

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 828 673**

51 Int. Cl.:

H01J 3/14 (2006.01)
G02B 5/04 (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01)
G02B 17/00 (2006.01)
F03G 7/00 (2006.01)
G01J 1/56 (2006.01)
F03G 6/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2007 E 18182986 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3410460**

54 Título: **Método y aparato para comunicar la presión de radiación proporcionada por una onda de luz**

30 Prioridad:

26.07.2006 US 83333606 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.05.2021

73 Titular/es:

**SPACEDESIGN CORPORATION (100.0%)
P.O. Box 1045
Houston, TX 77251-1045, US**

72 Inventor/es:

CLAY, JOSEPH M.

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 828 673 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

Método y aparato para comunicar la presión de radiación proporcionada por una onda de luz

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere, en general, a un método y un aparato para aprovechar la energía presente en una onda electromagnética de luz. En particular, la presente invención se refiere al uso de la presión de radiación en la onda de luz. La invención también se refiere a un método y un aparato para comunicar o manipular de algún otro modo la onda de luz y/o para comunicar la presión de radiación proporcionada por la onda de luz.

El documento US 2004/256539 da a conocer un método para producir una salida de potencia a partir de un rayo de luz, comprendiendo el método: proporcionar un prisma primario que tiene una entrada de rayo de luz, comprendiendo el prisma primario un cuarzo cristalino pulido que tiene un índice de refracción determinado, comprendiendo el prisma primario múltiples superficies de reflexión interna total que incluyen una cara principal; producir un rayo de luz procesado dirigiendo un rayo de luz inicial a lo largo de una trayectoria de luz inicial y hacia una faceta determinada de un dispositivo de expansión/contracción de luz, que está comunicado con el prisma primario, expandiendo dicho dispositivo de expansión/contracción de luz los rayos de luz que penetran en el dispositivo de expansión/contracción de luz desde una dirección determinada, produciendo un rayo de luz saliente; reflejar el rayo de luz saliente desde una superficie de reflexión interna total del prisma primario hacia la siguiente superficie de reflexión interna total del prisma primario hasta que el rayo de luz saliente vuelva a penetrar en el dispositivo de expansión/contracción de luz desde la misma dirección que el rayo de luz inicial, pero en una faceta diferente, rotando así repetidamente el rayo de luz saliente dentro del prisma primario y produciendo el rayo de luz procesado; operar selectivamente un conmutador óptico configurado para controlar la comunicación del rayo de luz procesado entre el prisma primario y una cámara de contención, comprendiendo la cámara de contención una trayectoria de luz reflectante predeterminada, y comprendiendo el conmutador óptico un conmutador lineal; contener y propagar repetidamente el rayo de luz procesado a lo largo de la trayectoria de luz predeterminada en la cámara de contención, produciendo un rayo de luz procesado propagado, comprendiendo la trayectoria de luz predeterminada uno o más elementos reflectantes móviles; comunicar la potencia de salida del rayo de luz procesado propagado a un sistema de energía que está comunicado con uno o más prismas reflectantes en movimiento, en donde los rayos de luz procesados impactan repetidamente sobre uno o más prismas reflectantes en movimiento.

Breve resumen de la invención

Un aspecto de la presente invención proporciona un método para producir una salida de potencia a partir de un rayo de luz, comprendiendo el método: proporcionar un prisma primario que tiene una entrada de rayo de luz, comprendiendo el prisma primario un cuarzo cristalino pulido que tiene un índice de refracción determinado, comprendiendo el prisma primario múltiples superficies de reflexión interna total que incluyen una cara principal; producir un rayo de luz procesado dirigiendo un rayo de luz inicial a lo largo de una trayectoria de luz inicial y hacia una faceta determinada de un dispositivo de expansión/contracción de luz, que está comunicado con el prisma primario, expandiendo dicho dispositivo de expansión/contracción de luz los rayos de luz que penetran en el dispositivo de expansión/contracción de luz desde una dirección determinada, produciendo un rayo de luz saliente; reflejar el rayo de luz saliente desde una superficie de reflexión interna total del prisma primario hacia la siguiente superficie de reflexión interna total del prisma primario hasta que el rayo de luz saliente vuelva a penetrar en el dispositivo de expansión/contracción de luz desde la misma dirección que el rayo de luz inicial, pero en una faceta diferente, rotando así repetidamente el rayo de luz saliente dentro del prisma primario y produciendo el rayo de luz procesado; operar selectivamente un conmutador óptico configurado para controlar la comunicación del rayo de luz procesado entre el prisma primario y una cámara de contención, comprendiendo la cámara de contención una trayectoria de luz reflectante predeterminada, y comprendiendo el conmutador óptico un conmutador lineal; contener y propagar repetidamente el rayo de luz procesado a lo largo de la trayectoria de luz predeterminada en la cámara de contención, produciendo un rayo de luz procesado propagado, comprendiendo la trayectoria de luz predeterminada uno o más elementos reflectantes móviles y la superficie plana del conmutador lineal; comunicar la potencia de salida del rayo de luz procesado propagado a un sistema de energía que está comunicado con uno o más prismas reflectantes en movimiento, en donde los rayos de luz procesados impactan repetidamente sobre el uno o más prismas reflectantes móviles, caracterizado por que los elementos reflectantes móviles comprenden unos prismas que comprenden una superficie reflectante casi total (NTRS), pasando la trayectoria de luz predeterminada a través de una superficie transparente inicial, definida por al menos una parte de una superficie frontal transparente de la NTRS, hasta una primera superficie reflectante que se extiende con un primer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial, para comunicarse con un segundo ángulo con una o más segundas superficies reflectantes que se extienden con un tercer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial, estando adaptadas la una o más NTRS para la reflexión interna total del rayo de luz, y el conmutador lineal comprende una superficie plana y una serie de prismas lineales, estando el conmutador lineal adaptado para proporcionar el control del límite de compresión entre la cara primaria y la cara plana.

Estas y otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente Descripción Detallada de las realizaciones preferidas y los dibujos, los cuales:

Breve descripción de los dibujos

5 Las FIGS. 1A y 1B son esquemas e ilustraciones simplificados de un aparato, tal como un motor de fotones, para utilizar la presión de radiación asociada con las ondas de luz;
 La FIG. 2 es un esquema simplificado de un conjunto de pistón adecuado para su uso con el aparato de la FIG. 1;
 La FIG. 3 es un esquema simplificado de un motor de fotones alternativo;
 Las FIGS. 4a y 4b son ilustraciones de unos prismas que se pueden usar junto con un motor de fotones;
 La FIG 5 es un esquema simplificado de otro aparato más; y
 10 La FIG. 6a es una vista en planta, simplificada y esquemática, que ilustra un aparato alternativo y un método de funcionamiento del aparato;
 La FIG. 6b es una vista en alzado lateral del aparato de la FIG. 6a;
 Las FIGS. 7A-7H son ilustraciones simplificadas del funcionamiento y la estructura de varios componentes y/o etapas del motor;
 15 La FIG. 8 es una ilustración simplificada de las principales etapas/componentes de un motor y su funcionamiento;
 La FIG. 9 es un diagrama simplificado de un multiplicador de luz;
 La FIG. 10 es una ilustración de un rayo intensificado generado por un multiplicador de luz;
 La FIG. 11 es una ilustración de varios modos o etapas de un conmutador de luz;
 Las FIGS. 12 son gráficos que ilustran las prestaciones de un conmutador de luz;
 20 La FIG. 13A es una vista en planta de un prisma móvil según una realización alternativa;
 La FIG. 13B es una vista transversal de la FIG. 13A;
 La FIG. 14A es un diagrama del prisma móvil que ilustra la interacción entre las superficies del prisma y un rayo de luz;
 La FIG. 14B es una ilustración de un medio participante a través del cual viaja un paquete de energía representativo;
 25 La FIG. 15 es una ilustración de un diagrama continuo del trazado de rayos temporal ejemplar;
 La FIG. 16 es una ilustración de un diagrama plano del trazado de rayos temporal ejemplar;
 La FIG. 17 es una ilustración de una representación ejemplar de los volúmenes de control de una región de medios participantes;
 30 La FIG. 18A es una ilustración de un motor de fotones ejemplar y de unas trayectorias de rayos para el mismo;
 La FIG. 19 es una ilustración de un motor de fotones ejemplar alternativo y de las trayectorias de rayos para el mismo; y las FIGS. 20A-C son ilustraciones simplificadas de un conmutador de luz alternativo para el motor de la FIG. 19.

35 Descripción detallada de la invención

La presente solicitud está relacionada con la Solicitud de Estados Unidos n.º de Serie 10/836.774 y la Solicitud Internacional n.º PCT/US2004/008495. En la Descripción detallada del presente documento se proporciona una parte sustancial de estas divulgaciones, para que sirvan como antecedentes y contextos de los diversos aspectos de la presente invención.
 40

Las FIGS. 1-7 se proporcionan para ilustrar un aparato y/o un método anterior a la presente invención. Las FIGS. 8-20 se presentan para ilustrar un aparato y un método de acuerdo con la presente invención. En estas Figuras adicionales se incorporan diversos aspectos de la invención.
 45

La presente invención se refiere, en general, al uso de la presión de radiación inherente a una onda de luz u obtenible a partir de la misma. La fuente de esta presión de radiación se proporciona mediante una fuente de luz o, más específicamente, propagando ondas electromagnéticas dirigidas desde una fuente de luz hacia el interior del aparato de la invención. La presente invención también se refiere, en general, a métodos y aparatos para comunicar o manipular de algún otro modo tales ondas de luz. El funcionamiento de un motor de fotones de la invención implica el empleo de este aspecto de la invención. Generalmente, las ondas electromagnéticas se dirigen a una cámara de contención a través de al menos un prisma operable que funciona en un modo de conmutación. En una realización preferida, se utiliza un prisma primario y un prisma secundario que operan juntos para proporcionar una válvula de inyección de un conmutador de luz que, o bien refleja la luz que penetra en el primer prisma o bien pasa la luz hacia el interior de la cámara de contención.
 50
 55

El funcionamiento del conmutador de luz (descrito a continuación con respecto a las FIGS. 1-7) se basa en un fenómeno óptico en donde dos medios individuales (es decir, unos prismas) pueden comprimirse a lo largo de una interfaz para que los medios combinados actúen como uno solo. En primer lugar, se introduce luz en el prisma primario con un ángulo predeterminado. Con el conmutador de luz en el modo cerrado o no operativo, la luz se refleja en una cara o pared posterior del prisma primario. Para abrir el conmutador y colocarlo en modo operativo, se comprimen entre sí los prismas primario y secundario, es decir, el primer y segundo medios individuales (o más particularmente, se comprime el prisma secundario contra, o hacia, el prisma primario) a través de la operación de un dispositivo de impulsión externo. Haciéndolo así, el límite entre los dos prismas, es decir, la cara común, queda eliminado y los dos medios funcionan como uno solo. Habitualmente, este límite puede estar formado o proporcionado por un espacio de aire o vacío (en el modo cerrado) que tiene un índice de refracción diferente al del material del prisma. La luz dirigida
 60
 65

hacia un primer prisma, por lo tanto, atraviesa el límite con el segundo prisma, atraviesa el segundo prisma y penetra en una cámara de contención. Resulta adicionalmente ventajoso dirigir la luz hacia el prisma primario con un ángulo predeterminado para que la luz penetre y luego se propague dentro de la cámara de contención con un ángulo que sea normal a un espejo reflectante, montado de forma móvil dentro de la cámara.

5 Con luz contenida en la cámara de contención, el conmutador de luz está cerrado. Así, la onda de luz o la luz en la cámara de contención mantiene la columnata y se propaga continuamente en la misma. Más precisamente, la luz contenida se refleja en un primer espejo reflectante con un ángulo normal, luego incide sobre una cara del prisma secundario con un ángulo de casi 45° u otro ángulo predeterminado, y luego se refleja en un segundo espejo también con un ángulo normal. Estas tres reflexiones forman un ciclo completo que se repite dentro de un marco de tiempo predeterminado y conocido. El marco de tiempo también corresponde preferentemente a la mitad de la frecuencia de funcionamiento del conmutador de luz: entre los modos abierto y cerrado. Durante cada ciclo, la luz pasa cíclicamente por tres superficies reflectantes a gran velocidad de modo que una presión de radiación se transmite a, o a través de, las dos superficies del espejo, convirtiendo o traduciendo de este modo la energía de la onda de luz en trabajo mecánico, es decir, en movimiento del espejo. En las realizaciones preferentes, el espejo está funcionalmente conectado a un pistón y contenido en un conjunto de cilindro (el cilindro preferentemente no absorbe la luz) para funcionar como un motor.

20 Para facilitar la descripción de la invención, se proporcionará primero una breve explicación de ciertos conceptos.

La onda de luz objeto del método de la invención es una onda electromagnética. Las ondas electromagnéticas transportan un momento lineal, lo que permite ejercer una presión mecánica sobre una superficie al iluminarla con una luz. Debe entenderse que esta presión es pequeña para los fotones de luz individuales. Pero con un número suficiente de fotones se puede obtener una presión mecánica significativa.

25 Maxwell (JC) demostró que el impulso resultante p para un rayo de luz paralelo que sea totalmente absorbido es la energía U dividida por la velocidad de la luz c .

$$(1) \quad p = \frac{U}{c}$$

30 Si el rayo de luz se refleja totalmente, la cantidad de movimiento resultante con una incidencia normal de la reflexión es el doble del valor total absorbido.

$$(2) \quad p = \frac{2U}{c}$$

35 Estos ejemplos representan los dos extremos del espectro para la transferencia del momento. En un extremo, el rayo totalmente absorbido muestra el caso totalmente inelástico en el que las partículas se pegan entre sí y la mayor parte de la energía cinética se pierde, normalmente formando otro tipo de energía tal como energía térmica o de deformación. En el otro extremo del espectro, un rayo totalmente reflejado muestra una colisión completamente elástica en la que se conserva la energía cinética.

Haciendo referencia a la FIG. 2, las siguientes secciones proporcionan cálculos sobre la potencia producida por un aparato y un método, es decir un motor, de acuerdo con la invención. Los cálculos se pueden dividir en cuatro secciones: Fuerza (F); Tiempo (T); Trabajo (W); y Potencia (P).

45 Maxwell [2] demostró que el movimiento resultante, p , es el doble de la energía, U , dividido por la velocidad de la luz, c , para un rayo de luz paralelo totalmente reflejado con un ángulo normal a la incidencia.

$$(3) \quad p = \frac{2U}{c}$$

50 Esta presión se puede multiplicar comprimiendo el rayo desde su longitud inicial, l , hasta la longitud comprimida, l_c . El rayo multiplicado tiene una presión de radiación inicial, p_0 , que penetra en la cámara de contención del motor de fotones en el tiempo 0 (cero), que se calcula mediante la ecuación.

$$(4) \quad p_0 = \frac{l_i p}{l_c}$$

El cambio de la presión de radiación puede describirse por la reflectividad (incluyendo la absorción por los medios participantes), el desplazamiento hacia el rojo causado por la superficie reflectante móvil y la transmisión a través del conmutador de luz.

$$(5) \quad p_1 = \rho_m \tau_s p_0 \frac{c-v_1}{c}$$

60 Generalizando las ecuaciones anteriores para un tiempo arbitrario n , la presión de radiación, p_n , para el límite n se

calcula mediante la ecuación.

$$(6) \quad p_n = \rho_m^n \tau_n^n p_0 \left(\left(\frac{c-v_{n-1}}{c} \right)! \right)$$

5 El tiempo en que el rayo incide sobre el espejo es una función del desplazamiento al rojo. Después de cada desplazamiento al rojo, la longitud del rayo aumenta, lo que aumenta el tiempo de incidencia.

$$(7) \quad l_1 = l_0 + v_0 t_0 \Rightarrow t_1 = t_0 \frac{c}{c-v_0}$$

10 Generalizando la ecuación anterior para un tiempo arbitrario n, el tiempo de incidencia se muestra mediante la ecuación.

$$(8) \quad t_n = t_0 \left(\left(\frac{c}{c-v_{n-1}} \right)! \right)$$

15 El aumento de velocidad, Δv_n , de la cabeza del pistón en un tiempo arbitrario n se calcula mediante la ecuación.

$$(9) \quad \Delta v_n = \frac{\rho_n \tau_n p_{n-1} A_m}{m} t_{n-1}$$

La velocidad, v_z , en el tiempo z se calcula sumando v durante el tiempo 0 a z.

20

$$(10) \quad v_z = \sum_{n=1}^z \Delta v_n + v_0 = \sum_{n=1}^z \frac{\rho_n \tau_n p_{n-1} A_m}{m} t_{n-1} + v_0$$

$$(11) \quad v_z = \frac{\rho_m \tau_s A_m}{m} \sum_{n=1}^z p_{n-1} t_{n-1} + v_0$$

25

$$(12) \quad v_z = \frac{\rho_m \tau_s A_m}{m} \sum_{n=1}^z \rho_m^n \tau_s^n p_0 \left(\left(\frac{c-v_{n-1}}{c} \right)! \right) t_0 \left(\left(\frac{c}{c-v_{n-1}} \right)! \right) + v_0$$

$$(13) \quad v_z = \frac{\rho_m \tau_s A_m}{m} p_0 t_0 \sum_{n=1}^z \rho_m^n \tau_s^n + v_0$$

El trabajo, W, generado por el motor de fotones se calcula mediante la ecuación.

30

$$(14) \quad W = \frac{1}{2} m (v_z^2 - v_0^2)$$

$$(15) \quad W = \frac{1}{2} m \left(\left(\frac{\rho_m A_m}{m} p_0 t_0 \sum_{n=1}^z \rho_m^n \tau_s^n + v_0 \right)^2 - v_0^2 \right)$$

35 La suma se puede reescribir utilizando una solución en serie de potencias. El resultado es la forma abreviada de la ecuación de trabajo gobernante.

$$(16) \quad W = \frac{1}{2} m \left(\left(\frac{p_0 A_m t_0}{m} \left(\frac{1 - (\rho_m \tau_s)^z}{1 - \rho_m \tau_s} \right) + v_0 \right)^2 - v_0^2 \right)$$

40 Pasando ahora a las FIGS. 1-7, estas Figuras ilustran varias realizaciones de un aparato de acuerdo con la invención. Concretamente, cada una de las FIGS. 1, 3, 5 y 7 representa un motor de fotones ejemplar de acuerdo con la invención y varios dispositivos para usar con el mismo, también de acuerdo con la invención. Estas figuras también representan dispositivos para comunicar o manipular ondas de luz, de acuerdo con la invención. Uno de estos dispositivos inventivos es un conmutador de luz por compresión de límite. Otro de estos dispositivos es un prisma primario capaz de multiplicar o dividir una onda de luz introducida en el mismo (es decir, antes de la introducción en la cámara de contención) para aumentar su intensidad.

La FIG. 1 es un esquema simplificado de un sistema y/o aparato 100 que manipula o comunica luz u ondas de luz y/o utiliza la presión de radiación para generar trabajo mecánico, todo ello de acuerdo con la invención. En particular, el aparato 100 es un motor de fotones 100 que utiliza la radiación proporcionada por una onda de luz introducida en el aparato o manipulada por el mismo. El motor de fotones 100 de la invención incluye preferentemente un prisma

50

primario 106 para recibir la onda de luz, un prisma secundario 107 asociado funcional y colectivamente con el prisma primario 106, y una cámara de contención 102 (tal como se muestra por líneas discontinuas en la FIG. 1). El prisma primario 106 y el prisma secundario 108 están situados de manera que se apoyen cara a cara (o pared a pared) y para formar una interfaz de límite de compresión 114. Tal como se discutió brevemente con anterioridad, la interfaz 114 puede de hecho incluir entre las dos caras, en un modo, un espacio de aire o vacío que se puede cerrar o comprimir, tal como se analiza adicionalmente con respecto a las FIGS. 1a y 1b.

El motor de fotones 100 ejemplar incluye adicionalmente dos pares sustancialmente idénticos de carcasas o cilindros de pistón 108, conjunto de pistón 110 y espejos reflectantes 112. La cámara de contención 102 está definida por la cara frontal del prisma secundario 107, los cilindros 108 y los espejos 112. Los espejos 112 altamente reflectantes están montados sobre una superficie plana del pistón móvil 110. Los espejos 112 y el pistón 112 se desplazan juntos por dentro de los cilindros 108. Tal como se describirá también a continuación, el conjunto de pistón 110 puede estar conectado mecánicamente a un conjunto de cigüeñal y similares.

Como se desprende de la FIG. 1, el movimiento de los espejos reflectantes 112 y del conjunto de pistón 110 permite que el volumen de la cámara de contención 102 aumente o disminuya, al menos a cada lado del prisma secundario 107. Preferentemente, los espejos 112 se moverán al unísono (como parte de un conjunto mayor de pistón y cigüeñal). Además, el límite de compresión 114 entre el prisma primario 106 y el prisma secundario 107 está controlado por un conmutador de luz, también de acuerdo con la invención. Tal como se mencionó anteriormente, el conmutador de luz puede operarse por medio de un mecanismo impulsor piezoeléctrico 116 que impulsa el cierre del espacio de aire (mediante compresión) para permitir que la luz pase a la cámara de contención 102. El funcionamiento del mecanismo impulsor 116 determina, por lo tanto, los modos de apertura y cierre del conmutador de luz 114 de manera controlada.

El motor de fotones 100 utiliza preferentemente un material de cuarzo para el prisma primario 106 y el prisma secundario 107. Más específicamente, el motor de fotones 100 proporciona un conmutador de luz de límite de compresión que opera sobre dos principios o propiedades fundamentales del cuarzo: el efecto piezoeléctrico y la reflexión interna total (TIR). El efecto piezoeléctrico se produce cuando se coloca el cuarzo en un campo eléctrico. Concretamente, el cuarzo se expande en presencia de un campo eléctrico. La estructura cristalina del cuarzo tiene tres ejes primarios: X, Y y Z. Al colocar un campo eléctrico orientado a lo largo de su eje X, el cuarzo se expandirá o contraerá según la dirección del campo eléctrico. Si el campo eléctrico da como resultado una compresión a lo largo del eje X, entonces el cuarzo se expandirá a lo largo de, o sobre, el eje Y. Al restringir el cuarzo a lo largo del eje Y durante la expansión, se genera tensión en el cuarzo a lo largo del eje Y. Esta generación de tensión y la deformación resultante sobre el eje Y por un campo eléctrico orientado a lo largo del eje X son utilizadas para comprimir las dos piezas de cuarzo (es decir, el prisma primario 106 y el prisma secundario 107).

La FIG. 1a representa un esquema detallado de la interfaz de límite de compresión 114 en el modo cerrado o no operativo. En este modo, la cara posterior 106c del prisma primario 106 está separada de la cara frontal 107c del prisma secundario 107. Según la Ley de Snell y el ángulo de incidencia, el índice de refracción de ambos prismas es suficientemente similar (por ejemplo, preferentemente entre aproximadamente un 5 % y aproximadamente un 20 % el uno del otro) para facilitar la operación del conmutador de luz en el modo abierto. Además, los índices de refracción de ambos prismas son suficientemente diferentes del vacío (o espacio de aire) para facilitar la operación del conmutador de luz en el modo cerrado. Como resultado, se proporciona un espacio de aire 170 entre las dos caras 106c, 107c. En la presente descripción, el límite o interfaz de compresión 114 se usa para hacer referencia al espacio de aire 170 y a las caras 106c, 107c. La FIG. 1a también muestra las coordenadas o ejes X, Y del cuarzo o prisma primario 106. Habitualmente, el espacio de aire 170 tendrá una profundidad aproximada de 2000 nanómetros a 50 nanómetros y, más preferentemente, aproximadamente de 1000 nanómetros a 100 nanómetros, en el modo cerrado o no operativo.

La FIG. 1b ilustra la compresión del límite de compresión 114 tras la operación del mecanismo impulsor piezoeléctrico 116. El resultado es que el espacio de aire 170 se comprime hasta aproximadamente 100 nanómetros a 0 nanómetros, tras la aplicación o excitación del campo eléctrico. Tal como se mencionó anteriormente, la aplicación del campo eléctrico da como resultado una contracción en la dirección del eje X, lo que genera tensión en la dirección Y (como resultado de impedir que el material de cuarzo o la cara 106c se expanda en la dirección Y). Preferentemente, la aplicación del mecanismo impulsor 116 se aplicará tanto al prisma primario 106 como al prisma secundario 107 o, más específicamente, a las caras 106c y 107. Preferentemente, el espacio de aire 170 se comprimirá hasta una profundidad de entre aproximadamente 100 nanómetros y aproximadamente 0 nanómetros, y más preferentemente hasta una profundidad de entre aproximadamente 50 nanómetros y aproximadamente 0 nanómetros.

Las FIGS. 1a y 1b se utilizan también para indicar la comunicación de la onda de luz AA a través del prisma primario 106 y/o del límite de compresión 170, de acuerdo con la invención. En la FIG. 1a, la onda de luz AA impacta sobre la cara posterior 106c con un ángulo de incidencia de aproximadamente 45°. Debido al índice de refracción proporcionado también por el espacio de aire 170, la onda de luz AA se refleja debido a la TIR en una dirección que está generalmente a 90° con respecto a su ángulo de incidencia. En la FIG. 1b, debido a que se ha eliminado sustancialmente el espacio de aire 170 y el material de cuarzo del prisma secundario 107 es sustancialmente similar al del prisma primario 106, las dos caras 106c, 107c funcionan como un solo medio. Es decir, se elimina el efecto de un índice de refracción diferente (proporcionado por el espacio de aire 170). Por consiguiente, la onda de luz AA pasa

sin interrupción a través de la cara 106c y a través de la cara 107c del prisma secundario 107.

La ley de Snell describe el efecto cuando la radiación o las ondas electromagnéticas pasan de un medio a otro. El ángulo resultante es función del ángulo de incidencia en el índice de refracción para ambos medios. Si el resultado de la ley de Snell es un número imaginario, la onda electromagnética sufre una reflexión interna total (TIR). El motor de fotones 100 de acuerdo con la invención utiliza este fenómeno para contener ondas de luz dentro del prisma primario (tal como se describe con respecto a una realización adicional).

Acoplado la reflexión interna total y la eliminación del límite de reflexión interna total a través de la compresión piezoeléctrica, se produce un conmutador de luz de acuerdo con la invención. En el modo apagado, sin voltaje aplicado, la luz sufre una reflexión interna total y permanece fuera de la cámara de contención 112. Cuando se aplica el voltaje, se dice que el conmutador de luz está en el modo encendido y se elimina el límite de reflexión interna total. Esto permite que la onda de luz pase a través del límite o interfaz CC de compresión y penetre en la cámara de contención 112. Por consiguiente, como etapa importante del método inventivo, el conmutador de luz se activa y desactiva rápidamente, para capturar o contener la luz.

Preferentemente, el mecanismo impulsor 116 incluye una fuente de alto voltaje y baja intensidad (casi electrostática) que envía la señal al cuarzo o prisma piezoeléctrico 106, 107. Las conexiones mecánicas se proporcionan mediante placas de cobre, por ejemplo, unidas a las caras apropiadas de los prismas primario y secundario 106, 107. El mecanismo impulsor incluye adicionalmente un transistor de efecto de campo para proporcionar la conmutación con un pulso muy rápido (gigahercios). Más preferentemente, el pulso se abre durante un nanosegundo y luego se apaga durante un milisegundo.

La FIG. 2 es un esquema de una realización del conjunto móvil que comprende un pistón 210 y un espejo 212. El conjunto se caracteriza por una masa m (y un área particular) y una reflectividad E . En funcionamiento, la superficie del espejo es irradiada por un flujo de luz π sobre una distancia d por una radiación transmitida a través de un límite de compresión 214 e introducida en el prisma secundario 207. La presión de radiación p genera colectivamente una fuerza mecánica que actúa sobre el espejo 212 y el conjunto de pistón 210.

Pasando ahora a la FIG. 3, se ilustra una realización alternativa de un motor de fotones 300 de acuerdo con la invención. En la variación representada, en la que se utilizan números de referencia similares para referirse a elementos similares, un prisma primario 306 está situado junto a un prisma secundario 307. En particular, una cara posterior 306c del prisma primario 306 está separada de una cara frontal 307c del prisma secundario 307, formando una interfaz de límite de compresión 314 entre el prisma primario 306 y la cámara de contención 302. La interfaz de límite 314 proporciona un elemento conmutador de sección transversal octogonal en la presente realización. En todos los demás aspectos de diseño y funcionamiento, el motor de fotones 300 es sustancialmente similar al representado en la FIG. 1. Al igual que el motor de fotones 100 de la FIG. 1, el motor de fotones 300 incluye un par de cilindros 308, un pistón 310 alojado de forma móvil en los mismo, y un espejo 312 altamente reflectante montado en el pistón 310.

Las FIGS. 4a y 4b ilustran unos prismas 406 de diversas configuraciones geométricas adecuados para usarse como prisma primario en la presente invención. Los prismas 406 están fabricados preferentemente con un material de cuarzo cristalino con un índice de refracción superior a 1,45. En la práctica, es importante prever superficies muy pulidas en las que las ondas de luz se refractarán, pasarán o reflejarán. En los prismas 406 de la FIG. 4, las caras A, B y C están pulidas con este propósito.

La FIG. 5 representa un esquema simplificado de un sistema 501 para convertir energía radiante en una forma diferente de energía o trabajo, de acuerdo con la invención. El sistema 501 utiliza un motor de fotones 500 tal como se describió anteriormente. Adicionalmente, el sistema 501 utiliza un espejo colector primario 541 que tiene una superficie parabólica interior que puede cubrirse o revestirse con una película radiante de luz 3M®. Adicionalmente, el sistema 501 puede incluir o utilizar al menos un espejo colector secundario 540 montado sobre el colector primario 541 y situado para reflejar las ondas de luz que se reflejan en la superficie parabólica interna del colector primario 541. El colector secundario 540 se caracteriza por una superficie más pequeña, pero ventajosamente se puede cubrir o revestir con una película radiante de luz 3M® por la superficie exterior. El sistema puede ser equipado adicionalmente con una guía de luz 545 para comunicar al motor de fotones 500 la luz concentrada procedente del espejo colector secundario 540 y del espejo colector primario 541. Preferentemente, el sistema 501 incluirá un conjunto 544 de columna y base y un controlador de puntería 543 para dirigir el sistema 501 hacia una fuente de radiación.

Las FIGS. 6a y 6b son unos esquemas simplificados que ilustran adicionalmente una variación del motor de fotones de la invención, en particular un motor de fotones 600 de varios cilindros. Estas dos figuras también son ilustrativas del funcionamiento del motor 600 de la invención. La FIG. 6a proporciona una vista frontal del motor 600, que incluye dos cilindros 608, 608' que se mueven alternativamente al unísono. En la vista en alzado lateral de la FIG. 6b, se muestran los cuatro cilindros 608 en un lado del motor de fotones 600. Los cilindros 608 acomodan el recorrido de un conjunto de pistón 610 que está conectado operativamente al conjunto de cigüeñal 611.

Pasando a la FIG. 6a, el motor de fotones 600 incluye un prisma primario 606, de forma octogonal, situado adyacente a un prisma secundario 607 de forma similar, a través de la interfaz 614 de límite de compresión formada al menos

parcialmente por las caras posterior y frontal 606c, 607c, respectivamente. El prisma secundario 607 se comunica con cada uno de los cilindros 608, 608' y por lo tanto con el espejo 612 y el pistón 610 presentes en cada uno de los cilindros 608, 608'. En la vista en alzado lateral de la FIG. 6b, se muestran cuatro prismas primarios 606 y cuatro prismas secundarios 607, estando cada par asociado operativamente con un par o un banco de cilindros 608 y con los conjuntos de pistón 610 y de cigüeñal 611 situados en los mismos.

Pasando a la FIG. 6a, la interfaz de límite de compresión 614 es impulsada operativamente por un mecanismo impulsor piezoeléctrico de prisma 616 para operar la apertura o cierre del conmutador de luz de límite de compresión (CBLs), como se ha descrito anteriormente. En la FIG. 6a, la interfaz indicada por 614a se usa para representar el conmutador de luz en posición cerrada (en líneas discontinuas) mientras que el número de referencia 614b se usa para indicar el conmutador de luz en posición abierta. La FIG. 6a ilustra adicionalmente la fuente de ondas de luz externa 617 del motor de fotones 600. Las ondas de luz 617 se capturan o concentran primero a través del espejo colector 618 y se redirigen como radiación instantánea al prisma primario 606 (véanse las flechas AA). Las ondas de luz AA impactan sobre la cara posterior 606c con un ángulo de incidencia de aproximadamente 45°. Si el conmutador de luz está en la posición cerrada (indicada por línea de trazos y el número de referencia 614a), las ondas de luz AA se reflejan en la interfaz 614a (ver líneas de trazos) y son redirigidas a través de otra cara del prisma 606 (y salen del prisma primario 606).

Cuando la interfaz 614 está en la posición abierta (indicada por una línea continua y el número de referencia 614b), las ondas de luz AA viajan a través de la interfaz 614b y entran en la cámara de contención 602 e impactan sobre la cara posterior 606, tal como se muestra con las flechas AA'. Adicionalmente, los prismas 606 y 608 están configurados de manera que las ondas de luz AA' entren en la cámara de contención 608 y se dirijan directamente al cilindro 608. Así, la onda de luz AA' contacta con la superficie del espejo 612 preferentemente con un ángulo generalmente normal y, como resultado, se consigue un grado de reflectancia relativamente elevado. Como se ilustra, una onda de luz reflejada se refleja generalmente en línea recta hacia la interfaz abierta 614b, que ahora está en posición cerrada, e impacta sobre la interfaz con un ángulo de aproximadamente 45°. Por consiguiente, la onda de luz reflejada AA' se refleja en la interfaz cerrada 614b en la dirección del segundo cilindro 608 de la cámara de contención 602. Como se ha descrito anteriormente, la onda de luz reflejada AA' también impacta sobre el segundo espejo 612 con una orientación generalmente normal y se refleja con una orientación normal (y con un alto grado de reflectancia). Por consiguiente, la onda de luz AA' se refleja a lo largo de la misma trayectoria que recorrió para alcanzar el segundo espejo 612. En un aspecto, una trayectoria de luz predeterminada está definida por las orientaciones de los prismas 606, 607 y el cilindro 608, 608', entre otros componentes. Tal trayectoria de luz predeterminada está representada por las flechas bidireccionales AA' en la FIG. 6.

Tal como se describió también anteriormente, el contacto de la onda de luz AA' sobre la superficie del espejo 612 genera una presión de radiación sobre el mismo. Esta presión de radiación actúa para desplazar el conjunto de espejo 612 y pistón 610 sobre una distancia indicada por "X" en la FIG. 6 (generando de este modo trabajo). Además, este desplazamiento hace que el conjunto de cigüeñal 611 gire, generando así energía mecánica. En otro modo, el mecanismo impulsor 614 puede funcionar en un modo de frecuencia modulada de manera que la apertura y el cierre del conmutador de luz permitan que la luz entre en el prisma secundario 607 en una escala de tiempo relacionada con la frecuencia de la radiación dentro del prisma secundario 607. De esta manera, se refuerza la presión de radiación sobre los conjuntos de pistón 612.

Los esquemas simplificados de la FIG. 7 ilustran otra realización alternativa más del motor de fotones, de acuerdo con la invención, en donde se utilizan números de referencia similares para indicar elementos similares. En particular, la FIG. 7a representa una disposición de un prisma primario 706 y un prisma secundario 707 que utiliza un dispositivo de expansión/contracción de rayo de luz 762 incrustado en el prisma primario 706. Concretamente, el dispositivo de expansión/contracción de rayo de luz 770 sirve para dividir el rayo de luz varias veces y redirigirlo sobre sí mismo, aumentando así la intensidad de la onda de luz que finalmente se introduce en la cámara de contención 702a.

En la realización de la FIG. 7, el prisma primario 706a tiene forma octogonal y, por lo tanto, tiene ocho caras o paredes 708a - 708h (de las cuales solo se muestran algunas). Como en las realizaciones anteriores, el prisma primario 706 está fabricado preferentemente con un material de cuarzo. El prisma primario 706 incluye un saliente 760 que se extiende desde la primera cara 708a, que sirve como una entrada de rayo 760. La entrada de rayo 760 tiene preferentemente una forma circular concentrada. Adicionalmente, otra cara 706c del prisma primario 706 está situada adyacente a, y separada de, una cara frontal 707c del prisma secundario 708 para formar una interfaz de límite de compresión 714. Tal como se mencionó anteriormente, la interfaz 714 proporciona un conmutador de luz de límite de compresión cuando es operada por el mecanismo impulsor adecuado, de acuerdo con la presente invención.

Haciendo referencia a la vista detallada de la FIG. 7b, en otro aspecto más de la invención, el prisma primario 706 está equipado con un dispositivo de expansión/contracción de rayo de luz 762 colocado en el interior del prisma primario 706 e incrustado en el material de cuarzo 706'. Las FIGS. 7c y 7d proporcionan ilustraciones detalladas adicionales del dispositivo de expansión/contracción 762.

Pasando a la FIG. 7d, el dispositivo de expansión/contracción de luz 762 es un bloque de cuarzo facetado incrustado en el material de cuarzo 706'. Físicamente, el dispositivo de expansión/contracción de luz 762 es una sección circular

tallada de un material de cuarzo 706' que tiene unas interfaces de aire concéntricas 786 cortadas en su interior. El bloque de cuarzo facetado 762 está centrado sobre un rayo de luz AA entrante que tiene un diámetro dado. Tal como se muestra en la FIG. 7b, el bloque de cuarzo 762 (es decir, el dispositivo de expansión/contracción de luz 762) proporciona un par de facetas concéntricas a 45° de interfaces cuarzo-aire. La sección sombreada ilustra el material de cuarzo 706' del prisma primario 706 así como el material de cuarzo 706" del bloque de cuarzo 762. Las áreas restantes sin sombreado son interfaces de aire o vacío 782, que están desprovistas de material de cuarzo. Lo que es más importante, estas interfaces de aire 782 tienen propiedades ópticas (es decir, un índice de refracción) diferentes de las del material de cuarzo. La FIG. 7b y la vista en planta de la FIG. 7c también representan un espejo concéntrico 780 que proporciona el cilindro exterior de las interfaces concéntricas. Como se explicará a continuación, el espejo 780 sirve para reflejar el cilindro de luz concéntrico de mayor diámetro exterior durante el funcionamiento, invirtiendo de este modo la trayectoria de la luz e iniciando el proceso de contracción de la luz.

El esquema de la FIG. 7d proporciona una ilustración de cómo el dispositivo de expansión/contracción de luz 762 de la invención comunica o manipula un rayo de luz AA que viaja a través del prisma primario 706. En un primer modo de comunicación, el rayo de luz AA_E se refleja en la interfaz de cuarzo-aire 784 a 45°. Cada rayo incidente experimenta dos reflexiones a 90° en dirección hacia el exterior, convirtiendo así el diámetro del rayo en un diámetro mayor (expansión). En el modo inverso, el rayo de luz AA_C incide nuevamente sobre la interfaz cuarzo-aire 784 y experimenta nuevamente dos reflexiones a 90° que convierten el diámetro en un diámetro más pequeño (contracción).

El dispositivo de expansión/contracción de luz 762 proporciona, por lo tanto, tres operaciones: expansión de luz, reflexión de luz y contracción de luz. La reflexión de luz (AA_L) se produce una vez que el rayo de luz AA se ha expandido al cilindro concéntrico mayor. Esto ocurre por reflexión en el espejo 780, que invierte la dirección de la luz AA_L. Una vez que el rayo de luz se ha expandido y contraído por completo, se activa el conmutador de luz (interfaz de límite de compresión 714), lo que permite que la cámara de contención 702 se llene en dos direcciones, tal como se muestra en la FIG. 7g. La FIG. 7h ilustra el patrón del rayo resultante que actúa sobre el espejo 710 y el conjunto de pistón 712, después de que el flujo del rayo se haya multiplicado en el prisma primario 706. Una vez inyectada toda la luz en la cámara de contención 702, el conmutador de luz vuelve a la posición cerrada, por lo que el rayo resultante queda contenido en la cámara de contención 702. La multiplicación del flujo del rayo de luz por el prisma primario 706 da como resultado, por lo tanto, una salida de potencia más alta.

Las FIGS. 7e y 7f ilustran el funcionamiento general del prisma primario 706, mientras el conmutador de luz de límite de compresión está en modo cerrado o apagado. El rayo de luz AA recogido se introduce en el prisma primario 706 con un ángulo generalmente normal a través de la entrada de rayo 760. Preferentemente, la entrada de rayo 760 está ubicada de tal manera que el rayo de luz AA introducido en el prisma primario 706 se dirija hacia la cara posterior 706c y la interfaz de límite de compresión 714. Inicialmente, el conmutador de luz está en la etapa cerrada o reflectante. Así, el rayo de luz AA se refleja con un ángulo generalmente normal hacia otra cara 706e del prisma principal 706. El ángulo de incidencia de este rayo de luz reflejada AA es tal que el rayo de luz AA también se reflejará en la cara 706e del prisma (y posteriormente en la cara 706g) con un ángulo generalmente normal. Por consiguiente, tal como se ilustra en la FIG. 7e, el rayo de luz AA gira inicialmente alrededor del prisma primario 706 debido a la reflexión interna total.

Preferentemente, el rayo AA recogido entra en el prisma primario 706 y experimenta tres reflexiones de luz antes de entrar en el dispositivo de expansión/contracción de rayo 762. La dirección con la que el rayo de luz AA entra en el dispositivo de expansión/contracción 762 determina si el rayo AA se expande o se contrae. En la FIG. 7e, el rayo de luz AA se muestra girando dentro del prisma primario 706 en el sentido de las agujas del reloj. En esta dirección, la entrada del rayo de luz en el dispositivo de expansión/contracción de rayo 762 da como resultado la expansión del rayo de luz AA. Por el contrario, el rayo de luz AA puede dirigirse dentro del prisma primario en dirección contraria a las agujas del reloj. Tal como se ilustra en la FIG. 7f, el rayo de luz AA entra en el dispositivo de expansión/contracción 762 de tal manera que el rayo de luz resultante se contraiga. Con cada rotación e introducción en el dispositivo de expansión/contracción de rayo, el rayo de luz AA resultante se expande o contrae al siguiente nivel de cilindros concéntricos. Sin embargo, la expansión está limitada por el espejo reflejado 780 en el nivel mayor de cilindros concéntricos. En este punto, la dirección del rayo de luz AA se invierte, reiniciando así el proceso de contracción.

Las FIGS. 8-20 sirven para ilustrar características inventivas adicionales y/o mejoras del aparato y/o métodos para utilizar radiación y/o comunicar una onda de luz y presión de radiación, como se ha descrito previamente. Con fines de ilustración y conveniencia, las Figuras y la invención se describirán principalmente en el contexto de un motor de fotones (tal como el descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1-7). Sin embargo, la invención no debería limitarse a una construcción y aplicación específicas y ejemplares de los diversos conceptos inventivos. Se pretende, y resultará evidente para los expertos en la materia, que estos diversos conceptos puedan emplearse en otras construcciones y con otras aplicaciones. Estas otras construcciones y otras aplicaciones están contempladas por la invención.

Por ejemplo, se contempla que diversos aspectos del aparato y de los métodos de la invención puedan emplearse estrictamente en operaciones de comunicaciones, incluyendo la conmutación, y en aplicaciones relacionadas con la óptica. En aplicaciones específicas, la intensificación de la luz, la generación eléctrica y/o el uso de superficies reflectantes móviles pueden no ser relevantes. Por ejemplo, estos aspectos pueden no usarse en una operación

estrictamente de conmutación y/o control. Cabe señalar que tales aplicaciones adicionales implican, sin embargo, el uso de la presión de radiación de una onda de luz y/o la comunicación de una onda de luz (o presión de radiación), de acuerdo con la presente invención.

5 La FIG. 8 es una ilustración simplificada de un motor 800 para convertir la presión de radiación transportada por uno o más rayos de luz en trabajo mecánico (el "motor de fotones"), de acuerdo con una realización preferida de la invención. En esta realización preferida, el motor de fotones 800 emplea una nueva técnica de control térmico que implica desplazar al rojo un rayo de luz para reducir el calor residual. Este modo preferido emplea adicionalmente una superficie reflectante casi total (NTRS) para el espejo móvil y múltiples actuadores piezoeléctricos resonantes asociados de forma móvil con el espejo y colocados en serie. En esta realización, la una o más superficies reflectantes y el espejo móvil se proporcionan en un prisma móvil. En un modo preferido, el trabajo mecánico se transfiere a través de las NTRS al prisma móvil y los actuadores piezoeléctricos comprimibles, antes de su conversión en salida eléctrica. El funcionamiento del motor de fotones preferentemente implica otros subprocesos clave, que incluyen la recogida de rayos de luz, la multiplicación de rayos de luz y la contención de rayos de luz, los cuales se han descrito en el presente documento en su mayor parte.

Los principios que respaldan el funcionamiento de ciertos componentes o procesos del motor inventivo pueden explicarse por lo siguiente: una ecuación de trabajo gobernante; unas ecuaciones de Fresnel aplicadas a la conmutación de luz; una ecuación de extinción simplista para cuantificar la luz a medida que se mueve a través de una región de medios participantes; y la Ley de Snell para describir la reflexión interna total. La ecuación de trabajo gobernante proporciona una única ecuación para calcular la producción de trabajo de un motor de fotones. Las ecuaciones de Fresnel muestran la conmutación de luz utilizando un túnel de ondas evanescentes más allá del ángulo crítico y pueden aplicarse al diseño del mecanismo de conmutación requerido para contener la luz. Los medios participantes proporcionan una medida de la absorción de luz dentro del cuarzo. Múltiples componentes del motor de fotones dependen del transporte de energía a través del cuarzo. La ley de Snell describe la refracción de la luz y también que cuando el ángulo de refracción resultante resulta imaginario esa luz sufre una reflexión interna total (TIR).

El trabajo mecánico, W , generado por el motor puede describirse mediante la ecuación de trabajo de un sistema de pistón-masa [1] que relaciona la transferencia del momento, o presión de radiación, entre el rayo de luz y la superficie de un espejo móvil. La siguiente ecuación incluye una velocidad inicial de los espejos móviles y muestra que el alargamiento del rayo de luz cancela el desplazamiento al rojo del rayo de luz.

$$W = \frac{1}{2} m \left(\left(\frac{p_0 A_m t_0}{m} \left(\frac{1 - (\rho_m \tau_s)^z}{1 - \rho_m \tau_s} \right) + v_0 \right)^2 - v_0^2 \right) \quad (1)$$

35 donde

p_0 es la presión de radiación inicial,
 A_m es el área de cada espejo,
 t_0 es el tiempo de duración del impacto inicial del rayo,
 40 m es la masa del conjunto de espejo/pistón,
 ρ_m es la reflectancia efectiva de los espejos,
 τ_s es la transmisión efectiva del conmutador de luz,
 z es el número de rebotes permitidos durante la transferencia del momento, y
 v_0 es la velocidad inicial de los espejos.

45 La eficiencia del motor se calcula dividiendo el trabajo, que se muestra en la ecuación (1), por la energía total contenida en el rayo de luz inicial.

El motor de fotones 800 puede describirse como que tiene cuatro componentes/fases principales: colector/recogida de luz 810; multiplicador de luz o intensificador/intensificación 820; convertidor/conversión de luz 830; y generador/generación de electricidad 840. El diagrama simplificado de la FIG. 8 representa los cuatro componentes principales e ilustra el recorrido ejemplar de una onda de luz AA a través de los mismos, a lo largo de una trayectoria predeterminada.

55 El colector de luz 810 genera, a partir de una gran área o distribución de la luz recogida, un rayo AA más pequeño y concentrado. En esta fase de captación de luz, la fuente de luz es preferentemente una entrada solar que es captada por un gran colector parabólico. El rayo se enfoca sobre un espejo parabólico inverso, en donde la luz AA recogida se vuelve a colimar en un rayo concentrado. Este rayo concentrado se dirige luego al multiplicador de luz 820. El multiplicador de luz 820 manipula el rayo AA para generar un rayo multiplicado o intensificado. Durante esta fase de intensificación, el rayo recogido se introduce continuamente desde el colector. En otro aspecto, el multiplicador de luz 820 también permite la sincronización de la fase de recogida de luz con la fase de conversión de luz. El resultado es un procesamiento de luz continuo y el funcionamiento del motor.

65 La FIG. 8 representa una entrada que tiene una lengüeta extendida hacia el multiplicador de luz 820. El rayo incidente se dirige intencionadamente de forma normal a la lengüeta extendida, evitando así el ángulo de Brewster que causaría

reflexiones [4]. Por lo tanto, la máquina está diseñada para que todos los rayos incidentes impacten sobre el cuarzo a lo largo de las superficies normales. Esto también evita la dispersión, o la refracción dependiente de la longitud de onda, que de otro modo podría hacer que la luz se dispersara según la longitud de onda (efecto arco iris). La luz que incide a lo largo de una superficie normal provocará una reflexión especular. Dentro de la cámara de contención, esto es aceptable porque la luz todavía se refleja.

Durante la fase de intensificación de la luz, el rayo de luz AA recogido se envuelve alrededor de sí mismo, de modo que el rayo AA, visto desde el borde, aparece como un conjunto de círculos concéntricos crecientes, como se muestra en la FIG. 10. Este proceso toma un rayo delgado, con una energía relativamente baja, y aumenta la energía del rayo al ensanchar el rayo con cada círculo concéntrico. La trayectoria de luz AA continúa haciendo revoluciones alrededor del interior del multiplicador 820, y con cada revolución hacia adelante impacta sobre el expansor y se expande hasta el siguiente círculo concéntrico de mayor diámetro. Cuando el rayo alcanza el círculo concéntrico exterior, la luz AA incide sobre una superficie de espejo y se refleja en la dirección inversa. La luz AA regresa luego por la misma trayectoria dentro del multiplicador de luz 820, excepto que en dirección inversa y con rotación opuesta. Cuando la luz AA incide sobre el elemento de contracción de luz, el diámetro del rayo se reduce con cada revolución inversa. El multiplicador de luz 820 produce el rayo más potente cuando el rayo inverso regresa envolviéndose alrededor del multiplicador hasta el diámetro del rayo inicial (círculo sólido). En este punto, el rayo de luz AA recogido se ha convertido en un rayo de luz AA multiplicado (intensificado) que impacta sobre el conmutador de luz en ambas direcciones.

La fase de conversión de luz se inicia accionando el conmutador de luz para cambiar de un modo totalmente reflectante (cerrado) a un modo totalmente transparente (abierto). Como resultado, el rayo multiplicado se inyecta a la cámara de contención 830 desde el multiplicador de luz 820. Cuando el multiplicador de luz se vacía por completo del rayo de luz objetivo, el conmutador de luz vuelve a su modo totalmente reflectante (cerrado).

La contención de la luz requiere un mecanismo para cambiar rápidamente de la reflexión total a la transmisión total. Una realización de este conmutador de luz se denomina en el presente documento conmutador de luz de límite de compresión (CBL). El conmutador emplea dos prismas de cuarzo 1101, como se muestra en la FIG. 11. Los prismas de cuarzo 1101 están espaciados de modo que exista una pequeña distancia, d , entre los dos prismas 1101. Inicialmente, la distancia será significativamente grande, d_r , para producir una reflexión interna total, véase la FIG. 11A. Cuando se ponen los dos prismas muy próximos entre sí, de modo que exista sólo una distancia muy pequeña, d_t , la luz se transmite por completo, véase la FIG. 11C. Mientras tanto, y mientras las superficies se están juntando, la luz detecta la otra superficie y la luz se transmitirá y se reflejará a la vez, véase la FIG. 11B. La cantidad de transmisión puede resolverse como un problema de límites múltiples utilizando las ecuaciones de Fresnel [2].

Cuando el espacio entre dos prismas de cuarzo 1101 es suficientemente estrecho, una onda evanescente estimula la segunda superficie para que se transmita la luz. La cantidad de transmisión es función del ángulo de incidencia, el índice de refracción de la separación, el índice de refracción del prisma de cuarzo, la longitud de onda de la luz y la polarización de la luz.

La transmisión total para la polarización p se muestra en la ecuación (2).

$$T_p^{tot} = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} \frac{|t_p^{i \rightarrow m}|^2 |t_p^{m \rightarrow t}|^2}{|e^{-ik_m d \cos \theta_m} r_p^{m \rightarrow i} r_p^{i \rightarrow m} e^{-ik_m d \cos \theta_m}|^2} \quad (2)$$

La transmisión total para la polarización s se muestra en la ecuación (3).

$$T_s^{tot} = \frac{n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i} \frac{|t_s^{i \rightarrow m}|^2 |t_s^{m \rightarrow t}|^2}{|e^{-ik_m d \cos \theta_m} r_s^{m \rightarrow i} r_s^{i \rightarrow m} e^{-ik_m d \cos \theta_m}|^2} \quad (3)$$

Los coeficientes de Fresnel t_p , t_s , r_p y r_s son consecuencias directas de las ecuaciones de Maxwell. Los coeficientes para la polarización p se muestran en las ecuaciones (4.1-4.4).

$$t_p^{i \rightarrow m} = \frac{2 \cos \theta_i \sin \theta_m}{\cos \theta_m \sin \theta_m + \cos \theta_i \sin \theta_i} \quad (4,1)$$

$$t_p^{m \rightarrow t} = \frac{2 \cos \theta_m \sin \theta_t}{\cos \theta_t \sin \theta_t + \cos \theta_m \sin \theta_m} \quad (4,2)$$

$$r_p^{m \rightarrow i} = \frac{\cos \theta_m \sin \theta_m - \cos \theta_i \sin \theta_i}{\cos \theta_m \sin \theta_m + \cos \theta_i \sin \theta_i} \quad (4,3)$$

$$r_p^{m \rightarrow t} = \frac{\cos \theta_t \sin \theta_t - \cos \theta_m \sin \theta_m}{\cos \theta_t \sin \theta_t + \cos \theta_m \sin \theta_m} \quad (4,4)$$

Los coeficientes para la polarización s se muestran en las ecuaciones (5.1-5.4).

$$t_s^{i \rightarrow m} = \frac{2 \cos \theta_m \sin \theta_i}{\cos \theta_i \sin \theta_m + \cos \theta_m \sin \theta_i} \quad (5,1)$$

$$t_s^{m \rightarrow t} = \frac{2 \cos \theta_m \sin \theta_i}{\cos \theta_i \sin \theta_m + \cos \theta_m \sin \theta_i} \quad (5,2)$$

$$r_s^{m \rightarrow i} = \frac{\cos \theta_i \sin \theta_m - \cos \theta_m \sin \theta_i}{\cos \theta_m \sin \theta_i + \cos \theta_m \sin \theta_i} \quad (5,3)$$

$$r_s^{m \rightarrow t} = \frac{\cos \theta_m \sin \theta_t - \cos \theta_t \sin \theta_m}{\cos \theta_m \sin \theta_t + \cos \theta_t \sin \theta_m} \quad (5,4)$$

10 La transmisión total con polarización p se resuelve en función de la distancia de separación y la longitud de onda en la ecuación (6) y los resultados se representan en la FIG. 12A.

$$T_p^{tot} = \frac{3,686}{e^{4,443 \frac{d}{\lambda}} + e^{4,443 \frac{d}{\lambda}} + 1,686} \quad (6)$$

15 La transmisión total con polarización s se resuelve en función de la distancia de separación y la longitud de onda en la ecuación (7) y los resultados se representan en la FIG. 12B.

$$T_s^{tot} = \frac{1,437}{e^{4,443 \frac{d}{\lambda}} + e^{4,443 \frac{d}{\lambda}} + 0,5604} \quad (7)$$

20 Los estados de transmisión total y reflexión total se producen en $d_t = 0$ nm y $d_r > 1000$ nm, respectivamente, para el espectro visible de luz (400 nm - 700 nm). Esto proporciona un criterio de funcionamiento mínimo para un CBL5 e indica que el estado de transmisión total, sin superficies perfectamente planas, requiere que los prismas de cuarzo se compriman y se junten.

25 En la fase de conversión de luz, la cámara de contención de luz recibe y contiene el rayo de luz intensificado y facilita el aprovechamiento de la presión de radiación proporcionada por el rayo de luz. El rayo contenido multiplicado se dirige sobre dos superficies de reflexión casi total (NTRS). La cámara de contención sirve para efectuar en las NTRS reflexiones continuas del rayo de luz contenido, hasta que se agote la energía que posee el rayo de luz.

30 En esta realización, el espejo móvil y la una o más superficies reflectantes son proporcionados por un prisma de cuarzo móvil 1310. La FIG. 13A proporciona una vista en planta del prisma 1310 que representa una cara o superficie frontal transparente 1310a y dos caras o superficies reflectantes anguladas 13b, 13c colocadas dentro del cuerpo del prisma 1310d. La vista transversal de la FIG. 13B revela, con mayor detalle, las posiciones relativas de las superficies reflectantes 1310b, 1310c y la forma angular en V que forman estas superficies 1310a, 310b. Tal como se muestra en la vista en planta de la FIG. 13A, los bordes circulares superior e inferior de las superficies reflectantes 1310b, 1310c definen una serie de círculos concéntricos bajo la superficie frontal 310a del prisma 1310. La vista de la FIG. 13B también indica la trayectoria dirigida y predeterminada de un rayo de luz AA hacia la superficie reflectante inicial 1310b, desde la superficie reflectante inicial 1310b hasta la superficie reflectante de retorno 1310c, y desde la superficie reflectante de retorno 1310c a través de la superficie frontal y en la dirección de alejarse del prisma 1310. Tal como se describirá con más detalle a continuación, las caras 1310a, 1310b y 1310c están situadas relativamente de manera que el rayo de luz AA impacte o atraviese la cara frontal 1310a aproximadamente a 90 grados, cada una de las caras posteriores 1310b, 1310c a unos 45 grados y, de nuevo, la cara frontal a unos 90 grados. Como resultado, el rayo de luz AA pasa a través de la cara frontal transparente 1310a y se refleja en cada una de las dos caras posteriores 1310b, 1310c según se desee. En este sentido, el prisma 1310, incluyendo sus superficies o caras 1310a, 310b, 1310c, es conocido como una superficie reflectante casi total (NTRS). Tal como se explica adicionalmente a continuación, el funcionamiento del prisma móvil 1310 y las NTRS, junto con una serie de actuadores piezoeléctricos asociados operativamente con los mismos, proporciona una ventajosa técnica de control térmico.

50 Una superficie reflectante casi total (NTRS), tal como se emplea en el presente documento, utiliza la reflexión interna total para eliminar las pérdidas por reflexiones repetidas, aunque los medios participantes provoquen absorción de energía y el desplazamiento al rojo provoque disipación de energía. La NTRS proporciona, por lo tanto, una superficie de espejo eficaz que supera significativamente a los espejos disponibles comercialmente.

55 Para explicar los principios que permiten estas mayores prestaciones, se hace referencia ahora a la FIG. 14. La FIG. 14 proporciona una ilustración del recorrido del rayo de luz AA en la NTRS, representado por un paquete de energía. Un paquete de energía inicial, $dQ_{INICIAL}$, incide sobre una superficie con una velocidad, v, y se aleja directamente. El vector de velocidad está directamente alineado con el vector de dirección de este paquete de energía inicial. La energía incidente resultante, $dQ_{INCIDENTE}$, se reduce por desplazamiento al rojo, una función de la velocidad de la luz, c, según la ecuación (8).

$$dQ_{INCIDENTE} = dQ_{INICIAL} \left(\frac{c-v}{v} \right) \quad (8)$$

La ley de Snell [4] describe la refracción de la luz de modo que cuando el ángulo de refracción resultante se haga imaginario, la luz sufre una reflexión interna total. La energía reflejada, $dQ_{REFLEJADA}$, es igual a la energía incidente según la ecuación (9)

$$dQ_{REFLEJADA} = dQ_{INCIDENTE} \quad (9)$$

Dado que la energía reflejada contacta con el otro lado del prisma en ángulo recto con el vector de velocidad, no hay desplazamiento hacia el rojo, por lo que dQ_{FINAL} es igual a la energía reflejada según la ecuación (10)

$$dQ_{REFLEJADA} = dQ_{FINAL} \quad (10)$$

Aunque la energía incidente es menor a mayor velocidad, la fuerza resultante es casi la misma. El trabajo producido por dos fuerzas iguales, una contra una velocidad superficial más baja y la otra contra una velocidad superficial más alta no es la misma. La velocidad superficial más alta tendrá una producción de trabajo más alta, tal como se muestra en la Ec. (1), porque la velocidad final (primer término cuadrado) viene referenciada por la velocidad inicial (segundo término cuadrado). Si el desplazamiento hacia el rojo se acerca a la reflectividad del espejo, moviendo la superficie del espejo lo suficientemente rápido, la energía contenida se disipará por el desplazamiento hacia el rojo, reduciendo así el calor residual. Unos actuadores piezoeléctricos apilados en resonancia proporcionan un mecanismo para convertir eficientemente el trabajo mecánico en electricidad y obtener una alta velocidad de la NTRS para el desplazamiento al rojo [5]. Además de efectuar la conversión de la presión de radiación en trabajo mecánico, la combinación de la NTRS y los actuadores, tal como se enseña en el presente documento, sirve como solución técnica al problema técnico potencial del control térmico.

Los medios participantes efectúan el intercambio de radiación a través de un volumen. Los medios (o el medio) a través de los cuales viaja la radiación pueden causar atenuación. Para materiales simples, tales como un gas en equilibrio radiativo, se puede ignorar la dependencia de la longitud de onda. Esto también es posible para sólidos tales como el cuarzo. Esta simplificación permite el uso de un coeficiente de absorción simple [3].

El paquete de energía inicial, $dQ_{INICIAL}$, entra en la región donde puede interactuar o refractarse, tal como se muestra, donde se encuentra con los medios participantes. A medida que el paquete de energía viaja a través de los medios participantes, pierde energía a medida que esta, $dQ_{ABSORBIDA}$, es absorbida por los medios. Cuando el paquete de energía sale de los medios, la energía transmitida, $dQ_{TRANSMITIDA}$, puede interactuar de nuevo o refractarse, tal como se muestra, con los medios participantes.

Se puede escribir un balance de energía para los paquetes de energía según la ecuación (11).

$$dQ_{INICIAL} = dQ_{ABSORBIDA} + dQ_{TRANSMITIDA} \quad (11)$$

La energía transmitida que queda después de la absorción se calcula utilizando el coeficiente de absorción según la ecuación (12)

$$dQ_{TRANSMITIDA} = dQ_{INICIAL} e^{-at} \quad (12)$$

La energía absorbida se puede calcular según la ecuación (13)

$$dQ_{ABSORBIDA} = dQ_{INICIAL} (1 - e^{-at}) \quad (13)$$

La reflectancia efectiva de la NTRS, ρ_{NTRS} , se puede calcular según la ecuación (14)

$$\rho_{NTRS} = \frac{dQ_{FUERA}}{dQ_{DENTRO}} = \rho_{CUARZO} e^{-at} \left(\frac{c-v}{c} \right) \quad (14)$$

Obsérvese que en este caso se supone que la dispersión es insignificante y no se considera la absorción negativa [3]. La reflectancia de la superficie de cuarzo, ρ_{CUARZO} , está incluida en dQ_{FUERA} que contiene la energía reflejada cuando dQ_{DENTRO} penetra en el medio de cuarzo.

La fase de generación eléctrica se produce simultáneamente con la fase de conversión de luz. Los actuadores piezoeléctricos resonantes apilados están conectados directamente a las NTRS. Durante la duración de la fase de conversión de luz, los actuadores se están contrayendo, proporcionando el beneficio de control térmico necesario de desplazar al rojo la luz contenida, al alejarse las caras NTRS del rayo incidente a alta velocidad. La corriente eléctrica adicional de la fuerza aplicada por la luz a través de las NTRS sobre los actuadores piezoeléctricos se recoge después usando un circuito de Puente H (o similar). Cabe señalar que el empleo de actuadores piezoeléctricos como componentes de transmisión de energía es generalmente conocido. Su integración en el presente documento resultará evidente para un experto en la técnica proporcionada por la presente divulgación.

El solicitante proporciona ahora un sistema y método de modelado para el motor. Se proporcionan cinco facultades de trazado de rayos temporales:

- 5 (1) acumulación de fuerza a partir de la presión de radiación ejercida por reflexiones.
- (2) óptica variable para modelar la contención utilizando conmutación de luz,
- (3) recintos para modelar el delta de flujo a partir de la multiplicación y división del rayo,
- (4) pérdida de energía por desplazamiento al rojo,
- (5) absorción de energía dentro de los medios participantes.

10 La primera facultad proporciona un cálculo de la presión de radiación (o fuerza de radiación) que incluye las fuerzas de la energía reflejada, además de la presión de radiación de solo un componente de calentamiento directo a un nodo. La presión de radiación de la energía reflejada es el concepto más fundamental para modelar un motor de fotones operacional mediante el modelado de la transferencia del momento interno de los fotones a un pistón móvil durante múltiples reflexiones.

15 La segunda facultad es la contención de la luz variando en el tiempo las propiedades ópticas. Esta facultad es necesaria para ampliar la simulación de un motor de fotones para incluir la multiplicación de un rayo de luz. Esto se logra modelando una superficie que comienza como altamente reflectante, luego, después de un tiempo finito, cambiando instantáneamente las propiedades ópticas para permitir la transmisión. Después de una subsiguiente cantidad finita de tiempo, la superficie cambia de nuevo instantáneamente a altamente reflectante. A diferencia de la facultad del primer caso, tener propiedades dependientes del tiempo permite la multiplicación de la potencia del rayo tal como se muestra en el tercer caso.

20 La tercera facultad es el cambio de flujo al conmutar entre recintos. Esta facultad calcula el cambio de flujo (o delta de flujo) en una fuente cuando un rayo largo de menor flujo se envuelve sobre sí mismo y luego se divide por medio de un conmutador óptico variable para producir un rayo más corto de mayor flujo. Este proceso comprime eficazmente la longitud del rayo y, dado que la energía total permanece igual, el resultado es un rayo de mayor flujo.

25 Las FIGS. 15 y 16 proporcionan una vista continua del trazado de rayos temporal y una vista plana (es decir, una hoja de tiempo) del trazado de rayos temporal.

30 El delta de flujo, ΔF , se calcula teniendo en cuenta el número de rayos de muestra, n , el número de rayos contenidos, m , y los diferentes tiempos de muestreo, el intervalo de muestra inicial, t_0 a t_1 , y el intervalo del conmutador óptico variable, t_2 a t_3 según la ecuación (15)

$$\Delta F = \frac{m (t_1 - t_0)}{n (t_3 - t_2)} \quad (15)$$

35 El delta de flujo se puede utilizar para determinar el flujo en la cámara de contención, q''_2 , del rayo multiplicado a partir del flujo modelo. 1, q''_1 , según la ecuación (16)

$$q''_2 = \Delta F q''_1 \quad (16)$$

40 La cuarta facultad es la pérdida de energía en la fuerza del rayo debida al desplazamiento al rojo. En una máquina con transferencia del momento a un pistón móvil, el movimiento del pistón alejándose del rayo incidente provocará un desplazamiento al rojo de la energía reflejada. Esto se puede modelar simplemente reduciendo la energía del rayo reflejado en función de la velocidad a la que se mueve la superficie durante la reflexión.

45 La quinta facultad es la pérdida de energía por absorción en los medios participantes. Este fenómeno se produce cuando la luz se transmite a través de un sólido tal como el cuarzo.

50 La trayectoria de la luz dentro de un motor de fotones requiere muchas interacciones con el cuarzo. La interacción dentro del multiplicador de luz dará como resultado que los rayos viajen largas distancias dentro del cuarzo. Cuanto más tiempo viaja un rayo dentro del cuarzo, más energía se pierde por absorción. Esto da como resultado una menor transmisión y un calentamiento de los medios participantes. El funcionamiento más deseable para un motor de fotones es que tenga la menor absorción (mayor transmisión) para que la energía esté disponible para la transferencia del momento.

55 La FIG. 17 ilustra un enfoque de volumen de control para modelar los medios participantes. En lugar de representar la región de los medios participantes como un volumen continuo, la descomposición de la región en volúmenes de control más pequeños permite cuantificar la absorción de forma discreta durante el avance a través de una región. Como se muestra en la Figura 15, un balance de energía en la interfaz entre dos volúmenes de control proporciona el calentamiento interno, $dQ_{n,abs}$, y la energía que penetra en el volumen de control subsiguiente, dQ_{x+} , según las ecuaciones (17.1-17.2)

$$65 \quad dQ_x = dQ_{x+} + dQ_{n,abs} \quad (17,1)$$

$$dQ_{n,abs} = dQ_{x+} (e^{-\alpha(l+t_n)} - e^{-\alpha l}) \quad (17,2)$$

5 Se realizó un análisis combinando cada una de las facultades de trazado de rayos temporales en una única simulación que simula con precisión un motor de trabajo ejemplar. Es preciso tener cuidado para evitar aberraciones al modelar la luz como un rayo. Esta distorsión ocurre cuando la luz se enfoca sobre un punto. El diseño del motor tiene que evitar las aberraciones. También se evita el ángulo de Brewster efectuando siempre una reflexión interna total y haciendo la transición de uno a otro medio a lo largo de superficies normales sin ningún ángulo de incidencia.

10 La FIG. 18 ilustra un motor de fotones 1800 ejemplar, incluyendo el rayo de luz o trayectorias de rayo para el motor 1800. El motor emplea un conmutador 1850 tal como se describió anteriormente (con dos prismas adyacentes 1840, 1842). La FIG. 19 representa un motor alternativo 1900 y las trayectorias de rayo asociadas. El motor 1900 emplea un solo prisma para un conmutador de luz 1950. Mientras que anteriormente un segundo prisma (p.ej., el 1942) proporcionaba una parte de la cámara de contención, en este caso una superficie de conmutador lineal o simplemente un conmutador lineal 1950 proporciona la segunda mitad del conmutador de límite de compresión.

15 El conmutador lineal 1960 reduce efectivamente la distancia que recorre un rayo de luz a través del material de cuarzo del prisma secundario (en comparación con el diseño de la FIG. 18 y los diseños descritos anteriormente). Este diseño alternativo es similar al de la NTRS, ya que utiliza unas secciones cónicas triangulares 1960a. El conmutador 1960 se compone de una serie de prismas triangulares lineales 1960a. La luz entra perpendicularmente a una de las caras y efectúa una reflexión interna total (TIR) cuando el conmutador de luz es reflectante. Cuando el conmutador de luz es transparente, la superficie plana del conmutador lineal está comprimida contra el prisma primario 1940. Este diseño puede extenderse a cualquier prisma del motor para reducir la cantidad de atenuación debida al medio de cuarzo participante.

20 Se utilizó una herramienta de simulación para sintetizar el diseño, aumentando el CBLs para tener un diseño de prisma triangular lineal (conmutador lineal) similar al diseño de la NTRS. Usando una hoja de cálculo, se ha estimado la eficiencia de cada diseño usando el número de reflexiones de cada rayo dentro de la cámara de contención, estimación de ρ_{NTRS} y $T_{CONMUTADOR}$, y el coeficiente de absorción de cuarzo menor, α . Tal como se refleja en la Tabla 1, el uso de un conmutador lineal logra una eficiencia significativamente mayor. Haciéndolo así, se implementa otra solución técnica (conmutador lineal) para resolver un problema o desafío técnico (eficiencia y economía de tamaño y fabricación).

Tabla 1 - Resultados de eficiencia para dos diseños de conmutadores ópticos para Motor de Fotones.

	# de rebotes por rayo, z	ρ_{NTRS}	$T_{CONMUTADOR}$	α -CUARZO (cm ⁻¹)	Eficiencia (%)
Conmutador CBLs estándar	10469	0,99999	0,9999	1 x 10 ⁻⁵	2,07
Conmutador lineal	136534	0,99999	0,99999	1 x 10 ⁻⁵	15,59

35 Debe comprenderse, sin embargo, sin embargo, que pueden realizarse diversas disposiciones y despliegues de los componentes del aparato inventivo de acuerdo con la invención y que variarán según el entorno y las aplicaciones particulares. Sin embargo, en cualquiera de dichas aplicaciones, serán aplicables los diversos aspectos de la invención, como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, varios aspectos del aparato descrito en el presente documento, tales como el diseño de la cámara de contención, los dispositivos ópticos de conmutación y el multiplicador de luz o intensificador de ondas de luz pueden incorporarse a otros dispositivos mecánicos, incluyendo otros motores. Como ejemplo adicional, el conjunto de pistón y cilindro puede reemplazarse por otro sistema de energía, tal como un dispositivo de almacenamiento de energía (por ejemplo, un dispositivo de resorte). Adicionalmente, se pueden emplear en otras aplicaciones diversos aspectos de la invención descrita sin los otros componentes. Por ejemplo, se puede emplear una combinación del conmutador de luz y el espejo NTRS (móvil o no móvil) en una operación de conmutación, comunicación o control (independiente de un motor de fotones, componentes de motor u otros componentes descritos en el presente documento). Otros ejemplos incluyen el empleo del intensificador o multiplicador de luz y/o conmutador de luz en aplicaciones similares de conmutación, comunicación o control.

40 La anterior descripción de la presente invención se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos. Cabe señalar que la descripción no pretende limitar la invención al aparato y al método descritos en el presente documento. Diversos aspectos de la invención, tal como se describió anteriormente, pueden ser aplicables a otros tipos de motores y dispositivos y métodos de trabajo mecánico para comunicar presión de radiación. Cabe señalar también que la invención se materializa en el método descrito, el aparato utilizado en los métodos y los componentes y subsistemas relacionados. Estas variaciones de la invención resultarán evidentes para un experto en óptica, técnica de motores u otra técnica relevante proporcionada con la presente divulgación. En consecuencia, las variaciones y modificaciones acordes con las enseñanzas anteriores y la habilidad y el conocimiento de la técnica relevante están dentro del alcance de la presente invención. Las realizaciones descritas e ilustradas en el presente documento están destinadas además a explicar los mejores modos de poner en práctica la invención y permitir que otros expertos en la técnica utilicen la invención y otras realizaciones y con las diversas modificaciones requeridas por las aplicaciones o usos particulares de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir una salida de potencia a partir de un rayo de luz, comprendiendo el método:

5 proporcionar un prisma primario (1101) que tiene una entrada de rayo de luz, comprendiendo el prisma primario (1101) un cuarzo cristalino pulido que tiene un determinado índice de refracción, comprendiendo el prisma primario (1101) múltiples superficies de reflexión interna total que incluyen una cara primaria;
 10 producir un rayo de luz procesado dirigiendo un rayo de luz inicial a lo largo de la trayectoria de luz inicial y sobre una faceta determinada de un dispositivo de expansión/contracción de luz (820) que se comunica con el prisma primario (1101), expandiendo el dispositivo de expansión/contracción de luz (820) los rayos de luz que penetran en el dispositivo de expansión/contracción de luz desde una dirección determinada, produciendo un rayo de luz saliente;
 15 reflejar el rayo de luz saliente desde una superficie de reflexión interna total del prisma primario (1101) hacia la siguiente superficie de reflexión interna total del prisma primario (1101) hasta que el rayo de luz saliente vuelva a penetrar en el dispositivo de expansión/contracción de luz (820) desde la misma dirección que el rayo de luz inicial pero por una faceta diferente, rotando de este modo repetidamente el rayo de luz saliente dentro del prisma primario (1101) y produciendo el rayo de luz procesado; operar selectivamente un conmutador óptico configurado para controlar la comunicación del rayo de luz procesado entre el prisma primario (1101) y una cámara de contención (830), comprendiendo la cámara de contención (830) una trayectoria de luz reflectante predeterminada, y
 20 comprendiendo el conmutador óptico un conmutador lineal (1960) que comprende una superficie plana, estando adaptado el conmutador lineal para proporcionar el control del límite de compresión entre la cara primaria y la superficie plana;
 25 contener y propagar repetidamente el rayo de luz procesado a lo largo de la trayectoria de luz predeterminada en la cámara de contención, produciendo un rayo de luz procesado propagado, comprendiendo la trayectoria de luz predeterminada uno o más elementos reflectantes móviles y la superficie plana del conmutador lineal (1960);
 30 comunicar la potencia de salida del rayo de luz procesado propagado a un sistema de energía que está comunicado con uno o más prismas reflectantes en movimiento,
 en donde los rayos de luz procesados impactan repetidamente sobre el uno o más prismas reflectantes móviles,
caracterizado por que:

35 el conmutador lineal (1960) comprende adicionalmente una serie de prismas triangulares lineales; y los elementos reflectantes móviles comprenden unos prismas que comprenden una superficie reflectante casi total (NTRS), pasando la trayectoria de luz predeterminada a través de una superficie transparente inicial, definida por al menos una parte de una superficie frontal transparente de la NTRS, hasta una primera superficie reflectante que se extiende con un primer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial, para comunicarse con un segundo ángulo con una o más segundas superficies reflectantes que se extienden con un tercer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial, estando adaptada la una o más NTRS para efectuar una reflexión interna total del rayo de luz.

40 2. El método de la reivindicación 1, en donde:

45 el conmutador lineal (1960) efectúa sustancialmente una reflexión interna total en un modo abierto cuando la superficie plana no está comprimida contra la cara primaria; y, el conmutador lineal (1960) es transparente en un modo cerrado cuando la superficie plana está comprimida contra la cara primaria; y,
 50 operar selectivamente el conmutador óptico comprende cambiar el conmutador óptico entre modos seleccionados del grupo consistente en el modo abierto y el modo cerrado.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde el funcionamiento selectivo del conmutador óptico comprende descomprimir la superficie plana con respecto a la cara primaria del prisma primario (1101).

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la operación selectiva del conmutador óptico divide el rayo de luz procesado en múltiples rayos de luz procesados y/o minimiza la comunicación de los múltiples rayos de luz procesados procedentes de la cámara de contención (830).

55 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:

60 invertir la dirección de la luz, redirigiendo así la luz sobre sí misma y produciendo un rayo de luz completamente procesado; y,
 65 operar selectivamente el conmutador óptico para comunicar el rayo de luz completamente procesado entre el prisma primario (1101) y la cámara de contención (830), produciendo de este modo múltiples rayos de luz completamente procesados;
 contener y propagar repetidamente los múltiples rayos de luz completamente procesados en la cámara de contención (830) a lo largo de la trayectoria de luz reflectante predeterminada, produciendo una salida de potencia;
 comunicar la salida al sistema de energía.

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente mover el uno o más prismas reflectantes a una velocidad suficientemente alta para desplazar al rojo los rayos de luz procesados, en donde opcionalmente el desplazamiento al rojo es efectivo para reducir el calor residual.

5 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de energía es un conjunto de cigüeñal y la cantidad de energía transferida al sistema de energía hace que el conjunto de cigüeñal se mueva alternativamente.

10 8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
convertir la salida de potencia en salida eléctrica; y,
recoger la salida eléctrica, opcionalmente usando un circuito en Puente H.

15 9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el prisma primario (1101) comprende cuarzo.

20 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente mejorar la contención de la luz en la cámara de contención (830) cambiando rápidamente entre comprimir la cara primaria hasta una distancia de 0 nm de la superficie plana y descomprimir rápidamente la cara primaria hasta una distancia superior a 1000 nm de la superficie plana.

25 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:
el uno o más prismas reflectantes tienen una velocidad inicial (v_0); y,
el sistema energético genera una mayor cantidad de trabajo a una mayor velocidad inicial.

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cantidad de energía transferida al sistema energético genera una cantidad de trabajo (W) calculada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$30 \quad W = \frac{1}{2} m \left(\left(\frac{p_0 A_m t_0}{m} \left(\frac{1 - (\rho_m \tau_s)^z}{1 - \rho_m \tau_s} \right) + v_0 \right)^2 - v_0^2 \right) \quad (1)$$

en donde:

35 p_0 es la presión de radiación inicial sobre un prisma reflectante (1101) impactado por los rayos de luz procesados;
 A_m es el área del prisma reflectante (1101) impactada por los rayos de luz procesados;
 t_0 es el tiempo de duración inicial del impacto de los rayos de luz procesados sobre el prisma reflectante (1101);
 m es la masa del prisma reflectante (1101) y el sistema de energía;
40 ρ_m es la reflectancia efectiva de los rayos de luz procesados por el prisma reflectante (1101);
 τ_s es la transmisión efectiva del rayo de luz procesado a través del conmutador óptico;
 z es la serie de impactos repetidos de los rayos de luz procesados contra el prisma reflectante (1101); y,
 v_0 es la velocidad inicial del prisma reflectante impactado por los rayos de luz procesados.

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
45 recoger y concentrar la luz utilizando uno o más espejos de recogida para producir un rayo de luz concentrado;
dirigir el rayo de luz concentrado a lo largo de la trayectoria de luz inicial y a través del dispositivo de expansión/contracción de luz (820), produciendo de este modo un rayo de luz concentrado completamente procesado;
50 operar selectivamente el conmutador óptico que controla la comunicación del rayo de luz concentrado completamente procesado entre el prisma primario (1101) y la cámara de contención (830), dividiendo así el rayo de luz concentrado completamente procesado y produciendo múltiples rayos de luz concentrados completamente procesados;
contener y propagar repetidamente los múltiples rayos de luz concentrados procesados a lo largo de la trayectoria de luz predeterminada en la cámara de contención (830), produciendo una salida de potencia;
55 comunicar la potencia de salida al sistema de energía.

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
60 dirigir los rayos de luz procesados hacia la superficie transparente inicial con un ángulo inicial;
reflejar una primera parte de los rayos de luz procesados desde la superficie transparente inicial para producir una primera reflexión;
hacer pasar una segunda parte de los rayos de luz procesados a través de la superficie transparente inicial, a través de una primera parte del prisma NTRS con un primer ángulo con la primera superficie reflectante,
65 absorbiendo la primera parte del prisma NTRS (1101) una primera cantidad de energía y produciendo un primer remanente de los rayos de luz;

5 efectuar una reflexión interna total del primer remanente de los rayos de luz procesados con un segundo ángulo con respecto a la primera superficie reflectante a través de una segunda parte del prisma NTRS, absorbiendo la segunda parte del prisma NTRS (1101) una segunda cantidad de energía y produciendo un segundo remanente de los rayos de luz procesados; y efectuar una reflexión interna total del segundo remanente de los rayos de luz procesados con un tercer ángulo con respecto a la segunda superficie reflectante y a través de una tercera parte del prisma NTRS, absorbiendo la tercera parte del prisma NTRS una tercera cantidad de energía y produciendo un tercer remanente de los rayos de luz procesados;
 10 hacer pasar el tercer remanente de los rayos de luz procesados a través de la superficie transparente inicial con un ángulo final para producir una segunda reflexión;
 en donde la combinación de la primera reflexión y la segunda reflexión efectúa sustancialmente una reflexión total de los rayos de luz procesados.

15. Un motor de fotones que comprende uno o más cilindros, que comprenden:

15 un prisma primario (1101) que tiene una entrada de rayo de luz y que comprende múltiples caras de reflexión interna total que incluyen una cara primaria, comprendiendo el prisma primario (1101) un cuarzo cristalino pulido que tiene un índice de refracción determinado;
 un dispositivo de expansión/contracción de luz (820) que se comunica con la entrada de rayo de luz, comprendiendo el dispositivo de expansión/contracción de luz (820) unas facetas adaptadas para producir un rayo de luz procesado expandiendo el diámetro de un rayo de luz que entra desde una dirección determinada;
 20 una cámara de contención (830) que comprende una trayectoria de luz reflectante predeterminada que comprende uno o más elementos reflectantes móviles dispuestos para comunicar la salida de potencia con un sistema de energía;
 un conmutador óptico que comprende un conmutador lineal (1960) que comprende una superficie plana, estando el conmutador lineal (1960) adaptado para proporcionar un control del límite de compresión entre la cara primaria y la superficie plana, comprendiendo adicionalmente la trayectoria de luz predeterminada la superficie plana del conmutador lineal;

caracterizado por que:

30 el conmutador lineal comprende adicionalmente una serie de prismas triangulares lineales; y
 el uno o más elementos reflectantes móviles comprenden unos prismas que comprenden una superficie reflectante casi total (NTRS) que comprende uno o más prismas NTRS que comprenden cada uno una superficie transparente inicial definida por al menos una parte de la superficie transparente, una primera superficie reflectante que se extiende con un primer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial para comunicarse con un segundo ángulo con una o más segundas superficies reflectantes que se extienden con un tercer ángulo con respecto a la superficie transparente inicial, estando adaptada la una o más NTRS para efectuar una reflexión interna total del rayo de luz.

16. El motor de fotones de la reivindicación 15, en donde:

40 el conmutador óptico está adaptado para dividir varias veces el rayo de luz procesado para producir múltiples rayos de luz procesados; y/o
 un actuador piezoeléctrico está adaptado para comprimir y descomprimir la superficie plana del conmutador lineal (1960) con respecto a la cara primaria del prisma primario (1101); y/o
 45 el motor de fotones está adicionalmente adaptado para invertir la dirección del rayo de luz; y/o
 el sistema de energía es un conjunto de pistón y cigüeñal, y/o
 el sistema de energía es un dispositivo de resorte; y/o
 el motor de fotones comprende múltiples cilindros; y/o
 el uno o más prismas reflectantes están asociados operativamente con un circuito de Puente H eficaz para recoger la salida eléctrica.

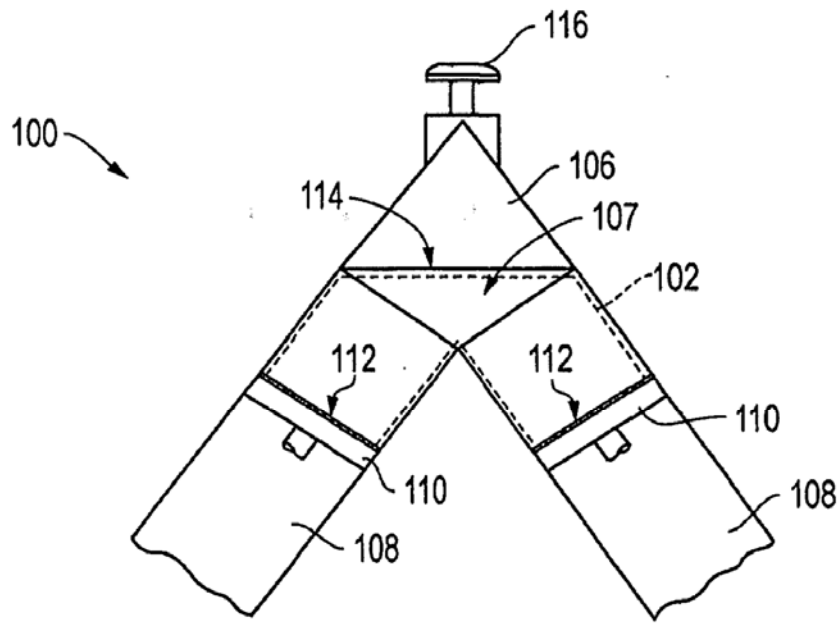


FIG. 1

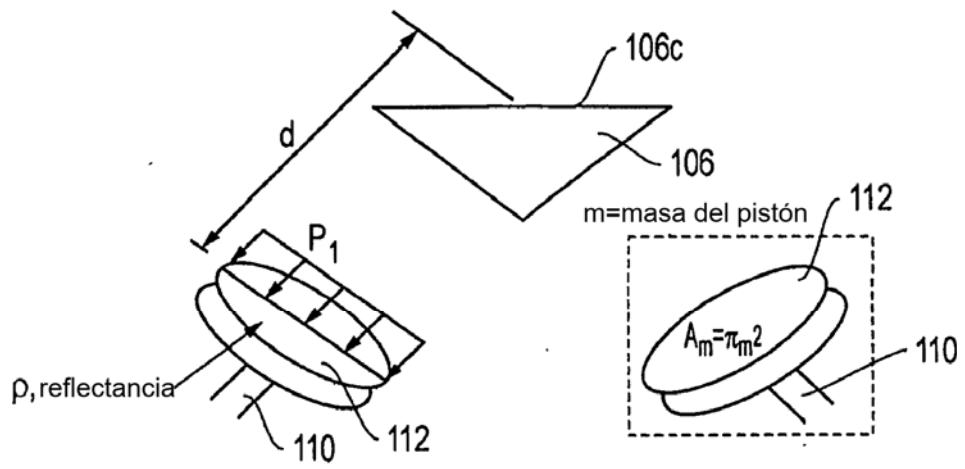


FIG. 2

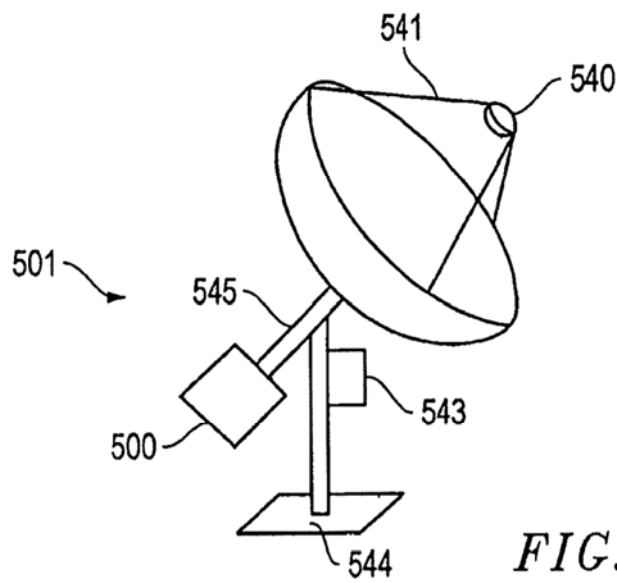


FIG. 5

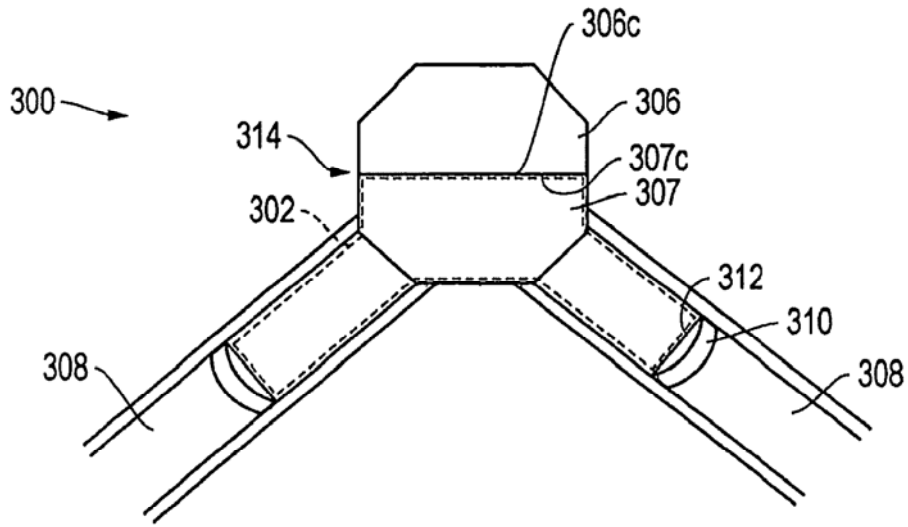


FIG. 3

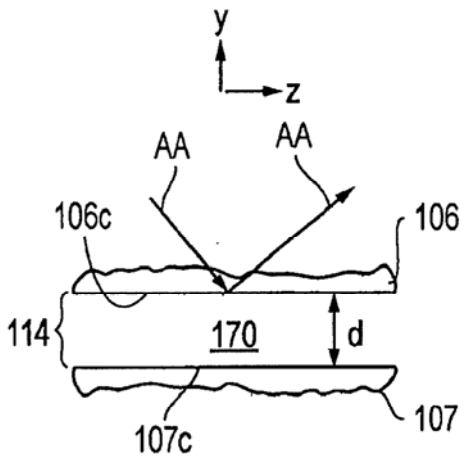


FIG. 1A

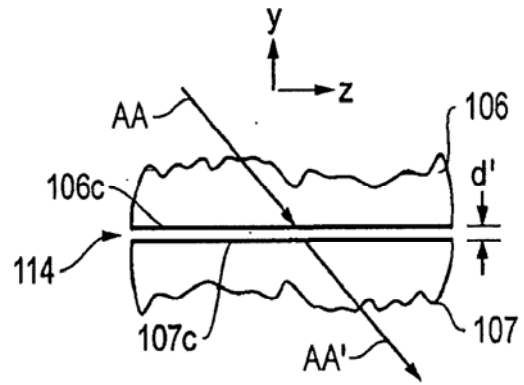


FIG. 1B

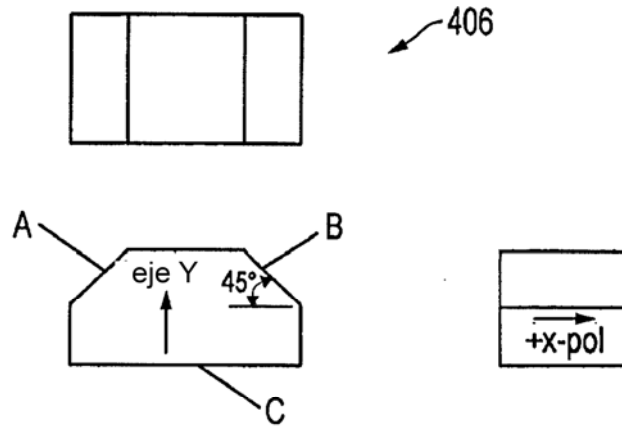


FIG. 4A

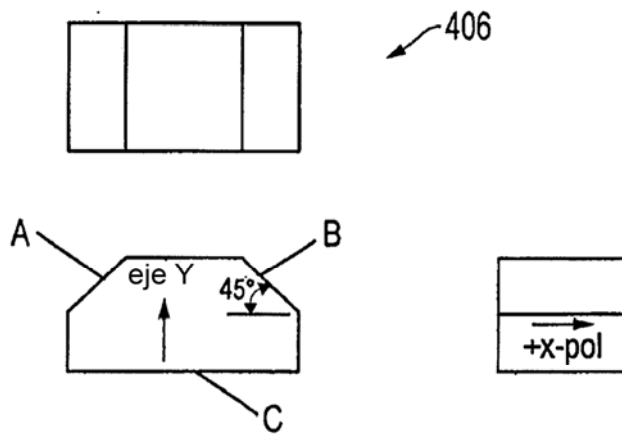


FIG. 4B

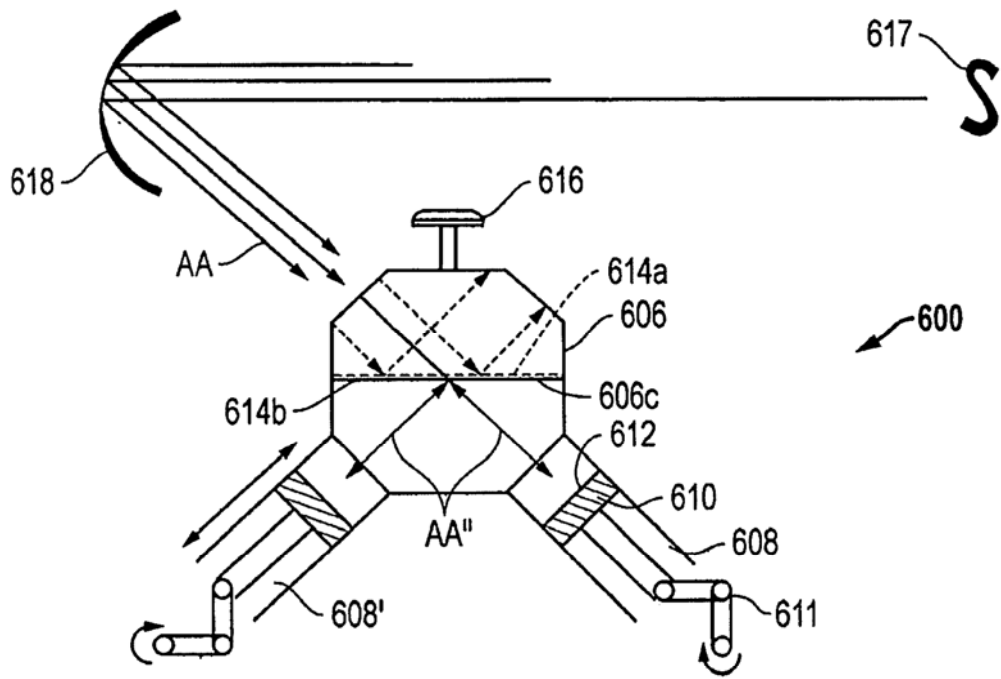


FIG. 6A

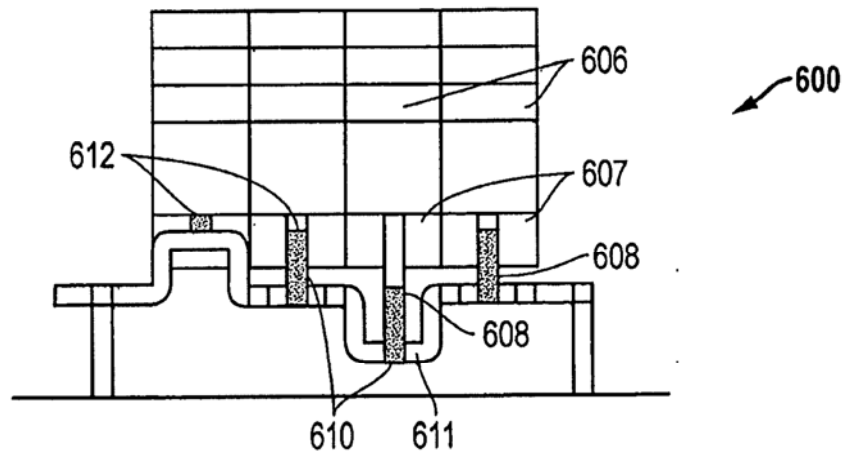


FIG. 6B

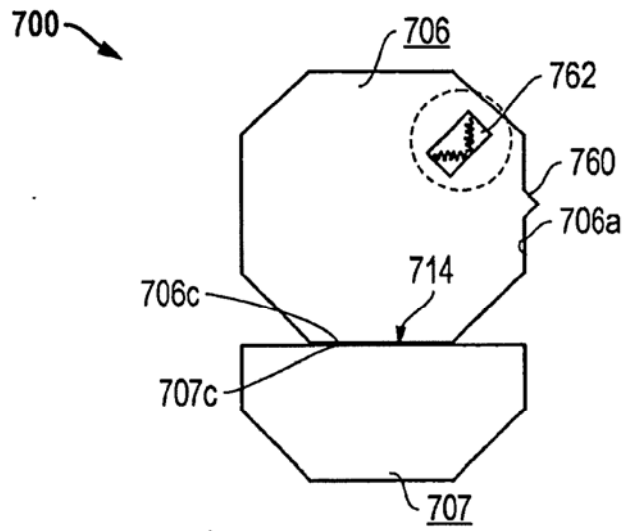


FIG. 7A

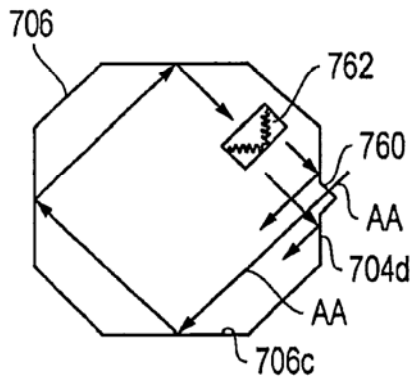


FIG. 7E

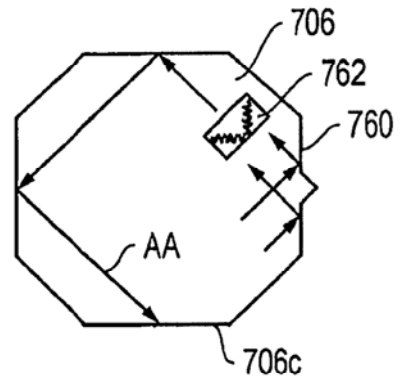


FIG. 7F

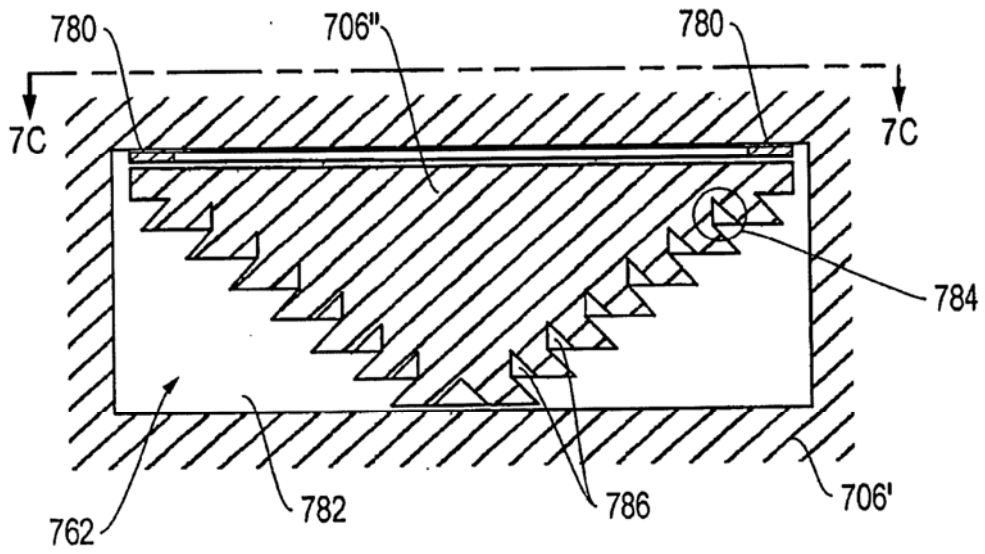


FIG. 7B

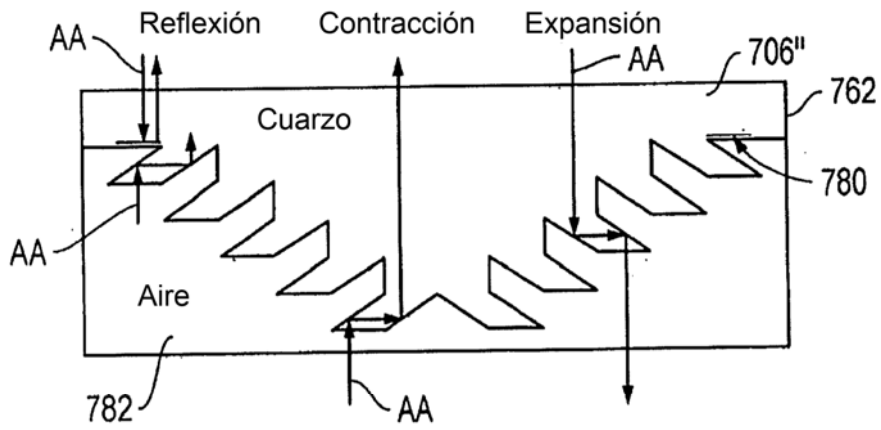


FIG. 7D

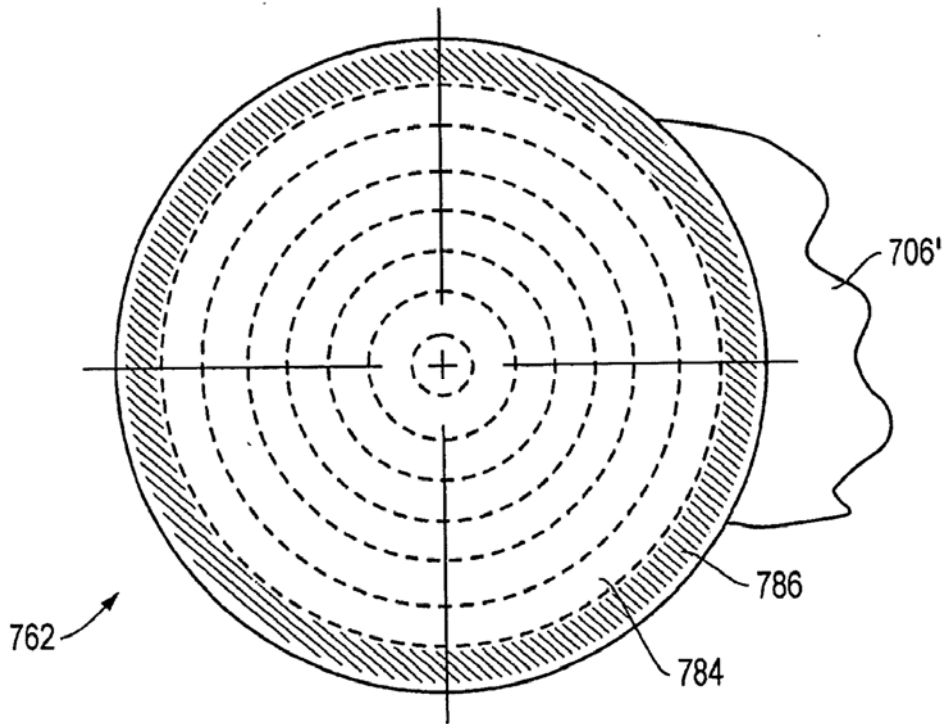


FIG. 7C

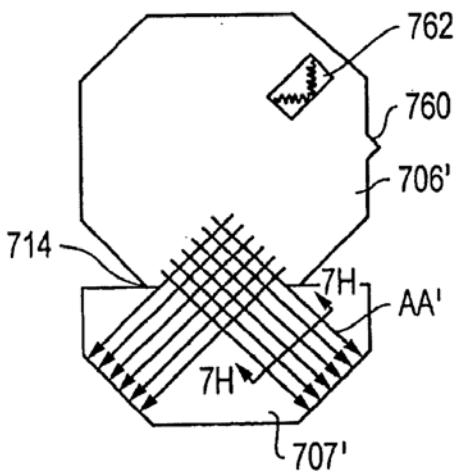


FIG. 7G

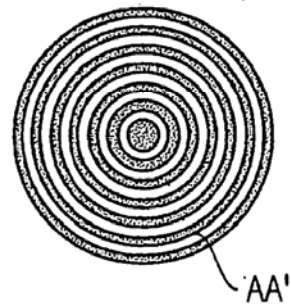


FIG. 7H

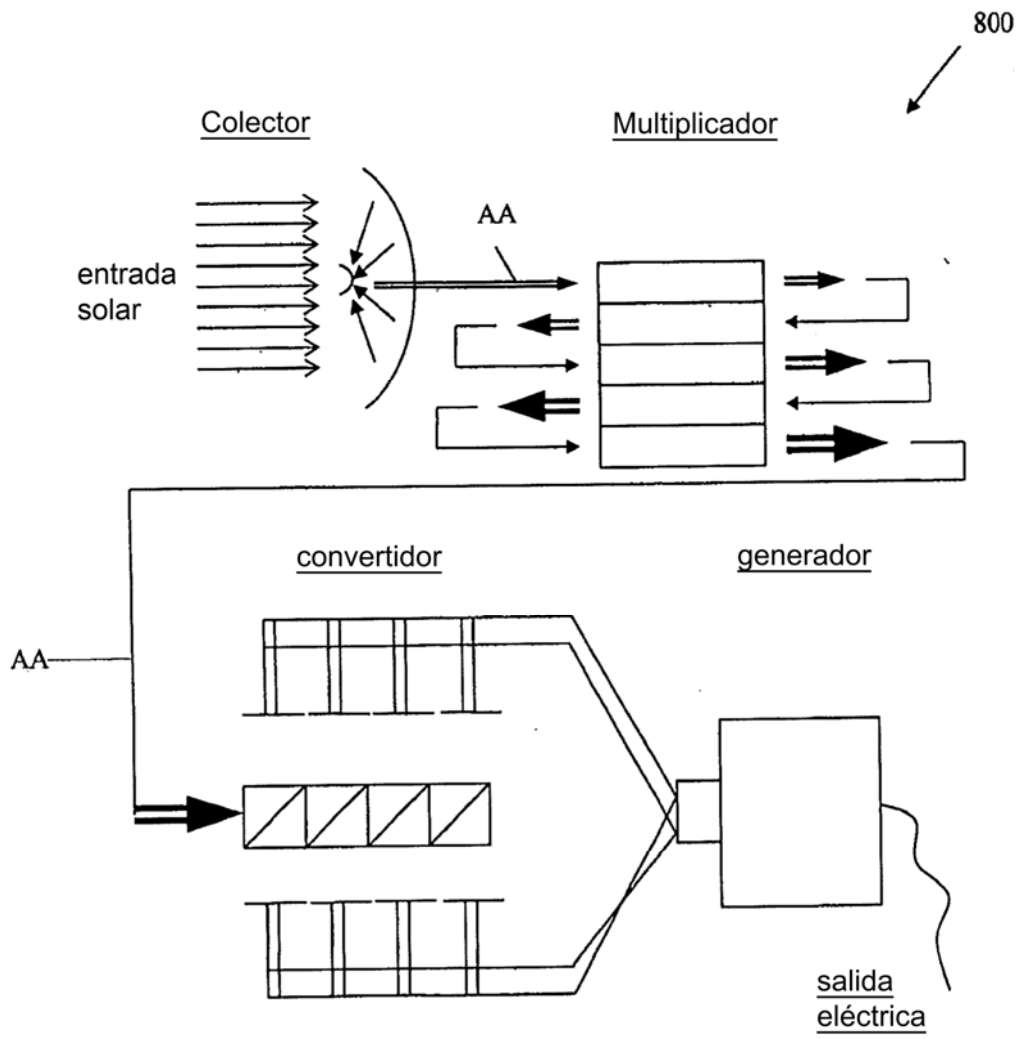


FIG. 8

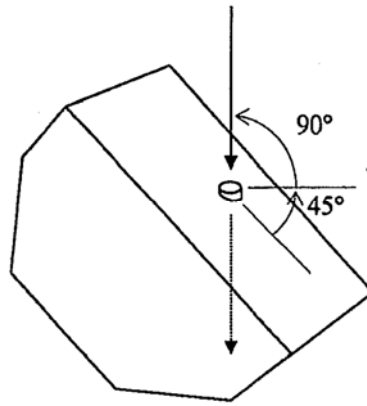


FIG. 9

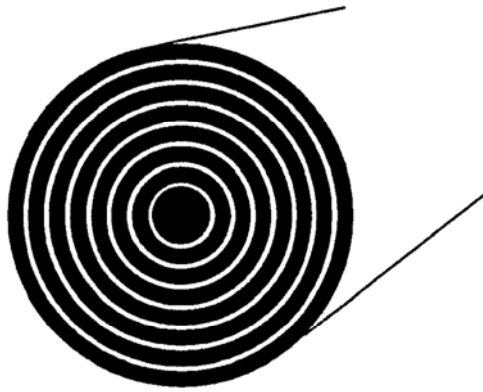


FIG. 10

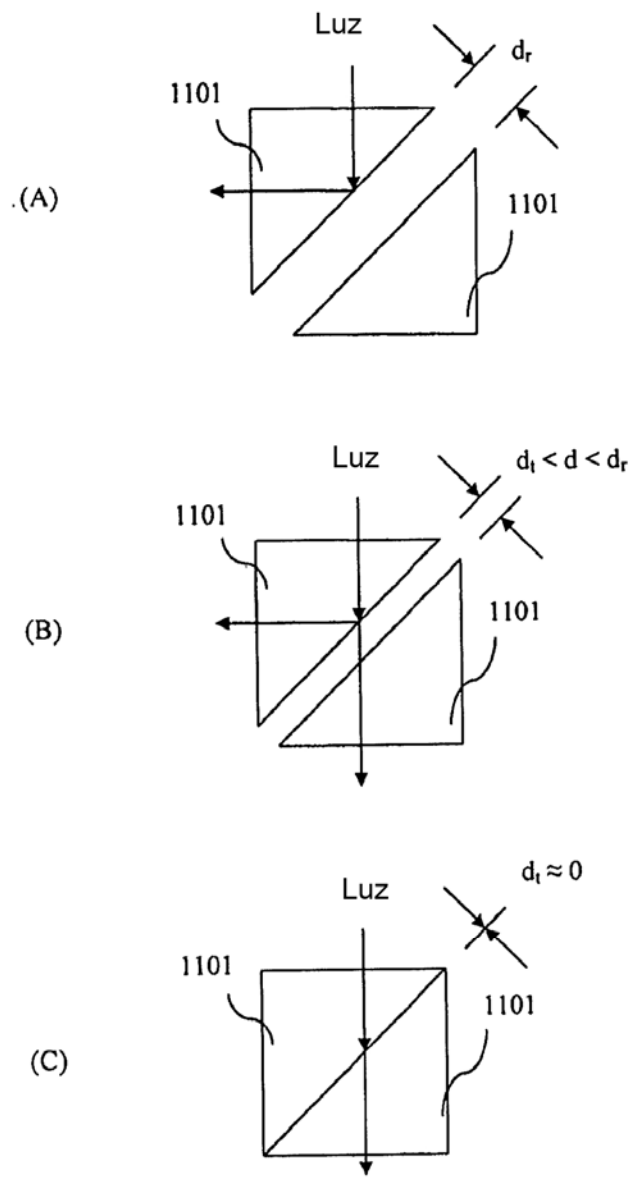


FIG. 11

Transmisión Total con Polarización P, T_p^{tot} frente a Distancia de separación, d

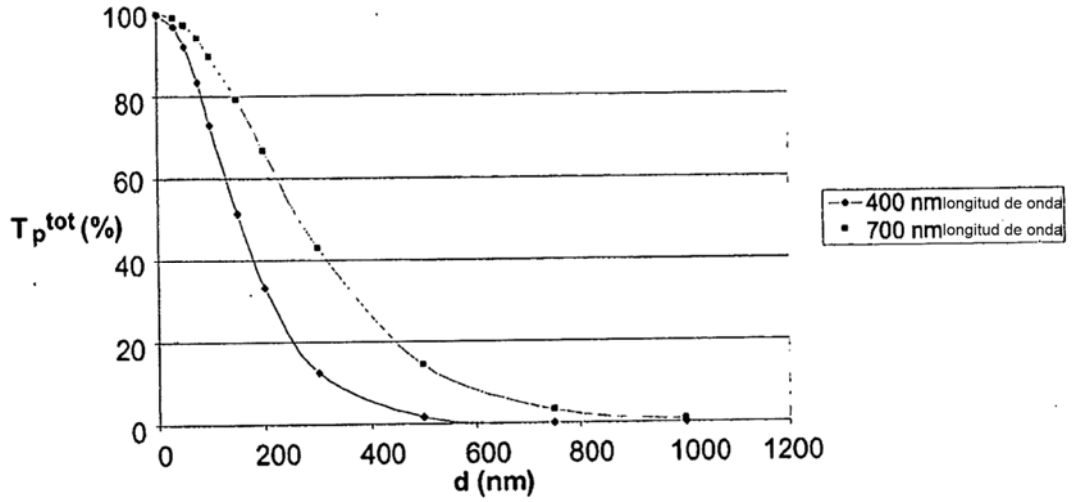


FIG. 12A

Transmisión Total con Polarización S, T_s^{tot} frente a Distancia de separación, d

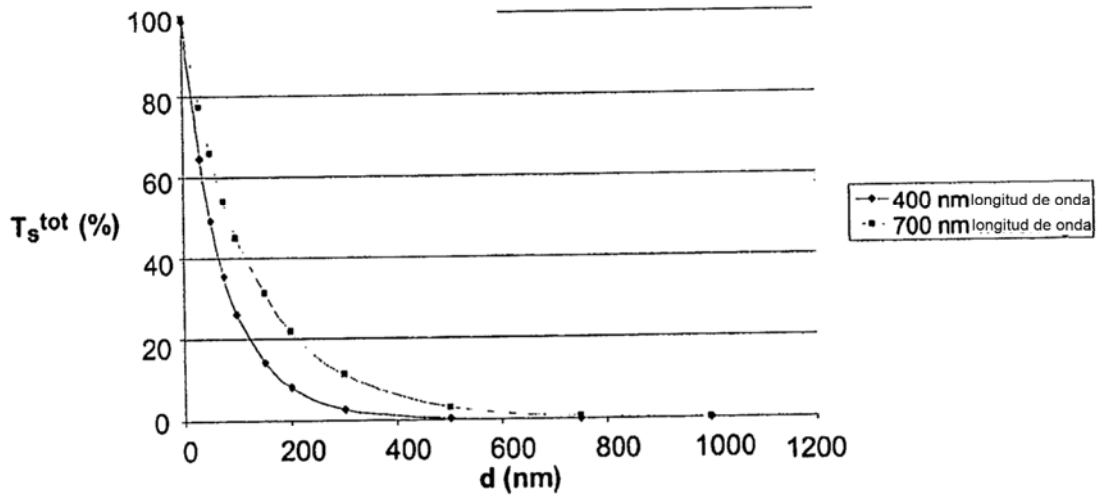


FIG. 12B

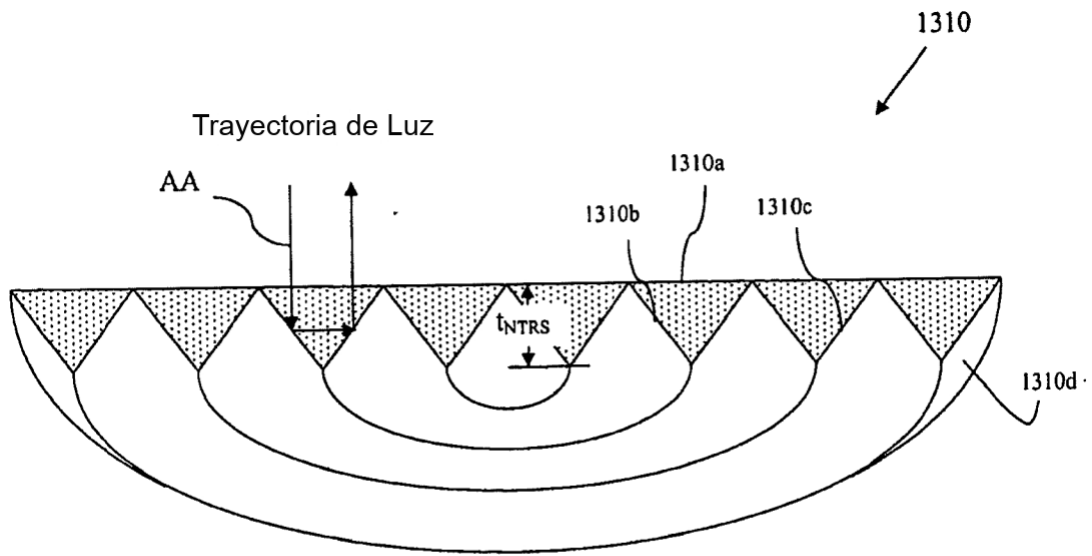


FIG. 13A

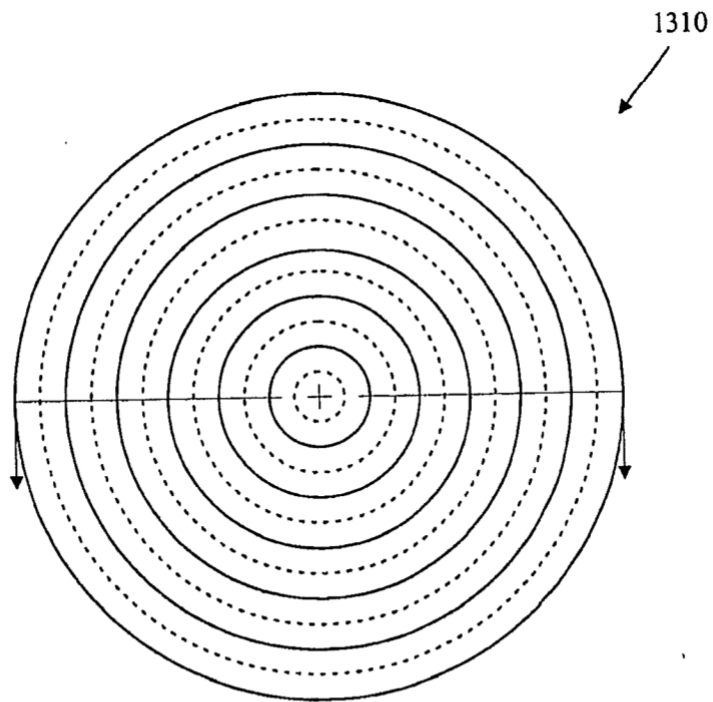


FIG. 13B

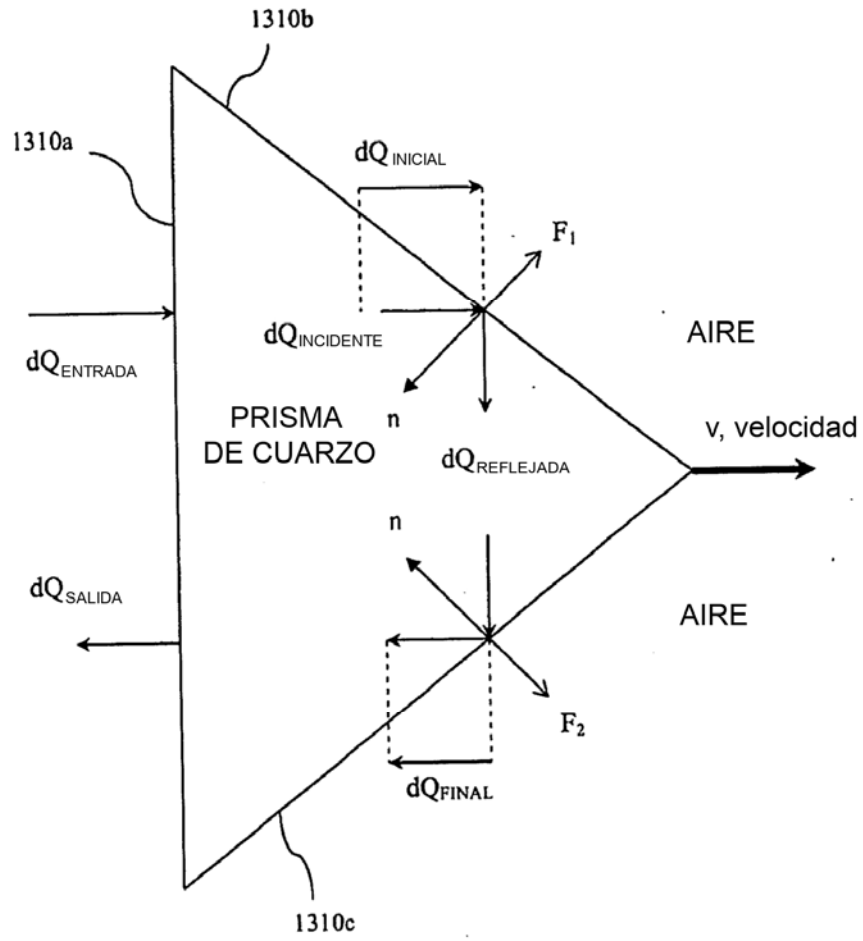


FIG. 14A

Diagrama continuo de trazado de rayos temporal

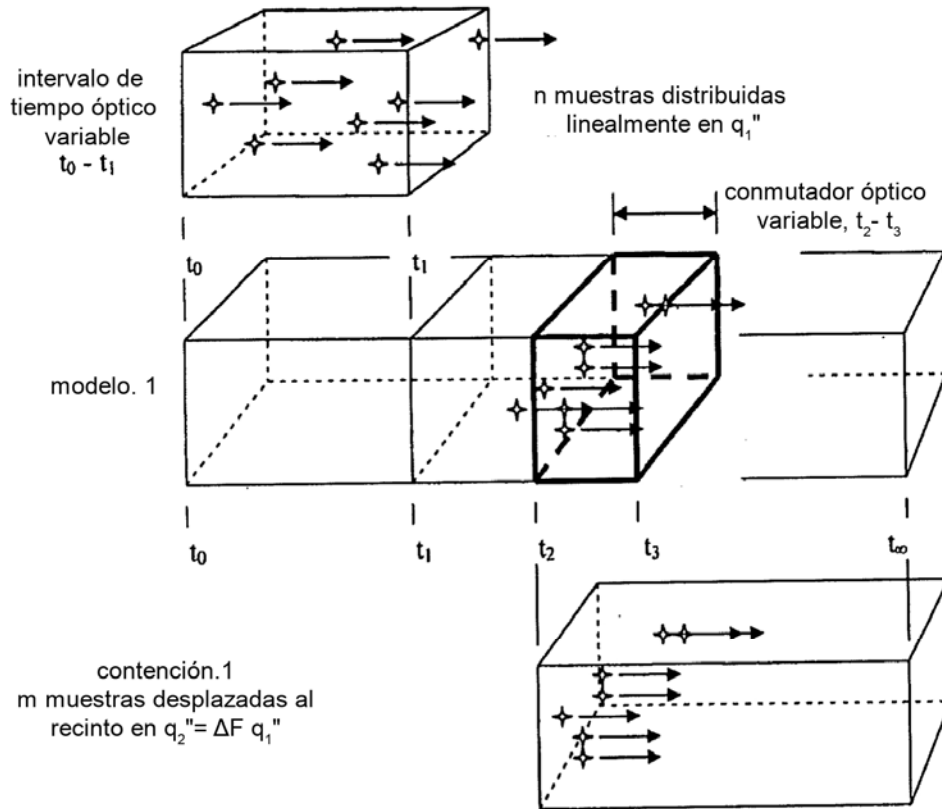


FIG. 15

Diagrama plano de trazado de rayos temporal

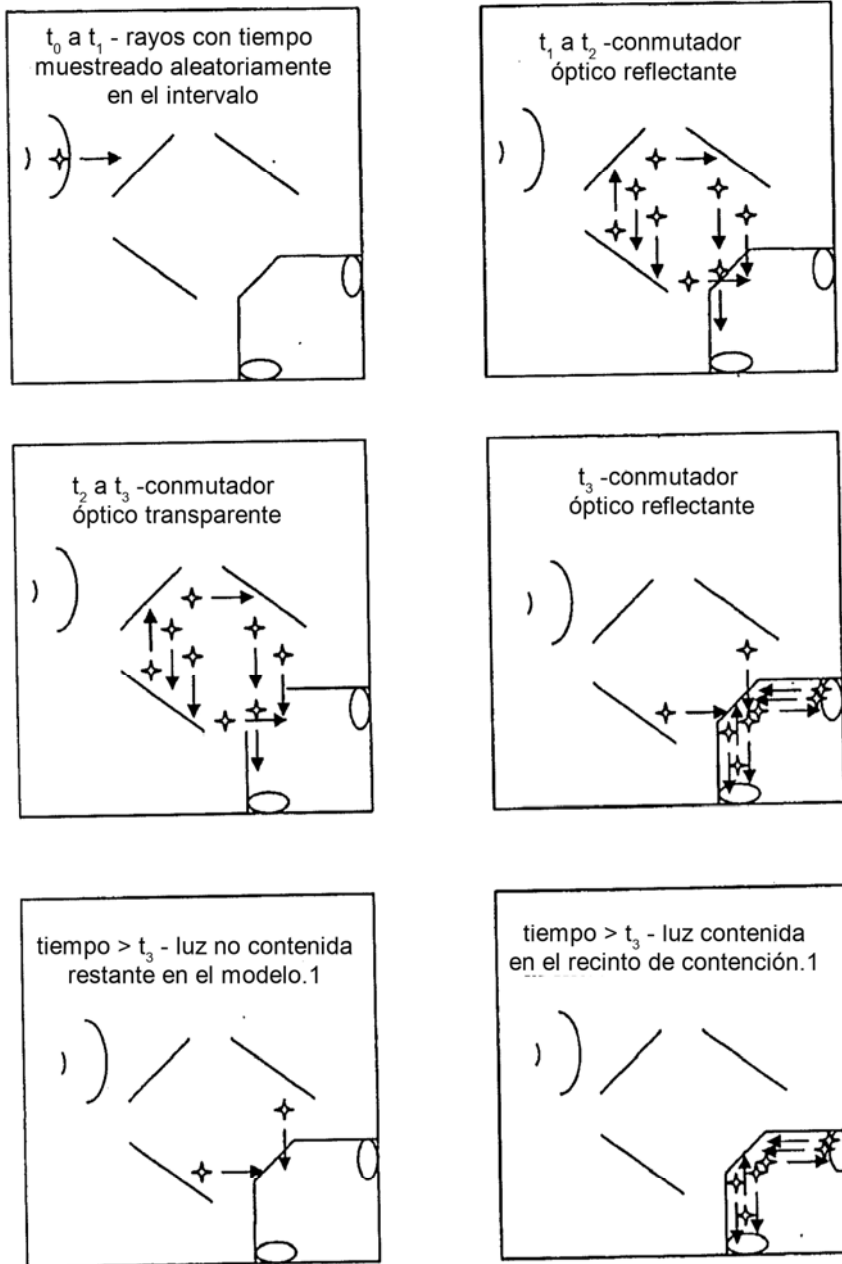


FIG. 16

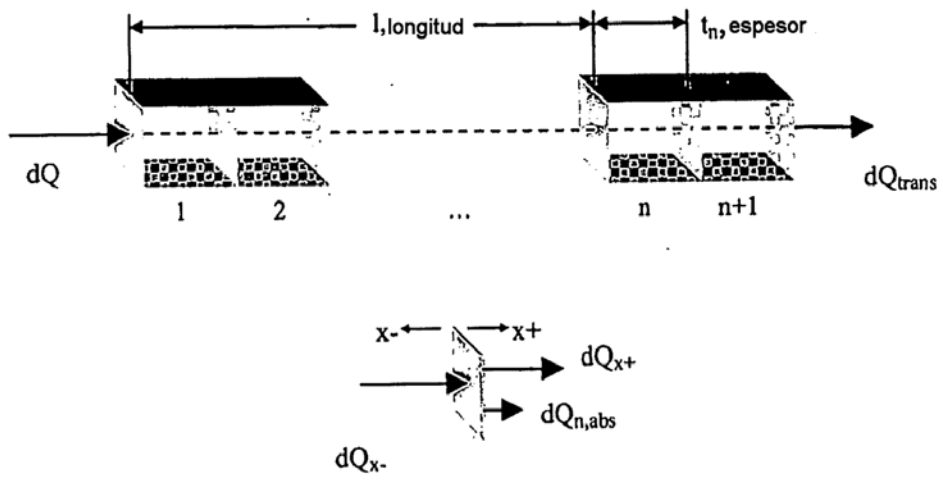


FIG. 17

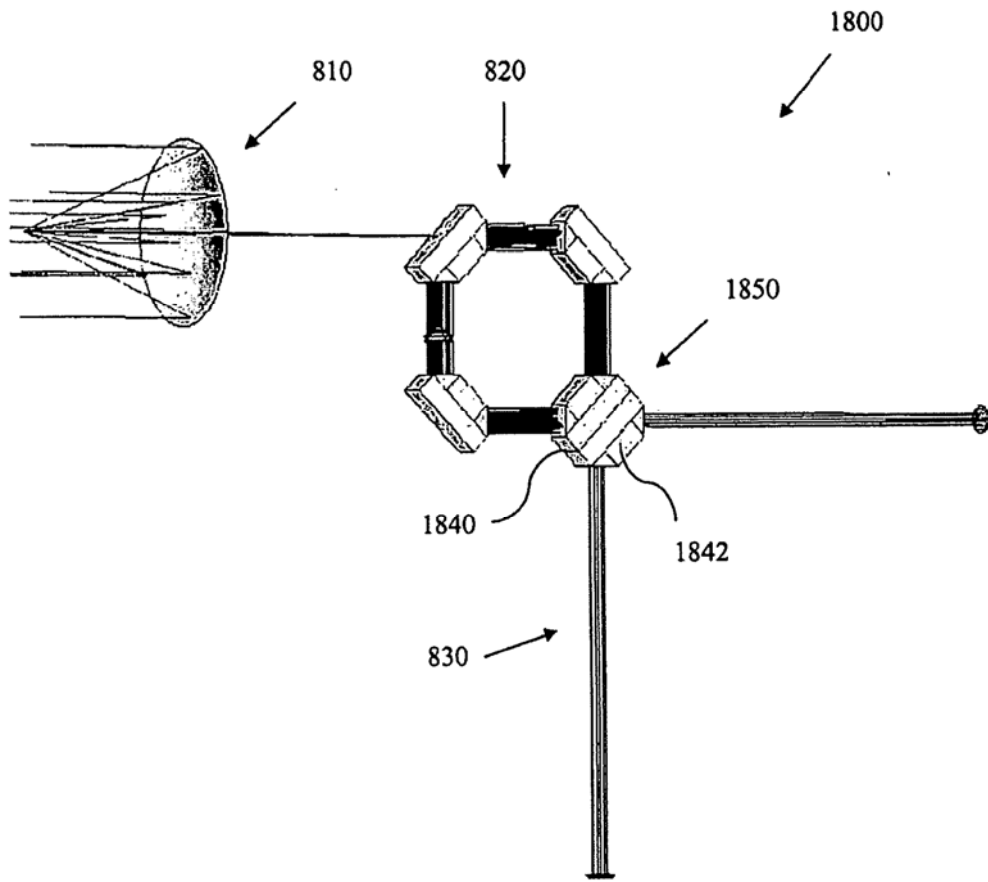


FIG. 18

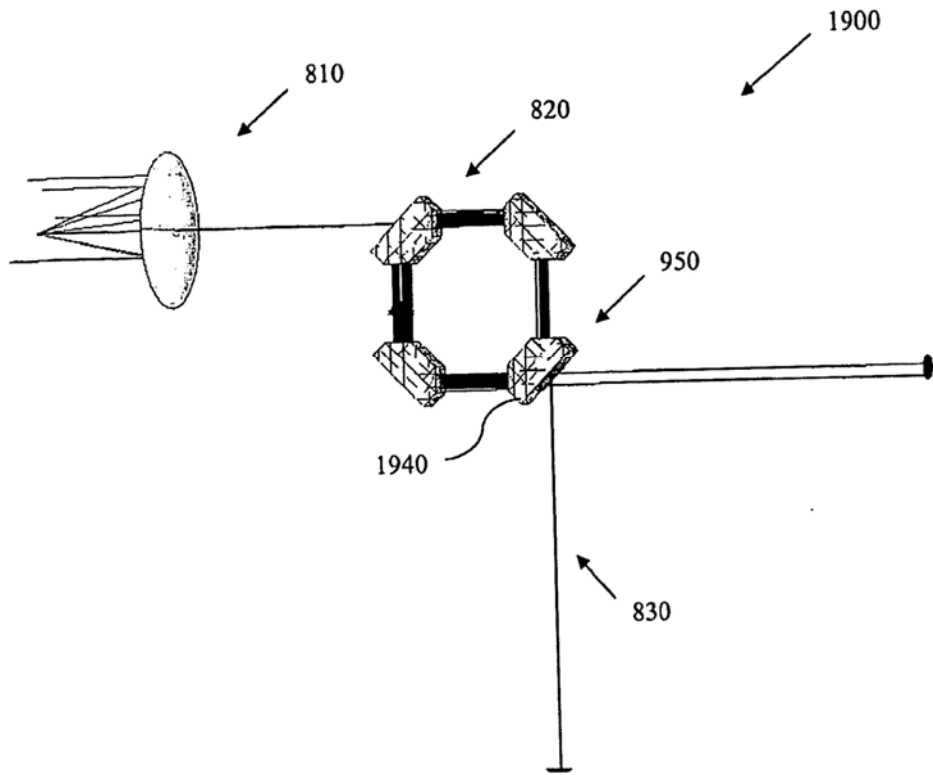


FIG. 19

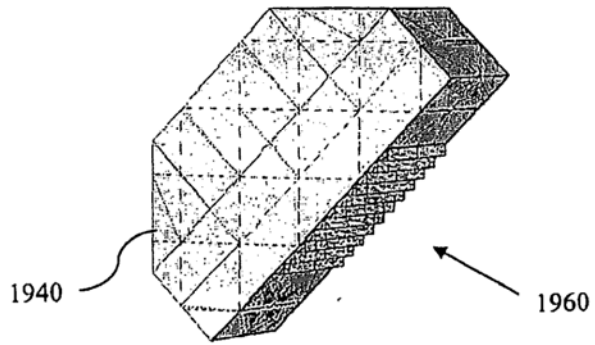
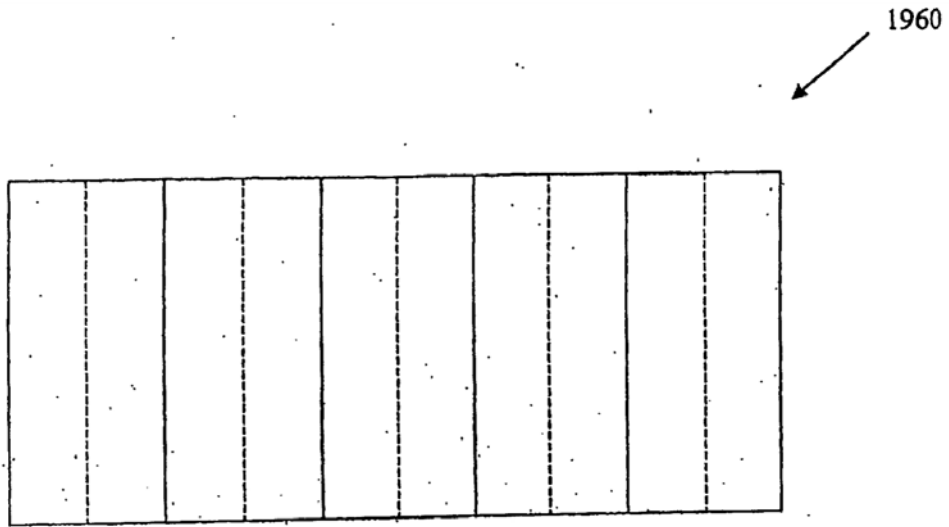


FIG. 20 A



Reflexión Interna Total (TIR)

FIG. 20B

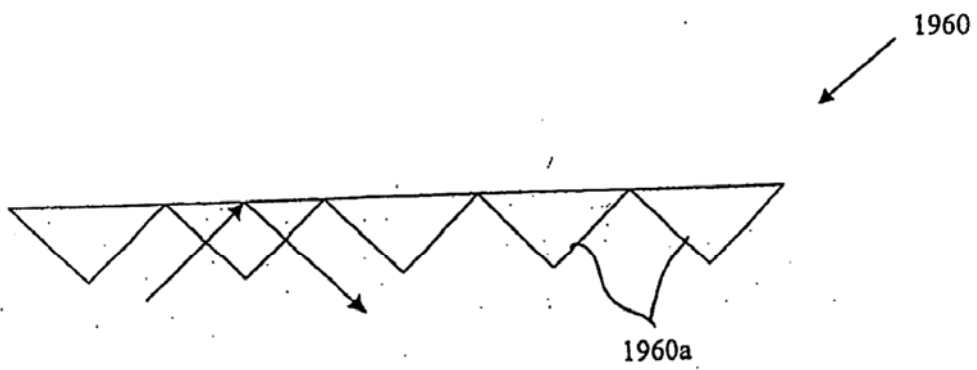


FIG. 20C