

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 535**

51 Int. Cl.:
B64G 1/44 (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03796505 .0**
96 Fecha de presentación: **26.11.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1570531**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.09.2005**

54 Título: **SISTEMA DE ENERGÍA ESPACIAL.**

30 Prioridad:
26.11.2002 US 428928 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.01.2012

73 Titular/es:
Solaren Corporation
1600 Rosecrans Avenue Media Center Suite 200
Manhattan Beach, CA 90266, US

72 Inventor/es:
ROGERS, James, E. y
SPIRNAK, Gary, T.

74 Agente: **Jorda Petersen, Santiago**

ES 2 372 535 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

Sistema de energía espacial.

5 **Referencia cruzada a la solicitud relacionada**

La presente solicitud reivindica prioridad según 35 U.S.C. §119 de la solicitud de patente provisional US nº 60/428.928, presentada el 26 de noviembre de 2002.

10 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a sistemas de energía, y más particularmente, a sistemas de energía espaciales con componentes que flotan libremente, que pueden alinearse.

15 **Descripción de la técnica relacionada**

Los sistemas de energía espaciales usan la energía radiante del sol o flujo solar para generar energía. La constante solar o flujo del sol es de aproximadamente 1,4 kW/m² en la órbita terrestre. Por ejemplo, en la órbita geosíncrona o GEO (22.400 millas o 36.000 km desde la Tierra), un sistema de energía solar espacial se encuentra inmerso en luz solar casi continuamente.

Las celdas solares, dispositivos de conversión solar, y dispositivos de energía nuclear en un sistema de energía espacial generan electricidad de corriente continua (CC), que se convierte en una frecuencia de transmisión, tal como frecuencias de radio, microonda y láser. Por ejemplo, con frecuencia de radio (RF) y microondas, la electricidad generada se convierte en energía a través de dispositivos de conversión, por ejemplo magnetrones, y se focaliza mediante una antena. La energía focalizada se dirige a un receptor, y una antena receptora ("rectenna") convierte el haz energético en electricidad CC. La electricidad CC se convierte en electricidad de corriente alterna (CA), que se transmite a una red eléctrica para distribuirla a los usuarios.

Como resultado, un porcentaje de la constante solar se convierte en electricidad útil. Por ejemplo, un panel solar de 1 m² con una eficacia de conversión del 40% puede producir aproximadamente 560 vatios de potencia eléctrica. Un millón de metros cuadrados o un kilómetro cuadrado de paneles solares con una eficacia del 40% pueden generar aproximadamente 560 megavatios (MW) de potencia.

Los conceptos para aprovechar la energía solar se desarrollaron inicialmente en la década de 1960. En los años setenta y ochenta, la NASA y el departamento de energía llevaron a cabo estudios sobre sistemas satélite, pero la baja eficacia y los altos costes de estos sistemas impidieron su eficacia. En los años noventa, la NASA llevó a cabo estudios adicionales y desarrolló nuevos conceptos en diferentes órbitas. Los nuevos sistemas progresaron respecto a los primeros estudios, sin embargo, los conceptos existentes no eran todavía económicamente viables.

El documento US-2004/0035207 A1 se considera la técnica anterior más próxima y da a conocer el preámbulo de la reivindicación independiente 1. Un sistema de energía espacial habitual de este tipo presenta un subsistema de generación de energía para convertir la energía y un subsistema de transmisión de energía inalámbrico. Los sistemas conocidos que usan celdas fotovoltaicas habitualmente utilizan grandes paneles solares para convertir energía solar en electricidad. Habitualmente se usan estructuras de conexión para mantener las posiciones relativas correctas de los componentes de sistema.

Por tanto los sistemas de energía espacial convencionales pueden mejorarse. En particular, las estructuras de conexión entre los componentes de sistema de energía pueden reducirse o eliminarse para reducir el peso del sistema. En sistemas convencionales, las estructuras de conexión pueden comprender la mayor parte del peso de los sistemas. Por ejemplo, algunos sistemas conocidos utilizan una antena de transmisión en el espacio que presenta estructuras de conexión que presentan varios kilómetros de longitud y pesan millones de toneladas métricas. El peso excesivo de las estructuras de conexión puede dar como resultado un incremento en los costes de lanzamiento. Además, el peso excesivo puede forzar los componentes de sistema, influyendo posiblemente en la alineación, operación y rendimiento del sistema. Por tanto, el peso de las conexiones eléctricas y mecánicas puede limitar el sistema de tamaño máximo que puede implementarse de manera provechosa. Además, el posicionamiento, orientación, y eficacia de los componentes de sistema pueden mejorarse, particularmente los componentes de sistema que no están vinculados con elementos de conexión.

60 **Sumario de la invención**

Según la presente invención, está previsto un sistema de energía espacial según la reivindicación 1 y un procedimiento de alineación de elementos de sistema de energía según la reivindicación 21. Un sistema de energía espacial incluye así una pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio y un sistema de control. Uno o más de los elementos de sistema de energía flotan libremente en el espacio. El sistema de control mantiene la alineación de los elementos que flotan libremente. La pluralidad de elementos se dispone para captar la luz solar,

generar energía eléctrica a partir de la luz solar captada, y convertir la energía eléctrica en una forma que puede transmitirse a una ubicación predeterminada.

5 En otra forma de realización no reivindicada, un sistema de energía espacial incluye una pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio y un sistema de control. Uno o más elementos de la pluralidad de elementos flotan libremente en el espacio. Los elementos de sistema de energía incluyen un espejo primario, un espejo intermedio, un módulo de energía, un emisor y un espejo reflectante. El espejo primario dirige luz solar hacia el espejo intermedio. El espejo intermedio dirige luz solar hacia el módulo de energía, que genera electricidad de corriente continua. El emisor convierte la electricidad de corriente continua en energía óptica o de RF, y el espejo reflectante transmite la energía óptica o de RF a un receptor en una ubicación predeterminada. El sistema de control incluye una pluralidad de sensores y una pluralidad de elementos de desplazamiento. Cada elemento en el espacio incluye un sensor y un elemento de desplazamiento, y el sistema de control mantiene la alineación de los elementos que flotan libremente en el espacio activando selectivamente un elemento de desplazamiento en respuesta a los datos del sensor.

15 Otra forma de realización se refiere a un procedimiento para alinear elementos de sistema de energía para generar energía en el espacio y transmitir la energía generada a una ubicación predeterminada. La forma de realización incluye lanzar una pluralidad de elementos y un sistema de control al espacio, en el que uno o más elementos de la pluralidad de elementos flotan libremente en el espacio, posicionar los elementos en el espacio, mantener la alineación de los elementos que flotan libremente usando el sistema de control de modo que los elementos de sistema de energía se configuran para captar la luz solar, generar energía eléctrica a partir de la luz solar captada, y convertir la energía eléctrica a una forma adecuada para transmitirla a la ubicación predeterminada.

25 En formas de realización del sistema y procedimiento, los elementos de sistema de energía pueden presentar diferentes espejos y configuraciones de espejo, por ejemplo, un espejo plegable, un espejo esférico, un espejo soportado por una membrana o un tubo inflable, espejos que presentan recubrimientos ópticos para reducir la presión fotónica o mantener la forma del espejo. Los elementos de sistema de energía pueden incluir un espejo primario, un primer espejo intermedio, un módulo de energía, un emisor y un espejo reflectante. El primer espejo intermedio dirige luz solar hacia el módulo de energía, y el módulo de energía genera energía eléctrica. El emisor convierte la energía eléctrica generada a una forma que puede transmitirse y se proporciona al espejo reflectante, que transmite la energía convertida a un receptor en la ubicación predeterminada. También con las formas de realización del sistema y procedimiento, se usa un concentrador para focalizar la luz solar procedente del espejo intermedio sobre el módulo de energía.

35 Las formas de realización del sistema y procedimiento pueden utilizar diferentes módulos de energía, por ejemplo, módulos de energía fotovoltaicos y termoelectrónicos. Con los módulos fotovoltaicos, las celdas solares pueden colocarse con el emisor. La energía convertida o energía que se transmite puede ser energía óptica o de frecuencia de radio.

40 El sistema de control en las formas de realización del sistema y procedimiento puede ajustar una alineación de uno o más elementos de sistema ajustando una posición, orientación de los elementos. El sistema incluye una pluralidad de sensores, tales como sensores de distancia o alineación. Se comparan los datos de sensores de dos elementos para determinar si los dos elementos están debidamente alineados y ubicados a una distancia aceptable usando, por ejemplo, radar, lidar, patrones de interferencia, un viento solar, fuerzas electrostáticas. También ajusta la alineación de los elementos. El sistema de control puede incluir un elemento de desplazamiento, tal como un propulsor, para ajustar la alineación de un componente de sistema. También en las formas de realización del sistema y procedimiento, diferentes números de elementos, por ejemplo, la mayor parte o todos los elementos, flotan libremente en el espacio.

50 **Breve descripción de los dibujos**

Haciendo referencia a continuación a los dibujos, en los que números de referencia similares representan las partes correspondientes en la presente memoria, y en los que:

55 la figura 1A ilustra una forma de realización de un sistema de energía espacial con componentes que flotan libremente;

las figuras 1B-D ilustran las vistas de una forma de realización de un sistema para controlar el posicionamiento y la alineación de componentes de sistema de energía;

60 la figura 1B ilustra una forma de realización alternativa que presenta una antena en red en fase;

las figuras 2A-B representan unas vistas en planta y en sección transversal de un colector o espejo primario;

65 la figura 3 es una vista en sección transversal de recubrimientos sobre un espejo del sistema;

las figuras 4A-D ilustran diferentes vistas de espejos que están soportados por una estructura inflable;

la figura 5 es una ilustración de una forma de realización que usa espejos inflables y elementos de membrana;

5 la figura 6 es una ilustración de una forma de realización que usa espejos inflables y elementos de membrana;

la figura 7 es una ilustración de una forma de realización que usa espejos inflables y elementos de membrana;

10 la figura 8 es una ilustración de otra forma de realización usa espejos inflables y elementos de membrana;

la figura 9 es una ilustración de una forma de realización de un subsistema de generación que presenta un módulo de energía fotovoltaica y concentradores solares;

15 la figura 10 es una ilustración de una forma de realización que presenta un módulo de energía fotovoltaico y múltiples concentradores solares;

la figura 11 es una ilustración de una forma de realización de un subsistema de generación que presenta un cable tomacorriente para conectar celdas solares y componentes de módulo fotovoltaico;

20 la figura 12 ilustra una forma de realización de un sistema de transmisión inalámbrico;

la figura 13 ilustra otra forma de realización de un sistema de transmisión inalámbrico;

25 la figura 14 ilustra una forma de realización de un sistema de energía espacial que presenta un espejo y un módulo de energía, que proporciona una salida directamente a un espejo reflectante;

la figura 15 representa una forma de realización de un sistema de energía espacial que presenta un módulo de energía y que está posicionado entre espejos intermedios;

30 la figura 16 ilustra una forma de realización de un sistema de energía espacial que presenta dos espejos intermedios en cada uno de los subsistemas de generación y transmisión; y

la figura 17 ilustra una forma de realización de un sistema de energía espacial que presenta tres espejos intermedios en cada uno de los subsistemas de generación y transmisión.

35

Descripción detallada de las formas de realización ilustradas

Se describirán a continuación las formas de realización de un sistema de energía espacial con uno o más componentes de sistema que flotan o vuelan libremente, que pueden alinearse. Las formas de realización incluyen componentes que pueden alinearse mientras sustancialmente se reducen o eliminan estructuras de conexión entre componentes de sistema, y se usa un sistema de control para realizar la alineación y posicionamiento de los componentes de sistema que flotan libremente.

40

Haciendo referencia a la figura 1A, una forma de realización de un sistema de energía espacial "S" incluye componentes de generación y transmisión de energía. Una forma de realización de un sistema incluye un espejo primario 2 o de captación, que orbita alrededor del eje 3, unos espejos intermedios 4 y 5, un panel 11 con concentradores 6, un módulo óptico o de energía 8 con celdas 7 solares, un emisor 9 o alimentación de transmisión, y un subsistema de transmisión que puede incluir, por ejemplo, un reflector o espejo de salida 10 y uno o más espejos adicionales según sea necesario. Un sistema 13 de control ajusta la forma, posición, orientación y alineación de los componentes de sistema de energía.

45

50

La presente memoria se refiere generalmente a ajustar la alineación de componentes de sistema con fines explicativos, aunque la alineación puede incluir una forma, una posición, una orientación y otros ajustes que pueden afectar a la alineación de componentes de sistema. Los elementos de sistema se disponen para captar la luz solar, generar energía eléctrica a partir de la luz solar captada, y convertir la energía eléctrica a una forma que puede transmitirse a un receptor 14 en una ubicación 15 predeterminada, tal como la Tierra u otra ubicación, en donde se convierte y distribuye a los usuarios.

55

Más específicamente, los componentes de sistema se posicionan de modo que la luz 1 solar incida sobre el espejo primario 2. El espejo primario 2 puede ser, por ejemplo, un espejo casi esférico. El espejo primario 2 puede presentar diversos tamaños, por ejemplo, un diámetro de desde aproximadamente 1 km a aproximadamente 2 km. El espejo primario (y otros espejos como los que se describen a continuación) pueden soportarse por una estructura. Por ejemplo, con referencia a las figuras 2A-B, un tubo inflable o toroide 24 (generalmente 24) puede rodear el espejo 2. El tubo 24 puede inflarse usando gas o tanques de aire químico u otros sistemas de inflado.

60

65

Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, una forma de realización de un espejo primario 2 incluye un sustrato 20, tal como un sustrato plástico, que se recubre con una o más películas o recubrimientos ópticos 22. Los recubrimientos ópticos reflejan partes seleccionadas de luz 1 solar (por ejemplo, longitudes de onda particulares) que son más adecuadas para su uso por las celdas 7 solares. La reflexión selectiva también reduce la fuerza fotónica sobre el espejo 2. Los expertos en la materia apreciarán que pueden utilizarse varias combinaciones de sustrato y recubrimiento adecuadas para diferentes configuraciones de espejo y requisitos de reflectividad y de celda solar.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1A, la luz 1 solar se refleja por el espejo primario 2 hacia un primer espejo intermedio 4, tal como un espejo plegable plano. El espejo 4 sigue la orientación del espejo primario 2 de modo que los dos espejos 2 y 4 permanecen alineados. El primer espejo plegable 4 refleja la luz 1 solar incidente sobre un segundo espejo intermedio 5, tal como un espejo plegable. El segundo espejo plegable 5 puede ser idéntico al primer espejo plegable 4 o presentar otro diseño adecuado.

Por ejemplo, haciendo referencia a las figuras 4A-D, un espejo en el sistema de energía espacial puede ser un espejo plano que incluye un sustrato plástico 40 y un recubrimiento 42, por ejemplo, el mismo recubrimiento que el recubrimiento 22 en el espejo primario 2. Por ejemplo, presentar los mismos recubrimientos en los espejos 2, 4 y 5 reduce la carga térmica en las celdas 7 solares. El recubrimiento 42 también reduce la presión fotónica solar en el espejo plegado. La tensión residual mecánica en el recubrimiento puede regularse al valor necesario para contrarrestar la presión fotónica solar, y mantener una superficie ópticamente plana. La figura 4 también ilustra que los espejos pueden incluir también soportes 44 inflables.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1A, el espejo 4 rota alrededor del eje 3, y el espejo 5 sigue a los concentradores 6. Maniobrando debidamente, el primer espejo plegable 4 refleja la luz 1 solar incidente sobre el segundo espejo plegable 5. El segundo espejo 5 refleja la luz hacia uno o más concentradores 6, como concentradores sin imágenes. Los concentradores 6 amplían y resuelven irregularidades espaciales en el haz reflejado de luz 1 solar recibido desde el segundo espejo plegado 5. La salida de los concentradores 6 se dirige a las celdas 7 solares de un módulo de energía óptico o de RF 8. El uso de concentradores permite utilizar toda una oblea de celda solar, dando como resultado una producción de energía más eficaz.

Varias longitudes focales de concentrador 6 pueden usarse para obtener el correcto aumento de luz solar sobre las celdas 7 solares u otros dispositivos de conversión. Por ejemplo, el sol habitualmente subtende un ángulo de aproximadamente 0,5 grados a 1 ua (la distancia desde el sol a la Tierra). Por tanto, por ejemplo, el tamaño del punto focal podría ser 0,00873 veces la distancia focal del sistema.

Los expertos en la materia apreciarán que pueden utilizarse varios módulos de energía con diferentes formas de realización y sistemas. Por ejemplo, como se muestra en las figuras, el módulo de energía es un módulo de energía fotovoltaico que utiliza celdas solares. Los módulos de energía alternativos incluyen turbinas, motores térmicos y fuentes nucleares. Un módulo de energía alternativo adicional es un módulo de energía termoeléctrico. Un módulo de energía termoeléctrico utiliza un gradiente de temperatura, por ejemplo, las superficies delanteras más calientes y las superficies traseras más frías, que dan como resultado una unión entre dos superficies para generar electricidad. A título explicativo e ilustrativo y no limitativo, la presente memoria se refiere a módulos de energía fotovoltaicos con celdas 7 solares.

En una forma de realización, las celdas 7 solares se montan próximas a un electrodo de entrada de los módulos 8. Por tanto, no se necesitan cables eléctricos desde las celdas 7 solares a los módulos 8. Eliminar estos conectores reduce la masa del sistema. Además, las pérdidas de energía en el sistema se reducen al reducir o eliminar las pérdidas de energía debidas al calentamiento resistivo (I^2R) en los cables de conexión. Esta disposición también elimina la necesidad de otros componentes habitualmente asociados con conectores de componentes, tales como el aislamiento. Eliminar estos componentes también reduce el peso del módulo de energía, aumenta el rendimiento de las celdas y reduce el coste de las celdas.

La disposición espaciada de las celdas 7 solares también permite conducir el calor a los paneles 11 térmicos, que irradian calor al espacio. Además, los concentradores 6 proporcionan celdas 7 solares dedicadas para cada módulo de energía óptico o de RF 8. Por tanto, los concentradores proporcionan un uso eficaz de la luz 1 solar incidente. Esta disposición es también ventajosa ya que las celdas solares se acoplan con un dispositivo de conversión de energía, reduciendo así la longitud de o eliminando los conectores entre estos componentes. La acoplación de estos componentes no puede ponerse en práctica en sistemas conocidos habituales que usan estructuras de conexión a causa de la necesidad de que el concentrador siga al sol mientras que la sección óptica o de RF sigue apuntando a la Tierra una subestación del usuario.

Los concentradores 6 con el espejo plegado 5 protegen las celdas 7 solares de la vista directa del espacio y protegen así las celdas 7 solares. Más específicamente, las celdas solares se montan en el módulo de energía, y los concentradores se montan sobre las celdas, protegiendo así las celdas solares de la vista directa del espacio excepto por un pequeño ángulo sólido centrado en la luz solar que llega. El segundo espejo plegado actúa como una protección en esta última dirección de modo que las celdas solares están protegidas en todas las direcciones,

eliminando la necesidad de cubiertas de celda solar (por ejemplo, vidrio) y otras coberturas protectoras. Como resultado, el peso del sistema de energía se reduce adicionalmente al eliminar estos componentes.

5 La energía eléctrica CC generada por las celdas 7 solares se convierte mediante los módulos de energía ópticos o de RF 8 a una forma que puede transmitirse, tal como energía óptica o de RF. La energía óptica o de RF se irradia por las alimentaciones de RF o los emisores 9 ópticos al reflector de RF, espejo de salida 10 (generalmente reflector 10), o directamente a la ubicación predeterminada. Por ejemplo, las alimentaciones de RF o emisores 9 ópticos pueden disponerse en una antena 19 en red en fase o de radiación directa (figura 1E), eliminando así la necesidad de un reflector 10. El calor residual de las celdas 7 solares, módulos de energía 8 y alimentaciones de RF o
10 emisores 9 ópticos se irradia al espacio mediante los paneles 11 térmicos.

15 El reflector 10 se construye de modo que el recubrimiento o la superficie incidente reflejan energía a la Tierra u otra estación o ubicación predeterminada y transmite luz solar. Al transmitir luz 1 solar, la presión fotónica en el reflector 10 se reduce o casi se elimina. Puesto que el reflector 10 puede ser tan grande como el espejo primario 2, reducir la presión fotónica da como resultado una reducción significativa del combustible que se necesita para el mantenimiento en posición del reflector 10. Sin embargo, como con el espejo primario 2, la presión fotónica residual, en conjunción con la tensión mecánica residual seleccionada del recubrimiento que refleja energía y transmite luz 1 solar, puede usarse para mantener la forma correcta de la superficie reflectante. Esta disposición puede reducir el peso del reflector 10, por ejemplo, hasta aproximadamente 66% o más. Alternativamente, se construye un espejo
20 óptico 10 de modo que el recubrimiento refleja las longitudes de onda ópticas deseadas y transmite radiación solar indeseada.

25 La energía 12 óptica o de RF reflejada por el reflector o espejo 10 puede ser un haz de difracción limitada que se focaliza generalmente y se dirige a una antena terrestre o colector 14 ubicado en la Tierra u otra ubicación 15 deseada. Un conjunto de sensores ópticos/de RF en la antena o colector miden el haz, la forma de onda, forma y eje de puntería. Un circuito 17 de realimentación calcula aspectos del haz recibido y envía señales de control de vuelta al sistema de control para ajustar la alineación de uno o más componentes, por ejemplo, ajustar la forma, posición u orientación de un componente.

30 Por ejemplo, si los emisores 9 y el reflector 10 no están debidamente alineados, uno o varios de estos componentes pueden ajustarse de modo que un haz 12 reflejado desde el reflector 10 se dirige hacia la antena receptora 14. Como un ejemplo adicional, la forma de los emisores 9 puede ajustarse.

35 El sistema 13 de control de proximidad o un sistema de control separado se usa para ajustar la alineación de varios componentes de sistema de energía, por ejemplo, un espejo primario o de transmisión, un espejo intermedio, tal como un espejo plegado, un reflector, un subreflector, y una alimentación de antena. El sistema de control puede también mantener la forma del frente de onda de la onda electromagnética transmitida. Otras actividades que pueden realizarse por el sistema de control incluyen control de espejo activo, conjugación de fase y control de antena activo.

40 En una forma de realización, el sistema 13 de control incluye un sistema sensor y un sistema de desplazamiento para ajustar la alineación de uno o más componentes de sistema en respuesta a datos del sensor. Los expertos en la materia apreciarán que un sistema de energía espacial puede presentar diferentes números de elementos de sistema que flotan libremente. Por ejemplo, uno o más, la mayoría o todos los elementos pueden flotar libremente en el espacio. El sistema de control puede configurarse para ajustar la alineación de los elementos que flotan libremente, y elementos que no flotan libremente (por ejemplo, anclados a otros elementos). La presente memoria, sin embargo, se refiere al sistema de control que alinea elementos de sistema de energía que flotan libremente a título explicativo y no limitativo. Por ejemplo, los datos de los sensores o elementos de sistema de control, tales como sensores de radar y lidar, pueden indicar la alineación de dos o más componentes. El sistema de
45 desplazamiento puede incluir uno o más elementos propulsores que pueden activarse o desactivarse en respuesta a los datos del sensor para ajustar la alineación.

Haciendo referencia a la figura 1A, en una forma de realización, el sistema de control de proximidad se ubica en el espacio y generalmente incluye unidades de control o sensores 2a,b (generalmente 2a), 4a,b (generalmente 4a), 5a,b (generalmente 5a), 8a,b (generalmente 8a), 10a,b (generalmente 10a), y propulsores 2d,e (generalmente 2d), 4d,e (generalmente 4d), 5d,e (generalmente 5d), 8d,e (generalmente 8d), y 10d,e (generalmente 10d) en los respectivos componentes de sistema de energía 2, 4, 5, 8 y 10. La forma de realización representada en la figura 1A es meramente ilustrativa de varias configuraciones de control de proximidad que utilizan diferentes números y
50 posicionamiento de componentes de sistema de control de proximidad.

60 Por ejemplo, haciendo referencia a las figuras 1B-D, en otra forma de realización, el espejo primario 2 incluye cuatro sensores, y los espejos intermedios 4 y 5 incluyen ocho sensores. Las figuras 1C y 1D ilustran vistas en sección transversal que muestran una posible disposición de sensor. En la forma de realización ilustrada, cuatro sensores de sistema de control de proximidad 2a en el espejo primario 2 y cuatro sensores 4a correspondientes en el espejo 4 se disponen para mirar o comunicar entre sí. De modo similar, cuatro sensores de control de proximidad 4a adicionales sobre el espejo 4 y cuatro sensores 5a correspondientes sobre el espejo 5 se disponen para comunicar
65

entre sí. Cuatro unidades 5a adicionales sobre el espejo 5 y cuatro unidades 8a sobre el módulo 8 se disponen para comunicar entre sí. Adicionalmente, se disponen cuatro unidades 9a sobre los emisores 9 y cuatro unidades 10a sobre el reflector 10 para comunicar entre sí.

5 Con esta configuración, pueden utilizarse tres unidades de sensor, sirviendo la cuarta unidad en un grupo como unidad de seguridad. La cuarta unidad puede también usarse para resolver un comportamiento anómalo de otras unidades. Además, si se utiliza únicamente una unidad de sensor, las otras tres unidades pueden usarse para el control cruzado de la primera unidad.

10 Por tanto, en las formas de realización representadas, el sistema de control realiza ajustes basándose en comunicaciones entre sensores de elementos adyacentes, es decir, elementos que comunican entre sí reflejando o recibiendo luz solar u otras señales. Por ejemplo, el espejo primario 2, los espejos plegados 4 y 5, el módulo óptico 8 y el reflector 10 pueden incluir todos sensores. Los sensores en los espejos 2 y 4 se comunican entre sí, los sensores en los espejos 4 y 5 se comunican entre sí, los sensores en el espejo 5 y el módulo óptico 8 se comunican entre sí, y los sensores en el módulo óptico 8 y el reflector 10 se comunican entre sí. El circuito de control se configura para ajustar un componente de sistema basándose en la alineación de los pares de componentes previamente descritos. Los ajustes pueden realizarse basándose en alineaciones de otros números y combinaciones de componentes de sistema.

20 Por tanto, por ejemplo, en respuesta a los datos del sensor entre los espejos 2 y 4, pueden activarse (o desactivarse) propulsores en el espejo 4 para realinear el espejo 4 con respecto al espejo 2. De modo similar, pueden activarse (o desactivarse) los propulsores en el espejo 2. Después de realinear un componente de sistema, uno o más componentes de sistema adicionales pueden también volver a posicionarse para mantener la alineación debido de todo el sistema. Un sistema de monitorización en la Tierra u otro planeta, cuerpo o estación puede también monitorizar y alterar la alineación de componentes de sistema.

30 En una forma de realización, un sistema 13 de control de proximidad usa dispositivos de medición de posición complementarios y redundantes, tales como cámaras estereoscópicas, diodos láser modulados y láseres. Por ejemplo, los láseres pueden formar un bucle cerrado de haces ópticamente coherentes, de tal modo que un cambio en las posiciones relativas y en la orientación de los componentes de sistema produce un cambio en el patrón de interferencia en cada uno de los detectores del bucle. El movimiento relativo en un sistema puede también producir desplazamientos Doppler de los haces de luz que determinan la dirección de movimiento. Estos cambios y desplazamientos pueden usarse para mantener las posiciones relativas de componentes de sistema de energía, por ejemplo, a exactitudes submilimétricas.

35 En otra forma de realización, se sitúan múltiples retrorreflectores y objetivos ópticos en la circunferencia de los dos concentradores y se usan para el control activo y pasivo. Los transmisores/ receptores láser y sensores ópticos se ubican en el módulo de energía, y el primer espejo plegable puede monitorizar la posición y orientación de estas estructuras. Los sensores ópticos pueden usar imágenes estereoscópicas para medir la orientación precisa y la distancia aproximada.

45 Los haces láser, tal como los haces láser de onda continua (CW) modulados, pueden reflejarse desde retrorreflectores. La fase del haz devuelto puede compararse con la fase del haz transmitido. Los haces láser pulsados pueden reflejarse desde los retrorreflectores y midiendo el tiempo de recorrido, puede determinarse una distancia independiente. También un conjunto de haces láser de CW altamente coherentes puede reflejarse desde retrorreflectores y compararse mediante interferómetro con los haces transmitidos.

50 Un cambio de franja de interferencia puede corresponder a un cambio de distancia de un cuarto de longitud de onda de la línea de emisión láser. Mediante el uso de una detección homodina, un desplazamiento Doppler del haz puede producir una frecuencia de pulso proporcional a la tasa de cambio de distancia. Por la extremadamente alta frecuencia de la luz láser, pueden medirse velocidades de un milímetro por segundo. Por tanto, la posición y la velocidad radial pueden medirse simultáneamente con el sistema de control de proximidad. Adicionalmente, pueden usarse cámaras estereoscópicas o de dispositivo de carga acoplada (CCD) para obtener la distancia y mediciones espaciales y angulares utilizando estereoscopia de componentes de sistema adyacentes. Estos dispositivos también pueden utilizarse para la navegación de elementos de sistema hacia sus posiciones (aproximadas) iniciales.

60 En una forma de realización alternativa, el sistema 13 de control de proximidad usa un viento solar, principalmente, y propulsores iónicos y fuerzas electrostáticas en segundo lugar, para mantener las posiciones y orientaciones correctas de los elementos de sistema de energía. Los reflectores y espejos plegables pueden presentar estructuras de tipo paleta montadas en su circunferencia. Las secciones de agarre de las paletas apuntan en la dirección radial (con respecto al espejo) de modo que las paletas pueden rotarse con respecto a la luz solar incidente. Mediante la rotación apropiada de las paletas, pueden transmitirse momentos torsores y fuerzas a los reflectores y espejos plegables. Los motores iónicos pueden manejar restos que no se eliminan por las paletas. Además, para elementos que flotan libremente que no estén demasiado lejos, unos pseudoanclajes sueltos pueden proporcionar límites y/o permitir el uso únicamente de fuerzas de repulsión para mantener las posiciones en caso necesario. Por tanto, aunque las formas de realización de la invención eliminan o reducen estructuras de conexión para alinear

componentes de sistema, también pueden adaptarse a otras configuraciones, aplicaciones y soportes. En otra forma de realización, el sistema 13 de control de proximidad usa órbitas, por ejemplo, alrededor de la Tierra u otro cuerpo celeste, de modo que se minimiza el consumo de combustible para el mantenimiento en posición por los elementos de sistema más pesados. Los demás elementos (por ejemplo, espejos plegables de un sistema óptico o de RF) están posicionados para mantener el enfoque, alineación, eje de puntería, etc. Como los últimos elementos son más ligeros, se reduce el combustible requerido por todo el sistema para el mantenimiento en posición. Esta configuración también proporciona una mayor flexibilidad en los reflectores de posicionamiento con respecto al módulo de energía. Algunos componentes pueden encontrarse suficientemente próximos para que los cables puedan anclarlos y las fuerzas electrostáticas repulsivas puedan usarse para mantener los cables tensos.

Adicionalmente, en caso necesario, los componentes pueden presentar sensores de alcance o distancia. Por ejemplo, la figura 1 ilustra unos sensores de distancia 2c, 4c, 5c, 8c, 10c que detectan la distancia entre componentes de sistema. Pueden utilizarse diversos tipos y números de sensores de distancia según sea necesario. Si un componente permanece fuera de una distancia aceptable o una órbita, pueden activarse uno o más propulsores para volver a posicionar el componente dentro de la distancia aceptada.

Por ejemplo, puede utilizarse un telémetro de diodo láser modulado para proporcionar una distancia continua con respecto a los componentes de sistema adyacentes comparando la fase de modulación fase de señales de distancia transmitidas y recibidas. Como ejemplo adicional, un telémetro de láser pulsado puede proporcionar una distancia continua con respecto a los componentes de sistema adyacentes midiendo el tiempo de recorrido de las señales transmitidas y recibidas.

Las figuras 5-17 ilustran las formas de realización alternativas de un sistema de energía que presenta unos elementos que flotan libremente y cómo se capta y procesa la luz solar para producir energía eléctrica. Los propulsores y sensores de sistema de control mostrados en la figura 1 no se muestran en las figuras 5-17, sin embargo, los componentes descritos anteriormente también pueden usarse con las formas de realización alternativas. Además, la manera general en la que los sistemas o componentes mostrados en las figuras 5-17 es la misma o similar al sistema mostrado en la figura 1. Por tanto, no se repiten todos los detalles en relación con la generación de energía óptica o de RF con las formas de realización alternativas. Los componentes de las formas de realización alternativas que son iguales o similares a los componentes representados en la figura 1 se representan con números de referencia similares.

Haciendo referencia a la figura 5, en una forma de realización, un sistema de energía espacial incluye un sistema de lentes que incluye lentes en forma de parábola e hipérbola, tal como un sistema óptico de Cassegrain, espejos inflables y elementos de soporte de membrana. Más específicamente, el sistema incluye un espejo primario 2, un espejo 50, membranas 50a-d, tales como membranas transparentes, un primer espejo intermedio 4, un módulo que incluye concentradores 6, celdas 7 solares, un módulo óptico o de RF 8, emisores 9 ópticos o alimentaciones de transmisor de RF, y un panel 11 térmico (como en la figura 1), un segundo espejo intermedio 52 y un reflector 10.

El espejo 50 puede ser un espejo en forma de elipsoide y está soportado por cuatro membranas 50a-d. Los espejos 2 y 10 están soportados por dos membranas 50a-b. Las membranas se usan para mantener la forma apropiada de los espejos 2, 10 y 50 usando una presión de gas apropiada. Los espejos también están soportados por toroides o tubos inflables (generalmente 24). Los toroides inflables pueden plegarse antes de su lanzamiento e inflarse con gas o tanques de aire químico una vez en órbita.

Los rayos 1 de la luz solar se reflejan por el espejo 2 hacia un punto 53 de enfoque, desde el que divergen e inciden sobre el espejo 50. El espejo 50 retransmite la imagen a través de rayos convergentes al espejo plegable 4. El espejo 4 converge los rayos a un foco magnificado e incluso más impreciso (por ejemplo, ahora de 0,34 km de diámetro), sobre superficies 7 de panel de celdas solares del módulo óptico 8.

Por ejemplo, en una forma de realización, los paraboloides de concentrador 6 solar pueden presentar un diámetro de aproximadamente 2,25 km, una longitud focal de 4,125 km, y un número f de 1,8. De manera similar, los paraboloides usados para transmitir microondas pueden presentar un diámetro de 2,25 km, una longitud focal de 5,975 km y número f de 2,6. En ambos casos seleccionados, el tamaño de punto focal del sol en el primer foco 53 de los colectores solares del espejo primario sería de aproximadamente 36 metros.

La energía eléctrica de CC generada por las celdas 7 solares se convierte a energía óptica o de RF mediante el módulo de energía óptico o de RF 8. Se pretende que el tamaño de imprecisión mayor del haz de energía generado coincida con las dimensiones de la superficie de la red y proporcione una iluminación casi igual.

La energía procedente del módulo 8 se dirige al espejo plegable 52. El espejo plegable 52 es similar a un espejo plegable 4 ó 5 excepto en que el espejo 5 está configurado para reflejar la luz solar, mientras que el espejo 52 está configurado para reflejar energía óptica o de RF. El espejo plegable 52 dirige la energía al espejo reflectante 10, por ejemplo, que presenta una forma parabólica. La energía llega a la superficie parabólica del espejo 10 a través de rayos que se expanden y refleja el haz 12 de salida a la ubicación predeterminada, por ejemplo, la Tierra o una

estación espacial. Tal como se muestra en la figura 5, el haz 12 reflejado por el espejo 10 en este sistema es un haz sustancialmente paralelo o un haz de difracción limitada.

5 La figura 6 ilustra otra forma de realización alternativa que utiliza un sistema óptico similar al sistema mostrado en la figura 5. En esta forma de realización, los espejos están soportados por dos membranas, mientras que el espejo 50 está soportado por cuatro membranas tal como se muestra en la figura 1.

10 Haciendo referencia a la figura 7, una forma de realización alternativa de un sistema de energía espacial incluye un sistema óptico, tal como un sistema óptico de Coude, espejos inflables, y elementos secundarios de cuatro membranas. Los componentes se configuran de modo que los rayos de luz solar llegan e inciden colimados sobre la superficie de red de celdas solares 7 del módulo óptico 8. Además, el espejo 10 refleja los rayos hacia un "punto" o un punto más focalizado en la superficie terrestre en comparación con los sistemas representados en las figuras 5 y 6.

15 La figura 8 ilustra otra forma de realización alternativa. Esta forma de realización utiliza una configuración que es similar a la representada en la figura 7, excepto en el que el sistema mostrado en la figura 8 utiliza dos membranas 50a,b para soportar cada espejo.

20 Las formas de realización representadas en las figuras 5-8 funcionan de manera similar a la forma de realización representada en la figura 1A excepto en que otras formas de realización usan, por ejemplo, diferentes componentes ópticos y sistemas de membrana.

25 Los sistemas de adquisición, conversión y transmisión de energía espacial descritos anteriormente operan de manera conjunta, porque los elementos de adquisición y transmisión y el módulo de conversión presentan un eje de rotación común. Esta disposición permite la utilización de diversos ángulos "horizontales", entre los elementos de envío y recepción de cada sistema, para apuntar un elemento al sol y otro hacia la Tierra durante diversas situaciones orbitales estacionales. La rotación adicional del plano de eje óptico de un elemento alrededor del eje óptico de otros elementos permite apuntar con precisión el eje "vertical" del transmisor a diversas ubicaciones en la Tierra, mientras se mantiene el colector posicionado en el sol.

30 Las figuras 9-10 ilustran las formas de realización de un subsistema de generación de energía. Los componentes del subsistema de transmisión inalámbrica no se muestran en las figuras 9 y 10, sin embargo, pueden utilizarse diversos subsistemas de transmisión, incluyendo los subsistemas descritos anteriormente y los subsistemas representados en las figuras 12 y 13.

35 Las formas de realización de los subsistemas de generación de las figuras 9 y 10 incluyen espejos inflables, membranas y múltiples concentradores. En particular, las formas de realización incluyen un espejo reflectante 2, un par de espejos 50, un espejo intermedio 4, y un par de módulos que presentan un concentrador 6, celdas 7 solares, un módulo óptico o de RF 8, emisores 8 ópticos o alimentaciones de transmisor de RF, y un panel 11 térmico (como en la figura 1). Cuatro membranas de soporte 50ad soportan ambos espejos 50 en las formas de realización mostradas en la figura 9, mientras que dos membranas de soporte 50a,b soportan los espejos 50 en la forma de realización mostrada en la figura 10. En ambas formas de realización, el espejo 2 incluye dos membranas de soporte 50a,b, uno de los espejos 50 es mayor que el otro espejo 50, y uno de los módulos (6, 7, 8, 9, 11) es mayor que el segundo módulo. La electricidad CC generada por las celdas solares y proporcionada por los emisores 8 se procesa como se describió anteriormente.

50 Haciendo referencia a la figura 11, en otra forma de realización, un subsistema de generador de energía puede configurarse sin concentradores. Por tanto, el módulo 8, emisor 9, reflector 10 y los componentes de panel pueden integrarse entre sí y conectarse a través de un cable 110 tomacorriente y un anillo 112 colector eléctrico u otro acoplamiento adecuado a las celdas 7 solares. Cuando la luz solar incide sobre las celdas solares, la electricidad CC generada por las celdas solares se proporciona al módulo (8, 9, 10, 11) a través del cable 110. El módulo convierte la electricidad CC en energía óptica o de RF, y los emisores 9 proporcionan la salida de energía óptica o de RF a la antena de red en fase 19.

55 Las figuras 12 y 13 ilustran las formas de realización de subsistemas de transmisión inalámbrica que transmiten energía óptica o de RF generada por un subsistema de generación de energía. Pueden utilizarse diversos subsistemas de generación, incluyendo los subsistemas de generación descritos anteriormente.

60 Haciendo referencia a la figura 12, una forma de realización de un subsistema de transmisión utiliza un espejo 4 y un sistema concentrador que es ortogonal a la dirección del haz 12 de salida. La luz solar reflejada desde un espejo 4 se dirige hacia un espejo inflable 50 que está soportado por dos membranas 50a y 50b. El espejo 50 refleja los rayos incidentes hacia un módulo que presenta un concentrador 6, celdas 7 solares, un módulo 8, emisores 9 y un panel 11. Las celdas solares generan electricidad CC, que se convierte en energía óptica o de RF mediante los emisores 9. La salida de los emisores 9 se dirige a un reflector 10, tal como un espejo inflable, que también está soportado por membranas y refleja el haz 12 de salida.

65

La forma de realización representada en la figura 13 está configurada para RF y utiliza un elemento de espejo de RF 130. Más específicamente, la RF que incide sobre el elemento 130 se refleja hacia un módulo que presenta concentradores 6, celdas 7 solares, el módulo 8, emisores 9 y el panel 11. La electricidad CC generada por las celdas 7 solares se convierte por el módulo 8 en energía de RF. Los emisores 9 proporcionan la energía de RF al espejo 10, que refleja el haz 12 de salida.

Las figuras 14-17 ilustran las formas de realización adicionales de configuraciones del sistema de energía espacial. Por ejemplo, la figura 14 ilustra una configuración en la que un único espejo 4 está configurado para reflejar la luz 1 solar directamente desde el espejo primario 2 hacia los concentradores 6 y las celdas 7 solares, en lugar de reflejar la luz solar indirectamente hacia los concentradores utilizando un segundo espejo intermedio. La salida de los emisores 9 se proporciona al reflector 10, que refleja el haz 12 de salida.

La figura 15 ilustra una configuración que es similar a la configuración representada en la figura 1, excepto en que el módulo que presenta los componentes 6, 7, 8, 9 y 11 está situado entre los espejos primero y segundo 4 y 52. Por tanto, el haz óptico o de RF proporcionado por los emisores 9 se refleja por el segundo espejo 52, que refleja el haz hacia el reflector 10, que genera el haz 12 de salida.

La figura 16 ilustra una configuración en la que los subsistemas de generación e inalámbricos incluyen cada uno dos espejo intermedios, tal como espejos plegables. Más específicamente, el subsistema de generación incluye un espejo primario 2, y espejos intermedios 4 y 5, tal como espejos plegables. La luz solar se refleja desde el segundo espejo 5 hacia el módulo que presenta las celdas 7 solares que generaron electricidad CC. Los emisores convierten la electricidad CC en un haz óptico o de RF, que se proporciona a un espejo 52, que refleja el haz hacia un espejo 160. El espejo 160 refleja el haz hacia el espejo 10, que refleja el haz 12 de salida.

La figura 17 ilustra una forma de realización en la que los subsistemas de generación e inalámbricos incluyen cada uno tres espejos plegables o intermedios. Más específicamente, el subsistema de generación incluye los espejos intermedios 4, 5 y 170, y el subsistema de transmisión incluye los espejos intermedios 52, 172 y 174. La luz 1 solar incidente se refleja desde el espejo 2, hacia el espejo 4, hacia el espejo 5, hacia el espejo 170 hacia el las celdas 7 solares. Las celdas generan electricidad CC, y los emisores 9 convierten la electricidad CC en un haz óptico o de RF, que se proporciona a un espejo 52, que refleja el haz hacia espejo 172, hacia el espejo 174 y a continuación hacia el espejo reflector 10, que proporciona el haz 12 de salida.

A partir de diversos aspectos y formas de realización de un sistema de energía espacial, subsistemas de generación y subsistemas de transmisión, los expertos en la materia apreciarán que las formas de realización descritas e ilustradas son ventajosas con respecto a los sistemas conocidos.

Por ejemplo, las estructuras de conexión entre los componentes de sistema se han eliminado, reduciendo así significativamente el peso del sistema. Además, los elementos que flotan libremente se alinean sin usar elementos estructurales de conexión rígidos. En su lugar, estos elementos vuelan libremente y se posicionan y orientan usando un sistema de control de proximidad.

Adicionalmente, el sistema de energía espacial puede aplicarse a diversos tamaños, configuraciones y ubicaciones de estaciones de energía. Por ejemplo, el sistema de energía espacial puede aplicarse a una estación de energía de 1 GW situada en una órbita terrestre geoestacionaria (o cualquier otra órbita necesaria alrededor de cualquier cuerpo pesado de interés).

Adicionalmente, como los elementos de las formas de realización ilustradas son independientes entre sí (por ejemplo objetos que vuelan libremente bajo el control del sistema de control de proximidad), las estructuras principales (colector solar y el sistema de transmisión óptico o de RF) pueden situarse en órbitas seleccionadas para minimizar los requisitos de combustible de mantenimiento en posición. Los espejos plegables más pequeños pueden volar en otras órbitas, manteniendo todo el sistema en alineación y enfocado. Por tanto, la flexibilidad de las formas de realización permite reducir el consumo de combustible en órbita.

Además, como los elementos vuelan libremente, bajo el control del sistema de control de proximidad, los elementos defectuosos pueden retirarse de su posición, y los elementos de sustitución pueden colocarse en posición. Esta flexibilidad simplifica la necesidad de sustitución de módulos en órbita y un tiempo de inactividad costoso. Los elementos del sistema defectuosos también pueden situarse en una órbita de estacionamiento próxima de modo que, si en el futuro la reparación o uso para otra misión es viable, estarán fácilmente disponibles.

El sistema de energía espacial también permite la construcción de grandes estructuras en el espacio, específicamente hacer que la construcción de una estación de energía en órbita terrestre geoestacionaria sea practicable, mientras se superan las deficiencias de los sistemas anteriores que habitualmente se basaban en estructuras de conexión pesadas. Los elementos del sistema también pueden posicionarse, orientarse y conformarse de manera precisa sin usar grandes cantidades de combustible o estructuras de mantenimiento en posición.

5 El sistema proporciona una ventaja adicional de reducción de la presión fotónica en el espejo primario 2 como resultado de la reflexión selectiva por el recubrimiento 2a. Más específicamente, la tensión residual mecánica en el recubrimiento se regula para contrarrestar la presión fotónica solar, y mantener una superficie ópticamente plana. La reflexión selectiva puede reducir la presión fotónica solar en el espejo primario en, por ejemplo casi un 50%. Para reducir adicionalmente la carga térmica en las celdas 7 solares, el primer espejo plegable 4 puede presentar el mismo recubrimiento que el espejo primario 2.

10 Además, usando una óptica de gran apertura, ya no se requiere la necesidad de un panel solar grande o un "conjunto" de muchos colectores más pequeños. Más bien, un reflector grande puede captar y concentrar la luz solar sobre un panel solar mucho más pequeño.

15 Los expertos en la materia apreciarán que pueden utilizarse diversos tamaños, materiales, conformaciones y formas de elementos ópticos para otras configuraciones de sistema. Además, los expertos en la materia apreciarán que diversas formas de realización pueden usar diversas frecuencias incluyendo las frecuencias RF, infrarroja y óptica.

Los componentes de sistema también pueden ensamblarse de diferentes maneras. Por ejemplo, los componentes pueden volar al espacio por separado, en su propia órbita. La dirección de apunte de los componentes puede ajustarse entonces para su alineación con otros componentes de sistema.

20 Adicionalmente, las formas de realización pueden utilizarse en diferentes ubicaciones y entornos. Por ejemplo, puede proporcionarse energía a diversas ubicaciones terrestres y espaciales incluyendo, pero sin limitarse a, la Tierra, la luna, otros planetas, estaciones espaciales, vehículos espaciales y satélites. De manera similar, el sistema de control de proximidad puede controlar la posición de los componentes de sistema de energía desde diversas ubicaciones, por ejemplo, desde la Tierra, la luna, otros planetas, estaciones espaciales, vehículos espaciales y satélites. Las formas de realización también pueden configurarse con diferentes números de espejos, membranas, concentradores y otros componentes. Además, diferentes números de elementos de energía de un sistema pueden flotar libremente. Por ejemplo, dependiendo de una aplicación o configuración particular, algunos, la mayoría o todos los componentes de sistema de energía pueden flotar libremente o estar libres de conectores.

30 Pueden introducirse determinadas modificaciones, alteraciones y sustituciones poco significativas de las formas de realización descritas sin apartarse del alcance de la invención, tal como se indica en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de energía espacial (S), que comprende:
- 5 una pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio y un sistema de control distribuido, caracterizado porque la pluralidad de elementos de sistema de energía incluye por lo menos un elemento de sistema de energía intermedio (4) en el espacio que recibe luz solar desde un elemento de sistema de energía (2) en el espacio y transmite la luz solar hacia otro elemento de sistema de energía (5) en el espacio; y
- 10 incluyendo la pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio un componente de sistema de control del sistema de control distribuido, en el que
- 15 uno o más de los elementos de la pluralidad de elementos de sistema de energía flotan libremente, y la pluralidad de elementos de sistema de energía está dispuesta para captar luz solar (1), generar energía eléctrica a partir de la luz solar (1) captada y convertir la energía eléctrica a una forma para su transmisión a una ubicación predeterminada, y
- 20 el sistema de control distribuido mantiene la alineación de los uno o más elementos de sistema de energía que flotan libremente basándose en las comunicaciones entre los componentes de sistema de control de los elementos de sistema de energía adyacentes.
2. Sistema según la reivindicación 1, incluyendo la pluralidad de elementos un espejo.
- 25 3. Sistema según la reivindicación 2, en el que el espejo incluye un revestimiento óptico que reduce la presión fotónica en el espejo.
4. Sistema según la reivindicación 1, comprendiendo la ubicación predeterminada un planeta (15).
- 30 5. Sistema según la reivindicación 1, incluyendo la pluralidad de elementos:
- un espejo primario (2),
- un primer espejo intermedio (4), en el que el espejo primario (2) refleja la luz solar (1) hacia el espejo intermedio (4)
- 35 un módulo de energía, en el que el primer espejo intermedio (4) dirige la luz solar (1) hacia el módulo de energía, y el módulo de energía genera energía eléctrica;
- un emisor (9), y
- 40 un espejo reflectante (10), en el que el emisor (9) convierte la energía eléctrica generada a una forma que puede transmitirse, y la energía convertida se proporciona al espejo reflectante (10), en el que el espejo reflectante (10) está configurado para transmitir la energía convertida a un receptor en la ubicación predeterminada.
- 45 6. Sistema según la reivindicación 5, que comprende además un segundo espejo intermedio, en el que el espejo primario refleja la luz solar hasta el primer espejo intermedio, y el primer espejo intermedio refleja la luz solar hacia el segundo espejo intermedio, y el segundo espejo intermedio refleja la luz solar hacia el módulo de energía.
7. Sistema según la reivindicación 5, en el que el espejo intermedio sigue la orientación del espejo primario de modo que los espejos intermedio y primario permanecen alineados entre sí y con el sol.
- 50 8. Sistema según la reivindicación 5, comprendiendo el módulo de energía un módulo fotovoltaico, en el que celdas solares del módulo fotovoltaico están colocadas con el emisor.
9. Sistema según la reivindicación 1, en el que la energía convertida comprende energía de radiofrecuencia u óptica.
- 55 10. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de control mantiene la alineación de la totalidad de la pluralidad de elementos.
- 60 11. Sistema según la reivindicación 1, en el que la totalidad del sistema de control está ubicado en el espacio.
12. Sistema según la reivindicación 1, en el que un componente del sistema de control está ubicado en la Tierra (15).
- 65 13. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de control incluye un elemento de desplazamiento, y el elemento de desplazamiento se activa selectivamente para ajustar la alineación de un elemento en el espacio.

- 5 14. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de control incluye una pluralidad de sensores, en el que se comparan los datos de los sensores de dos elementos para determinar si los dos elementos están alineados correctamente.
- 10 15. Sistema según la reivindicación 1, en el que los elementos se configuran de manera que un viento solar ajusta la alineación de los elementos.
16. Sistema según la reivindicación 1, en el que los elementos de sistema de energía se configuran de manera que una fuerza electrostática ajusta la alineación de los elementos de sistema de energía.
17. Sistema según la reivindicación 1, incluyendo la pluralidad de elementos una antena en red en fase o en red de radiación directa, transmitiendo la antena la energía eléctrica a la ubicación predeterminada.
- 15 18. Sistema según la reivindicación 1, en el que la totalidad de los elementos de sistema de energía están en el espacio.
19. Sistema según la reivindicación 1, en el que uno o más elementos de sistema de energía reflejan unas longitudes de onda seleccionadas de luz solar incidente.
- 20 20. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de control mantiene la alineación óptica de una pluralidad de elementos de sistema de energía que flotan libremente en el espacio.
- 25 21. Procedimiento para alinear los elementos de sistema de energía para generar energía en el espacio y transmitir la energía generada a una ubicación predeterminada, comprendiendo el procedimiento:
- 30 lanzar una pluralidad de elementos de sistema de energía y un sistema de control distribuido al espacio, en el que uno o más elementos de sistema de energía de la pluralidad de elementos de sistema de energía flotan libremente en el espacio, y el sistema de control distribuido incluye unos componentes en la pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio;
- 35 posicionar la pluralidad de elementos de sistema de energía en el espacio, incluyendo la pluralidad de elementos de sistema de energía por lo menos un elemento de sistema de energía intermedio (4) en el espacio que recibe luz solar (1) desde un elemento de sistema de energía (2) en el espacio y transmite la luz solar (1) a otro elemento de sistema de energía (5) en el espacio; y
- 40 mantener la alineación de los elementos de sistema de energía que flotan libremente utilizando el sistema de control distribuido basándose en las comunicaciones entre los componentes de sistema de control de los elementos de sistema de energía adyacentes de manera que los elementos de sistema de energía se configuran para:
- 45 captar la luz solar (1);
- generar energía eléctrica a partir de la luz solar captada (1), y
- 50 convertir la energía eléctrica a una forma adecuada para su transmisión a la ubicación predeterminada.
22. Procedimiento según la reivindicación 21, en el que la totalidad de los elementos de sistema de energía están en el espacio.
23. Sistema según la reivindicación 21, en el que el sistema de control mantiene la alineación óptica de una pluralidad de elementos de sistema de energía que flotan libremente en el espacio.

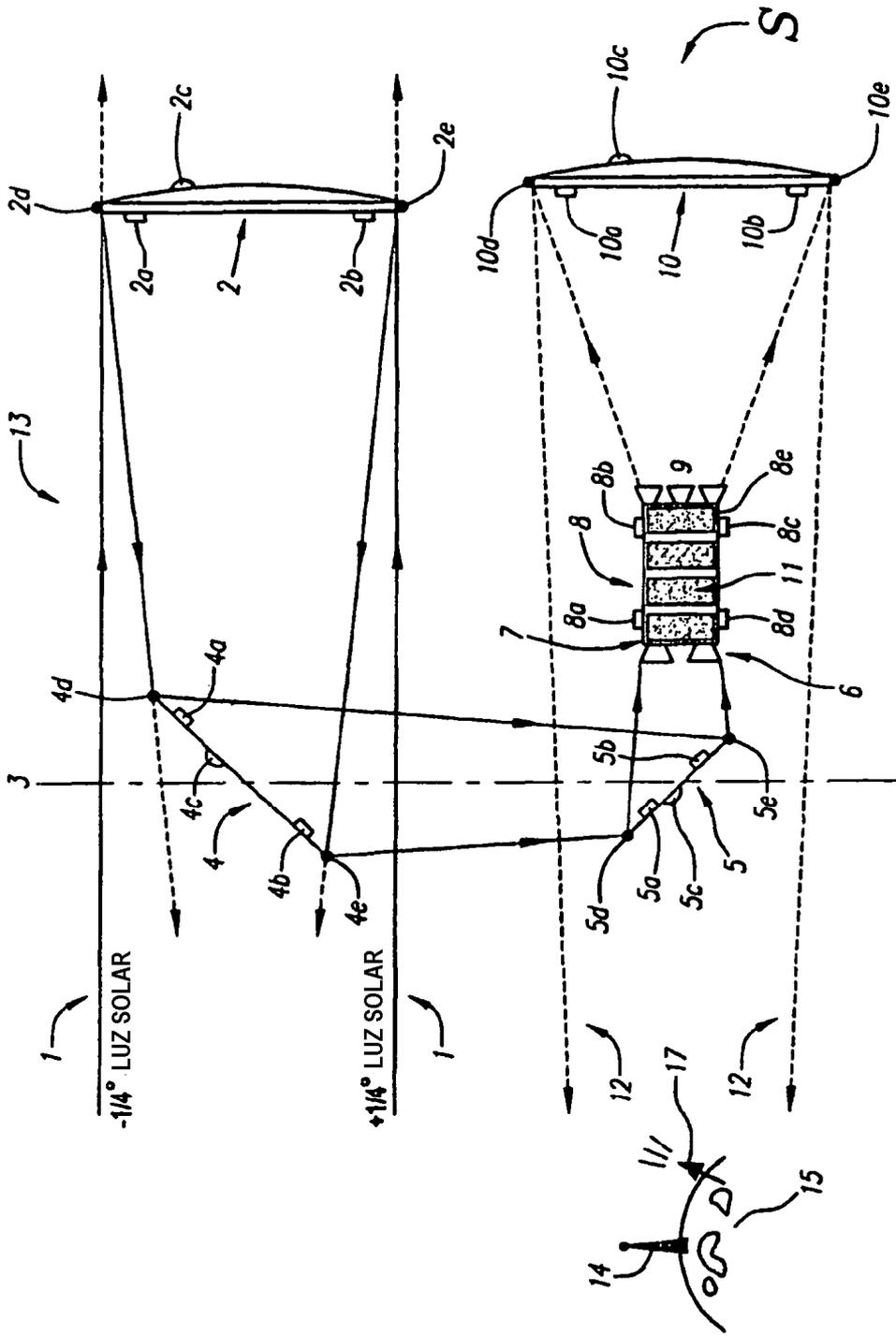


FIG. 1A

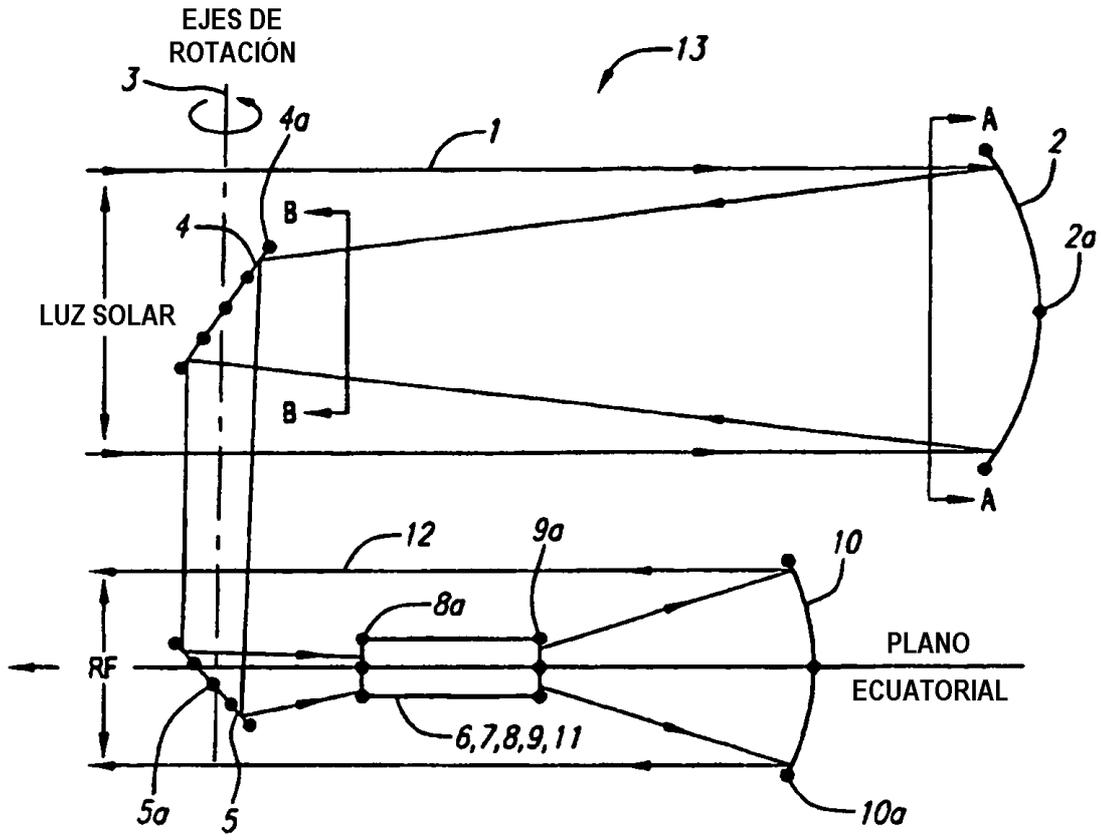


FIG. 1B

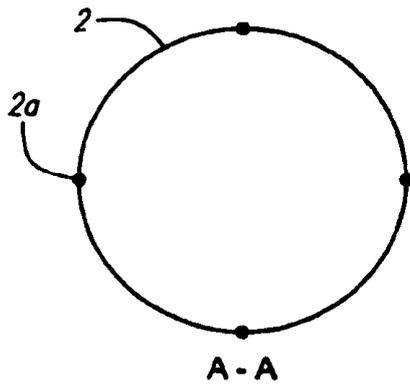


FIG. 1C

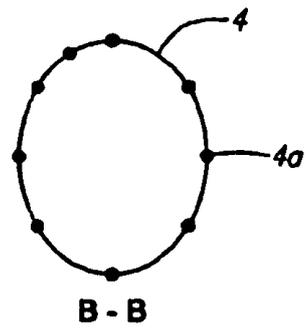


FIG. 1D

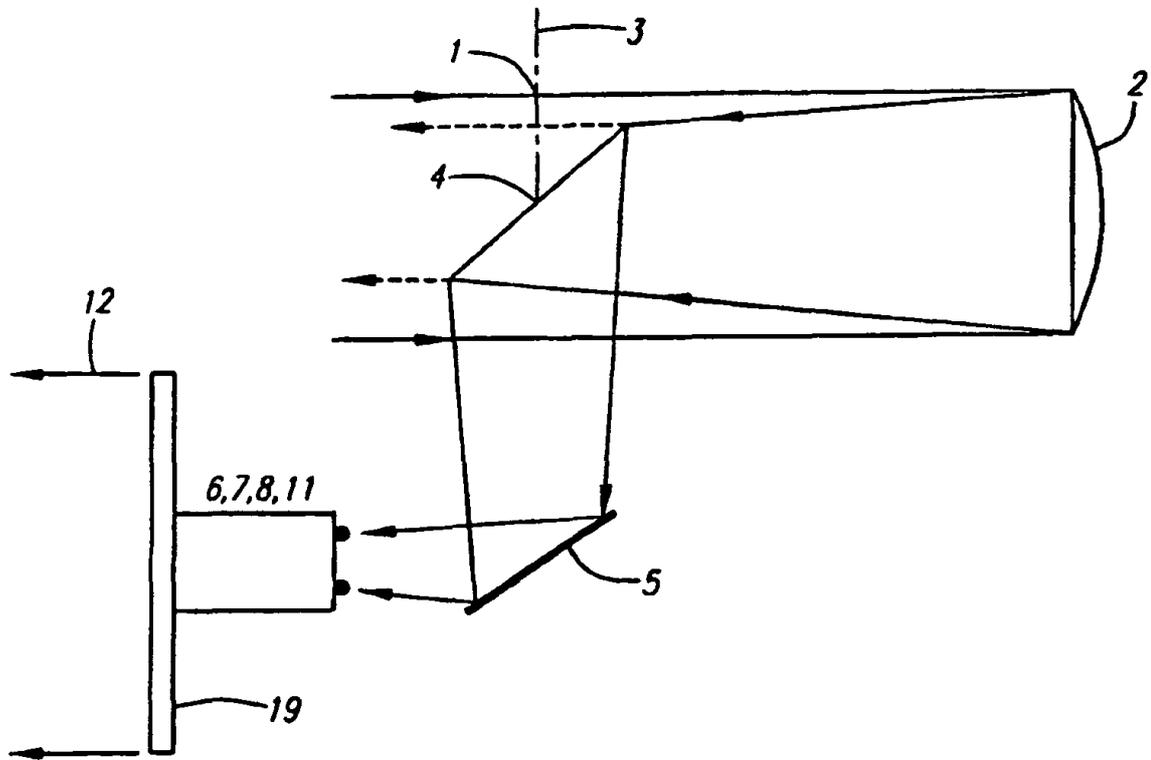


FIG. 1E

FIG. 2A

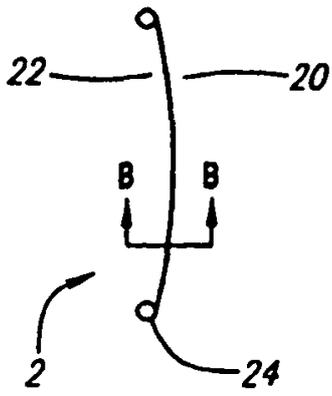
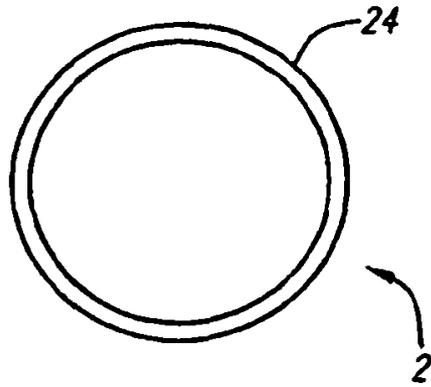
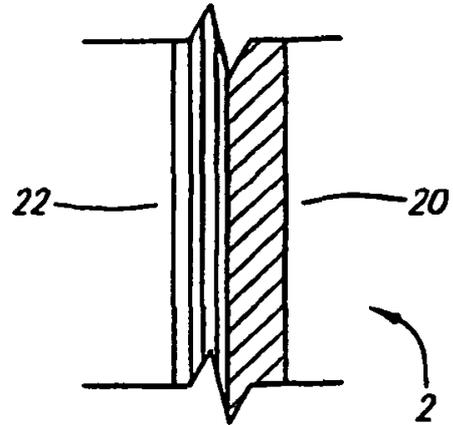


FIG. 2B



B - B
FIG. 3

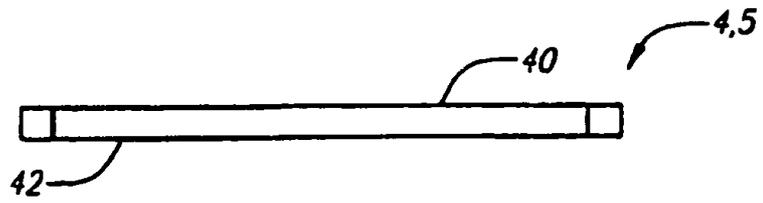


FIG. 4A

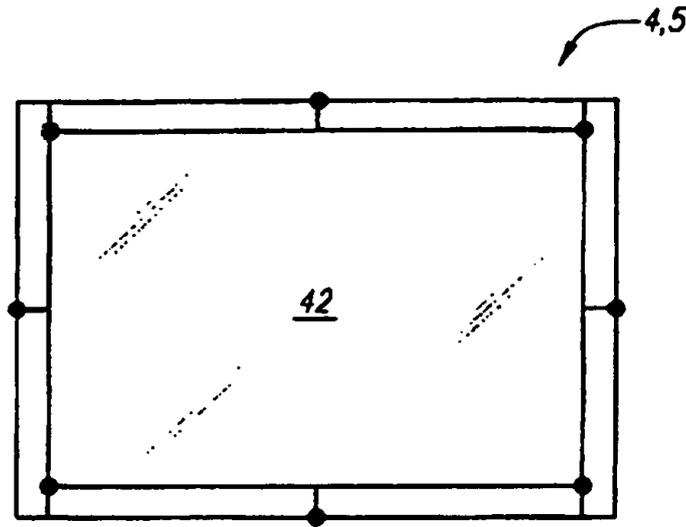


FIG. 4B

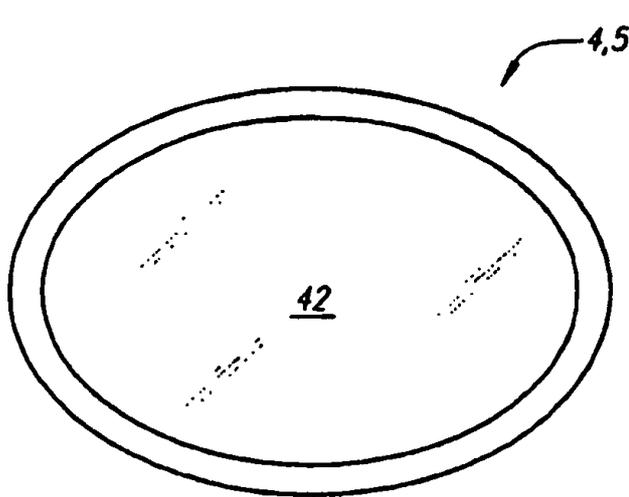


FIG. 4C

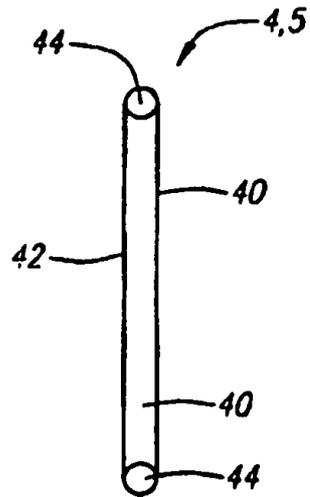


FIG. 4D

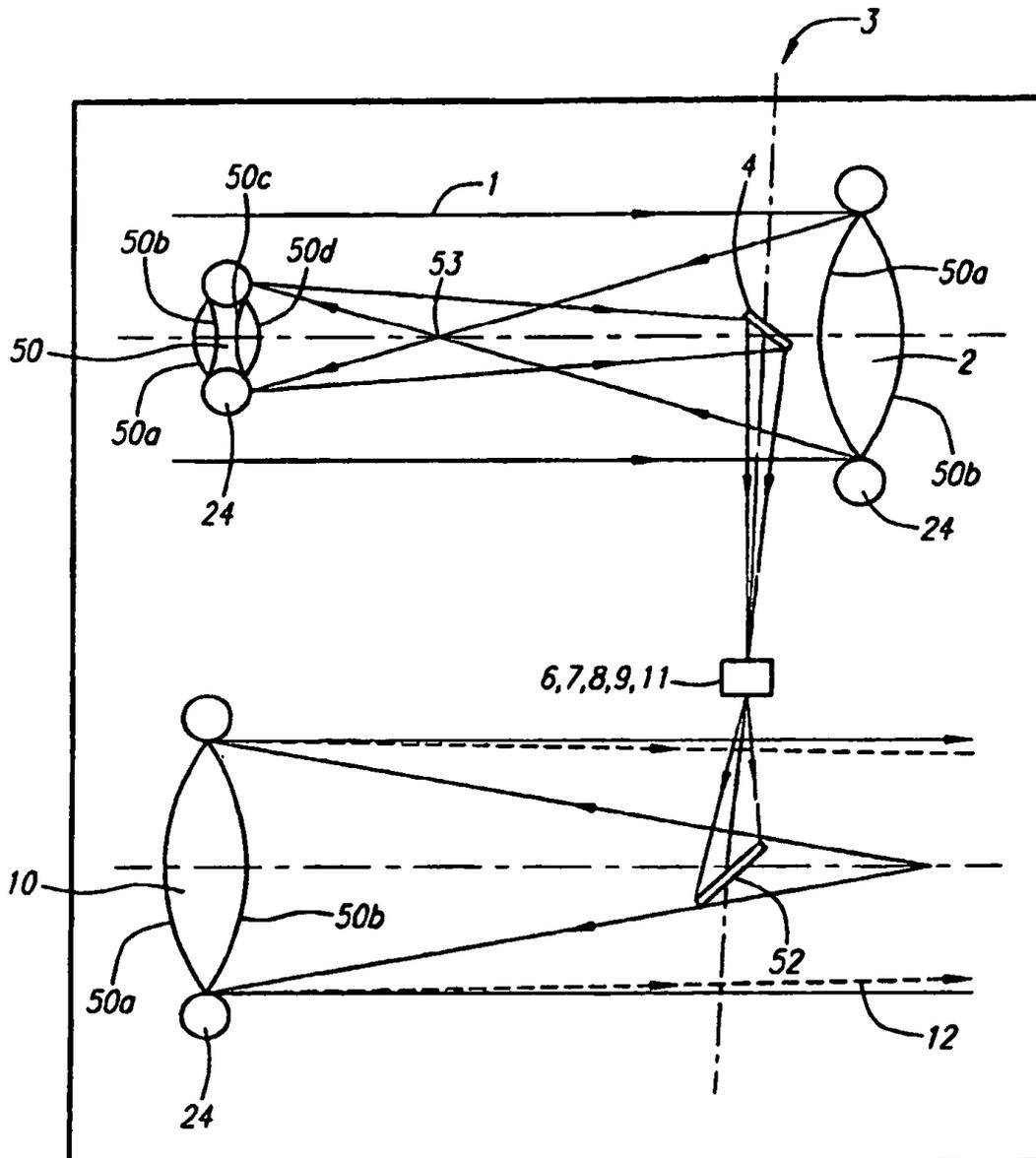


FIG. 5

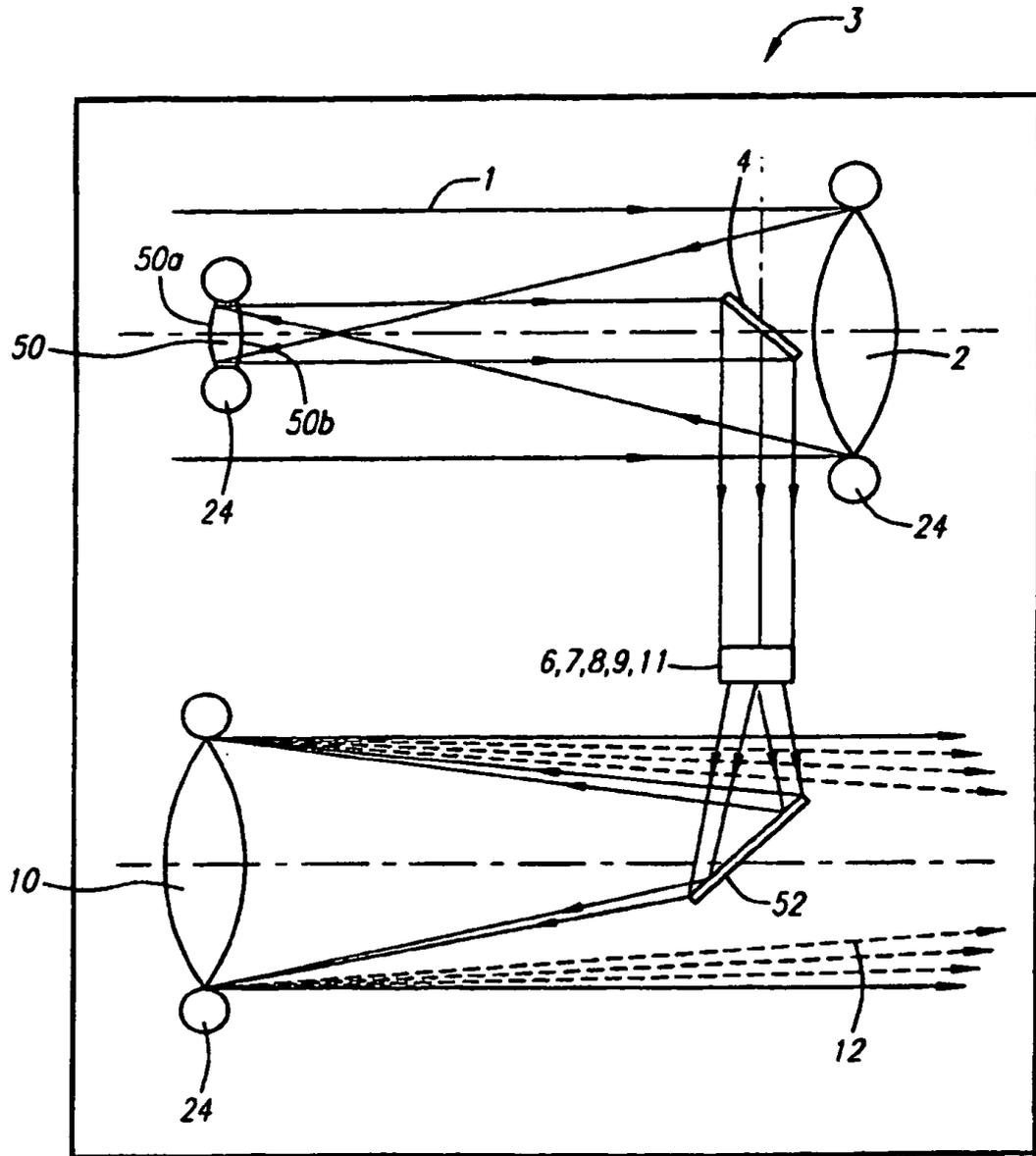


FIG. 8

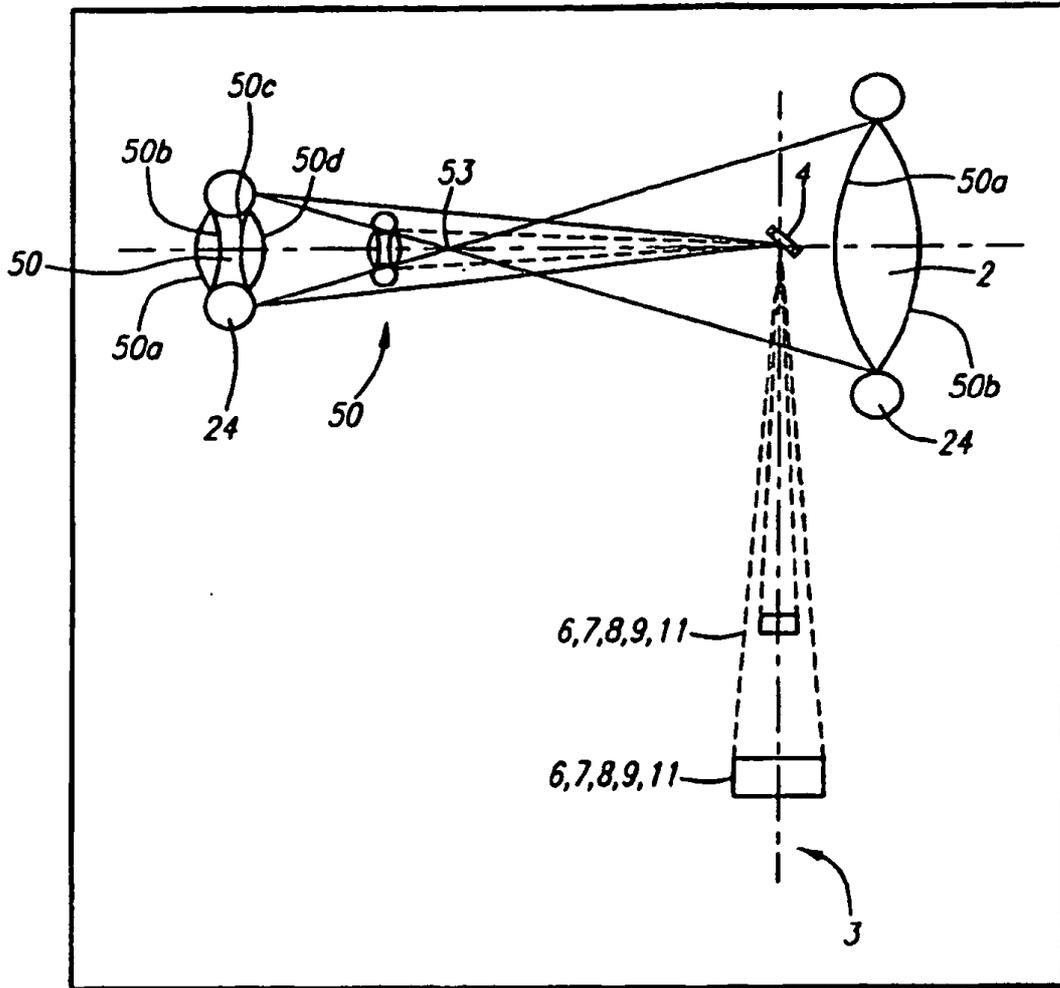


FIG. 9

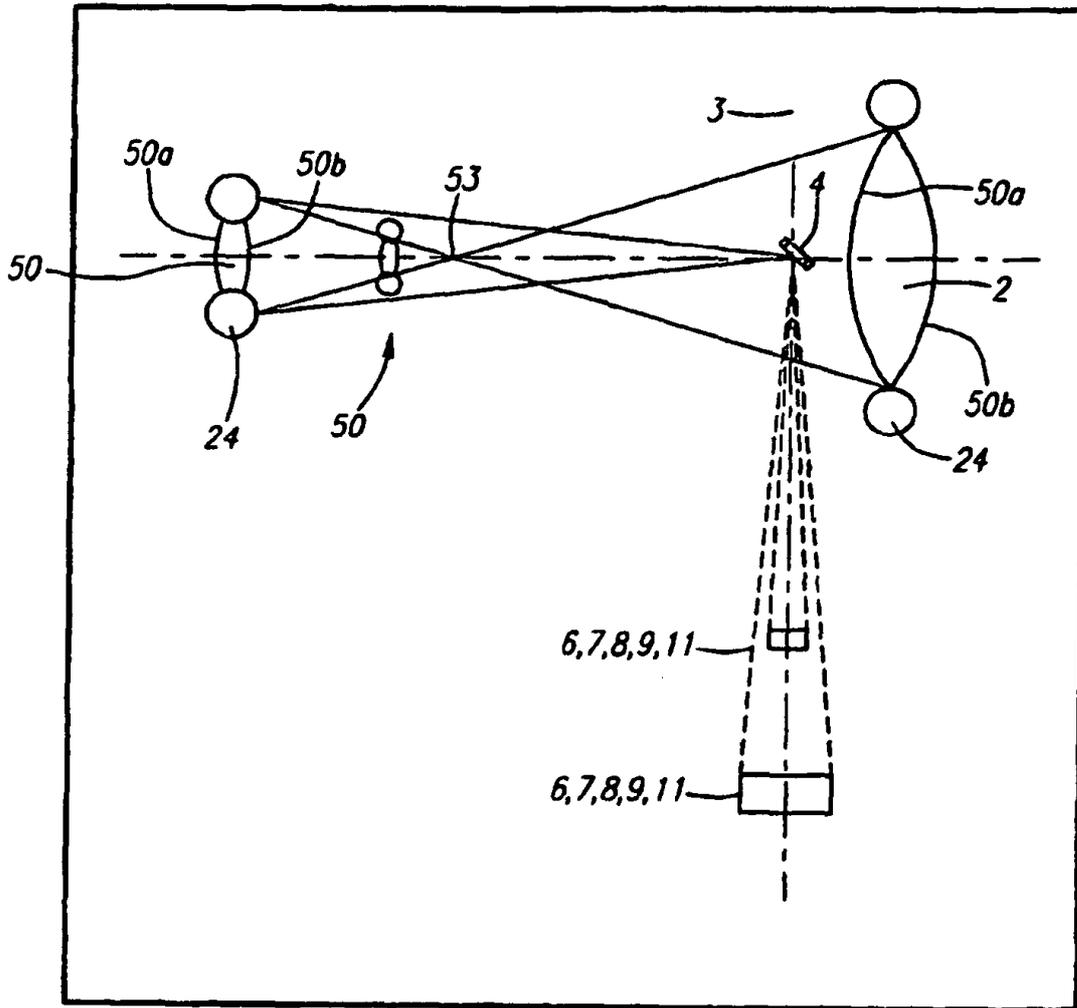


FIG. 10

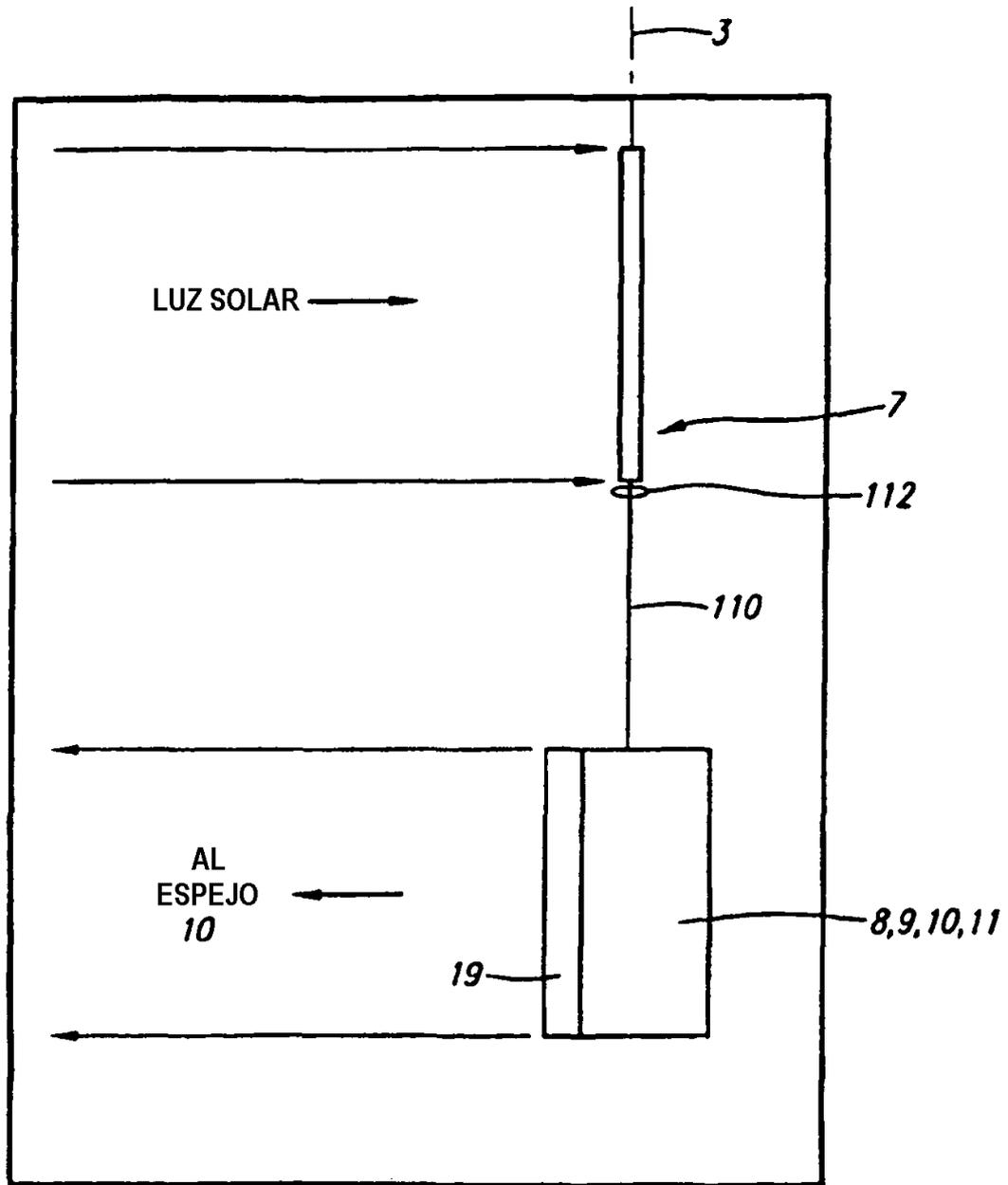


FIG. 11

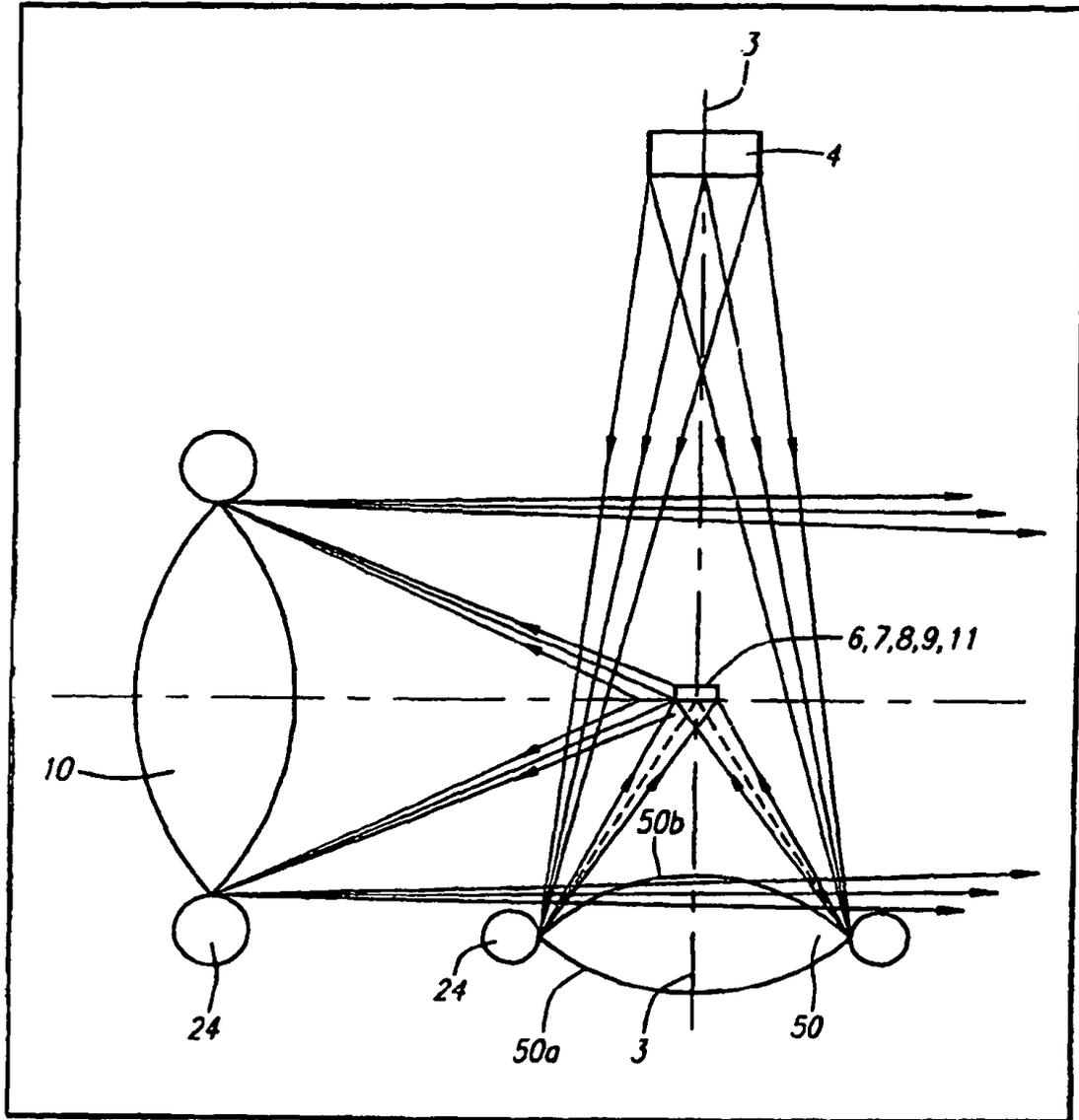


FIG. 12

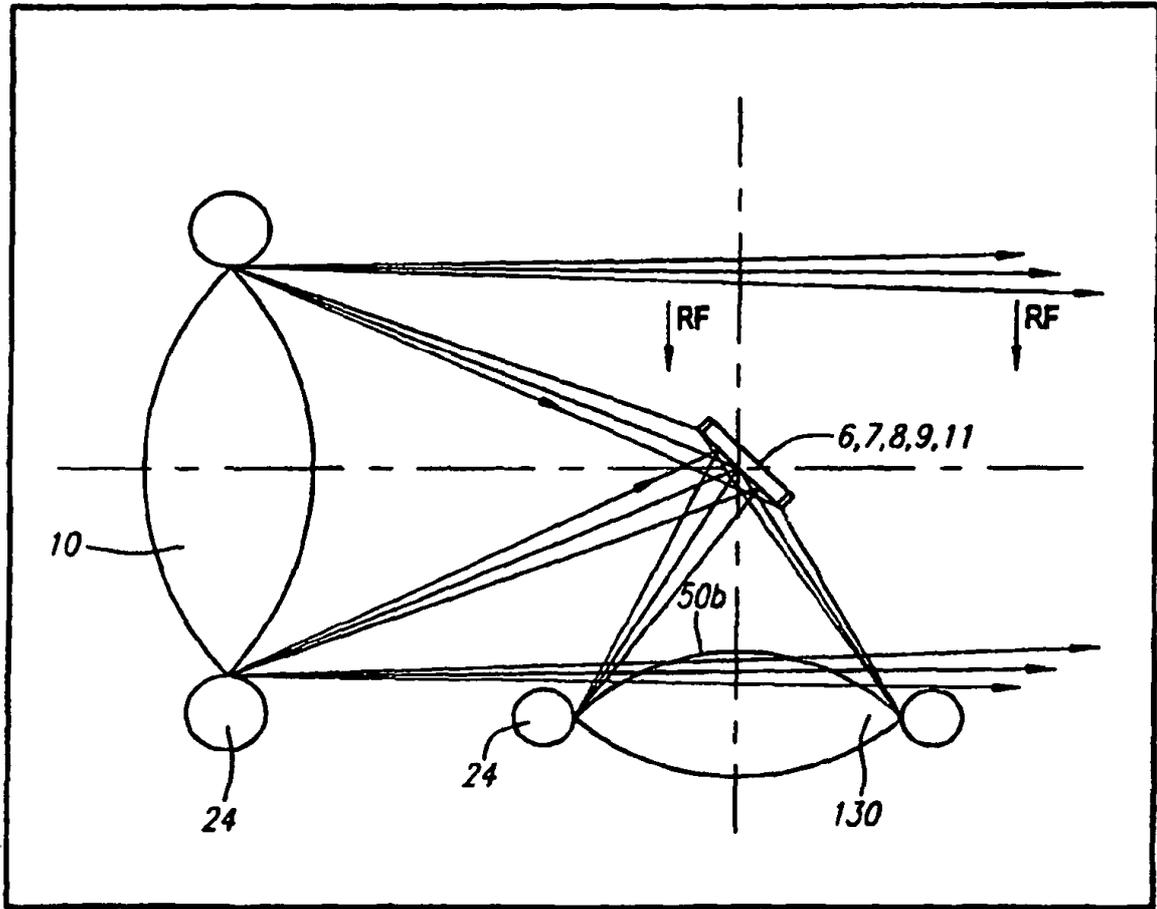


FIG. 13

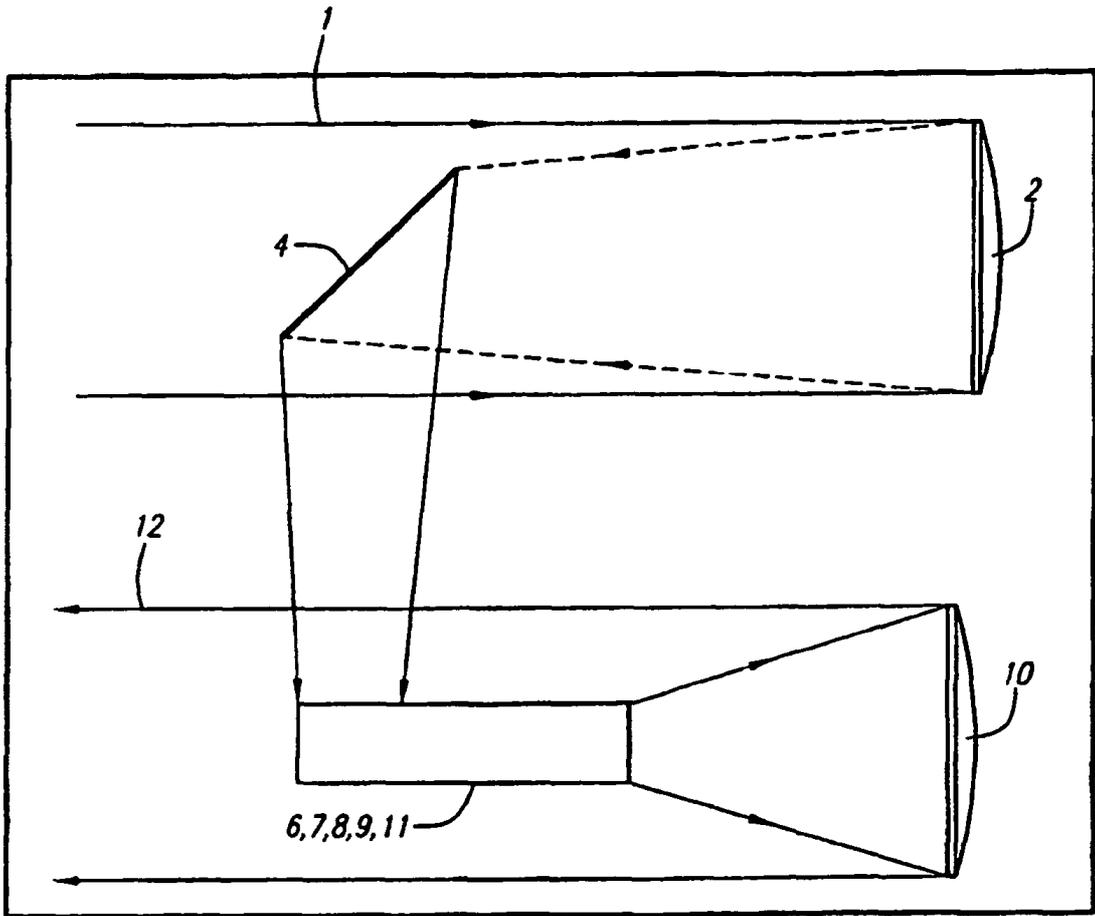


FIG. 14

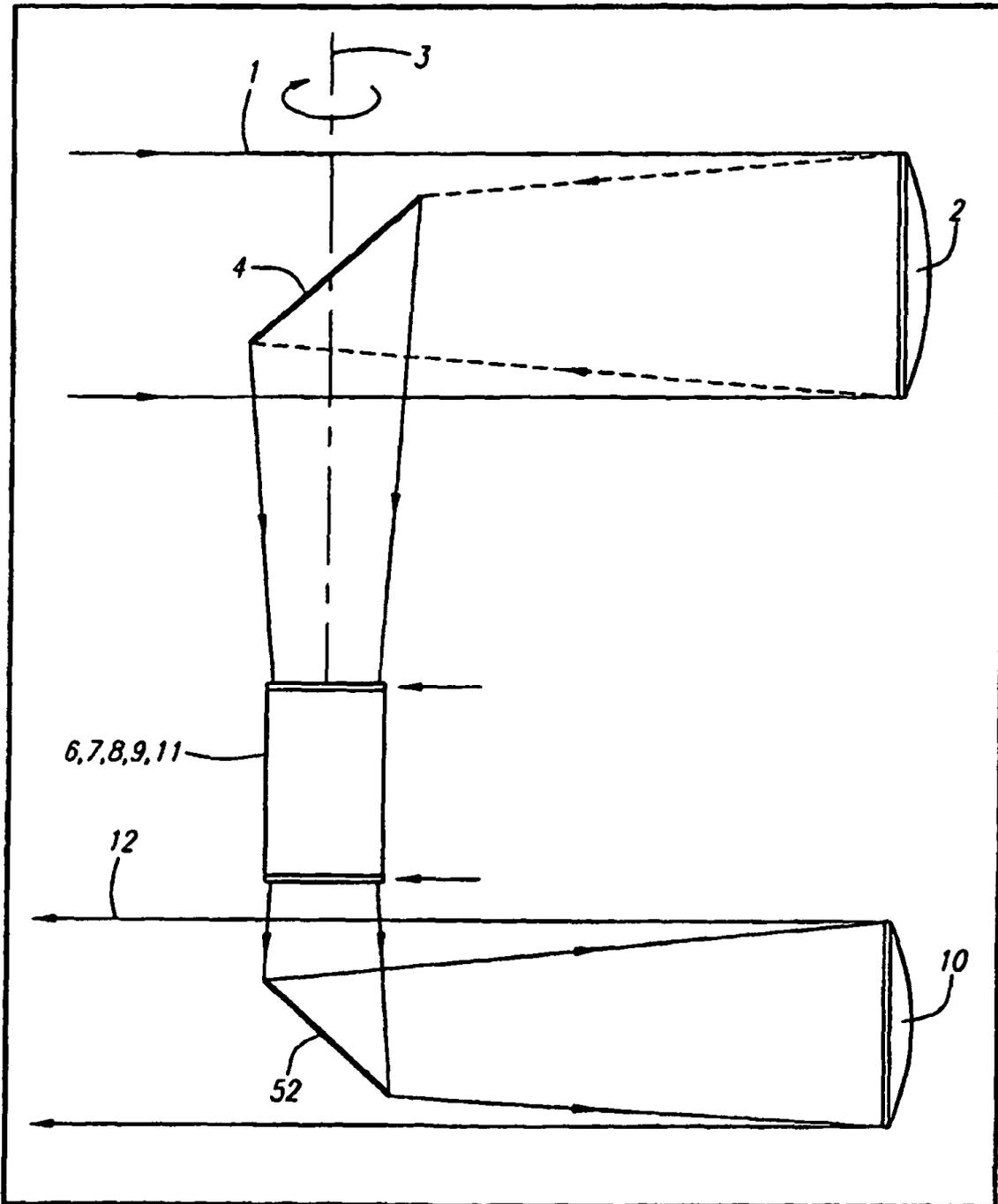


FIG. 15

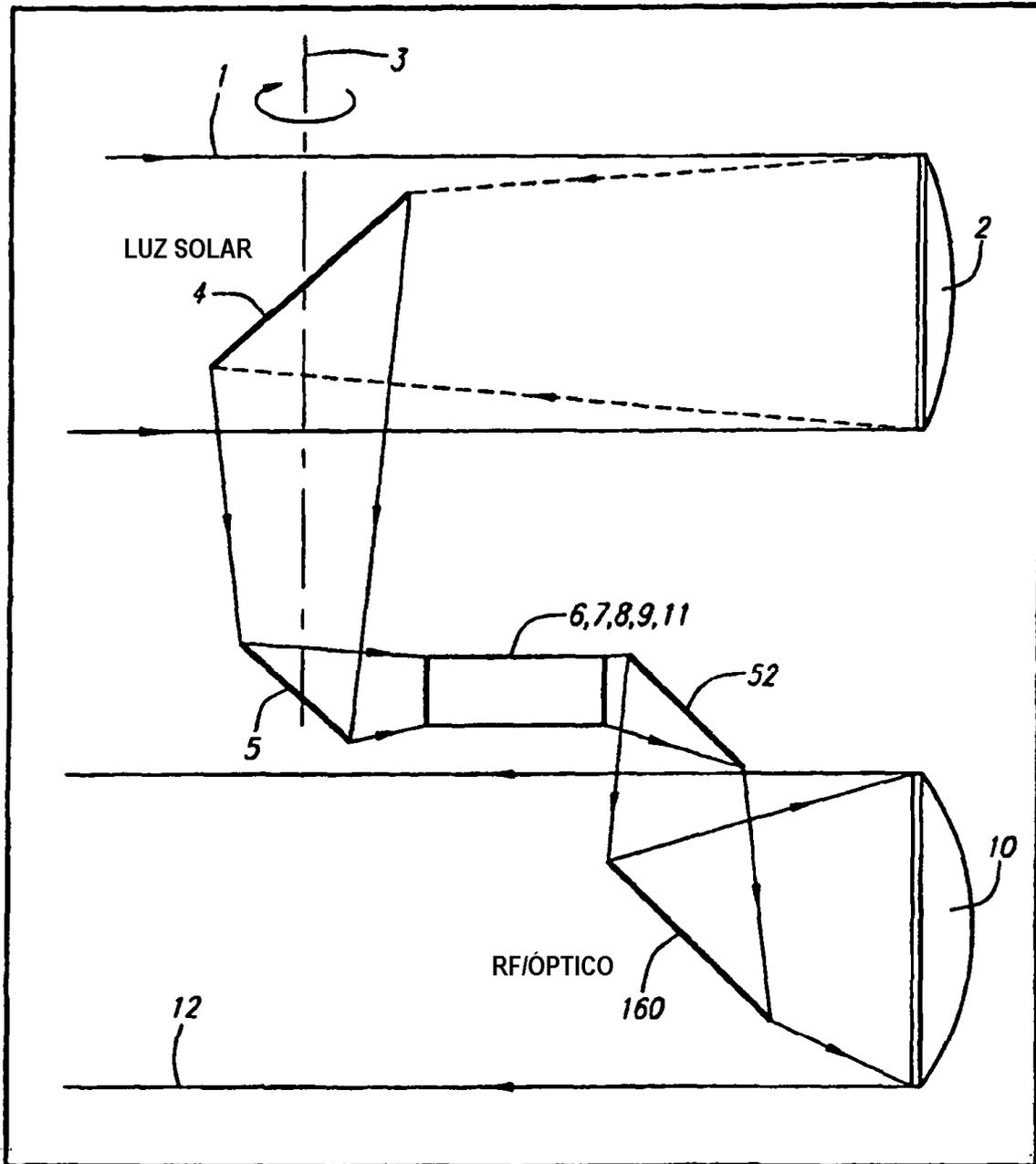


FIG. 16

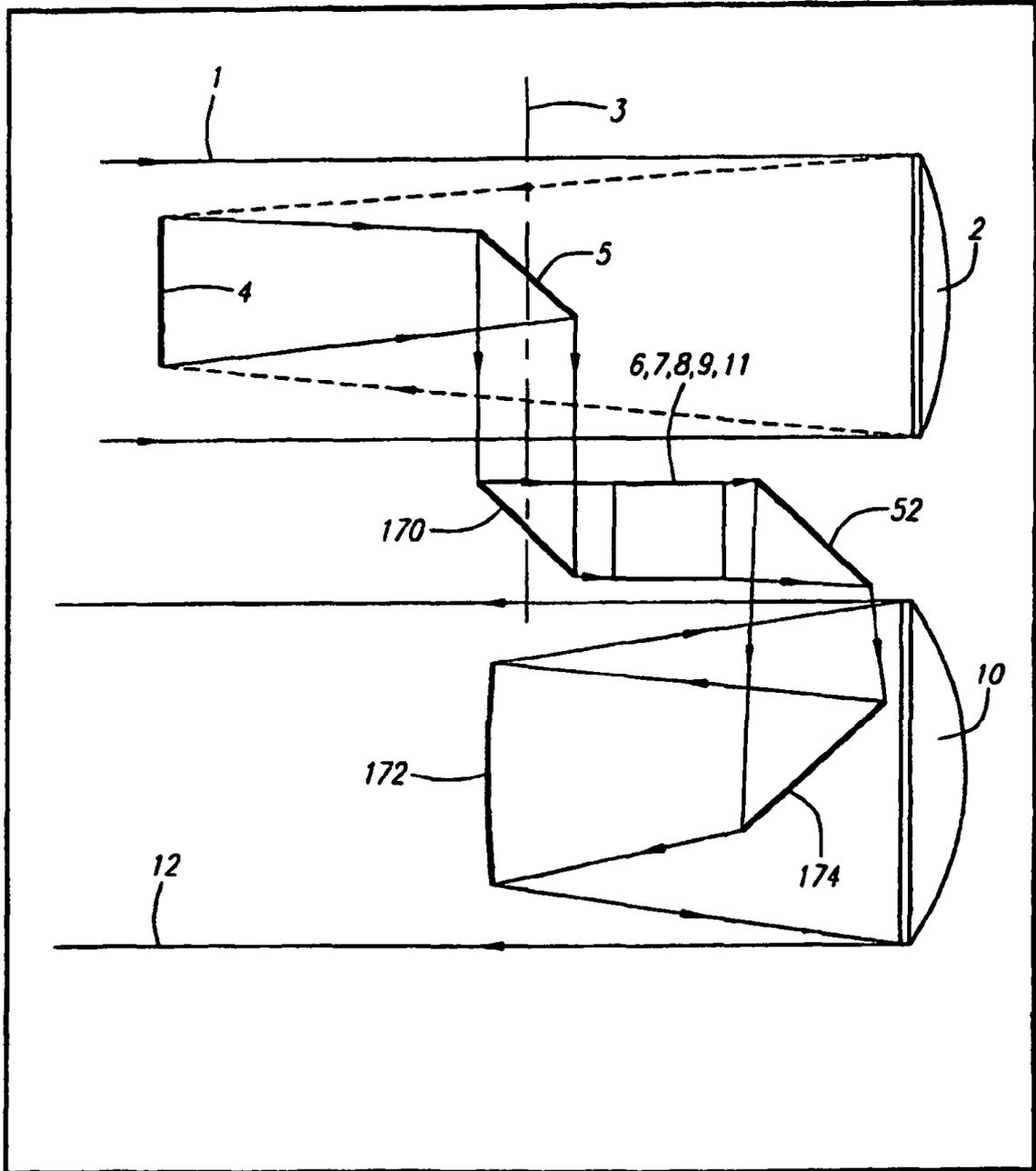


FIG. 17