

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 602**

21 Número de solicitud: 201131587

51 Int. Cl.:

A61B 3/09

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

03.10.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.11.2013

Fecha de la concesión:

20.08.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.08.2014

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2012/070685

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE MURCIA (100.0%)
Avda. Teniente Flomesta nº 5
30003 Murcia (Murcia) ES**

72 Inventor/es:

**LOPEZ-GIL, Norberto;
ZAPATA DIAZ, Juan Francisco;
GONZALEZ MÉIJOME, Jose Manuel;
PEIXOTO DE MATOS, Sofia;
FERNANDEZ SANCHEZ, Vicente Antonio y
THIBOS, Larry**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **OPTÓMETRO Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS DIOPTRÍAS NECESARIAS PARA MEJORAR LA VISIÓN**

57 Resumen:

Optómetro y procedimiento para determinar las dioptrías necesarias para mejorar la visión. Optómetro y procedimiento para el cálculo de dioptrías necesario para mejorar la visión nocturna. El optómetro comprende una fuente de luz puntual, un objeto que comprende un difusor iluminado en forma de polígono y una abertura con forma correspondiente al polígono, un ocular, una lente situada entre el ocular y el objeto y medios para desplazar el conjunto formado por la fuente de luz puntual y el objeto. Mediante el cálculo de las distancias a las que el sujeto ve nítidamente un objeto difusor que le permite acomodar y una abertura con una forma correspondiente es posible de manera sencilla y rápida calcular las dioptrías necesarias para mejorar la visión nocturna.

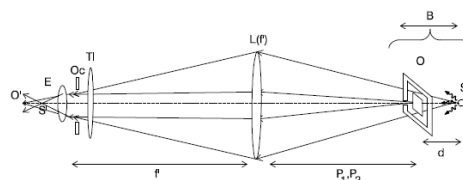


FIG. 1

ES 2 430 602 B1

**OPTÓMETRO Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS DIOPTRÍAS
NECESARIAS PARA MEJORAR LA VISIÓN.**

5

D E S C R I P C I Ó N

CAMPO DE LA INVENCION

10 La presente invención se sitúa en el campo de los
instrumentos optométricos, en concreto los optómetros. La
invención tiene por objeto el proporcionar un optómetro y
un procedimiento para determinar las dioptrías necesarias
para mejorar la visión nocturna o en condiciones de baja
15 iluminación.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 La visión en condiciones de iluminación tenue
(condiciones mesópicas) es una tarea difícil debido al
menor contraste de los objetos y la disminución de la
capacidad del sistema visual humano para detectar objetos
en esas condiciones. Esto se debe principalmente a las
25 imperfecciones ópticas y limitaciones neuronales del
sistema visual humano. Algunas personas sufren
dificultades visuales en condiciones de iluminación
reducida que pueden mejorarse mediante el uso de lentes
negativas, como ocurre con las personas miopes. Por ello a
30 este tipo de deficiencia visual es conocida como miopía
nocturna.

 Una de las imperfecciones ópticas que origina que la
calidad de las imágenes que se forman en la retina

presenten una falta de nitidez, se conoce como aberración esférica ocular. Este defecto óptico consiste en un cambio de potencia para rayos que pasan a diferentes distancias del centro pupilar, variando su valor con la cuarta potencia del radio pupilar. Por tanto, en condiciones de baja iluminación, cuando el radio pupilar aumenta, el valor de la aberración esférica es mucho mayor que en condiciones diurnas, con lo que los efectos de la misma sobre las imágenes retinianas es mucho más alto que durante el día. Además, el deterioro de las imágenes originado por la aberración esférica se hace mucho más patente cuando los objetos observados poseen un alto contraste, como también ocurre en condiciones de baja iluminación donde muchos de los objetos visibles poseen su propia iluminación, como es el caso de estrellas o carteles luminosos sobre fondo oscuro.

Estudios realizados hace varias décadas (Johnson, 1976), así como recientemente (Fernández-Sánchez, et al., 2010), demuestran que la agudeza visual humana o la calidad óptica es óptima cuando el ojo acomoda para ver a una cierta distancia (aproximadamente entre 30 a 200 centímetros, dependiendo del sujeto), y no cuando está totalmente relajado como si estuviese observando un objeto distante. La razón principal de este aumento de calidad de imagen al acomodar se debe a que al acomodar disminuye la aberración esférica del ojo (Ivanoff, 1947; López-Gil y Fernández-Sánchez, 2010), pudiendo su valor anularse para ciertos grados de acomodación si tiene un valor positivo con el ojo desacomodado, como suele ocurrir en la mayoría de la población.

Si bien al acomodar decrece e incluso se anula la aberración esférica, los objetos distantes pueden llegar a

verse borrosos ya que la acomodación es un mecanismo que permite enfocar objetos cercanos y en caso de que el objeto no cambie su distancia al observador, una acomodación innecesaria, desenfocaría al objeto. De esta manera, la
5 acomodación por un lado mejora la calidad de las imágenes nocturnas gracias a la disminución de la aberración esférica, pero por otro la emborrona al producir un efecto de desenfoque. Sin embargo, el desenfoque originado al acomodar puede compensarse mediante un sistema óptico
10 artificial simple con potencia negativa como puede ser una lente oftálmica, lente de contacto o el sistema de enfoque provisto en el aparato de visión directa que podamos estar usando (telescopio, microscopio,...). quede este modo una lente negativa de potencia adecuada podría mejorar la
15 visión nocturna mediante la compensación el desenfoque producido al acomodar. Dado que los miopes suelen usar lentes negativas para mejorar la calidad de las imágenes de los objetos alejados, el uso de lentes negativas para mejorar la imagen por la noche, parece indicar la presencia
20 de una miopía nocturna en el ojo humano.

El fenómeno de la miopía nocturna va por tanto asociado a la acomodación. De hecho en 1951, Otero y Aguilar (Otero and Aguilar, 1951) relacionan el defecto de la miopía nocturna con una respuesta acomodativa anómala, y
25 concluyen que en condiciones de baja luminosidad el ojo tiende a su punto de descanso, situado a una cierta distancia finita, lo que a su vez producirá la borrosidad que refieren los pacientes que sufren miopía nocturna.

Existen algunas patentes relacionadas con la miopía
30 nocturna: US4943151; US4997269; US5223866, pero ninguna de ellas la relaciona directamente con la acomodación y la variación de la aberración esférica ocular a ella asociada.

La solicitud de patente US2003/0020988 A1 describe una lente oftálmica para mejorar la visión en condiciones de baja o pobre iluminación. En esta solicitud se propone la prescripción de lentes con dioptrías entre -0,12 a -1,00 en
5 forma de anteojos, lentes de sol o gafas "clip-ons", y similares para mejorar la visión nocturna y para el uso durante la conducción nocturna. Sin embargo, este procedimiento se basa en el ensayo y error para la determinación de la prescripción, lo que lo hace poco
10 fiable.

OBJETO DE LA INVENCIÓN

15 La presente invención estima la acomodación que necesita el ojo para optimizar la calidad óptica mediante la minimización de la aberración esférica. Encontrada dicha acomodación, se puede conocer la potencia de la lente que tiene que llevar el sujeto para estimularla y mejorar la
20 visión del sujeto. De esta manera se puede determinar la corrección visual necesaria que minimice el efecto de borrosidad. Para ello, la invención propone un optómetro para la determinación de las dioptrías necesarias para corregir la miopía nocturna provisto de un objeto que
25 comprende un difusor iluminado en forma de polígono, que puede tener iluminación propia o puede ser retroiluminado mediante una fuente puntual y una abertura con forma correspondiente al polígono, un ocular, una lente situada entre el ocular y el objeto y medios para desplazar el
30 objeto (o el objeto y una fuente puntual de luz si éste está retroiluminado). La fuente de luz puede ser un LED, o el terminal de una guía de ondas, un difusor con un pequeño

diafragma, diafragma de un filtro espacial, etc.. El objeto
 puede ser una lámina traslúcida con un polígono sólido
 dibujado en su centro y una apertura de forma cuadrada
 rodeando al polígono. Alternativamente, el objeto incluye
 5 una o varias letras, símbolos o figuras que faciliten la
 acomodación del sujeto al objeto. La lente puede ser
 sustituida por un sistema óptico capaz de formar una imagen
 del difusor a distintas distancias del ocular. En otra
 realización, el objeto es una lámina traslúcida con un
 10 marco sólido y una abertura en forma de cuadrado en el
 interior del cuadrado. El optómetro puede incluir un
 sistema óptico corrector del astigmatismo y/o la miopía y/o
 la hipermetropía entre el ojo y la lente. El procedimiento
 de la invención consiste en calcular la máxima distancia
 15 entre el difusor y la lente a la que el sujeto ve la figura
 sólida de forma nítida, calcular la distancia P_2 entre el
 difusor y la lente a la que la abertura adquiere una forma
 correspondiente a la de la forma sólida y calcular las
 dioptrías necesarias para corregir la miopía nocturna según
 20 la siguiente ecuación: $R = (P_2 - P_1) / f'^2$, donde f' es la
 distancia focal imagen de la lente (L). El optómetro puede
 incluir opcionalmente medios para hacer girar el objeto
 difusor en torno al eje visual, unos medios para variar la
 distancia entre el objeto y la fuente de iluminación y un
 25 conjunto de una o más lentes y uno o varios espejos móviles
 adaptado para que la distancia entre el difusor y el ojo
 del sujeto varíe de forma aparente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención de acuerdo con un ejemplo
5 preferente de realización práctica de la misma, se acompaña la siguiente descripción de un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- es una representación esquemática del optómetro de la invención.

10 Figura 2.- representa las distintas formas de la imagen percibida por un sujeto con cierta aberración esférica según su grado de acomodación.

Figura 3.- representa una puesta en práctica particular de la invención.

15

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Con referencia a la figura 1, el optómetro de la
20 invención está provisto de una fuente de luz (S) que debe semejarse al máximo a una fuente puntual ideal (por ejemplo un LED, un terminal de una fibra óptica, un difusor con un pequeño diafragma, diafragma de un filtro espacial, etc.), y un objeto difusor retro-iluminado (O) donde se ha
25 representado un difusor sólido (CS) retroiluminado por S que difunde la luz hacia la lente (L). En la parte exterior del objeto existe una abertura (M) que deja pasar la luz sin que la dirección de los rayos luminosos de la fuente S sea apenas modificada (salvo por efectos de difracción), es
30 decir una abertura libre con pequeñas sujeciones que fijen la figura al marco, o un soporte translúcido de plástico o

cristal, por ejemplo. Tanto CS como M deben tener formas tales que permitan apreciar una pequeña distorsión de la imagen de M frente a la de CS. Por ejemplo el difusor CS puede tener forma cuadrada y la abertura M forma de marco
 5 también cuadrado, aunque otras formas poligonales son posibles, como triángulos, hexágonos, etc.

El vértice corneal del ojo (E) se debe situar de forma aproximada en el plano focal imagen de la lente L con distancia focal imagen f' . Para ello se puede hacer uso de
 10 un ocular (OC) situado a una distancia f' de la lente, donde el sujeto puede aproximar su ojo. Una lente de prueba (TL) podría ser colocada en frente del ojo para corregir el astigmatismo, hipermetropía o miopía.

La fuente y el objeto (bloque B) se sitúan en el eje
 15 óptico de la lente sobre el que pueden desplazarse alejándose o acercándose del sujeto de forma solidaria, mientras que la distancia de la lente al sujeto debe permanecer fija. Por ejemplo, tanto la lente como el objeto y la fuente puntual pueden situarse en un banco óptico cuyo
 20 eje coincida con el eje de la lente.

Cuando se desplaza el bloque B a la distancia más lejana desde L que permita al sujeto ver el cuadrado CS con claridad P1, la lente L formará una imagen del objeto O, O', en la retina del sujeto, cuyo ojo estará desacomodado,
 25 ya que la lente está a la máxima distancia posible que permita ver el objeto nítidamente.

Para simplificar, la figura 1 muestra el caso de un ojo emétrope, por lo que O está en el plano focal objeto de L. (en el caso de un ojo amétrope se podría corregir el
 30 astigmatismo con una lente cilíndrica situada delante del ojo y la esfera simplemente variando la distancia entre la lente L y el ocular). Debido a la distancia positiva, d,

entre S y O, los rayos forman una imagen paraxial de S, denominada por S', delante de la retina, por lo que formará una imagen desenfocada (miópica) en la retina con una forma aproximada a un marco cuadrado.

5 Dependiendo del signo del coeficiente de la aberración esférica de cuarto orden de Zernike (C_4^0) (que por sencillez denominamos en lo que sigue como "SA"), el marco cuadrado apreciado por el sujeto tendrá forma de corsé (si $SA > 0$), forma de un cuadrado (si $SA = 0$) o forma de barril (si $SA < 0$) como se muestra en la figura 2. La diferencia en las formas que producen las diferentes SA se debe al hecho de que la SA depende de la cuarta potencia de la distancia entre la posición del rayo en el plano de la pupila de entrada y el centro de la pupila de entrada. Por ello, la luz que pasa por las esquinas de la abertura M será más convergente en un ojo con $SA > 0$ que la luz que pasa por el centro de las aristas del cuadrado, por lo que el sujeto verá una imagen similar a la nombrada como (A) en el lado izquierdo de la figura 2. Sin embargo, si el ojo tiene una $SA < 0$, los rayos procedentes de las esquinas del diafragma de campo cuadrado serán menos convergentes que los que vienen del centro de las aristas del cuadrado, permitiendo al sujeto apreciar una imagen similar a la figura (C) del lado derecho de la figura 2. En el caso de una $SA = 0$, el sujeto verá una imagen en su retina similar a la figura (B) (centro de la figura 2) ya que el ojo presentará el mismo desenfoque para todos los rayos que proceden del cuadrado. Debido al cambio de SA durante la acomodación y partiendo de una $SA > 0$ en el ojo relajado, el marco cuadrado exterior cambiará su forma pasando a tener una forma más redondeada si el objeto y la fuente de luz se acercan a la lente, es decir, mientras el ojo está acomodando.

El valor en dioptrías que debe ser añadida a la refracción del sujeto para conseguir una mejor calidad visual vendrá dado por la siguiente expresión:

$$R = (P_2 - P_1) / f'^2 \quad (1)$$

Donde f' es la distancia focal imagen de la lente L. El valor de P_1 y P_2 se obtienen como sigue. El bloque B formado por el objeto y la fuente de luz debe desplazarse hasta que esté lo más alejado posible del ojo del sujeto, de forma que éste aun vea nítidamente el cuadro CS (o el marco, según la puesta en práctica de la invención). En ese momento la distancia entre el difusor CS y la lente L corresponderá con P_1 . A continuación se debe mover el bloque B hacia atrás y hacia adelante hasta que la línea de luz alrededor del cuadrado adquiere una forma cuadrada. En este momento la distancia entre el difusor CS y la lente L corresponderá con P_2 . El valor de miopía o hipermetropía del ojo puede ser obtenido mediante la ecuación:

$$M = (D - f') / f'^2 \quad (2)$$

siendo D la distancia entre el difusor CS y la lente, la ecuación (1) representa el valor de la miopía (o hipermetropía) que podemos encontrar en el ojo para dos valores de D: P_2 y P_1 , correspondientes a rayos luminosos que pasan por zonas situadas a diferentes distancias del centro pupilar y por tanto relacionadas con la aberración esférica, SA, del ojo.

REFERENCIAS

- 5 - Cushman WB. Scheiner-principle Pocket Optometer for Self Evaluation and Bio-feedback Accommodation Training. US Patent #4,997,269. Mar. 5, 1991.
- 10 - Cushman WB. Small, Simple and Cost-effective Scheiner-principle Optometer With Computer Interface for Automated Assessment. US Patent #5,223,866. Jun. 29, 1993.
- Cushman WB. Scheiner-principle Vernier Optometer. US Patent #4,943,151. Jul. 24, 1990.
- 15 - Fernandez-Sanchez V., Lopez-Gil N., Thibos L.N., Montes-Mico R. Objective Measurement of the Amplitude of Accommodation From Optical Quality Metrics Applied to Wavefronts Outcomes ARVO Meeting Abstracts April 11, 2010 51:793.
- 20 - Ivanoff, A. (1947). On the influence of accommodation on spherical aberration in the human eye, an attempt to interpret night myopia. J.Opt.Soc.Am. 37, 730.
- 25 - Johnson C.A. (1976). Effects of luminance and stimulus distance on accommodation and visual resolution. J. Opt. Soc. Am. 66, 138-142.
- 30 - López-Gil N., Fernandez-Sanchez V. (2010). The change of spherical aberration during accommodation and its effect on the accommodation response. J Vis 10, 12.
- Otero, J. M., Aguilar, M. (1951). Accommodation and night myopia. J Opt.Soc.Am. 41, 1061-1062.

- Stone R.F. Optical Lens for Improved vision Under Conditions of Low or Poor Illumination. US Patent #2003/0020988 A1. Jan. 30, 2003.

REIVINDICACIONES

- 1.- Optómetro para el cálculo de las dioptrías necesarias para mejorar la calidad visual nocturna o en condiciones de
5 baja iluminación, caracterizado porque comprende un objeto (O) provisto de un difusor iluminado en forma de polígono (CS) y una abertura con forma correspondiente al polígono (M), un ocular (OC), una lente (L) situada entre el ocular y el objeto y medios para desplazar el objeto (O).
- 10 2.- Optómetro según la reivindicación 1 caracterizado porque el objeto difusor tiene iluminación propia.
- 3.- Optómetro según la reivindicación 1 caracterizado
15 porque el objeto difusor es retroiluminado mediante una fuente de luz puntual (S) y los medios para desplazar el objeto (O) están adaptados para desplazar también la fuente de luz (S).
- 20 4.- Optómetro según la reivindicación 3 caracterizado porque la fuente de luz (S) es un LED, o el terminal de una guía de ondas, etc.
- 5.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones
25 anteriores caracterizado porque el objeto (O) es una lámina traslúcida con un polígono opaco dibujado en su centro y una abertura (M) de forma correspondiente rodeando al polígono.
- 30 6.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado porque el difusor CS incluye una o varias

letras, símbolos o figuras que faciliten la acomodación del ojo del sujeto.

5 7.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque incluye un sistema óptico corrector del astigmatismo y/o la miopía y/o la hipermetropía entre el ojo y la lente (L).

10 8.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque incluye medios para hacer girar el objeto difusor en torno al eje visual.

15 9.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque incluye un sistema que permite variar la distancia entre el objeto (O) y la fuente de iluminación (S).

20 10.- Optómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque incluye un conjunto de una o más lentes y uno o varios espejos móviles adaptados para que la distancia entre el difusor y el ojo del sujeto varíe de forma aparente.

25 11.- Procedimiento para el cálculo de las dioptrías necesarias para optimizar la calidad visual de un sujeto mediante un optómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el procedimiento consiste en calcular la máxima distancia P_1 entre el difusor (CS) y la lente (L) a la que el sujeto ve
30 el difusor de forma nítida y la distancia P_2 entre el difusor (CS) y la lente (L) a la que la abertura adquiere una forma correspondiente a la del difusor libre de

distorsiones y calcular las dioptrías según la siguiente ecuación:

$$R = (P_2 - P_1) / f'^2,$$

donde f' es la distancia focal imagen de la lente (L).

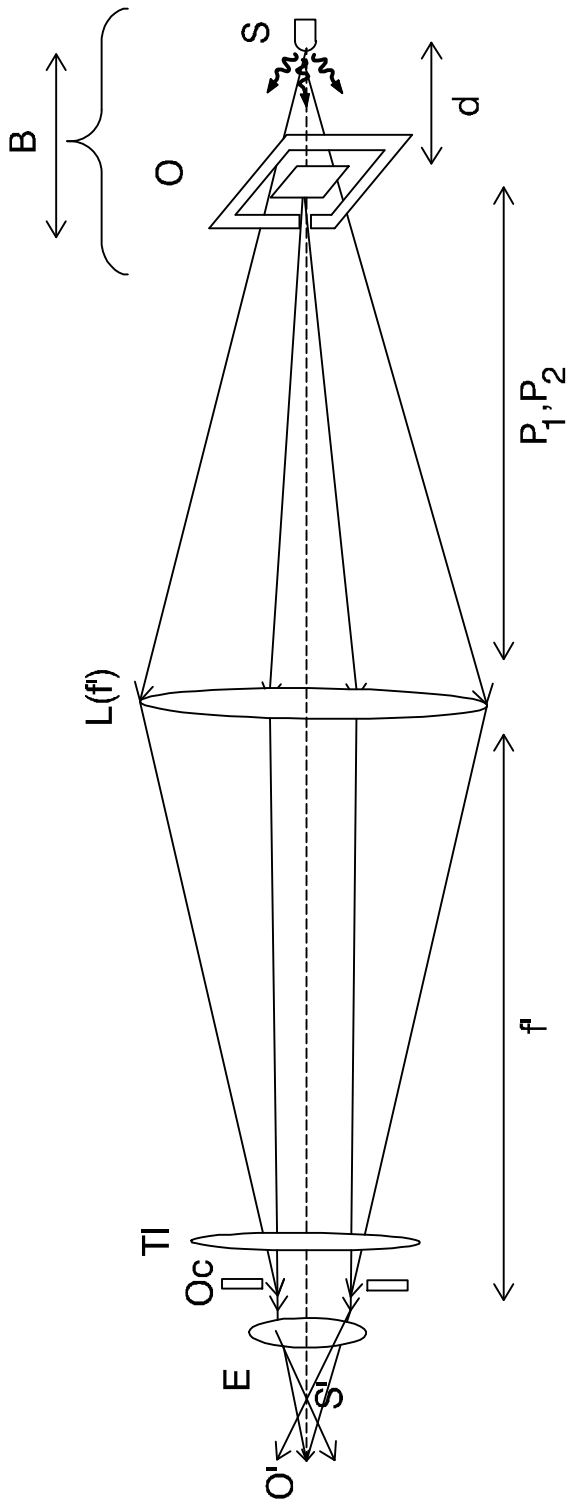


FIG. 1

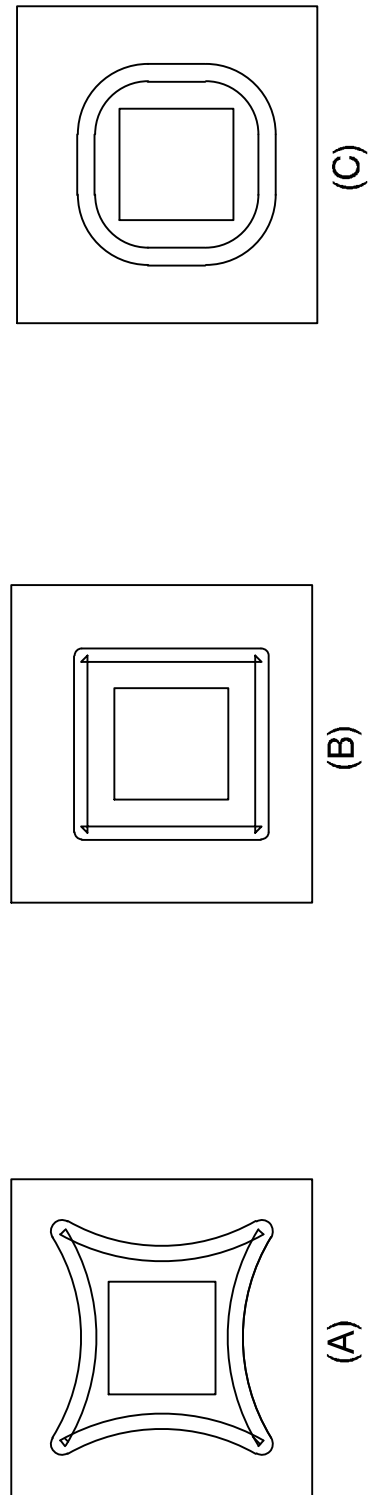


FIG. 2

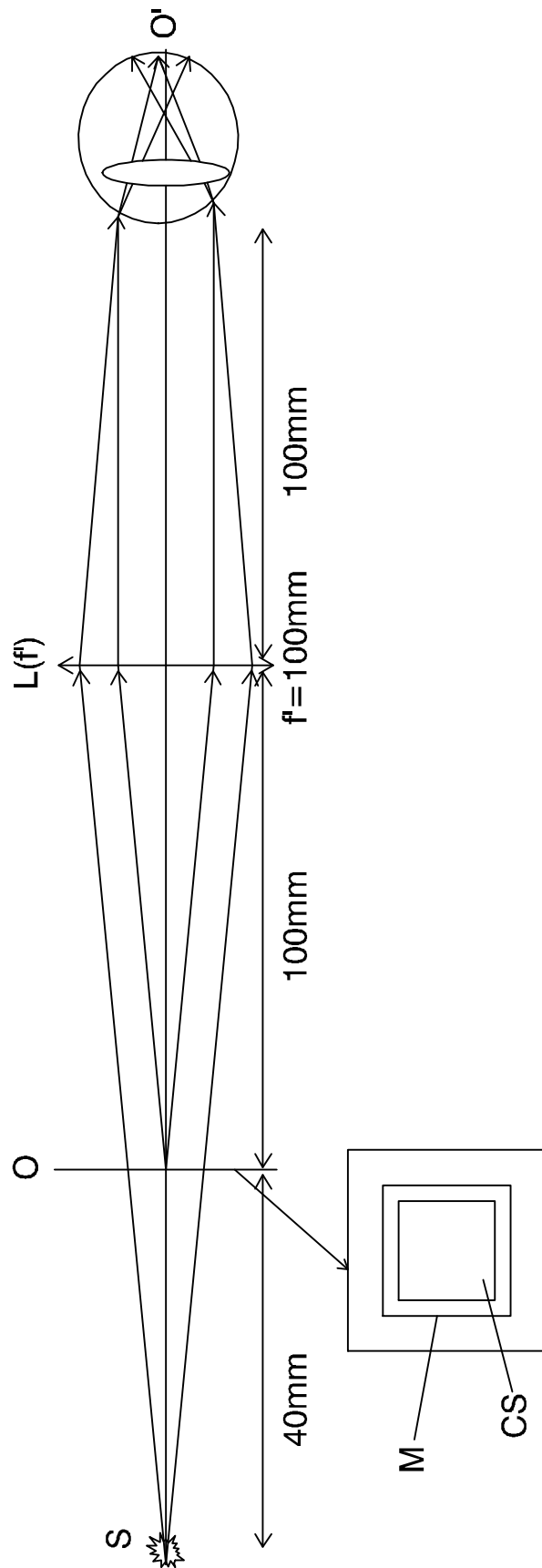


FIG. 3