



ESPAÑA

| | | |
|-------|-------------------------------------|-------|
| 10 ES | 11 NUMERO 426.475 | 10 A1 |
| 21 | 22 FECHA DE PRESENTACION 20-5-74 | |

P.- 57.495

PATENTE DE INVENCION

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| 30 PRIORIDADES: | | |
| 31 NUMERO 365.092 | 32 FECHA 21-5-73 | 33 PAIS EE.UU. |
| 47 FECHA DE PUBLICIDAD | 51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G21B; H01S | 62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA |
| 64 TITULO DE LA INVENCION "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN SISTEMA OPTICO DEL TIPO PREVISTO PARA ILLUMINAR UN BLANCO" | | |
| 71 SOLICITANTE (S) KMS FUSION, INC. | | |
| DOMICILIO DEL SOLICITANTE 3941 Research Park Drive, Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos de América. | | |
| 72 INVENTOR (ES) Carlton Eugene Thomas | | |
| 73 TITULAR (ES) | | |
| 74 REPRESENTANTE DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ | | |

LFG

15 JUL.



Este invento se refiere a Iluminación de Blanco y, más en particular, a un aparato y un método para iluminar configuraciones de combustible con una fuente de energía de láser.

5 Han aparecido publicaciones recientes relativas al uso de radiación de láser en la iluminación de pastillas de combustible con el fin de conseguir fusión nuclear. Se encuentran exposiciones que ilustran este tipo de iluminación en las siguientes Patentes para los EE.UU.: la Número 3.378.466 de 16 de abril de 10 1968, de Whittlesley, y la Número 3.489.645 de 13 de junio de 1970, de Daiber y otros.

15 Está admitido que a fin de conseguir una reacción termonuclear controlada mediante el calentamiento con láser de pastillas de combustible, es deseable que la radiación de láser sea hecha llegar uniformemente a la pastilla. El láser no solamente calienta esa pastilla, sino que, para producir energía de fusión útil, ha de aumentar la densidad de la pastilla en órdenes de magnitud para originar una implosión. Cualquiera 20 sistema que enfoque la energía de láser sobre la pastilla deberá proporcionar iluminación uniforme sobre todos los lados para mantener estable la implosión. Para una pastilla esférica, ello implica una radiación uniforme y ortogonal sobre toda la superficie de la esfera. 25

15 JUL



Se está en la creencia de que en los ex-
perimentos de fusión con láser de los que se ha infor-
mado hasta la actualidad, se han utilizado lentes sim-
ples para enfocar el haz de láser sobre el blanco. En
5 un proyecto de la U.R.S.S. se han utilizado nueve cana-
les paralelos y nueve lentes rodeando al blanco para
aproximarse a la iluminación simétrica, tal como ha si-
do comunicado en un artículo de H. G. Basov titulado
"Heating of Laser Plasmas for Thermonuclear Fusion"
10 ("Calentamiento de plasmas de láser para fusión termo-
nuclear"), presentado en el "Secod Workshop" sobre In-
teracción de Láser y Fenómenos de Plasma Asociados, Rens-
selaer Polytechnic Institute, 30 de agosto de 1971.

Cualquier lente que se use en la ilumina-
15 ción de blanco puede iluminar solamente parte de una pas-
tilla esférica. Un sistema de lente simple proporciona
una irradiación no uniforme, incluso sobre la parte re-
lativamente pequeña iluminada de una pastilla esférica
que esté centrada sobre el foco de la lente. Se puede
20 mejorar el patrón de radiación para la mayoría de las
lentes moviendo para ello el blanco desde el foco hacia
la lente, y placas correctoras esféricas pueden propor-
cionar radiación uniforme si se prescinde de las varia-
ciones en la capacidad de absorción de la pastilla con
25 el ángulo de incidencia.

8.7.74



5 No obstante, incluso con este tipo de iluminación la radiación choca contra la pastilla con ángulos en general no ortogonales y, puesto que la cantidad de energía de láser realmente absorbida disminuye al
10 aumentar el ángulo de incidencia, el efecto neto es el de originar una distribución no uniforme de energía absorbida. Aunque un sistema de lentes múltiples tiende a mejorar esta iluminación, quedan todavía muchos problemas prácticos que conducen a inestabilidades de la implosión.

15 Un objeto del presente invento es proporcionar un aparato y un método de iluminación de blanco, con los cuales se mejora grandemente el rendimiento de la fuente de láser y se hace posible conseguir que la energía llegue a la pastilla desde todos los lados con ángulos sustancialmente ortogonales alrededor de la superficie completa.

20 Otro objeto del invento es proporcionar una radiación de una pastilla de combustible desde una fuente de láser simple sin necesidad de una multiplicidad (tal como de seis a nueve) de canales de espejo-lente rodeando a la cámara de combustible.

25 Otros objetos y características del invento referentes a los detalles de construcción y funcionamiento se encontrarán en la descripción y las reivindi-



caciones que siguen, en las cuales se exponen los principios del invento juntamente con el uso en relación con el mejor modo actualmente previsto para la puesta en práctica del invento.

5 Los dibujos que acompañan a la exposición y las diversas vistas de los mismos pueden describirse brevemente como:

10 La Fig. 1, una vista de la iluminación del blanco utilizando un punto de foco simple que presenta el problema de obtener la iluminación ortogonal.

La Fig. 2, una vista en corte de un sistema óptico para conseguir iluminación de acuerdo con el presente invento.

15 La Fig. 3, una vista a escala ampliada en la que se ilustra el sistema entero utilizando una fuente de láser simple.

La Fig. 4, un gráfico en el que se ilustra la relación del ángulo del blanco con la iluminación de blanco normalizada sin placas correctoras.

20 La Fig. 5, una iluminación de un sistema óptico utilizando una placa correctora esférica.

La Fig. 6, una ilustración de la iluminación del blanco utilizando una aberración esférica corregida con exceso.

25 Con referencia a la Fig. 1, se ha ilustra-



do en ella la exposición de un blanco esférico a un haz de láser utilizando una placa correctora esférica. El punto de foco paraxial se ha ilustrado en el dibujo y el punto de foco marginal se ha representado a la derecha de aquél. Las trazas de los rayos en las proximidades del blanco, para iluminación relativamente uniforme del hemisferio, se han representado desde una lente sencilla de distancia focal $f/1,0$, juntamente con una placa correctora esférica.

5

Se observará que el haz que viene desde la izquierda del dibujo tiene solamente un punto P hacia el centro donde es claramente ortogonal a la superficie. El mayor ángulo A de incidencia desde el exterior es de $63,4^\circ$. Como se ha señalado anteriormente, puesto que la cantidad de energía realmente absorbida disminuye al aumentar el ángulo de incidencia, el efecto neto es el de originar una distribución no uniforme de energía absorbida.

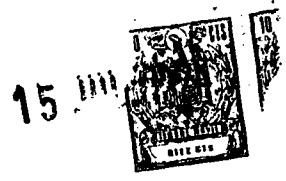
15

La realización principal del presente invento se ha ilustrado en la Fig. 2, donde dos haces de láser, el #1 y el #2, de intensidades iguales, están dirigidos hacia un aparato desde la izquierda y desde la derecha. La manera de conseguir esto se ha ilustrado en la Fig. 3, en la cual un haz de láser simple encuentra a un divisor de haz 20 y se divide yendo a dos

20

25

8.7.74



5 espejos en ángulo 22 y 24. Cada haz pasa a través de una lente para enfocar el haz de láser en un pequeño punto. El haz procedente de la izquierda pasa a través de la lente 26; el haz procedente de la derecha pasa a través de la lente 28.

10 Como se aprecia mejor en la Fig. 2, hay dos superficies reflectantes elipsoidales cóncavas 34 y 36 enfrentadas entre sí. Estas superficies o espejos están formadas en un cuerpo representado en sección transversal y pueden estar formadas de vidrio con las superficies elipsoidales esmeriladas, o bien pueden estar formadas de aluminio con las superficies elipsoidales pulimentadas para que tengan alto poder de reflexión. Cada espejo elipsoidal está provisto de aberturas cónicas centrales respectivas 38 y 40, las cuales terminan en una pequeña abertura en el extremo pequeño, directamente en la superficie de cada espejo. Cada haz pasa entonces a través de esas aberturas y se expande para reflejarse desde el espejo elipsoidal opuesto y enfrentado. Estos espejos están caracterizados cada uno de ellos por dos puntos focales. La imagen de la luz que va a un foco se concentrará en el segundo foco después de reflejarse en la superficie del espejo.

25 En el sistema ilustrado en la Fig. 2, un foco de cada espejo elipsoidal está situado coincidente con el foco de la lente opuesta en los puntos F_1 y F_2 . Los otros dos focos de cada espejo son coincidentes en el centro del sistema entre los espejos donde estará



5 situada una pastilla 42. Después de la reflexión en los espejos toda la luz es enfocada sobre la pastilla. Una lente 26 y la combinación de espejos elipsoidales iluminan la mitad de un hemisferio de la pastilla, mientras que la otra lente 28 con una combinación de espejos correspondiente ilumina el otro hemisferio de la pastilla.

10 Aunque el sistema óptico representado en las Figs. 2 y 3 ilumina claramente toda la pastilla, puede demostrarse que la iluminación no es exactamente uniforme. La irradiación de láser, tal como se ve desde la pastilla, se ha representado gráficamente en función del ángulo desde la parte posterior de la pastilla esférica, como se ha ilustrado en la Fig. 4. Se verá que
15 la curva supone una energía de láser uniforme a través del haz que llega a la lente, y que los lados de la pastilla reciben mucha más energía de láser total que la parte frontal o la parte posterior. Por consiguiente, esta variación en la uniformidad de la irradiación favorece que se produzcan inestabilidades en la implosión
20 de la pastilla. En consecuencia, se añade a cada canal óptico de la Fig. 2 un tercer componente óptico en forma de una placa correctora esférica, como se ha ilustrado en la Fig. 5.

25 Un lado del sistema se ha representado con



una placa correctora esférica 44, y en el otro lado se colocaría una placa similar. Esta placa está diseñada para modificar la dirección de los rayos láser para conseguir una irradiación uniforme, como se ha ilustrado mediante las líneas de rayos esquemáticas. Además, se mueve la pastilla en el sentido de separarla del foco elipsoidal en una fracción de su propio diámetro y al mismo tiempo se separan los dos espejos 30 y 32 en el doble de esa distancia fraccionaria, para conseguir patrones de iluminación iguales en ambos hemisferios.

Se apreciará que se pueden diseñar muchos tipos diferentes de placas correctoras para optimizar varios aspectos del sistema hidrodinámico complejo que lleva consigo una reacción de fusión producida mediante energía de láser. Por ejemplo, el impulso del láser, aunque normalmente de duración muy corta (del orden de 10^{-9} segundos), ve un patrón óptico diferente en las proximidades de la pastilla en los diferentes momentos durante el impulso de láser. Más concretamente, la energía de láser que hay en la primera parte del impulso ioniza parte de la pastilla, produciendo un plasma alrededor de la pastilla. Este plasma se expande en una nube alrededor de la pastilla y altera las características ópticas que ve la energía de láser que llega posteriormente. Estos rayos posteriores, aunque dirigidos inicialmente a una distribución de pastilla unifor-

8.7.74



me, pueden ser refractados hacia otras partes de la pastilla, originando un desequilibrio en la energía absorbida. Por consiguiente, el diseño exacto de las placas correctoras está orientado hacia la optimización del proceso completo de implosión dinámica.

5

En la Fig. 5 se ha representado un ejemplo simplificado de un diseño de placa correctora. En este diseño se prescinde de cualquier refracción en la región de desprendimiento de plasma y, por consiguiente, se optimiza la absorción de energía en la pastilla solamente para las primeras partes del impulso de láser.

10

El enfoque básico es el de un procedimiento en dos fases. En primer lugar, se mueve la pastilla hacia adelante con respecto al foco elíptico, como se ha ilustrado en la Fig. 5. Se apreciará que solamente se ha representado una combinación de lente y espejo, pero, en la práctica, ambos canales ópticos serían idénticos. Moviendo la pastilla hacia adelante una distancia TM , según se ve en las Figs. 5 y 6, se aumenta la densidad de energía en la parte posterior, donde es muy débil, como viene ilustrado por la curva de la Fig. 4. No obstante, este movimiento de la pastilla deja un área anular alrededor del lado completamente oscura.

15

20

25

8.7.74

Por consiguiente, se añade la placa correc-



15 J

tora esférica 44, como se ha ilustrado en la Fig. 5. Esta placa no altera sensiblemente los rayos paraxiales, es decir, los rayos 50 que están sobre el eje óptico o próximos a éste. No obstante, la placa sí modifica la dirección de los rayos marginales 52 hacia los lados del blanco. Expresándolo de otro modo, en términos ópticos clásicos, esta placa corrige con exceso la aberración esférica al dirigir los rayos marginales por detrás del punto focal FP de la lente. Estos rayos, para una lente esférica simple, tienden a converger delante del punto focal FP de la lente paraxial. Ello es conocido como aberración esférica.

La forma exacta de la placa correctora se elige matemáticamente para delimitar áreas de energía iguales del haz de láser que llega sobre áreas iguales en la pastilla. En la Fig. 6 se han ilustrado las trazas de los rayos en las proximidades de la pastilla como resultado de este procedimiento de optimización. Solamente se ha ilustrado un cuadrante, pero se produce el mismo patrón de rayos en los cuatro cuadrantes de la pastilla. Se verá que toda la pastilla es iluminada uniformemente y que los rayos de láser chocan con el blanco con una incidencia casi ortogonal.

El grado de aberración en las proximidades de la pastilla (Fig. 6) para este caso viene dado



por

$$\frac{u}{t} = 1 - k + \frac{\sqrt{2 - k}}{4} \left(3 \sqrt{k + 4 F^2} - 10 F \right)$$

5

donde u = aberración longitudinal en el foco de la pastilla, medida desde el centro de la pastilla (véase la Fig. 6)

10

t = radio de la pastilla

$$k = (r/R)^2$$

r = radio de un rayo desde el eje óptico en el haz de láser que llega

R = radio del haz de láser que llega

15

F = índice focal eficaz de la lente de enfoque

$$F = \frac{f}{2 R}$$

20

y f = distancia focal de la lente de enfoque.

25

Obsérvese que se requiere teóricamente una placa correctora diferente para cada tamaño de pastilla, t . La aberración, u , se convierte matemáticamente en una fórmula de una superficie para la placa correctora,

30441076

mediante técnicas usuales de trazado de rayos.

5

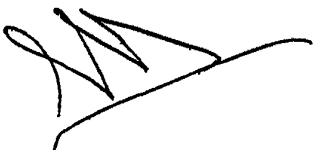
REIVINDICACIONES

10 Los puntos de invención propia y nueva, que se
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente
de Invención en España, por VEINTE años, son los que se
recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un sistema
óptico del tipo previsto para iluminar un blanco y que
incluye medios para dirigir un haz colimado de energía elec
tromagnética en general hacia dicho blanco y medios dispues
tos en un eje del sistema y destinados a enfocar dicho haz
colimado sobre el área superficial de dicho blanco desde
una dirección sustancialmente ortogonal a dicha superficie,
20 según los cuales dichos medios de enfoque comprenden medios
reflectantes bifocales dispuestos para tener un primer foco
reflectante en dicho blanco y un segundo foco reflectante des
plazado respecto del anterior en un eje del sistema, y me
dios dispuestos en la trayectoria de dicho haz colimado para
25 enfocar dicho haz en sustancialmente dicho segundo foco de

28.4.76

- 13 -



dichos medios reflectantes, con lo cual dicho haz incide desde dicho segundo foco sobre dichos medios reflectantes y es reflejado por ello hacia un área superficial del blanco.

5 2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales el sistema óptico comprende además medios para enfocar rayos paraxiales de dicho haz colimado en dicho segundo foco reflectante y medios para enfocar rayos marginales de dicho haz colimado en sustancialmente dicho segundo foco, pero entre dichos focos primero y se-
10 gundo.

 3ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales el sistema óptico está previsto para enfocar sobre un área superficial de dicho blanco unos haces colimados primero y segundo de energía electromagnética generalmente dirigidos hacia dicho blanco y dichos medios de enfoque comprenden medios reflectantes bifocales opuestos primeros y segundos, dotados de una abertura central y dispuestos coaxialmente en dicho eje del sistema, teniendo cada uno de dichos medios reflectantes primeros y segundos un primer foco dispuesto en dicho blanco y un segundo foco dispuesto en proximidad a dicha abertura central en los medios reflectantes opuestos, y medios terceros y cuartos dispuestos respectivamente en dicho eje del sistema exteriormente a dichos medios reflectantes primeros y segundos en la trayectoria de una haz colimado correspondiente para enfocar cada uno
15
20
25



SECRET

de dichos haces colimados a través de una abertura correspondiente de los medios reflectantes adyacentes hacia sustancialmente el segundo foco citado de los medios reflectantes opuestos.

5 4ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 3ª, según los cuales dichos medios reflectantes primeros y segundos comprenden respectivamente unos reflectores elipsoidales primero y segundo.

10 5ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 3ª o 4ª, según los cuales dichos primeros focos están en coincidencia sustancial en dicho blanco.

15 6ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 3ª o 4ª, según los cuales dicho primer foco de dichos primeros medios reflectantes está desplazado respecto de dicho primer foco de dichos segundos medios reflectantes en dicho blanco en una dirección que se aleja de dichos segundos medios reflectantes.

20 7ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 6ª, según los cuales el sistema óptico está previsto para iluminar un blanco esférico y dichos primeros focos están dispuestos dentro de dicho blanco y están separados por una distancia menor que el diámetro de dicho blanco.

25 8ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 3ª o 4ª, según los cuales dichos haces colimados

28.4.76

mados están dirigidos a lo largo de dicho eje del sistema y dichos medios terceros y cuartos comprenden cada uno una lente de enfoque dispuesta para enfocar rayos paraxiales de un haz colimado asociado hacia dicho segundo foco de los medios reflectantes opuestos.

5

9ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 3ª o 4ª, según los cuales dichos medios terceros y cuartos comprenden cada uno medios dispuestos para enfocar rayos marginales del haz colimado correspondiente entre dichos focos primero y segundo de los medios reflectantes opuestos.

10

10ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 3ª o 4ª, según los cuales dichos medios tercero y cuarto comprenden cada uno medios para enfocar rayos paraxiales del haz colimado correspondiente hacia dicho segundo foco de los medios reflectantes opuestos, y medios para enfocar rayos marginales del haz colimado correspondiente hacia sustancialmente dicho segundo foco, pero entre dicho segundo foco y dicho primer foco de los medios reflectantes opuestos.

15

20

11ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 10ª, según los cuales cada uno de dichos medios de enfoque de rayos paraxiales comprende una lente de enfoque.

25

12ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 10ª, según los cuales cada uno de dichos medios de enfoque de rayos marginales comprende una lente de enfoque.



vindicaciones 10ª u 11ª, según los cuales cada uno de dichos medios de enfoque de rayos marginales comprenden una placa correctora esférica.

5 13ª.- Perfeccionamientos introducidos en un sistema óptico del tipo previsto para iluminar un blanco.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 07 JUL 1976

P.A.

Fernando de Elizaburu

Por Poder.



18-6-76
ACM,

FIG. 1

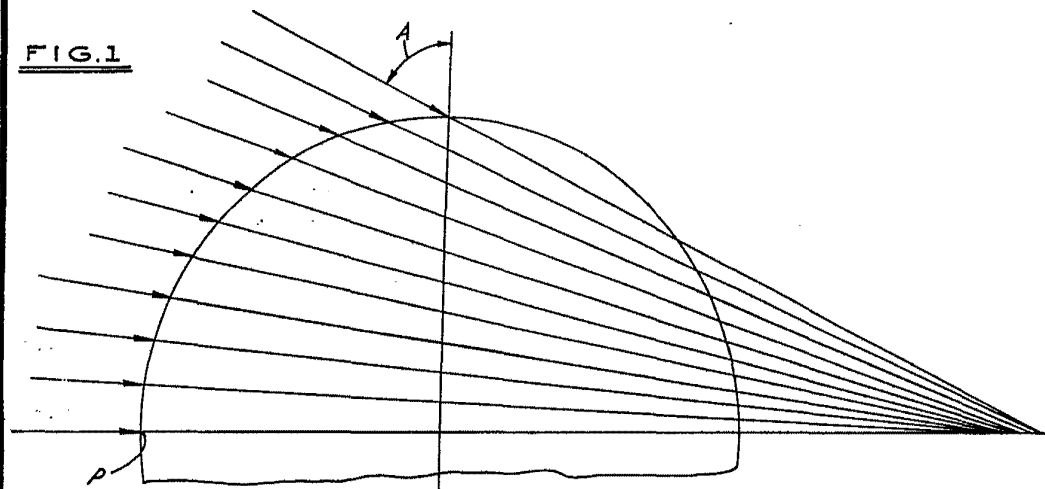
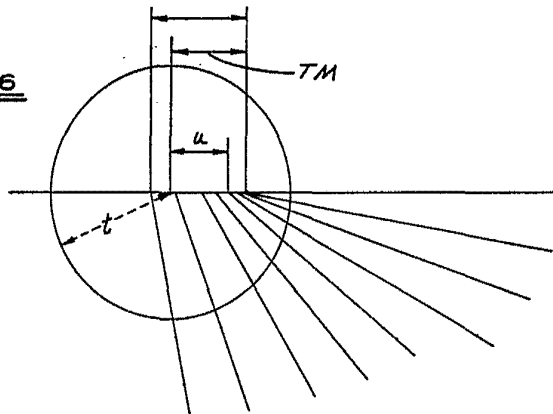


FIG. 6



Fernando A. Ezaburu
Per Podar

FIG. 2

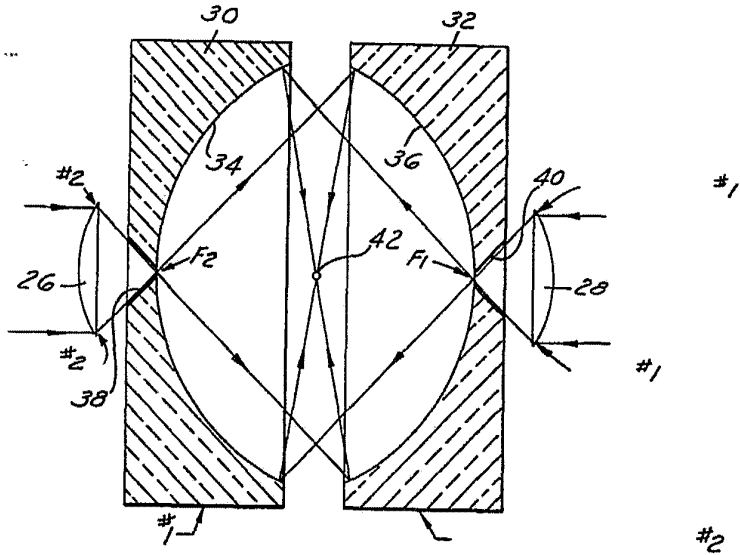
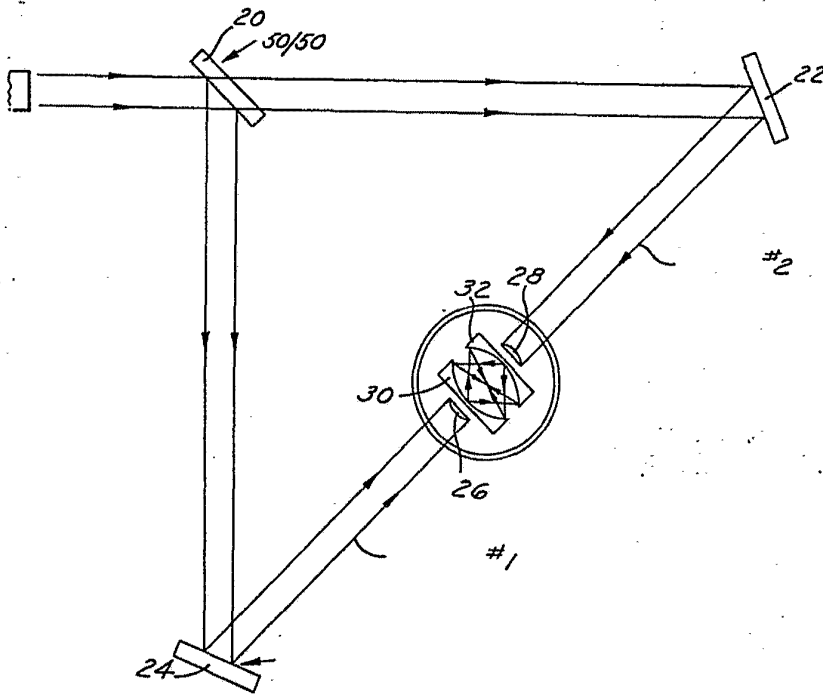
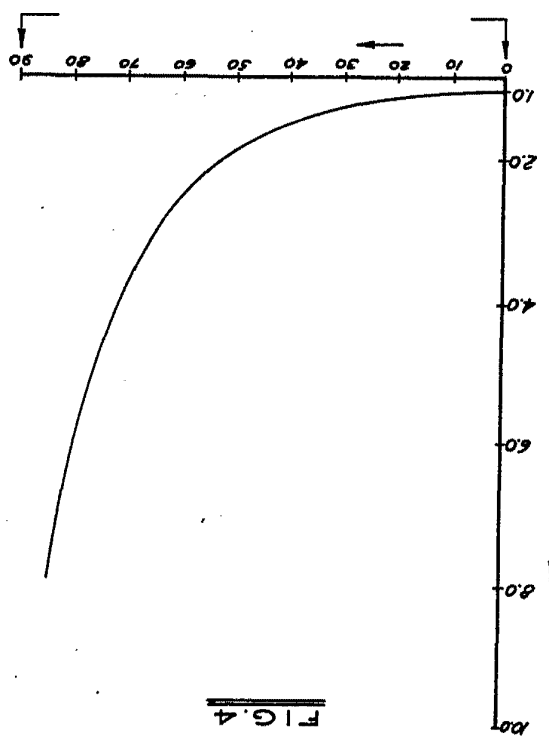
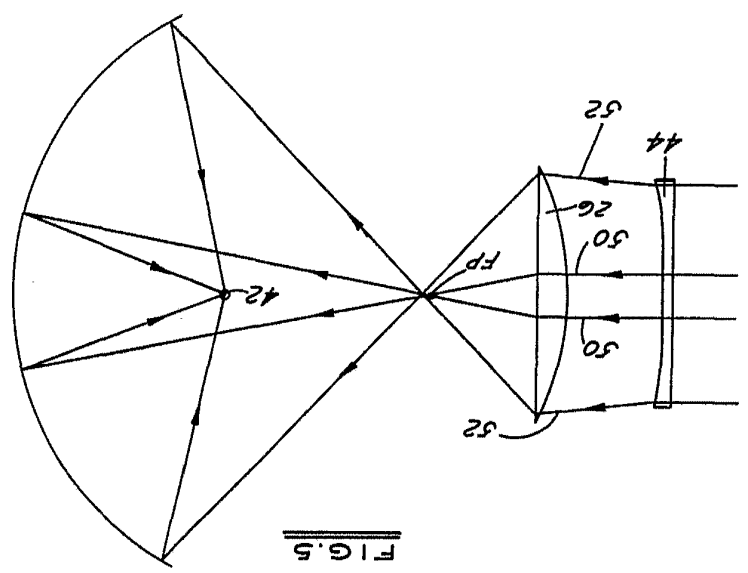


FIG. 3



Fernando de Elizaburu
 Per Podar

FORNBERG & CO. ENGINEERS
Per Focals
Wm



57495