5. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que comprende al menos tres filtros.

6. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que los filtros (41, 42) son diferentes entre sí.

7. Dispositivo óptico de focal variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que los filtros (41, 42) son de amplitud y fase simultáneamente.

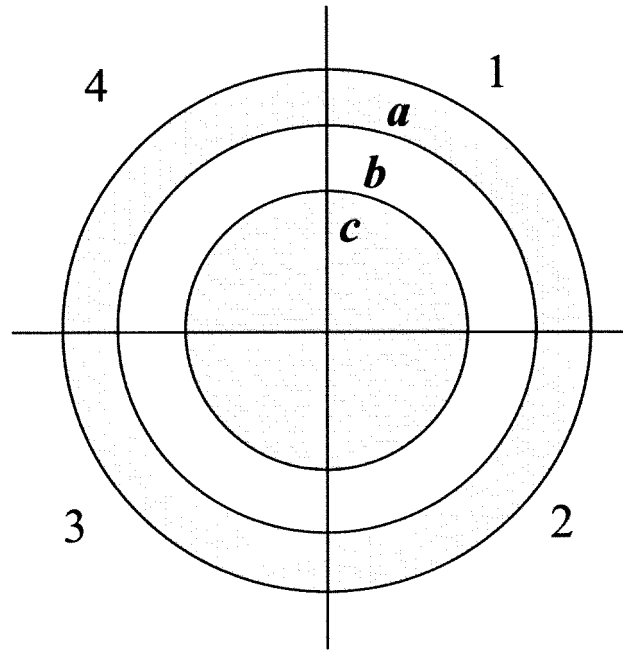


FIG. 1

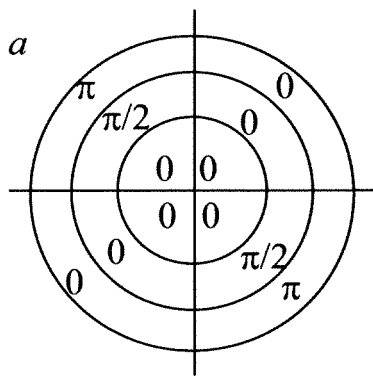


FIG. 2A

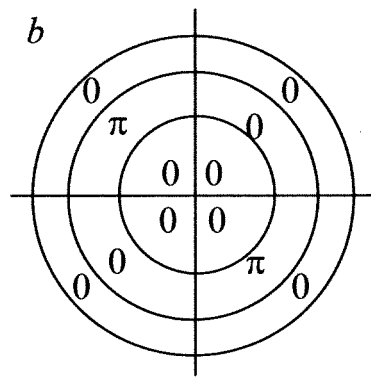


FIG. 2B

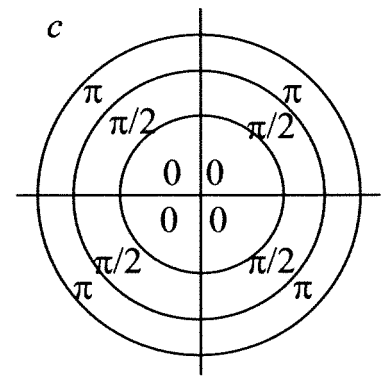


FIG. 2C

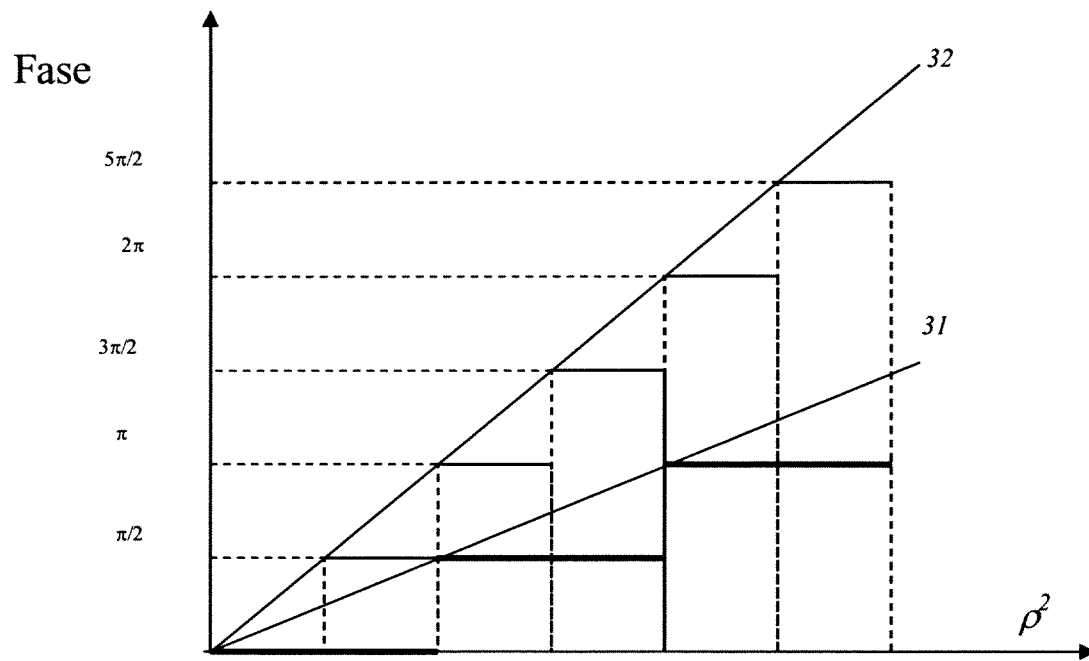


FIG. 3

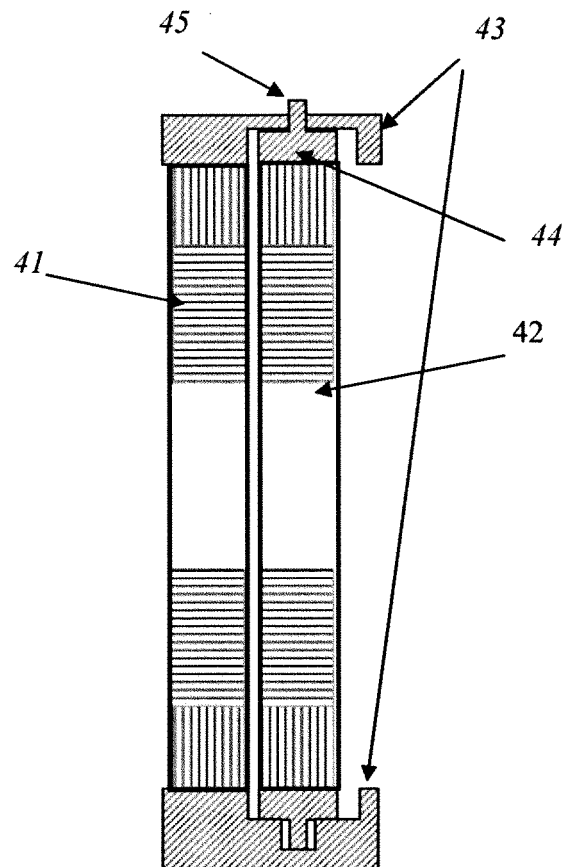


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 323 564

⑫ Nº de solicitud: 200900578

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 25.02.2009

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: G02B 5/20 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	CN 101339299 A (HARBIN INST OF TECHNOLOGY) 07.01.2009, todo el documento.	
Y	JP 2004264535 A (TAMRON KK) 24.09.2004, resumen WPI.	
A	JP 58052606 A (CANON KK) 28.03.1983, resumen WPI.	
A	JP 60083910 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 21.04.1992, resumen WPI.	
A	JP 2007298672 A (FUJINON CORP) 15.11.2007, resumen WPI.	
A	US 20080291394 A (ANDREW ISHAK WATERFORD) 27.11.2008, todo el documento.	
A	WO 2006048010 A1 (SCHRAGE NORBERG) 11.05.2006, todo el documento.	
A	US 5233431 A1 (FUJI PHOTO FILM CO.) 03.08.1993, todo el documento.	
A	US 5144490 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 01.09.1992, todo el documento.	
A	ES 2109645 T3 (NOVARTIS AG.) 16.01.1998, todo el documento.	
A	ES 2271240 T3 (GHOLAM-REZA ZADNO-AZIZI et al.) 16.04.2007, todo el documento.	
A	GB GB292631 A (NATURAL COLOR FILM LIMITED y P.L. BURGUER) 26.06.1928, todo el documento.	

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 nº:

Fecha de realización del informe
18.06.2009

Examinador
G. Foncillas Garrido

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.06.2009

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-7	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones		SÍ
	Reivindicaciones	1-7	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 101339299 A	07.01.2009
D02	JP 58052606 A	24.09.2004

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**Reivindicación 1**

El documento mas próximo es D01, dicho documento presenta un filtro complejo intersectorial y pertenece al campo de imágenes ópticas y óptica difractiva. El filtro como se define, esta dividido en sectores con diferentes transmitancias y fases, por último destacar que dicho filtro gira a lo largo de un eje transversal

En dicho documento por tanto se indica un dispositivo óptico de focal variable, en el que se incluye un filtro intersectorial con una distribución de fase.

La diferencia entre la presente solicitud y D01 se basa por un lado en unir 2 filtros bajo un soporte y por otro permitir la rotación de uno respecto el otro, en el eje transversal. Dicha diferencia establece la posibilidad de modificar y por tanto desplazar el foco óptico.

El documento D02 presenta un filtro que se ajusta al cañón de una lente, dicho filtro rota respecto al eje transversal modificando las direcciones de polarización.

En base a dichos documentos se considera que sería obvio para un experto en la materia combinar ambos documentos para llegar al objeto de la invención. Se considera que la unión de dos filtros (y /o lentes) y la rotación de uno respecto al otro, para modificar la distancia focal, es un hecho sobradamente conocido en los dispositivos ópticos. No se indica en la presente solicitud ninguna característica por la que se deba tratar de forma diferente la unión de dos filtros, o dos lentes, por tanto, si bien ninguno de los dos documentos presenta dos filtros unidos, se considera que dicha diferencia no establece aportación alguna al estado de la técnica.

La reivindicación 1 es nueva (Artículo 6 LP) y carece de Actividad Inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicaciones 2-7

Lo indicado en dichas reivindicaciones, se considera sobradamente conocido como se deduce de lo indicado en el informe del estado de la técnica, no estableciendo aportación alguna al estado de la técnica.

En concreto respecto al número de filtros a utilizar, que sean diferentes o de amplitud y fase simultáneamente se considera una selección obvia en base al resultado deseado apoyándose en aspectos sobradamente conocidos.

La reivindicaciones 2-7 son nuevas (Artículo 6 LP) y carecen de Actividad Inventiva (Artículo 8 LP).