

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 815**

51 Int. Cl.:

H01L 31/054 (2014.01)

H02S 40/22 (2014.01)

F24J 2/38 (2014.01)

H02S 20/32 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2009 E 09746983 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2294629**

54 Título: **Panel solar fotovoltaico de concentración**

30 Prioridad:

16.05.2008 US 128009

06.06.2008 US 131178

06.03.2009 US 209526

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

24.06.2015

73 Titular/es:

SUNCORE PHOTOVOLTAICS INCORPORATED

(100.0%)

3825 Academy Parkway South NE

Albuquerque, NM 87109, US

72 Inventor/es:

CASHION, STEVEN A.;

BOWSER, MICHAEL R.;

FARRELLY, MARK B.;

HINES, BRADEN E.;

HOLMES, HOWARD C.;

JOHNSON, RICHARD L., JR.;

RUSSELL, RICHARD J. y

TURK, MICHAEL F.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 538 815 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

Panel solar fotovoltaico de concentración

Reivindicación de prioridades

5 La presente solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud de patente US2010018570 A1, presentada el 16 de mayo de 2008, de Hines et al. y titulada PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONCENTRACIÓN.

Declaración relativa a la investigación o desarrollo de patrocinio federal

La presente invención se realizó con el apoyo del Gobierno en virtud de Acuerdo de Cooperación No. DE-FC36-07G017044 otorgado por el Departamento de Energía de Estados Unidos. El Gobierno tiene determinados derechos en esta invención.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de energía fotovoltaicos, módulos concentradores fotovoltaicos, y los dispositivos y procedimientos relacionados.

Antecedentes de la invención

15 Los paneles solares son generalmente bien conocidos (véase, por ejemplo, la publicación US 2006/0283497 (Hines)). Es deseable producir paneles solares que produzcan más energía y/o de menor coste..

Hasta la fecha, los concentradores solares fotovoltaicos generalmente han tomado uno de los dos enfoques - construir una gran cubeta reflectante o plato o un campo de espejos de articulación que reflejan la luz a un punto central, donde se convierte en energía (tal como de Solar Systems de Victoria, Australia y en Gross et al., patente US No. 2005/0034751), colocar de manera ajustada un gran número de pequeños concentradores en un gran panel que se articula de forma rígida para seguir el sol (tal como en Chen, publicación US No. 2003/0075212 o en Stewart, publicación US No. 2005/0081908). Ver también la referencia de Matlock et al. (patente US No. 4.000.734), que describe reflectores alargados montados para su movimiento alrededor de un tubo de calentamiento dispuesto en el foco lineal de los reflectores y un mecanismo de seguimiento.

25 Un tercer enfoque reciente que ha aparecido en la técnica anterior (Fraas et al., publicación US No. 2003/0201007) es intentar combinar las ventajas de la concentración con la comodidad del factor de forma de un panel solar ordinario. Fraas et al. muestra múltiples enfoques que tratan de resolver el problema de coste/rendimiento/conveniencia.

30 Un enfoque para producir un concentrador solar plano era colocar filas de pequeños concentradores en un anillo giratorio "lazy susan" (Cluff, patente US No. 4,296.731). Véase también, por ejemplo, el sistema de seguimiento fotovoltaico comercializado bajo el nombre comercial SUNFLOWER™ der Energy Innovations, Pasadena, California.

Un enfoque en la técnica anterior ha sido para el desarrollo de un conjunto de colectores de concentración, que se articulan de forma individual y al mismo tiempo se articulan en masa, como en Diggs, patente US No. 4.187.123.

35 Una variación reciente en este enfoque es colocar dos filas de colectores en un bastidor donde se articulan aproximadamente en posición, tal como divulga Fukuda, patente US No. 6.079.408. Tal enfoque coloca un concentrador de seguimiento en una forma que es aproximadamente plana.

Bugash et al, patente US No. 4.365.617 divulga un sistema de calentamiento solar reflectante cuyos colectores se articulan en posición.

40 Se ha conocido anteriormente en la técnica que un bastidor alrededor del perímetro de un sistema de seguimiento solar ayuda a poder soportar los elementos fotovoltaicos individuales (véase, por ejemplo, el sistema de seguimiento fotovoltaico comercializado bajo el nombre comercial SOLAROPTIMUS de Conergy, Hamburgo, Alemania, y la publicación de la solicitud de Internacional N° WO 2006/120475).

45 El enmarcando de todo el perímetro de un panel solar puede limitar la densidad de disposición de los paneles solares y/o hacer los paneles estéticamente menos agradables. Sin embargo, la disposición escaso puede hacer que sea más fácil para los módulos concentradores operar sin sombrear el uno al otro a través de una porción más grande del día y del año, lo que permite un uso rentable de los concentradores individuales mediante el aumento de su exposición diaria total a la luz solar.

50 Muchos consumidores tienen estructuras tradicionales de paneles solares de montaje (por ejemplo, carriles y similares) en posición y les gustaría usar este tipo de estructuras existentes de montaje en lugar de invertir en nuevas estructuras de montaje. Los montajes posteriores de nuevos e innovadores paneles solares a las estructuras de montaje de paneles solares tradicionales puede ser un obstáculo técnico importante en la fabricación de dichos paneles nuevos en una realidad práctica.

Un desafío técnico con respecto al desarrollo de soluciones innovadoras en torno a la articulación de módulos concentradores es que muchos lugares de montaje como tejados y similares tienden a tener superficies irregulares que pueden hacer que los concentradores se unan en un grado indebido cuando los módulos se articulan en inclinación y/o se inclinan.

- 5 Con respecto a la óptica de concentración, existe una necesidad de proporcionar un módulo de concentración con una o más ópticas secundarias, de tal manera que la óptica pueda soportar una o más tensiones ambientales, tales como vibración (por ejemplo, durante la fabricación y/o uso), de choque térmico y/o físico, contaminación por partículas, tal como polvo, combinaciones de las mismas, y similares.

Sumario de la invención

- 10 Los solicitantes han inventado una solución, como se define en la reivindicación 1, para superar y/o aliviar uno o más de los problemas presentes en los concentradores solares y paneles solares de la técnica anterior.

15 Uno o más puntos de fijación están colocados en la región interior de un módulo concentrador de tal manera que un mecanismo de articulación de basculación puede articular el módulo concentrador sustancialmente alrededor del centro de gravedad del módulo concentrador fotovoltaico. Tales puntos de fijación permiten que el módulo concentrador se articule en inclinación. Tener puntos de fijación en la región interior de un módulo concentrador permite que el panel no tenga que enmarcar todo el perímetro del panel. La estructura de soporte se coloca debajo de los módulos concentradores. Ventajosamente, dos o más de tales módulos concentradores se colocan relativamente más estrechamente que en muchas matrices de concentradores solares de escala de utilidad terrestres tradicionales. La disposición de módulos concentradores más estrechamente tiende a amortizar mejor los costes asociados con la planificación, los permisos, y la ejecución de instalación de un generador fotovoltaico basado en sistemas concentradores, especialmente, por ejemplo, para una instalación comercial en azoteas, que puede conducir a un menor coste total de la energía producida por el sistema. Sin embargo, puede ser deseable dejar al menos una cierta cantidad de espacio entre los concentradores individuales.

25 Otro aspecto incluye un chasis de articulación que tiene un elemento de articulación acoplado de forma rígida y física a uno o más de otros elementos de chasis unidos directamente a los módulos concentradores, de manera que aísla o minimiza sustancialmente cualquier flexión y similar de ser transferida desde el elemento de articulación conducido (por ejemplo, el eje). Ventajosamente, esta disposición entre los elementos de chasis puede impedir una unión indebida cuando los módulos concentradores se articulan en basculación y/o se inclinan. En realizaciones preferidas, los elementos de chasis de articulación se pueden colocar debajo de los módulos concentradores de modo que el panel esencialmente no tiene un bastidor alrededor del perímetro del panel. En lugar de incluir un bastidor superfluo alrededor de todo el panel solar de concentración, muchas realizaciones preferidas no incluyen un bastidor a lo largo de uno o más lados de la unidad (por ejemplo, ningún bastidor alrededor del perímetro del panel), en lugar de hacer uso de mecanismo de articulación del concentrador de la unidad para proporcionar también soporte estructural, lo que permite una unidad más rentable a través de la eliminación de los componentes innecesarios del bastidor. La estructura de soporte puede esconderse debajo del panel solar de concentración, y aún así ser capaz de articular el módulo(s) concentrador(es) sustancialmente alrededor del centro de gravedad de cada módulo concentrador, permitiendo de ese modo el soporte de los módulos concentradores sin aumentar la anchura del panel solar, ayudando a mejorar la eficiencia del panel solar.

40 Otro aspecto incluye un panel solar que tiene una estructura de montaje ajustable para acomodar una pluralidad de ubicaciones de montaje. Tal estructura de montaje permite ventajosamente hardware de montaje de paneles solares tradicionales (por ejemplo, carriles, etc.) para acomodar uno o más diseños de paneles solares nuevos y únicos.

45 Otro aspecto incluye un panel solar que tiene hardware de montaje con un número adecuado de grados de libertad para evitar una unión indebida cuando los módulos concentradores se articulan en inclinación y/o en basculación. Ventajosamente, como el hardware de montaje permite un diseño de panel solar dado que se adapta a una amplia gama de superficies/ubicaciones de montaje (por ejemplo, superficies relativamente irregulares de tejados y similares) y se articulan en inclinación y/o se inclinan de una manera robusta y sin unión indebida de los módulos concentradores.

50 Tener una estructura de montaje ajustable y tener grados de libertad adecuados son avances importantes, ya que pueden permitir la concentración de paneles solares, con eficiencias más altas hasta ahora no vistas y también con menores costes, para penetrar en mercados actualmente dominados por paneles solares planos tradicionales, especialmente el mercado de tejados comerciales, reduciendo en gran medida el coste y aumentando la aceleración del despliegue de la energía solar en el mercado. En realizaciones preferidas, esto permite que los actuales instaladores de paneles planos de energía solar utilicen gran parte de sus técnicas de montaje e instalación de hardware existentes, e incluso técnicas de ventas y de marketing, para desplegar la concentración solar. Así, la invención combina las ventajas (por ejemplo, ventajas de costes) de la concentración solar con las ventajas de aceptación del mercado y de factor de forma de los paneles fotovoltaicos planos tradicionales.

55 Un desafío técnico considerable puede estar presente en la fabricación de un conjunto disipador de calor fiable debido a que un conjunto de este tipo está normalmente expuesto a la luz solar muy intensificada, concentrada tanto

como 500 a 1000 veces o más, y deseablemente tiene un tiempo de vida que se aproxima a la de los paneles solares de silicio tradicionales, tanto como 25 a 30 años o más. Esto significa una exposición al equivalente de hasta 30.000 años o más de radiación ultravioleta y otra radiación durante la vida útil del conjunto. Además, la intensa radiación solar crea una gran cantidad de calor no deseado, además de la electricidad deseable, que se disipa preferentemente de una manera eficiente. El conjunto del disipador de calor 10 de la figura 14, aunque funcionalmente sólido, puede ser mecánicamente frágil. Por ejemplo, un conjunto de este tipo podría ser objeto de daños por vibraciones típicas durante el transporte y/o desgaste térmico y/o UV, tal como se acaba de describir. Además, es deseable que las paredes laterales totales de reflexión interna (TIR) de la óptica secundaria 24 permanezcan libres de contaminación para la vida del producto, para evitar una degradación de la reflectividad de las paredes laterales TIR con el tiempo.

Otro aspecto incluye una o más estructuras/tirantes mecánicos de soporte (por ejemplo, una carcasa) que se acopla rígidamente una o más ópticas secundarias de concentración a un módulo concentrador (por ejemplo, a un conjunto de disipador de calor del módulo).

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, un módulo concentrador fotovoltaico incluye una porción de cuerpo principal que tiene una base; una o más paredes laterales conectadas a la base; uno o más puntos de fijación situados en la región interior de la porción de cuerpo principal; y una o más aberturas situadas frente a la base. La base y la una o más paredes laterales ayudan a definir una región interior de la porción de cuerpo principal. El uno o más puntos de fijación pueden acoplar la porción de cuerpo principal a un mecanismo de articulación de basculación de tal manera que el mecanismo de articulación de basculación puede articular el módulo concentrador fotovoltaico sustancialmente alrededor del centro de gravedad del módulo concentrador fotovoltaico.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un sistema de energía fotovoltaica incluye un mecanismo de articulación de basculación y una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos. Cada módulo concentrador fotovoltaico incluye una porción de cuerpo principal que tiene una base; una o más paredes laterales conectadas a la base; uno o más puntos de fijación situados en la región interior de la porción de cuerpo principal; y una o más aberturas situadas frente a la base. La base y la una o más paredes laterales ayudan a definir una región interior de la porción de cuerpo principal. El uno o más puntos de fijación están acoplados al mecanismo de articulación de basculación de tal manera que el mecanismo de articulación de basculación puede articular el módulo concentrador fotovoltaico sustancialmente alrededor del centro de gravedad del módulo concentrador fotovoltaico.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un sistema de energía fotovoltaica incluye un mecanismo de articulación de basculación y una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos. La pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos se colocan adyacentes entre sí de una manera lineal. La pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos definen una región interior. Cada módulo concentrador fotovoltaico incluye uno o más puntos de fijación situados en la región interior. El uno o más puntos de fijación están cada uno acoplados al mecanismo de articulación de basculación de tal manera que el mecanismo de articulación de basculación puede articular cada módulo concentrador fotovoltaico sustancialmente alrededor del centro de gravedad del módulo concentrador fotovoltaico.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un módulo concentrador fotovoltaico incluye una región interior y uno o más puntos de fijación situados en la región interior. El uno o más puntos de fijación pueden estar acoplados a un mecanismo de articulación de basculación de tal manera que el mecanismo de articulación de basculación puede articular el módulo concentrador fotovoltaico sustancialmente alrededor del centro de gravedad del módulo concentrador fotovoltaico.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un sistema de energía fotovoltaica incluye una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos de articulación colocados de manera que define un panel de módulos concentradores fotovoltaicos y un mecanismo de articulación acoplado a cada módulo concentrador fotovoltaico. El panel define una huella que tiene una primera dimensión y una segunda dimensión. El mecanismo de articulación incluye al menos tres elementos de chasis. Cada elemento de chasis es sustancialmente paralelo a los otros elementos de chasis y cada elemento de chasis se extiende a lo largo de la primera dimensión de la huella del panel. Al menos dos elementos de chasis se acoplan físicamente a cada módulo concentrador fotovoltaico de una manera articulada. Cada uno de los dos elementos de chasis está rígidamente acoplado físicamente al tercer elemento de chasis en dos o más puntos.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un sistema de energía fotovoltaica incluye una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos de articulación colocados de manera que definen un panel de módulos concentradores fotovoltaicos y un mecanismo de articulación acoplado al panel de módulos concentradores fotovoltaicos de una manera que se articula el panel de al menos de una manera basculante. El panel tiene un primer extremo y un segundo extremo. En el primer extremo del panel, el mecanismo de articulación incluye un chasis y una placa de montaje acoplada al chasis mediante una articulación móvil que permite que la placa de montaje se mueva con relación al chasis para acomodar una pluralidad de ubicaciones de montaje.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un sistema de energía fotovoltaica incluye una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos de articulación colocados de manera que definen un panel de módulos

5 concentradores fotovoltaicos y un mecanismo de articulación acoplado al panel de módulos concentradores fotovoltaicos de una manera que articula el panel al menos de una manera basculante. El panel tiene un primer extremo y un segundo extremo. En el primer extremo del panel el mecanismo de articulación incluye un chasis y una placa de montaje acoplada al chasis a través de una articulación pivotante que permite que la placa de montaje pivote con respecto al chasis.

10 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un conjunto de disipador de calor incluye un disipador de calor, una célula fotovoltaica unida directamente o indirectamente al disipador de calor, una óptica de concentración colocada sobre la célula fotovoltaica y ópticamente acoplada a la célula fotovoltaica, y uno o más tirantes estructurales. La óptica de concentración tiene una superficie exterior. El uno o más tirantes estructurales se colocan sobre la óptica de concentración tal que el uno o más tirantes estructurales permiten que la luz incidente pase a la óptica de concentración. El uno o más tirantes estructurales están unidos directa o indirectamente con el disipador de calor. El uno o más tirantes estructurales contactan con la superficie exterior de la óptica de concentración de una manera de soporte estructural.

15 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un procedimiento de fabricación de la porción de cuerpo principal de un módulo concentrador fotovoltaico incluye proporcionar una composición moldeable que comprende uno o más polímeros termoendurecibles, proporcionar un molde que tiene una forma correspondiente a la porción de cuerpo principal de un módulo concentrador fotovoltaico, moldear la composición moldeable a la forma del molde, y, opcionalmente, curar la composición moldeada.

Breve descripción de los dibujos

- 20 La figura 1 muestra un sistema de energía fotovoltaica de acuerdo con la presente invención.
- La figura 2 muestra un ejemplo de sistema de la figura 1 montado.
- La figura 3 muestra el sistema montado de la figura 2 en un tejado.
- La figura 4 muestra una porción de un módulo concentrador, o "cubeta", desde el sistema de la figura 1.
- 25 La figura 5 muestra un módulo concentrador, o "cubeta", desde el sistema de la figura 1, incluyendo sensores de señalización opcionales.
- La figura 6 muestra una vista superior de una porción de un conjunto de cubeta de un módulo concentrador fotovoltaico utilizado en el sistema de la figura 1.
- La figura 7 muestra las regiones interior y exterior de sistema 1 de la figura 1.
- La figura 8 muestra el conjunto de cubeta de la figura 6 que incluye un parasol.
- 30 La figura 9 muestra una vista superior en sección en primer plano de la cubeta en la figura 6 con los conjuntos de disipador de calor retirados.
- La figura 10 muestra una vista inferior en sección, en primer plano, de la cubeta en la figura 6 con los conjuntos de disipador de calor retirados.
- 35 La figura 11 muestra una vista inferior de la cubeta mostrada en la figura 6 con los conjuntos de extremo trasero retirados.
- La figura 12 muestra una vista superior, en primer plano, de la cubeta en la figura 6 con los conjuntos de extremo trasero retirados.
- La figura 13 muestra una vista de primer plano de una porción de la cubeta en la figura 6 con los conjuntos de extremo trasero retirados.
- 40 La figura 14 muestra el conjunto de células solares de la figura 18 montado sobre un disipador de calor y que tiene la óptica secundaria de la figura 8 montada en el conjunto de células solares.
- La figura 15 muestra un conjunto de extremo trasero completado que se puede utilizar en el sistema de la figura 1.
- 45 La figura 16 es otra vista del conjunto de extremo trasero que se muestra en la figura 15, con la porción de la lata en una vista transparente para ver el interior.
- La figura 17 muestra una vista en perspectiva del disipador de calor representado en la figura 15.
- La figura 18 muestra un conjunto de células solares preferido que se puede utilizar en el sistema de la figura 1.

- La figura 19 muestra una vista de primer plano de una porción del conjunto de células solares que se muestra en la figura 18.
- La figura 20 muestra uno de los ocho elementos de concentración desde el módulo concentrador mostrado en las figuras 4 y 5.
- 5 Las figuras 21A y 21B muestran diagramas esquemáticos de un conjunto de concentrador fotovoltaico que no tienen una óptica secundaria.
- Las figuras 22A, 22B, 23A, y 23B muestran patrones de iluminación asociados con una óptica secundaria utilizada en el sistema de la figura 1.
- La figura 24 ilustra la acción de agitación de un haz óptico secundario utilizado en el sistema de la figura 1.
- 10 La figura 25 muestra un esquema de una óptica secundaria preferida usada en el sistema de la figura 1.
- La figura 26 muestra una vista en perspectiva de una óptica secundaria alternativa que se puede utilizar en el sistema de la figura 1.
- La figura 27 es una vista en despiece de una porción del conjunto de células solares mostrado en la figura 14.
- 15 La figura 28 muestra una vista en perspectiva en primer plano del sensor de la posición del sol que se muestra en la figura 1.
- La figura 29 muestra el sensor que se muestra en la figura 28 con la cubierta transparente retirada.
- La figura 30 muestra el lado posterior del sensor mostrado en la figura 28.
- La figura 31 muestra el sensor que se muestra en la figura 30 con la cubierta posterior retirada.
- 20 La figura 32 muestra la porción interna del sensor que se muestra en la figura 28.
- La figura 33 muestra una vista en primer plano de una porción del sensor que se muestra en la figura 31.
- La figura 34 muestra una vista en sección de una porción del sensor que se muestra en la figura 28.
- La figura 35 muestra una vista parcial alternativa del sistema mostrado en la figura 1.
- La figura 36 muestra una vista alternativa del sistema mostrado en la figura 1.
- 25 La figura 37 muestra una vista alternativa del sistema mostrado en la figura 1.
- La figura 38 muestra una vista en primer plano de una porción del sistema que se muestra en la figura 37.
- La figura 39 muestra una porción del bastidor de chasis que se muestra en la figura 37, con los módulos concentradores retirados.
- 30 La figura 40 muestra el mecanismo de articulación mostrado en la figura 37, con los módulos concentradores retirados.
- La figura 41 muestra una vista en primer plano de la unión de cuello de cisne que se muestra en la figura 40.
- La figura 42 muestra una carcasa de electrónica asociada con el mecanismo de articulación mostrado en la figura 40.
- 35 La figura 43 muestra el mecanismo de accionamiento del eje de inclinación para el mecanismo de articulación mostrado en la figura 40.
- La figura 44 muestra el mecanismo de accionamiento del eje de inclinación de la figura 43 sin la cubierta.
- La figura 45 es otra vista del mecanismo de accionamiento del eje de inclinación de la figura 43 sin la cubierta.
- 40 La figura 46 muestra una vista en sección transversal de una porción del sistema mostrado en la figura 1.
- La figura 47 muestra otra vista en sección transversal de una porción del sistema mostrado en la figura 1.
- La figura 48 muestra otra vista en sección transversal de una porción del sistema mostrado en la figura 1.

La figura 49 muestra una porción del sistema mostrado en la figura 1, con dos módulos concentradores retirados.

La figura 50 muestra una vista en primer plano de una porción de la figura 49.

La figura 51 muestra la cubeta de la figura 6 con el cableado.

5 La figura 52 muestra un esquema de cableado asociado con la disposición de cableado mostrada en la figura 51.

La figura 53 muestra el módulo de la figura 5 en el contexto de una sombra.

La figura 54 es una fotografía de la electrónica de control utilizada en conexión con el sensor que se muestra en la figura 28.

10 La figura 55 muestra dos módulos concentradores, como se muestra en la figura 5, que están en paneles solares adyacentes, con el panel solar restante retirado.

La figura 56 muestra una realización preferida de la disposición mostrada en la figura 55.

La figura 57 muestra una disposición similar a la mostrada en la figura 55, pero con módulos concentradores alternativos.

15 La figura 58 muestra otra vista de un módulo concentrador de la figura 57.

La figura 59 muestra la disposición mostrada en la figura 55 con un eje de articulación opcional y adicional.

Descripción detallada de realizaciones actualmente preferidas

20 Las realizaciones de la presente invención que se describen a continuación no pretenden ser exhaustivas o limitar la invención a las formas precisas descritas en la siguiente descripción detallada. Más bien, las realizaciones se eligen y describen para que otros expertos en la técnica puedan apreciar y entender los principios y las prácticas de la presente invención.

En las realizaciones descritas a continuación, los mismos caracteres de referencia se utilizan para describir características iguales entre las realizaciones.

25 La presente invención puede proporcionar un panel solar de concentración que en algunas realizaciones puede ser similar en tamaño a los paneles solares tradicionales o, en otras realizaciones, puede ser más largo y más estrecho que los paneles solares tradicionales, resultando en menores costes de instalación amortizados. Ventajosamente, los módulos solares de concentración y/o paneles solares de acuerdo con la presente invención pueden producir tanta o más energía que un panel solar tradicional equivalente de tamaño en muchas realizaciones representativas.

30 Una primera realización de un sistema de energía fotovoltaica según la presente invención se muestra en la figura 1. El sistema de energía fotovoltaica 1 (también denominado en este documento como panel solar 1) incluye una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos móviles 2 y un mecanismo de articulación 3. Como se muestra en la figura 1, el sistema de energía fotovoltaica 1 tiene una primera dimensión, la longitud "L", y una segunda dimensión "W", donde la longitud es la dimensión más larga y la anchura es la dimensión más corta. Se observa que los módulos de concentrador 2 también tienen una anchura y una longitud, donde la anchura es la dimensión más corta y la longitud es la dimensión más larga.

35 El panel solar de concentración 1 está diseñado preferentemente para su instalación utilizando un equipo de estanterías fotovoltaicas estándar, como está disponible por parte de Direct Power and Water. La disposición física de tales estanterías en un tejado puede no controlarse en un grado, y, además, puede haber algo de movimiento en las estanterías con el tiempo, debido, por ejemplo, a la expansión o contracción térmica, o debido a cambios en la carga de peso del tejado, por ejemplo, cuando piscinas de agua o equipos en la azotea, como aparatos de aire acondicionado, se instalan en las proximidades. Un enfoque ejemplar para montar el panel solar de concentración 1 se muestra en la figura 2, en el que el panel 1 se acopla con un carril 350 y un carril 352. Los carriles 350 y 352 pueden proporcionarse por parte de un instalador. Como se muestra, los módulos 2 pueden articularse en un movimiento de "inclinación" y un movimiento de "basculación". Como se usa en este documento, con referencia a la figura 2, el movimiento de inclinación significa su articulación alrededor del eje corto 15 del módulo 2 (por ejemplo, alrededor del eje de norte a sur). En la presente memoria, el movimiento de basculación significa su articulación alrededor del eje largo 17 del módulo 2 (por ejemplo, alrededor del eje que se extiende de este a oeste cuando las cubetas se señalan el cenit). Se observa que cada módulo 2 en el panel 1 tiene una punta separada del eje 17, pero todos los módulos 2 en el panel 1 comparten la misma inclinación del eje 15. Como se muestra, cada módulo 2 se articula en posición alrededor del eje de inclinación 15 y alrededor del eje de basculación 17 de cada módulo 2. Los módulos 2 articulados en posición pueden ayudar al sistema 1 a tener un perfil bajo. La instalación en la azotea puede entonces ser más simple. Perfil bajo significa perfil de viento relativamente bajo. Preferiblemente, un sistema de perfil bajo 1 puede permitir la utilización de técnicas de instalación convencionales, que es una ventaja sustancial

en el mercado. Un sistema de bajo perfil 1 también puede ayudar a los módulos 2 a ser relativamente menos visibles desde la calle, lo que ayuda con las aprobaciones de permisos, que puede ser otra de las ventajas del mercado. Los módulos 2 apuntan preferentemente en sincronía hacia el sol.

5 Preferiblemente, cada módulo concentrador fotovoltaico 2 se articula en posición, es decir, cada módulo de concentración 2 se articula alrededor de un primer eje separado que es sustancialmente paralelo a la dimensión larga del módulo 2 (por ejemplo, la eje de basculación 17), tal que los primeros ejes 17 del sistema 1 están dispuestos sustancialmente en el mismo plano y son sustancialmente paralelos entre sí. Además, cada módulo de concentración 2 se articula preferentemente sobre un mismo segundo eje que es sustancialmente paralelo a la dimensión corta del módulo 2 (por ejemplo, el eje de inclinación 15) tal que los primeros ejes 17 son sustancialmente perpendiculares al segundo eje 15. Preferiblemente, el segundo eje 15 permanece fijo sustancialmente en orientación/posición.

La figura 3 ilustra un esquema de montaje en el contexto de un techo entero, en el que un conjunto de carriles 354 están soportados sobre un conjunto de carriles 356, proporcionando una multiplicidad de puntos de montaje potenciales. Los carriles 354 y 356 pueden proporcionarse por parte de un instalador.

15 Ventajosamente, los módulos 2 del sistema 1 se colocan inusualmente muy juntos y/o cerca de los sistemas adyacentes similares o iguales que el sistema 1, sin embargo, pueden articularse en inclinación y en basculación para seguir el sol sin chocar. Los módulos 2 pueden colocarse tan cerca de otros módulos 2 dentro de un sistema 1 dado y/o a los módulos 2 adyacentes en los sistemas 1, ya que, por ejemplo, la altura de un módulo individual 2 es relativamente corta, permitiendo así que los módulos 2 se articulen sin chocar. Los sistemas 1 adyacentes se pueden colocar relativamente cerca entre sí también porque en las realizaciones preferidas, el sistema 1 no tiene una estructura de bastidor situada en una posición del perímetro del sistema 1, que interferiría en un grado indebido con el posicionamiento de dos o más sistemas 1 uno junto al otro. Además, los módulos 2 pueden ser inusualmente tolerantes a la sombra que puede producirse, permitiendo de este modo tal disposición relativamente cercana. Debido a que los módulos 2 pueden colocarse tan cerca entre sí y/o de sistemas adyacentes, el sistema 1 puede proporcionar una densidad de apertura (área de apertura por unidad de área del sistema 1 que puede recibir la luz solar incidente) que permite una salida de potencia deseada, por ejemplo, a partir de una área de techo limitada.

Haciendo referencia a las figuras 4 y 5, cada módulo concentrador solar 2 (también denominado aquí como módulo concentrador fotovoltaico 2) incluye una porción de cuerpo principal 8 (también denominada aquí como "cubeta"), un conjunto de conjuntos de disipador de calor 10, una abertura 4 a través de la cual la luz solar puede entrar en la cubeta 8, una lente 6, el cableado (no mostrado), un sensor de sol 212 opcional, un protector de luz solar protector 160 opcional (véase la figura 8), y uno o más componentes adicionales opcionales descritos en este documento y/o conocidos por ser utilizados en los módulos concentradores solares.

Haciendo referencia a la figura 6, como se muestra, la cubeta 8 incluye unas paredes laterales 138, 140, 142, y 143, y una base (piso) 145. Las paredes laterales 138, 140, 142 y 143, y la base 145 ayudan a definir una región interior 127 de la cubeta 8. Como se muestra, la cubeta 8 también incluye unas cavidades 134 y 136, unas muescas 146, 148, 150, 152, 154 y 156, y características adicionales que se describen a continuación.

Como se muestra, las cavidades 134 y 136 permiten que la cubeta 8 se inserte en el panel solar 1 en el eje de basculación 17. El enlace (descrito más adelante) de mecanismo 3 que está asociado con el eje de basculación 17 se acopla con la cubeta 8 en el par de cavidades 134 y 136. El eje de basculación 17 está preferiblemente en o sustancialmente cerca del centro de gravedad de la cubeta 8. Tener el eje de basculación 17 en o sustancialmente cerca del centro de gravedad de la cubeta 8 puede ayudar a minimizar ventajosamente la cantidad de fuerza necesaria para mover la cubeta 8 en el movimiento de basculación y/o para mantener la cubeta en una o más posiciones fijas a lo largo del rango de movimiento de basculación.

En ejemplos alternativos, la cubeta 8 puede estar unida al mecanismo de articulación 3 mediante cualquier número de puntos de acoplamiento, y los puntos de acoplamiento pueden estar en cualquier ubicación. Por ejemplo, en algunos ejemplos alternativos, puede que no haya ninguna cavidad 134 y 136, y el enlace del mecanismo de articulación 3 que se asocia con eje de basculación 17 puede acoplarse con la cubeta 8 en las superficies exteriores 137 y 139 de las paredes laterales 140 y 138, respectivamente. Sin embargo, uniendo la cubeta 8 a los elementos de enlace del mecanismo de articulación 3 en una o más posiciones en la región interior 127, en lugar de la región exterior 129, la anchura total W del panel 1 puede ser relativamente más pequeña. De lo contrario, fijar la cubeta 8 al mecanismo de articulación 3 en una o más posiciones en la región exterior 129 puede tener el efecto de aumentar la anchura total W del panel solar 1. Ventajosamente, la reducción de la anchura total W del panel 1, relativamente, mientras se mantiene la misma área total de recogida, puede aumentar la eficiencia global del panel 1, que puede producir beneficios significativos en la economía general de las instalaciones solares (por ejemplo, instalaciones de azotea). Como se usa en este documento, "región interior" de un concentrador solar significa el volumen del espacio entre las paredes laterales de un concentrador solar, la parte inferior de una base del concentrador, o la superficie exterior de las paredes laterales de concentración que son aproximadamente perpendiculares a la inclinación del eje 15. Con referencia a la figura 6, la región interior 127 de la cubeta 8 incluye el espacio entre las paredes laterales 138, 140, 142 y 143, la superficie exterior de las paredes laterales 142 y 143, y el lado inferior de la base 145. Dentro de la región interior del concentrador 2, el concentrador 2 tiene una región interior definida como el espacio entre las

paredes laterales 138, 140, 142 y 143, por debajo de la lente 6, y encima de la base 145. Como se usa en este documento, "región exterior" de un concentrador solar significa el volumen del espacio que rodea las paredes laterales de un concentrador solar dado que son aproximadamente paralelas con el eje de inclinación 15. Con referencia a la figura 6, la región exterior 129 incluye el espacio hacia el exterior de las paredes laterales 138 y 140.

5 Haciendo referencia a la figura 7, en el contexto del sistema 1, la región interior incluye la zona interior de la huella del sistema, la parte inferior de la huella del sistema, y los extremos exteriores. La región exterior del sistema 1 incluye el área exterior en los lados. Dentro de la región exterior del concentrador 2, el concentrador 2 tiene una región exterior definida como el espacio hacia el exterior de las paredes laterales 138, 140, 142 y 143, hacia el exterior de la lente 6, y hacia el exterior de la base 145.

10 Preferiblemente, una cavidad no impone la trayectoria de los rayos de sol que convergen en un conjunto disipador de calor 10. Para ayudar a lograr esto, una cavidad se coloca fuera de uno o más conos convergentes de luz. Como se muestra, un parquet de lentes 6 tiene cuatro lentes individuales 12 en dirección este-oeste. Las cavidades 134 y 136 se colocan preferentemente en la base 145 de tal manera que las cavidades 134 y 136 se encuentran fuera de cada cono de luz convergente asociado con cada lente 12. Como se muestra, la base 145 también tiene un espacio

15 para un concentrador de cableado 132 (descrito posteriormente) que se encuentra fuera de cada cono de luz convergente asociado con cada lente 12. Ventajosamente, mediante características de colocación apropiada en la región interior 127 de la cubeta 8, la precisión de señalización de la cubeta 8 puede mejorarse relativamente.

20 Como se muestra en las figuras 6 y 8, unas muescas 146, 148 y 150 están situadas en la pared lateral sur 142. Como se muestra, las muescas 146 y 150 están alineadas con las cavidades 136 y 134, respectivamente. Las muescas 146, 148, y 150 pueden ayudar a proporcionar espacio para ciertos elementos (descritos posteriormente) del mecanismo de articulación 3. Las muescas 146, 148, y 150 permiten que la cubeta 8 tenga un intervalo de movimiento deseado alrededor del eje de basculación 17 mientras conserva la capacidad de enlace de fijación asociada con el eje de basculación 17 para acoplarse con la cubeta 8 a o sustancialmente cerca del centro de gravedad de la cubeta 8.

25 Como se muestra, las muescas 152 y 154 pueden ayudar a que la cubeta 8 tenga un intervalo deseado de movimiento en la dirección norte, mientras que todavía mantiene el centro de gravedad bajo.

En la presente invención también se aprecia que la capacidad de las cavidades 134 y 136, y las muescas 146, 148, 150, 152, y 154 que proporcionan el intervalo deseado de articulación, mientras que todavía permite la unión en el centro de gravedad, está relacionada con la relación de aspecto de la cubeta. Por ejemplo, una realización

30 alternativa con un parquet de lentes 4 por 3, en lugar del preferido 4 por 2, puede sufrir de un rango reducido de movimiento de basculación, ya que la base de la cubeta empieza a chocar con la estructura de soporte cuando se mueve a través de un rango de movimiento deseado, a pesar de las cavidades y las muescas. La relación de aspecto preferido, por lo tanto, se ve fuertemente afectada por las cavidades y las muescas y el rango de movimiento preferidos, porque las cavidades y las ranuras son preferiblemente lo suficientemente considerables

35 para proporcionar una holgura deseada para la estructura de soporte y enlace de unión, que podría incidir en los conos convergentes de luz enfocados por las lentes 6 y/o sobre la abertura de entrada 4, bloqueando así la luz y la reduciendo la potencia de salida del sistema 1. La relación de aspecto preferida está influenciada por el rango deseado de movimiento junto con el deseo de acoplar el enlace de fijación alrededor del eje de basculación 17 dentro del interior de la cubeta 8. Como se muestra, ocho muescas 156 se proporcionan en la cubeta 8 para ayudar a soportar un bastidor de soporte (no mostrado) opcional para el parquet de lentes 6. En una realización preferida, el bastidor puede incluir cuatro tiras de lámina de metal. Cada tira de lámina de metal puede acoplarse entre un par de muescas 156 situadas en oposición. Como se muestra, tres pares de muescas 156 opuestamente colocadas se extienden de norte a sur y un par de muescas 156 opuestamente colocadas se extienden de este a oeste. Mediante

40 la colocación de cada banda de lámina de metal de esta manera preferida, cada banda de lámina de metal se puede alinear con el borde de la luz del sol entrante y a lo largo de las costuras de las ocho lentes individuales 12 del paquete 6. Ventajosamente, las tiras de lámina de metal tienden a no bloquear la luz solar entrante en un grado indebido. Además, el bastidor de soporte puede ayudar ventajosamente a mitigar cualquier hundimiento de la lente 6 que se puede producir y/o ayudar a proporcionar soporte a la lente 6 para ayudar a soportar impactos.

La cubeta 8 incluye ocho orificios de montaje 164 opcionales y ocho pares de insertos 166 opcionales. Las figuras 9

50 y 10 muestran un orificio de montaje 164 y un par de insertos 166. Un conjunto disipador de calor 10 (véase posteriormente) se puede colocar en el orificio de montaje 164 y unirse a la cubeta 8. En realizaciones preferidas, el conjunto disipador de calor 10 está unido a la cubeta 8 utilizando insertos 166. Preferiblemente, los insertos 166 están roscados y encajan en (por ejemplo, moldeados en) cavidades de fuelle 168. Los elementos de sujeción (por ejemplo, tornillos o similares) que van en los insertos 166 sujetan los conjuntos disipadores de calor 10 a la cubeta 8

55 adecuadamente, pero por lo general no crean un sello hermético deseable. Por lo tanto, se aplica un sello estanco adhesivo preferiblemente a al menos una porción del perímetro del orificio 164.

Como se muestra en la figura 10, la cubeta 8 también incluye "botones" opcionales, o puntos en relieve, 170. Los botones 170 pueden ayudar a controlar el espesor de la línea de unión de un adhesivo que puede ser utilizado para sellar el disipador de calor 62 (descrito posteriormente) a la cubeta 8. Como se muestra, los botones 170 pueden

60 ayudar a definir un cierto espacio entre la cubeta 8 y el disipador de calor 62. En consecuencia, los botones pueden ayudar a proporcionar una línea de unión uniforme y un sello deseable. En realizaciones preferidas, los botones 170

están moldeados en la cubeta 8.

Como se muestra en la figura 10, la cubeta 8 también incluye ranura 172 opcional, un inserto 174 (preferiblemente roscado), y un saliente elevado 176, que se utilizan para fijar un soporte de montaje 380 (véase más adelante) a la cubeta 8.

- 5 Una cubeta según la presente invención puede incluir opcionalmente uno o más puertos de ventilación. Los puertos de ventilación pueden permitir que el aire en la región interior 127 del módulo concentrador 2 iguale la presión con el aire exterior del módulo 2, ya que la presión barométrica fuera del módulo 2 varía con el tiempo. Permitir que la presión del aire en el concentrador 2 se iguale con la atmósfera puede ayudar a mejorar la fiabilidad de concentrador 2. Como se muestra en las figuras 11 y 12, la cubeta 8 incluye un orificio de ventilación 204. Como se muestra, una posición de ejemplo para el puerto de ventilación 204 está en la cavidad 134, de manera que el puerto de ventilación 204 es relativamente inaccesible para dedos, herramientas y similares.

- 15 El puerto de ventilación 204 preferiblemente incluye una membrana semipermeable. Por ejemplo, el orificio de ventilación incluye preferiblemente un filtro permeable al gas para ayudar a evitar que contaminantes y líquido (por ejemplo, agua) entren en el módulo concentrador 2. Incluso más preferiblemente, el orificio de ventilación 204 incluye un filtro permeable a los gases que también es permeable al vapor de agua, de tal manera que cualquier condensación que se pueda formar dentro de la cubeta 8 pueda escapar, tal como, por ejemplo, cuando el módulo está orientado hacia el sol por la mañana y comienza a calentarse.

- 20 El material de filtro de ejemplo incluye cualquier material permeable al gas adecuado para un concentrador solar tal como una película, una espuma, combinaciones de los mismos, y similares. Un material ejemplar incluye un parche adhesivo de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE) disponible comercialmente bajo el nombre comercial Gore-Tex® de W.L. Gore & Associates, Inc., Newark, DE. Otro material ejemplar está disponible comercialmente bajo el nombre comercial de Tyvek® de DuPont, Wilmington, DE.

- 25 La cubeta 8 puede incluir opcionalmente una o más características de montaje 210. La característica de montaje 210 puede utilizarse para montar un sensor de sol 212 (descrito posteriormente). Como se muestra en las figuras 1, 5, 6, 11, y 13, la cubeta 8 incluye preferiblemente al menos cuatro características de montaje 210. Como se muestra, la característica de montaje 210 incluye una repisa 214 entre dos regiones biseladas 216 y 218, y dos rebajes 220 para la fijación de sensor de sol 212 a la característica de montaje 210. Cualquier tipo de elemento de sujeción adecuado para el montaje de sensor de sol 212 a la característica de montaje 210 se puede utilizar, tal como tornillos y similares. En una realización preferida, tornillos autorroscantes pueden ser utilizados para sujetar el sensor solar 212 a la característica de montaje 210. Preferiblemente, los rebajes 220 tienen una forma tal que la característica de montaje 210 permanecerá sustancialmente estanca si un sensor de sol 212 no está instalado en la característica de montaje 210. En algunas realizaciones, los sensores de sol 212 están instalados en menos de todas las características de montaje 210 de un panel solar dado. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1, cuatro sensores de sol 212 están instalados en uno de los seis módulos concentradores 2.

- 35 El rango de movimiento de la cubeta 8 alrededor del eje de basculación 17 puede ser cualquier intervalo deseado de movimiento. En la realización mostrada, el rango de articulación alrededor del eje de basculación 17 es asimétrico. El rango de movimiento preferiblemente asimétrico ayuda a aliviar la fijación del soporte del eje de basculación en el centro de gravedad de la cubeta 8. En realizaciones preferidas, el rango de movimiento de basculación puede ser de 20 grados desde el cenit en una primera dirección a 70 grados desde el cenit en una segunda dirección. En realizaciones preferidas, la primera dirección es al norte si está en el hemisferio norte y la segunda dirección es al sur si está en el hemisferio norte.

- 45 Preferiblemente, las cavidades 134 y 136 son asimétricas en forma respecto al eje de basculación 17 de rotación para corresponder al rango de movimiento asimétrico. Como se muestra en el sistema 1, la cavidad 134 se encuentra en el lado este del módulo 2 y la cavidad 136 se encuentra en el lado oeste del módulo 2. Las nociones de "este" y "oeste" se producen debido a un rango de movimiento asimétrico. Como el panel solar 1 puede tener una orientación de instalación preferida (por ejemplo, en un tejado), hay una noción de lados este y oeste de la cubeta 8. Por supuesto, estas definiciones son con respecto al hemisferio norte. Si el panel solar 1 se instala en el hemisferio sur, estas direcciones se invierten.

- 50 La figura 8 muestra el protector 160 a la luz solar opcional. Durante la adquisición del sol, los puntos de alta intensidad de la luz del sol pueden afectar a una o más características localizadas en la región interior 127 de la cubeta 8 (por ejemplo, la base 145 de la cubeta 8, el cableado, combinaciones de los mismos, y similares). Para ayudar a proteger la base 145 de la cubeta 8 y el cableado situado en la cubeta 8 de esta luz del sol de alta intensidad, se proporciona un protector solar 160 para ayudar a desviar la luz del sol. El protector solar incluye unas aberturas 162 que permiten que los haces de luz del sol que convergen lleguen a las entradas de la óptica secundaria 24. Unos separadores en la cubeta 8 ayudan a evitar que el protector 160 de la luz del sol entre en contacto con el cableado interno o el concentrador de cableado 132. El protector 160 de la luz del sol puede estar hecho de cualquier material que ayude a desviar adecuadamente la luz solar entrante. Un material preferido para la construcción del protector 160 de la luz solar incluye chapa de aluminio.

La cubeta 8 se puede hacer de uno o más materiales adecuados para un concentrador fotovoltaico de articulación. Las propiedades de los materiales deseables para la cubeta 8 incluyen resistencia al fuego, estabilidad dimensional a largo plazo, precisión de fabricación, resistencia a la radiación ultravioleta, impermeabilidad, resistencia estructural, baja expansión térmica, bajo coste, bajo hasta sustancialmente sin desgasificación (bajo VOC), combinaciones de los mismos, y similares. Ejemplos de materiales de construcción para la cubeta 8 incluyen uno o más materiales tales como plástico, metal (por ejemplo, metal de chapa de aluminio), epoxi, y sus combinaciones. Los materiales plásticos preferidos incluyen materiales termoendurecibles. Los materiales termoendurecibles preferidos incluyen epoxi, compuesto de moldeo en lámina (SMC), compuesto de moldeo a granel (BMC), y combinaciones de los mismos. El compuesto de moldeo en lámina es un compuesto termoendurecible de fibra de vidrio (fibras de vidrio típicamente relativamente largas) reforzadas en forma de una lámina. El compuesto de moldeo de lámina también puede incluir uno o más de materiales de carga, agente de maduración, catalizador y agente de liberación de molde. El compuesto de moldeo a granel es un compuesto "a modo de masilla" que es una mezcla de resina de plástico termoendurecible y fibra de vidrio (fibras de vidrio típicamente relativamente cortas). El compuesto de moldeo a granel también puede incluir uno o más de relleno, catalizador, estabilizador, pigmento. En realizaciones preferidas, la cubeta 8 está fabricada a partir de material que incluye al menos compuesto de moldeo de lámina.

En términos de fabricación de la cubeta 8, se prefiere el moldeo de un plástico termoendurecible porque el moldeo puede formar una cubeta 8 que tenga una o más características complejas con relativamente menos piezas. Por ejemplo, la característica de montaje 210 es una característica relativamente compleja que se coloca preferiblemente en una pared lateral de la cubeta 8 tan cerca de la abertura 4 como sea posible. Además, la característica de montaje 210 se coloca preferiblemente de tal manera que la característica de montaje no interfiera con la luz entrante en la región interior 127 en un grado indebido. Como se muestra, la repisa 214 de la característica de montaje 210 puede colocarse en una pared lateral de la cubeta 8, de tal manera que parte de la repisa 214 sobresale en la región interior 127 y parte de la repisa 214 sobresale en el espacio exterior de la cubeta 8. Ventajosamente, la característica de montaje 210 se puede colocar relativamente cerca de la abertura 4 de la cubeta 8 mediante el posicionamiento de la repisa 214 de tal manera. Las dos regiones biseladas 216 y 218 pueden proporcionar de manera ventajosa características de proyección de ángulo que permitan que la repisa 214 se coloque de tal manera usando técnicas de moldeo. El tener características de ángulo de proyección apropiado puede permitir que una característica sea retirada deseablemente de un molde.

La formación de la cubeta 8 con relativamente menos piezas puede ser muy ventajoso porque, como se describió anteriormente, la cubeta 8 puede incluir una o más características complejas. La formación de la cubeta 8 de chapa de metal típicamente implica el montaje de piezas complejas individuales relativamente más partes y elementos de fijación. Pero mediante el moldeo de un material termoendurecible en la cubeta 8, la complejidad de la cubeta 8 puede típicamente ser absorbida en el coste de herramientas, que se pueden hacer una vez, y el coste para replicar las cubetas 8 en un volumen elevado puede entonces ser típicamente menor que para una cubeta 8 de chapa de metal. En realizaciones preferidas, la cubeta 8 es una pieza sin costuras unitaria hecha a partir del compuesto de moldeo de lámina.

La formación de la cubeta 8 a partir de un plástico es ventajosa debido al peso relativamente ligero de la cubeta 8, ayudando a reducir el peso de todo el sistema 1 y facilitando la instalación y el manejo de sistema 1. En realizaciones preferidas, el sistema 1 puede pesar menos de aproximadamente 100 libras.

Un procedimiento de fabricación de la cubeta 8 a partir del compuesto de moldeo de lámina puede incluir la colocación de una o más láminas o partes de láminas de compuesto de moldeo en lámina sobre una clavija hembra. La clavija hembra puede incluir las características de la parte interior de la cubeta 8. Entonces una clavija macho puede acoplarse con la clavija hembra de modo que el compuesto de moldeo en lámina se comprime entre la clavija hembra y la clavija macho. Típicamente, el compuesto de moldeo en lámina se comprime entre la clavija hembra y macho a una temperatura elevada para hacer que el plástico termoendurecible por lo menos empiece a curarse. La formación de la cubeta 8 de esta manera puede permitir la colocación de características complejas con precisión en la cubeta 8 y colocarlos consistentemente de la cubeta 8 a la cubeta 8. Además, las partes comoldeadas tal como, por ejemplo, insertos roscados y similares, pueden colocarse de manera precisa en la cubeta 8 y colocarse consistentemente de la cubeta 8 a la cubeta 8.

Ventajosamente, la selección de un compuesto de moldeo en lámina para la realización preferida de la cubeta puede ayudar a satisfacer objetivos de costes, mientras que al mismo tiempo permite incluir una o más de las características descritas anteriormente en la cubeta 8.

Como se muestra en las figuras 14 a 16, el conjunto disipador de calor 10 incluye un disipador de calor 62, un conjunto de células solares 50, una óptica secundaria 24, y una carcasa 92.

El disipador de calor 62 incluye preferiblemente unos orificios 66 y 70, así como orificios (no mostrados) para acomodar remaches 68. Como se muestra, el disipador de calor 62 incluye opcionalmente unos orificios 64. Se puede incluir un orificio 70 para acomodar la fijación de una abrazadera de cableado 72 opcional, como se muestra en la figura 16. Los orificios 66 se utilizan preferentemente para montar el conjunto disipador de calor 10 a la cubeta 8 utilizando cualquier elemento de sujeción adecuado (por ejemplo, tornillos o similares). Los orificios 66 son preferentemente de gran tamaño para permitir un menor ajuste de la posición del conjunto disipador de calor 10 con

respecto a la cubeta 8 antes de la fijación final. Los orificios 64 se pueden usar, por ejemplo, para unir cables de conexión a tierra al disipador de calor 62. Haciendo referencia a la figura 17, el disipador de calor 62 se muestra con el conjunto de células solares 50 retirado antes de los orificios 64 y los orificios (no mostrados) para remaches 68 están incluidos.

5 Como se muestra, el disipador de calor 62 incluye una placa base 110, y unas aletas 112, 114, y 116. Las aletas 112, 114, y 116 tienen preferiblemente diferentes longitudes. Las aletas 112, más cercanas a la fuente de calor (como se muestra, el conjunto de células solares 50) que está acoplado térmicamente al disipador de calor 62, son preferentemente las más largas. Las aletas 116, más alejadas de la fuente de calor (como se muestra, el conjunto de células solares 50) que están acopladas térmicamente al disipador de calor 62, son preferentemente las más cortas. La variación de altura de la aleta puede tener el efecto de mantener la trayectoria desde la fuente de calor (por ejemplo, el conjunto de células solares 50) a la punta de cada aleta 112, 114, y 116, similar, que es deseable ya que distancias de la fuente a la punta más largas típicamente requieren un metal más grueso para lograr una conducción térmica equivalente desde la fuente hasta la punta de la aleta. Además, las aletas 116 son preferiblemente en ángulo hacia el exterior para aumentar el área proyectada total del disipador de calor 62, como se ve desde la parte inferior del disipador de calor 62. El aumento del área proyectada puede mejorar el rendimiento radiactivo del disipador de calor 62.

Aunque el disipador de calor 62 es una realización preferida, cualquier número de aletas de cualquier longitud, angulado en cualquier ángulo, puede ser utilizado en conexión con el concentrador 2. Disipadores de calor alternativos incluyen, por ejemplo, disipadores de calor de clavija, disipadores de calor de lámina de metal corrugado, y similares.

El disipador de calor 62 se puede hacer de cualquier material adecuado para la transferencia de calor de una manera deseable desde el conjunto de células solares 50. En una realización preferida, el disipador de calor 62 está hecho de un material que incluye el aluminio. El aluminio puede ser anodizado como anodizado claro o anodizado negro. En realizaciones preferidas, el aluminio es anodizado claro, que se ha observado que ayuda a mejorar el rendimiento de radiación sin impactar indebidamente en el rendimiento convectivo.

Como se muestra en la figura 18, el conjunto de células solares 50 incluye una célula solar 52, un elemento de derivación 54, una placa de circuito 51, y unos cables eléctricos 53 y 56.

La célula solar 52 puede ser de cualquier tipo y tamaño que sea adecuado para su uso en un concentrador solar. Una célula solar preferida incluye una célula solar de triple unión de alta eficiencia, como la fabricada por Emcore o Spectrolab. Como se muestra, la célula solar 52 es preferiblemente un cuadrado (por ejemplo, siete milímetros y medio (7,5) por siete milímetros y medio (7,5)).

El elemento de derivación 54 es opcional y puede ser un diodo u otro tipo de elemento, tal como un elemento activo, tal como un transistor de efecto campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET). Un MOSFET es un dispositivo que se puede utilizar para amplificar o conmutar una señal electrónica. El elemento de derivación 54 es preferiblemente un diodo. Como es bien conocido en la técnica, un elemento de derivación puede ayudar a proporcionar una ruta alternativa para el flujo de corriente en los casos en que no se está produciendo energía, por ejemplo, cuando una sombra bloquea la luz que llega a la célula solar 52. Proporcionando una trayectoria de corriente alterna además de a través de la propia célula solar 52 ayuda a permitir que la cubeta 8 y el sistema 1 continúen produciendo una salida de potencia deseada incluso si una o más de las células solares 52 no está produciendo ninguna energía. Una placa de circuito 51 puede ser cualquier cableado eléctrico que puede funcionar como una placa de circuito y que es adecuada para uso en el conjunto de células solares 50. Como se muestra, la célula solar 52 y el elemento de derivación 54 están unidos a la placa de circuito 51. La célula solar 52 y elemento de derivación 54 se pueden conectar a la placa de circuito 51 mediante cualquier manera adecuada para su uso en el conjunto de células solares 50. En realizaciones preferidas, la célula solar 52 está unida a la placa de circuito 51 de una manera sustancialmente libre de huecos. Por ejemplo, un conductor epoxi podría ser utilizado para unir la célula solar 52 a la placa de circuito 51 de una manera sustancialmente libre de huecos.

La placa de circuito 51 puede estar hecha de cualquier material adecuado para su uso como una placa de circuito en el conjunto de células solares 50. Una placa de circuito 51 preferida incluye un sustrato que tiene al menos una primera capa que es eléctricamente aislante y una segunda capa que es eléctricamente conductora, donde la segunda capa está acoplada eléctricamente a la célula solar 52 y al elemento de derivación 54 opcional. Preferiblemente, la primera capa es térmicamente conductora. Una placa de circuito 51 incluso más preferida incluye un sustrato que tiene al menos una primera y segunda caras que son eléctricamente conductoras, y un núcleo eléctricamente aislante intercalado entre la primera y segunda caras. Preferiblemente, el núcleo eléctricamente aislante es térmicamente conductor. Un material eléctricamente aislante preferido incluye material cerámico. El material eléctricamente conductor preferido incluye metal. En algunas realizaciones, la primera y segunda caras eléctricamente conductoras pueden ser dos metales diferentes. Si dos metales diferentes se utilizan para la primera y segunda caras eléctricamente conductoras, preferiblemente la expansión térmica lineal se corresponde entre la primera y segunda caras. Ventajosamente, una placa de circuito que tiene al menos una primera y segunda caras que son eléctricamente conductoras, y un núcleo eléctricamente aislante intercalado entre la primera y segunda caras, puede evitar deformaciones ("corte de patata") del sustrato, que de otro modo podría producirse debido a

cambios en la temperatura. Una placa de circuito 51 preferida incluye un sustrato de cobre de doble cara "cobre unido directamente" ("DBC"). Los sustratos de cobre de doble cara DBC son bien conocidos e incluyen una baldosa de cerámica que tiene una lámina de cobre unida a cada lado. Baldosas de cerámica a modo de ejemplo se pueden hacer de alúmina, nitruro de aluminio, óxido de berilio, combinaciones de los mismos, y similares.

5 Los cables 53 y 56 ayudan a proporcionar un circuito eléctrico, de modo que la electricidad generada de manera fotovoltaica puede ser liberada de la célula solar 52 como se genera la electricidad. Los cables 53 y 56 se pueden unir al conjunto de células solares 50 de cualquier manera adecuada. Los cables 53 y 56 de resistencia a la soldadura es un procedimiento de fijación porque la resistencia a la soldadura puede producirse en un período de tiempo tan relativamente rápido que el calor generado por la soldadura no suele ser indebidamente transferida lejos rodeando disipadores de calor tales como, por ejemplo, el disipador de calor 62. Además, debido a que la resistencia a la soldadura puede producirse durante este período de tiempo relativamente corto, el calor generado a partir del proceso de soldadura normalmente no se transfiere a los alrededores de las uniones por soldadura de una manera que hace que las uniones de soldadura se ablanden indebidamente y/o se deshagan.

10 El conjunto de células solares 50 incluye preferiblemente marcas de referencia, tales como los orificios 57, para la ayuda en el montaje automatizado, tales como en el montaje utilizando un sistema de visión artificial para localizar con precisión el conjunto de células solares 50 en la cubeta 8.

20 Como se muestra en la figura 20, un elemento óptico 24 adicional opcional, conocido como una óptica secundaria o secundaria óptica, se puede colocar en el punto focal 20 de una lente 12 individual. Alternativamente, la célula solar 52 puede colocarse en el foco 20 de una o más lentes 12. Ventajosamente, la óptica secundaria 24 puede ayudar a aumentar el ángulo de aceptación del módulo concentrador 2. El ángulo de aceptación aumentado que puede proporcionarse mediante la óptica secundaria 24 puede describirse con referencia a las figuras 21A y 21B, que ilustran el caso sin presencia de la óptica secundaria. La figura 21A es un diagrama de un conjunto óptico de concentración, que incluye una porción de lente 514 que enfoca los rayos del sol 516 en una célula solar 522. Si la luz del sol está enfocada nominalmente de manera intensa en un área 520 relativamente pequeña en el centro de la célula solar 522, es posible lograr la producción de energía completa incluso si la porción de lente 514 no está orientada directamente hacia el sol. La figura 21B ilustra la situación si los rayos 516 de luz solar entrantes se encuentran en un ángulo 518 con respecto a la porción de lente 514. Si el ángulo 518 excede de un cierto valor, los rayos enfocados 512 tienden a caer fuera del borde de la célula solar 522, reduciendo o eliminando así la producción de electricidad.

30 En realizaciones preferidas, la óptica secundaria 24 puede ampliar con eficacia el área (aunque de una manera sin formación de imágenes) en la que la célula solar 522 puede capturar la luz incidente 16. La óptica secundaria 24 presenta un área más grande en la boca 26 en la que el foco 20 puede caer. La presentación de un área más grande en la boca 26 tiende a tener el efecto de aumentar el ángulo de aceptación del sistema óptico en conjunto.

35 En realizaciones preferidas, la óptica secundaria 24 puede realizar opcionalmente una función de homogeneización de la iluminación (también conocido como "agitación del haz"). La homogeneización de la iluminación redistribuye la luz hiperconcentrada en la abertura de entrada (o la boca) 26 de la óptica secundaria 24 en un patrón mucho más uniforme de iluminación en la abertura de salida (o garganta) 28 de la óptica secundaria 24. Las ópticas secundarias que realizan la función de agitación del haz tenderán a estar más altas que la óptica secundaria que no realiza la función de agitación del haz también. Las figuras 22A, 22B, 23A, y 23B, ayudan a ilustrar el efecto de la agitación del haz. Las figuras 22A y 22B muestran el patrón de iluminación en el foco 20 de la lente 12, para los casos de las figuras 21A y 21B, respectivamente. Las figuras 23A y 23B muestran el patrón de iluminación mucho más uniforme en la garganta 28 de la óptica secundaria 24 para estos mismos dos casos. La mejora en la uniformidad de la iluminación, por lo tanto, es evidente. Un óptica secundaria 24 preferida de agitación del haz puede convertir nominalmente los patrones de iluminación 32 y 33 en los patrones de iluminación 34 y 36, respectivamente. El patrón de iluminación 32 está presente en la boca 26 cuando una lente individual 12 señala sustancialmente directamente al sol. El patrón de iluminación 32 se convierte mediante la óptica secundaria 24 en el patrón 34, que está presente en la garganta 28 de la óptica secundaria 24. El patrón de iluminación 33 está presente en la boca 26 cuando una lente individual 12 está orientada hacia el sol en un ángulo de un grado. El patrón de iluminación 33 se convierte mediante la óptica secundaria 24 en el patrón 36, que está presente en la garganta 28 de la óptica secundaria 24. Como se puede ver mediante la comparación de los patrones 34 a 36, la óptica secundaria preferida 24 puede producir un patrón de iluminación 36 bastante uniforme incluso si una lente individual 12 no está orientada directamente hacia el sol.

55 La acción de agitación del haz de la óptica secundaria 24 se ilustra en detalle en la figura 24, que es una vista tridimensional de los patrones de iluminación de entrada y salida que se muestran en las figuras 22A y 23A. El haz de rayos que entran en la boca 26 de la óptica secundaria 24 está muy enfocado, pero la óptica secundaria 24 provoca numerosas reflexiones que tienden a "agitar" los rayos para producir una iluminación relativamente uniforme en la garganta 28.

60 Como se muestra en la figura 25, la óptica secundaria 24 incluye preferiblemente múltiples zonas geométricas 40, 45, y 47 distintas. La zona 47 tiende a ayudar a capturar y redirigir la luz entrante si la lente 12 no apunta directamente hacia el sol. La zona 40 tiende a concentrar la luz entrante hacia la garganta 28, y la zona 45 es una

zona de transición física entre las zonas 45 y 47.

Como se muestra, la óptica secundaria 24 incluye opcionalmente una brida 42, que preferiblemente no contribuye en la función óptica de la óptica secundaria 24, pero puede ayudar en la fijación mecánica de la óptica secundaria 24 en posición en el conjunto disipador de calor 10 (descrito a continuación). En realizaciones alternativas, la brida 42 podría sustituirse con una o más pestañas (no mostradas) que pueden ayudar de manera similar en la fijación mecánica de la óptica secundaria 24 en posición en el conjunto disipador de calor 10. En aún otras realizaciones alternativas, la óptica secundaria 24 podría no tener ninguna brida 42 o lengüeta (no mostrada).

Alternativamente, cualquier óptica secundaria para su uso en concentradores solares podría utilizarse en el concentrador 2. Por ejemplo, una óptica secundaria 80 alternativa se muestra en la figura 26. La óptica secundaria 80 incluye una superficie frontal 82 que puede estar curvada, inclinada, o estar formada de otra manera para mejorar el ángulo de aceptación para los rayos fuera del eje. La superficie frontal 82 de la óptica secundaria 80 puede funcionar similar a la función de una lente de campo en la técnica de los sistemas ópticos de formación de imágenes, tendiendo así a colimar los rayos fuera del eje y mejorar el campo de visión (es decir, el ángulo de aceptación) de la óptica secundaria 80. A modo de ejemplo, la óptica secundaria 80 puede optimizarse para aceptar un cono de rayos que nominalmente entra en la óptica secundaria 80 desde una dirección ligeramente fuera de lo normal, y por lo tanto la abertura de entrada 82 está generalmente inclinada, además de tener la curvatura asociada con una lente de campo. Otra óptica secundaria alternativa incluye una óptica secundaria reflejada, al aire libre, que es utilizada por Amonix, Inc., Torrance, California.

Una óptica secundaria para su uso en el concentrador 2 puede tener cualquier número de lados (o incluso tener un perfil redondo o elíptico) y cualquier forma que sea adecuada para su uso en un concentrador solar. Preferiblemente, como se muestra en las ópticas secundarias 24 y 80, una óptica secundaria para su uso en el concentrador 2 tiene cuatro lados.

La óptica secundaria 24 puede estar hecha de cualquier material adecuado para utilizarse en el concentrador solar 2. En una realización preferida, la óptica secundaria 24 puede estar hecha de vidrio sólido, utilizando la reflexión interna total (TIR) para reflejar los rayos hacia la abertura de salida 28 de la óptica secundaria 24.

La óptica secundaria 24 puede incluir opcionalmente uno o más recubrimientos conocidos para su uso en la óptica secundaria. Por ejemplo, la óptica secundaria 24 podría utilizar un recubrimiento reflectante en las paredes laterales de la óptica secundaria 24. Como otro ejemplo, la óptica secundaria 24 podría incluir un recubrimiento anti-reflectante aproximadamente transparente sobre la abertura de entrada 26 de la óptica secundaria 24 para ayudar a mejorar el acoplamiento de la luz solar enfocada sobre la óptica secundaria 24.

Como se muestra en la figura 15, la carcasa ("lata") 92 se coloca sobre y contacta con la óptica secundaria 24 de una manera estructuralmente rígida. Como se muestra, la lata 92 incluye una abertura 93, que es al menos del tamaño de la abertura de entrada 26 de la óptica secundaria 24 para que la lata 92 no bloquee indebidamente la luz que incide sobre la abertura 26. Además, la carcasa 92 puede proteger al menos parcialmente la óptica secundaria 24 desde el entorno de la región interior 127. Preferiblemente, como se muestra, una superficie interior de la lata 92 contacta con la brida 42 de una manera estructuralmente rígida. En realizaciones preferidas, la óptica secundaria 24 (preferiblemente la brida 42) forma un sello con la superficie interna superior de la lata 92 de una manera estructuralmente rígida. Opcionalmente, la óptica secundaria 24 (preferiblemente la brida 42) puede estar unida a la superficie interna superior de la lata 92 (por ejemplo, con un sellador) de una manera estructuralmente rígida.

La base de la lata 92 se puede fijar directa o indirectamente al disipador de calor 62 de cualquier manera adecuada para su uso con el conjunto disipador de calor 10. En una realización preferida, como se muestra en la figura 15, la lata 92 se fija al disipador de calor 62 con unos remaches 68. Alternativamente, la lata 92 podría sustituirse con uno o más elementos mecánicos que pueden contactar con la óptica secundaria 24 de una manera estructuralmente rígida y, opcionalmente, al menos parcialmente proteger la óptica secundaria 24 del entorno de la región interior 127.

El conjunto disipador de calor 10 se puede montar en cualquier forma conveniente. La figura 27 es una vista en despiece de una pila de material preferido del conjunto de células solares 50 y la óptica secundaria 24. El orden del despiece sugiere un orden preferido de unión. En un enfoque preferido, el conjunto de células solares 50 se produjo primero desde la placa de circuito 51, la célula solar 52, y un diodo de derivación 54. Preferiblemente, un encapsulante 102 puede aplicarse sobre una porción de la placa de circuito 51 para proteger y aislar los cables 103 de la célula solar 103. Una capa delgada de adhesivo óptico o gel 106 se aplica preferiblemente a la superficie superior de la célula solar 52 y la óptica secundaria 24 está unida a la célula solar 52 de una manera tal que la luz concentrada que sale de la óptica de concentración es incidente sobre la célula fotovoltaica. La placa de circuito 51 con la óptica secundaria 24 entonces se une preferiblemente con adhesivo térmico 104 para calentar el disipador de calor 62. Finalmente, un recubrimiento de conformación 108 se aplica preferiblemente para cubrir todo el conjunto de células solares 50. El recubrimiento 108 puede contactar con el adhesivo óptico 106, pero preferiblemente deja un pequeño espacio para que el recubrimiento 108 no contacte con la óptica secundaria 24. El espacio es preferiblemente de unas pocas milésimas de una pulgada, pero se ha exagerado en la figura 27 para mayor claridad.

El adhesivo óptico o gel 106 tiene preferiblemente un índice de refracción que es tan alto o más alto que el índice de

refracción del material de la óptica secundaria 24, y tan bajo o menor que el índice de refracción del material del cual se construye la célula solar 52. Sin embargo, puede ser difícil encontrar un adhesivo o gel 106 que tenga el índice deseado de los criterios de refracción y también pueda soportar la alta carga ultravioleta, así que se puede obtener un compromiso, que especifica un adhesivo que sobreviva a la carga ultravioleta, pero que tenga índice de refracción un poco menor del que sería de otro modo más preferible.

Aunque las realizaciones preferidas contemplan curar térmicamente adhesivos líquidos para todos los adhesivos utilizados en el conjunto disipador de calor 10, se puede utilizar cualquier tipo de adhesivo.

Haciendo referencia a la figura 14, el conjunto de células solares 50 y el disipador de calor 62 pueden montarse juntos de una manera tal que la célula solar 52 recibe la luz incidente que pasa a través de la abertura del módulo concentrador 2, preferiblemente con un adhesivo térmico.

La presente descripción enseña una serie de enfoques para producir un conjunto disipador de calor fiable, de alto volumen. Ya se han descrito técnicas tales como marcas de referencia y orificios de gran tamaño para permitir una alineación precisa robótica. Otra área en la que nuevas técnicas son deseables es en el montaje de la óptica secundaria 24 a la célula solar 52, y del conjunto 50 resultante al disipador de calor 62. Adhesivos con las propiedades deseadas mencionadas anteriormente (para el adhesivo óptico, cualidades como la transparencia y la tolerancia a la radiación ultravioleta intensa, y para el adhesivo térmico, cualidades como el soporte dieléctrico y alta conductividad térmica) están disponibles, pero los mejores adhesivos pueden no estar disponibles en formulaciones de curado rápido. Muchos adhesivos deseables se curaron térmicamente a temperatura elevada durante largos períodos de tiempo, por ejemplo, de una hora o más.

Debido al deseo de montar estos componentes con un nivel deseado de precisión, es deseable proporcionar accesorios para mantener los componentes en la alineación adecuada, mientras que el adhesivo se cura. Sin embargo, tales aparatos pueden ser caros, por lo que si se desean producir, por ejemplo, cientos o miles de conjuntos disipadores de calor, 10 por hora, pueden ser necesarios cientos o miles de costosos aparatos de precisión.

La presente descripción enseña que la técnica de curado de adherencia se puede usar para lograr los conjuntos de alta precisión requeridos, mientras que requiere un menor número de accesorios. El curado de adherencia es una técnica por la cual un adhesivo al menos se cura parcialmente para lograr una baja resistencia pero una unión útil, permitiendo operaciones adicionales que se pueden basar en la unión antes del curado final, siempre y cuando las operaciones adicionales no pongan una tensión excesiva en el adhesivo. Un procedimiento preferido de fabricación del conjunto disipador de calor luego procede de la siguiente manera: 1) Colocar uno o más conjuntos de células solares en los recipientes de forma apropiada en una mesa giratoria; 2) Distribuir adhesivo óptico sobre las células solares 52; 3) Usar visión artificial opcional para la orientación, utilizar opcionalmente un robot para colocar con precisión la óptica secundaria 24 en las células solares 52, utilizando las marcas de referencia como referencias posicionales para el sistema de visión artificial. El robot fija una abrazadera u otro accesorio a los conjuntos de precisión situados para mantenerlos en posición; 4) Llevar una placa de calentamiento (preferentemente precalentada) desde debajo de la mesa giratoria para contactar los conjuntos de células solares prospectivas con ópticas secundarias; 5) Aplicar calor en exceso de, por ejemplo, 150°C durante un corto intervalo, por ejemplo, 15 segundos, para curar inicialmente el adhesivo óptico a un punto en el que aún está lejos de una resistencia completa, pero ha logrado una suficiente rigidez que puede soportar las perturbaciones vibratorias benignas presentes en la línea de fabricación; 6) Para cada célula solar del conjunto secundario, suministrar epoxi térmico sobre un disipador de calor; 7) Utilizar un robot para colocar cada célula solar del conjunto secundario sobre un disipador de calor, haciendo que el robot presione el conjunto sobre el disipador de calor con una fuerza deseada, preferiblemente fijando el conjunto al disipador de calor, liberando el robot para otras operaciones; 8) Aplicar calor en exceso de, por ejemplo, 150°C durante un corto intervalo, por ejemplo, a 50 segundos. Como el disipador de calor puede tender a absorber cualquier calor aplicado únicamente a las uniones adhesivas, una especie de horno se utiliza preferentemente en su lugar para calentar todo el conjunto disipador de calor prospectivo a la vez. Este calor curará por adherencia el adhesivo térmico y el adhesivo óptico hasta el punto en que pueden tolerar la manipulación normal durante el montaje; 9) Retirar los accesorios (y devolverlos a una posición que permita la reutilización) y colocar el conjunto disipador de calor sobre una cinta transportadora lenta, que lo llevará a la curación del horno a una temperatura de más de, por ejemplo, 150°C, con una duración de, por ejemplo, 90 minutos, para lograr un curado de resistencia completa de todos los adhesivos; y 10) Permitir que el conjunto disipador de calor completado se enfríe, y sacarlo de la cinta transportadora.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 4 y 5, como se muestra, la abertura 4 es preferiblemente de forma rectangular. Una dimensión ejemplar de la abertura 4 es de aproximadamente 73,6 por 38,1 cm.. Alternativamente, la abertura 4 puede ser de cualquier tamaño y forma adecuados para un concentrador solar.

Como se muestra, la lente 6 es preferiblemente un "parquet" de lentes individuales 12 como elementos ópticos para concentrar la luz solar. Teniendo en cuenta las figuras 4, 5, y 20 juntas, cada lente individual 12 concentra los rayos entrantes 16 de la luz del sol desde la abertura 14 de la abertura 4 a un foco de alta intensidad 20. Ventajosamente, el foco 20 de luz se puede utilizar para generar electricidad a partir de células solares 52.

Como se muestra, la lente 6 incluye preferiblemente una sola lámina unitaria de lentes 12. Alternativamente, la lente 6 podría estar compuesta por sub-láminas separadas de las lentes 12.

La lente 6 puede estar hecha de cualquier material óptico adecuado para una lente en un concentrador solar. Ejemplos de materiales incluyen materiales plásticos tales como acrílico.

5 Como se muestra en las figuras 4 y 5, la lente 6 incluye preferiblemente un parquet de 4 por 2 de lentes 12 aproximadamente cuadradas. Como se muestra, las lentes 12 son preferiblemente cuadradas porque una lente 12 cuadrada puede ayudar a hacer el concentrador 2 más corto, ya que la altura práctica mínima de un concentrador se conduce normalmente por la dimensión más grande de la lente. Realizaciones alternativas pueden utilizar otras formas de lentes (no cuadradas) y diferentes números de lentes en el parquet. La presente invención también enseña que otros tipos de parquet, tales como parquet de lentes hexagonales pueden aproximar un perfil de abertura preferido, que incluye segmentos circulares 440 (descritos más adelante con respecto a la figura 57). Por lo tanto, realizaciones alternativas incluyen parquet de lentes hexagonales o de otras formas, o parquet de lentes heterogéneos, para ayudar a la aproximación de una forma preferente "terminada en rectángulo".

15 La cantidad de energía que el panel solar 1 producirá tiende a estar directamente relacionada con la eficiencia de las lentes. La eficiencia de las lentes 12 puede describirse como la relación de la cantidad de luz que la lente 12 enfoca adecuadamente a un punto focal 20 y la cantidad de luz 16 que entra en la abertura 14. La invención también se aprecia que en ciertas realizaciones se prefieren lentes de Fresnel porque las lentes de Fresnel tienden a pesar y su coste es relativamente mucho menor que por lo menos algunas otras lentes. Debe tenerse en cuenta que, dado que la lente 12 preferida es cuadrada, hay por lo menos dos maneras de pensar acerca de la distancia focal al diámetro de la lente 12. Con respecto a la anchura (w) de la lente 12, relaciones f/w de menos de 1,25 pueden dar lugar a pérdidas inaceptables de luz. Con respecto a la diagonal (d) (que es 1,41 veces la anchura para una lente cuadrada 12), relaciones f/d de menos de aproximadamente 0,9 pueden dar lugar a pérdidas inaceptables de luz.

20 Cuando se añaden otros componentes deseados de la realización preferida, incluyendo una secundaria óptica 24 y un disipador de calor 62, puede ser difícil producir un concentrador 2 adecuadamente eficiente, cuya altura es mucho menor que 2 veces su anchura.

25 Ventajosamente, una matriz de 4 por 2 construida de lentes de Fresnel eficientes puede producir un concentrador 2 cuya anchura es aproximadamente una vez la altura del concentrador 2, permitiendo que los concentradores 2 se coloquen relativamente ajustados en el panel solar 1 para una eficiencia relativamente alta. Por esta razón, parquet que tienen al menos dos lentes en la dimensión más corta del parquet (por ejemplo, la dirección norte-sur en la figura 2) son los preferidos, para dar una relación entre la anchura y la altura de al menos 1:1. Alternativamente, una lente 6 del parquet puede ser cualquier conjunto de lentes 12. Por ejemplo, la lente 6 del parquet podría ser una matriz de 4 por 1 de lentes 12.

30 En realizaciones alternativas, como se muestra en la figura 57, la abertura de entrada del módulo de concentración 502 se puede ampliar mediante la adición de segmentos 440 circulares que aumentan el área de recogida (y por lo tanto, la eficiencia) del panel solar sin ningún aumento en la separación requerida.

35 Haciendo referencia a la figura 57, las aberturas rectangulares y los parquet 6 de lentes que son más anchos en la dirección este-oeste que en la dirección norte-sur tienden a minimizar la cantidad de espacio (y por lo tanto, la luz perdida y la eficiencia perdida) que se desperdicia cuando los segmentos 440 circulares no están incluidos en la abertura 4. Las realizaciones preferidas tienden de este modo hacia aberturas asimétricas. Una forma preferida para la abertura es un "rectángulo encapsulado", como se ilustra por la región 446 en la figura 58. Este rectángulo encapsulado se construye mediante un primer círculo de construcción 444, que es el perímetro barrido por las esquinas de un módulo rectangular que articula el módulo en movimiento de inclinación. Las líneas 442 entonces se construyen mediante la extensión de los lados largos del módulo preferido pasado el borde del círculo. El área interior resultante 446 es la forma preferida. Debe tenerse en cuenta que los módulos 2 preferidos en su lugar utilizan una abertura rectangular para ayudar a la facilidad de fabricación.

40 No obstante, eligiendo una abertura rectangular con una relación de aspecto (ancho de norte a sur y ancho de este a oeste) de más de 1,5 a 1 puede ayudar a minimizar la cantidad de área perdida 440 con respecto a la abertura teóricamente ideal 446. Por lo tanto, la simplicidad de fabricación de una abertura rectangular tenderá a preferirse sobre la más compleja abertura teóricamente ideal 446, cuando se utilizan relaciones de aspecto mayores que 1,5 a 1. En realizaciones preferidas, una lente tiene una matriz "m" por "n" de lentes individuales, $m > 1$, $n > 1$, y $m \neq n$. Preferiblemente, n es igual a 1,5 o mayor, o incluso 2 o mayor. Como se muestra en la figura 4, la lente 6 tiene una serie de lentes individuales 12, donde $n = 2$ y $m = 4$. Como se muestra, la dimensión "n" se produce a lo largo de un eje que es sustancialmente paralelo al eje de basculación 17.

45 Realizaciones alternativas consideran relaciones de aspecto muy grandes, como 3-1 ó 4-1, con parquet de lentes que comprende 6 por 2 u 8 por 2 lentes. Sin embargo, como la anchura de las cubetas en la dirección este-oeste crece, se hace necesario montar el producto más alto que el techo, de modo que las cubetas tengan espacio para bascular libremente en movimiento de basculación sin tocar el techo. Es decir, en referencia a la figura 3, cuando la relación de aspecto crece, los postes de soporte 356 se convierten en más y más alto, lo que lleva a una pérdida de

rigidez estructural.

Módulos más anchos también modifican la relación de aspecto general del panel solar en conjunto. La realización preferida selecciona un parquet de 4 por 2 lentes como un equilibrio casi óptimo entre la densidad de compactación, la rigidez estructural y el deseo de articulación alrededor del centro de gravedad.

5 Como se muestra, cada lente 12 es preferiblemente una lente de Fresnel. Alternativamente, uno o más tipos diferentes de elementos de enfoque pueden ser utilizados para una lente 12. Por ejemplo, la lente 12 puede ser una lente estándar, una lente reflectante, una lente de reflexión-refracción interna total (R-TIR), combinaciones de las mismas, y similares. Del mismo modo, la lente no tiene que ser plana. La lente puede ser en forma de cúpula o de otra manera tridimensional.

10 Cada lente 12 puede ser de cualquier tamaño adecuado para el concentrador. Un tamaño ejemplar de la lente 12 es de 17,7 por 17,7 cm.. La lente 6 puede incluir opcionalmente un borde alrededor de las lentes 12, por ejemplo, un borde de 1,2 cm.

15 El sensor de posición del sol 212 se ilustra en las figuras 28 a 34. El sensor 212 preferido incluye sensores de ángulo estrecho y de gran angular distintos, cada uno incluyendo una pluralidad de fotodiodos que detectan la luz solar incidente. El enfoque básico puede ser coherente con el enfoque en el documento US 2008128586 (Johnson Jr., et al.) que tiene una fecha de presentación del 12 de octubre de 2007. El sensor 212 incluye preferiblemente un conjunto de diodos de detección 222 de gran angular y un par de diodos de detección 224 de ángulo estrecho situados detrás de las ranuras de precisión 226 y las máscaras 228. Las ranuras 226 y las máscaras 228 se moldean preferentemente en el cuerpo de sensor 230. Los sensores de la posición del sol 212 preferidos son sensores de un solo eje, diseñados principalmente para ser sensibles a la posición del sol en un eje preferido y agnóstico a la posición del sol en el otro eje.

20 Haciendo referencia a la figura 28, el sensor 212 incluye un cuerpo principal 230 preferentemente moldeado por inyección, una cubierta transparente 232, y un cable de salida 234. El volumen dentro de la cubierta transparente se puede llenar con un material transparente tal como silicona, para eliminar la posibilidad de condensación o contaminación en el interior del sensor.

La figura 29 muestra el sensor 212 con la cubierta transparente retirada, y revela más claramente los fotodiodos 222 sensores de gran angular y las ranuras de precisión 226.

La figura 30 muestra el lado posterior del sensor 212, incluyendo la cubierta posterior 228 y las características de montaje 231, que se acoplan con unos orificios de montaje 220 en las características 210 en la cubeta 8.

30 La figura 31 muestra el sensor 212 con la cubierta trasera 228 retirada, y revela la placa de circuito 232 y el soporte 234 de diodo.

La figura 32 es una vista frontal del sensor de posición del sol 212, y muestra la placa de circuito 232 en gran parte cubierta por el soporte 234 de diodo. El soporte 234 de diodo es una parte preferiblemente moldeada por inyección que proporciona que los diodos se suelden a la placa de circuito a una altura preferida por encima de la junta, y en orientaciones precisas preferidas, como se muestra en más detalle en la figura 33.

35 La figura 34 muestra una vista en sección de los fotodiodos de ángulo estrecho 224 y las ranuras 226 que se moldean en el cuerpo principal 230. La vista es desde la parte superior del sensor 212, en un plano por debajo de las ranuras 226. A medida que el sol pasa sobre el sensor 212, las ranuras 226 pueden proyectar sombras sobre los diodos de ángulo estrecho 224. Una máscara 228 proporciona una abertura de precisión sobre las que se proyectan las sombras de las ranuras 226, creando así un sensor muy preciso incluso si el propio fotodiodo es mecánicamente imperfecto.

40 Los sensores 212 están preferentemente diseñados para ser sensibles a la posición del sol en un solo eje, por lo que se desean al menos dos sensores 212 preferidos para determinar completamente la posición del sol. Además, en la medida en que es posible para módulos concentradores adyacentes 2 o paneles solares de concentración 1 cercanos que proyectan sombras, es deseable que haya sensores redundantes 212 para cada uno de los dos ejes (los ejes de inclinación y de basculación), de modo que incluso cuando un sensor 212 está a la sombra, el otro sensor 212 puede preferiblemente aún ver el sol. En la realización preferida, los sensores redundantes 212 se colocan en lados opuestos (en el sentido este-oeste) de la cubeta 8 para ayudar a proporcionar tolerancia a la sombra.

45 Estos sensores 212 incluyen elementos de detección de ángulo estrecho y de gran angular. Sensores de seguimiento sustancialmente similares se detallan en la solicitud US2008128586 (Johnson Jr., et al.) con fecha de presentación del 12 de octubre de 2007.

50 Los cables de señal 234 se alimentan a la electrónica de control 239 que se muestra en la figura 54 (descrita más adelante), donde el software puede interpretar los datos de los sensores 212 para inferir la posición del sol y mandar a los motores para moverse adecuadamente, de modo que el panel solar 1 apunte al sol.

55

El panel solar de concentración 1 incluye una pluralidad de módulos concentradores solares 2, junto con el mecanismo de articulación 3. El mecanismo de articulación 3 preferido mostrado en la figura 40 incluye un bastidor 304, un enlace 308, la unidad de accionamiento 310, y un conjunto de pivote 312.

Las figuras 35 a 38 muestran el bastidor 304 del mecanismo de articulación 3 en el contexto de todo el panel solar 1, mientras que la figura 39 muestra el bastidor 304 aislado. Se observa que en las realizaciones preferidas, el mecanismo de articulación 3 (en la articulación de basculación y de inclinación) se coloca por debajo o proximal a y/o dentro de la huella del sistema 1 mostrada en la figura 7. Como se muestra en la figura 39, los módulos concentradores 2 están preferentemente acoplados físicamente al bastidor 304 en puntos de pivote 306 de manera articulada, que se conectan a las cubetas 8 dentro de las cavidades 134 y 136. El bastidor 304 incluye dos elementos de chasis 305 y 307 que están rígidamente acoplados físicamente al eje (tercer elemento de chasis) 302. Cada elemento de chasis 305, 307, y 302 es sustancialmente paralelo a los demás elementos de chasis y cada elemento de chasis 305, 307, y 302 se extiende a lo largo de la longitud "L" (véase la figura 1) de la huella del panel 1. Como se muestra en la figura 40, el bastidor 304 se monta preferiblemente en el eje 302, que pivota preferiblemente el bastidor 304 (incluyendo los módulos 2) alrededor del eje de inclinación 15 (por ejemplo, el eje norte-sur, como se muestra en la figura 2) para mover el bastidor 304 en un arco o curva, similar al movimiento de un péndulo. En realizaciones preferidas, el bastidor 304 y/o el eje 302 proporcionan suficiente soporte estructural para los módulos 2 dentro del panel 1, además de la articulación de los módulos 2. Preferiblemente, el bastidor 304 y/o el eje 302 pueden soportar el peso de los módulos 2 y cualesquiera cargas mecánicas adicionales (incluyendo pero no limitado a la nieve, por ejemplo) sin fallar, pero el eje 302 pueden someterse a la flexión sin afectar al rendimiento.

Como se muestra, el bastidor 304 está separado del eje 302. En realizaciones preferidas, el bastidor 304 está unido al eje 302 en un par de puntos 314. Estos puntos 314 están colocados preferiblemente en posiciones hasta la mitad a lo largo de la longitud del bastidor 304, por ejemplo, aproximadamente del 25% al 75% de la trayectoria a lo largo del bastidor 304. La fijación del bastidor 304 al eje 302 en puntos 314 preferidos puede reducir la deflexión del bastidor 304 y/o permitir la reducción de la masa del bastidor 304, al tiempo que conserva la rigidez estructural. La inclinación del eje 302 preferentemente coincide con la inclinación del eje de inclinación 15 de los elementos 310 y 312. Como el bastidor 304 está unido al eje 302, como se ilustra, en sólo dos puntos 314, cualquier flexión del eje 302 debida a la gravedad tiende a no ser transmitida al bastidor 304. El aislamiento de cualquier sacudida del eje 302 al bastidor 304 de esta manera puede permitir ventajosamente que la masa del eje 302 sea reducida sin sacrificar el rendimiento. Debe tenerse en cuenta que los puntos de conexión 314 preferiblemente también funcionan como una flexión o cojinete para ayudar a evitar la transmisión de momentos de flexión entre el eje 302 y el bastidor 304. Un material preferido para el eje 302 incluye aluminio (por ejemplo, tubo de aluminio extrudido).

Alternativamente, el bastidor 304 puede acoplarse directamente con los pivotes 310 y 312 del eje de inclinación. En tales realizaciones alternativas, el bastidor 304 puede flexionarse debido al peso de los módulos concentradores 2, y típicamente el grado de flexión puede variar cuando el eje de inclinación 15 gira. Tal variación en la flexión puede llevar a los módulos 2 que apuntan en direcciones ligeramente diferentes entre sí alrededor del eje de basculación 17 como módulos 2 articulados sobre el eje de inclinación 15. Si los módulos 2 no apuntan en sustancialmente la misma dirección, el ángulo de aceptación del panel solar de concentración 1 en conjunto tiende a reducirse. Por lo tanto, puede ser deseable minimizar tal error diferencial de señalización.

En muchos mercados de interés, la posición del sol a mediodía puede ser relativamente baja en el cielo del sur en algunas épocas del año, como en el invierno en las latitudes del norte, mientras que la posición del mediodía del sol en el verano está cerca del cenit. Por tanto, es deseable que el soporte 312 del eje de inclinación preferentemente en el extremo sur del panel solar de concentración 1 se implemente para no proyectar una sombra en cualquiera de los módulos concentradores 2, en particular, por ejemplo, al mediodía en el invierno en latitudes al norte. También es deseable que el soporte 312 permita espacio para que los módulos concentradores 2 se articulen en basculación sin interferencia del soporte 312.

En algunas realizaciones, el extremo sur del eje de inclinación 15 está a una altura más baja que el extremo norte. Esta disposición puede conducir a un eje de inclinación 15 que está ligeramente inclinado con respecto al plano en el que está montado el panel 1. Funcionalmente, el eje de inclinación 15 inclinado típicamente no afecta indebidamente al funcionamiento del panel solar 1, pero ventajosamente puede haber un beneficio de sombreado reducido debido a tal inclinación.

En la realización preferida, las funciones de no sombreado y de separación se pueden mejorar a través de la pieza de fijación 316 de cuello de cisne, que se muestra en detalle en la figura 41. El cuello de cisne 316 se ajusta preferiblemente en el eje 302 y se arquea hasta el punto de pivote deseado alrededor del eje de inclinación 15, que está en o sustancialmente cerca del centro de gravedad de la masa en movimiento de todo el panel solar 1. El cuello de cisne 316 puede estar hecho de cualquier material adecuado para la articulación, y preferiblemente el soporte, del eje 302 y cualquier carga que pueda soportar el eje 302, tal como aluminio de fundición.

El cuello de cisne 316 preferiblemente coincide con la placa de montaje 320 en el pivote 322 a través del cojinete 324. El cojinete 324 puede ser cualquier cojinete que permite preferiblemente alguna cantidad deseable de rango de articulación del eje 302 con respecto a la placa de montaje 320. Ventajosamente, un rango de articulación de este

- tipo puede adaptarse a las variaciones esperadas en la ubicación de los puntos de montaje (no mostrados) durante una instalación. Por consiguiente, la presente invención puede permitir el uso de técnicas de instalación de paneles solares planos tradicionales si se desea. Un cojinete 324 preferido incluye un cojinete que es un cojinete parcialmente esférico. Además, el pivote 322 está preferiblemente libre de deslizarse longitudinalmente en el cojinete 324, lo que permite el desplazamiento de la placa de montaje 320 preferiblemente en la dirección de norte a sur, ayudando a adaptarse a las variaciones en la posición de los carriles de montaje, tal como los carriles 350 y 352 en la figura 2. El cojinete 324 puede estar hecho de cualquier material adecuado tal como, por ejemplo, polímero.
- Aunque la realización preferida contiene un único eje de soporte principal 302, realizaciones alternativas pueden usar más de un eje de soporte principal 302.
- El eje 302 está articulado preferentemente alrededor del eje de inclinación 15 mediante el conjunto de accionamiento 310 que se muestra en la figura 40. Como se muestra en la figura 42, el conjunto de accionamiento 310 está unido al soporte 326. La figura 42 también muestra una carcasa 420 de electrónica.
- El extremo de accionamiento 310 del mecanismo de articulación 3 se puede unir a un soporte usando cualquier elemento de sujeción adecuado. Como se muestra, el accionamiento 310 está unido al soporte 326 de montaje. El soporte 326 incluye unos orificios de montaje 328 para unir los carriles de montaje. Un enfoque para el montaje del panel solar de concentración 1 se muestra en la figura 2, en el que el soporte 326 coincide con el carril 350 y la placa de montaje 320 de cuello de cisne coincide con el carril 352. La figura 3 ilustra este esquema en el contexto de un techo entero, en el que un conjunto de carriles 354 están soportados sobre un conjunto de carriles 356, proporcionando una multiplicidad de puntos de montaje potenciales.
- Volviendo al soporte de montaje 326 en la figura 42, el soporte de montaje 326 coincide con el conjunto de accionamiento 310 en el pivote 332 a través del cojinete 334. Juntos el pivote 332 y el cojinete 334 preferiblemente formar un cardán, lo que permite dos grados de libertad de movimiento en esta interfaz, por lo tanto, acomodando variaciones en la precisión y desajustes leves del eje de inclinación 15, por ejemplo, con respecto al plano del techo. Articulaciones de montaje universal, como el cardán formado por el pivote 332 y el cojinete 334, como se muestra en la figura 42, pueden proporcionarse en uno o ambos extremos del panel 1. El panel 1 se puede accionar, y preferentemente soportar, alrededor del eje de inclinación 15 con cumplimiento longitudinal. Ventajosamente, el panel 1 puede seguir funcionando correctamente incluso cuando el carril está estáticamente mal situado y/o se mueve dinámicamente.
- Haciendo referencia a la figura 43, el mecanismo de accionamiento 310 se muestra con más detalle. Preferiblemente, el eje 348 (y el sector dentado 360, que se muestra en la figura 44) permanece fijo, mientras que todo el mecanismo de inclinación 310 puede girar alrededor del mismo. La carcasa del mecanismo incluye la cubierta 336 y el cuerpo 338. El cuerpo 338 encaja en el eje de inclinación 302. Con referencia también a la figura 44, la cubierta 336 incluye un saliente 340 para acomodar el engranaje 344 y un receptáculo 342 para alojar clavijas límite 346.
- La cubierta 336 y el cuerpo 338 pueden estar hechos de cualquier material adecuado. Un material preferido incluye fundición de aluminio.
- Las figuras 44 y 45 son vistas del mecanismo de accionamiento de inclinación 310 con la cubierta 336 retirada. El motor (no mostrado) en la caja 370 proporciona el accionamiento para el mecanismo 310 y es preferiblemente un motor paso a paso. El motor acciona el engranaje helicoidal 368, que gira el engranaje 344, proporcionando una primera reducción de engranajes. El engranaje 344, por lo tanto, provoca que el engranaje helicoidal 364 gire, soportado sobre cojinetes 366, que son preferiblemente cojinetes de polímero semiesféricos. El engranaje helicoidal 364 provoca entonces que la carcasa 338 gire alrededor del engranaje de sector fijo 360, proporcionando una segunda reducción de engranajes.
- El mecanismo de inclinación 310 deseablemente no requiere mantenimiento, y por lo tanto preferiblemente no tiene que ser lubricado. Para ayudar a lograr esto, el mecanismo preferido incluye engranajes de un material apropiado, por ejemplo, plástico para los engranajes 344 y 360, y bronce para el engranaje helicoidal 368. El engranaje helicoidal 364 puede ser de un metal apropiado (por ejemplo, acero inoxidable), ya que interactúa solamente con plástico y componentes poliméricos. Del mismo modo, los cojinetes poliméricos 366 ayudan en el mecanismo 310 no necesariamente teniendo que ser lubricado. El engranaje helicoidal 368 incluye preferiblemente latón, de manera que puede montarse en el eje del motor a través de un ajuste a presión.
- El engranaje de sector 360 incluye unos receptáculos 362, en los cuales entra el pasador 346 en los límites de su movimiento. El collar 372 o la clavija 346 implementan preferiblemente un interruptor de límite, por ejemplo, al proporcionar un interruptor de láminas y un imán en el collar 372 y uno de los receptáculos 362.
- Haciendo referencia a la figura 40, todo el bastidor 304 se articula preferiblemente alrededor del eje de inclinación 15 por la acción del motor. La figura 40 también ilustra componentes preferidos que proporcionan accionamiento alrededor del eje de basculación 17 (véase la figura 2 para el eje de basculación 17). Las cubetas 8 están agrupadas preferiblemente juntas, de modo que se mueven en sincronía alrededor de sus respectivos ejes de la punta 17. Cada cubeta 8 se apoya preferiblemente en puntos de pivote 306 y se articula sobre estos puntos 306 en los soportes 382

y los soportes 380. Las cubetas 8 están hechas para articularse por el movimiento del brazo de enlace 308.

La figura 35 ilustra los soportes 380 y 382 preferidos, el bastidor y el brazo de enlace 308. El bastidor incluye un carril de lado este 384 y un carril de lado oeste 386. El carril 384 incluye un refuerzo 390, y el carril 386 incluye una caja de refuerzo 392. El brazo de enlace 308 incluye un refuerzo 394.

5 El procedimiento preferido de soporte y articulación del eje de basculación se muestra en mayor detalle en las vistas en sección en las figuras 46, 47 y 48. Las figuras 46 y 47 son vistas del carril del lado oeste 386 y los soportes 380, con las secciones tomadas a profundidades ligeramente diferentes. En la figura 47, y también con referencia de nuevo a la figura 10, la coincidencia de los soportes 380 con las cubetas 8 es visible, incluyendo el anidamiento de la punta del soporte en el receptáculo 172 en la cavidad 136, la fijación del tornillo de soporte 380 en el inserto roscado 174, y la ubicación de la ménsula 380 en la protuberancia 176.

10 Del mismo modo, la vista en sección en la figura 48 muestra el carril del lado este 384 y los soportes 382. También se hace referencia de nuevo a la figura 11, que ilustra cómo los soportes 382 encajan en las ranuras 202 dentro de las cavidades 134 y se atornillan en insertos roscados 206. La figura 48 también muestra cómo el brazo de enlace 308 se mueve con respecto al carril 384, haciendo que las cubetas 8 se articulan alrededor del eje de basculación 17. Un actuador lineal (descrito más adelante) hace que el husillo 402 se deslice en la ranura 404, haciendo que el brazo de enlace 308 se mueva en un arco, provocando la rotación de los soportes 382 y, por lo tanto, la articulación de los módulos concentradores 2.

15 Las figuras 49 y 50 ilustran el actuador lineal que acciona una cubeta 8 alrededor el eje de basculación 17. En ambas figuras 51 y 50, dos de los módulos concentradores 2 se han retirado para revelar el actuador 406, que es accionado por el motor 408. Todo el actuador pivota alrededor del husillo 410 montado en el soporte 412 y el carril del lado este 384. El actuador provoca que el husillo 402 se deslice en la ranura 404. El actuador también incluye una palanca 414 que acciona un final de carrera.

20 Las cubetas 8 del panel solar de concentración 1 pueden proyectar ocasionalmente sombras en cubetas adyacentes 8 dentro del panel solar 1 y/o en cubetas 8 dentro de los paneles solares 1 adyacentes. Preferiblemente, la potencia cae menos o en proporción a la cantidad de sombreado.

25 Los cables de energía 53 y 56 desde los conjuntos disipadores de calor 10 dentro de la cubeta 8 están cableados preferentemente en un circuito serie-paralelo con los cables de salida de las otras cubetas 8 para producir una tensión y corriente de salida deseadas. Aunque los paneles solares tradicionales pierden rápidamente energía incluso cuando están ligeramente sombreados, es deseable la realización preferida en el presente documento para exhibir una tolerancia a la sombra. En la práctica, en los paneles solares tradicionales, la potencia de salida puede soltarse la medida en que las corrientes a través de las diferentes células solares en un panel solar no coinciden. Preferiblemente, se selecciona el circuito serie-paralelo para ayudar a hacer una o más cubetas tolerantes a la sombra, por ejemplo, a partir de cubetas 8 adyacentes dentro de panel solar 1 o de paneles solares 1 adyacentes.

30 Preferiblemente, un circuito de un módulo 2 incluye al menos cuatro células solares, en el que un primer conjunto de células solares incluye al menos dos células solares que están conectadas en paralelo y un segundo conjunto de células solares incluye al menos dos células solares diferentes que están conectadas en paralelo, y en el que el primero y segundo conjuntos de células solares están conectados en serie. En realizaciones preferidas, un concentrador tiene al menos una matriz de 2 por "n" células solares (donde "n" es 2 o mayor) y al menos dos células solares de un conjunto de células solares dado son de diferentes filas. Preferiblemente, las células solares se conectan en paralelo en un patrón de "zigzag" como se describe a continuación en relación con las figuras 52 y 53.

35 Un esquema de cableado ejemplar que puede ayudar a la cubeta 8 a ser tolerante a la sombra se muestra gráficamente en la figura 51 y esquemáticamente en la figura 52. Los cables 185 junto con el concentrador de cables 132 conectan las células solares 52 dentro de los conjuntos disipadores de calor 10 para formar un circuito serie-paralelo, como se muestra en las figuras 51 y 52. El circuito serie-paralelo resultante entonces preferiblemente proporciona al menos dos cables de salida 186 que salen a través de la base 145 de la cubeta 8, preferiblemente como uno o más cables de salida que salen de la cubeta 8 a través de una o más conexiones pasantes 188 preferiblemente herméticas.

40 Como se muestra, el concentrador de cableado 132 incluye preferiblemente unas barras colectoras 180, 182, y 184 altas, comunes y bajas, respectivamente (véase también la figura 12). Haciendo referencia a las figuras 51, 52 y 53, mediante cableado de los cables de energía 53 y 56 a las barras colectoras 180, 182, y 184, apropiadamente, la realización preferida coloca las células solares de las aberturas 1, 4, 5, y 8 en paralelo y coloca las células solares de las aberturas 2, 3, 6, y 7 en paralelo y, a continuación conecta con cables estos dos grupos paralelos en serie. Pérdidas desproporcionadas debido a la sombra pueden producirse sólo en la medida en que la iluminación agregada de cada uno de los dos grupos paralelos es diferente. Si una sombra se proyecta como aproximadamente una línea recta a través del módulo concentrador 2 (tal como la sombra 190), la pérdida neta de la iluminación en los dos grupos tenderá a ser igual. Por ejemplo, como se muestra en la figura 53, el área total sombreada de las aberturas 1 y 4 es aproximadamente la misma que el área sombreada de la abertura 2. El esquema de cableado preferido puede ayudar a evitar una penalización desproporcionada de esa sombra.

También están presentes en la realización preferida, pero no se muestran en la figura 52, unos diodos de derivación que se colocan en paralelo con cada célula solar para proteger la célula de tensiones inversas, como puede suceder cuando una gran parte de la cubeta está en la sombra.

5 Haciendo referencia a las figuras 11 y 12, el lado oriental de la cubeta incluye además preferentemente unas conexiones pasantes 188 de potencia, una ranura 202, un puerto de ventilación 204, unos insertos roscados 206 y un terminal de tierra 208 opcional. La ranura 202 y los insertos 206 son para la fijación de un soporte de montaje a la cubeta, que se describe posteriormente. La patilla de conexión a tierra 208 es una característica opcional para el encaminamiento a tierra del sistema desde el interior de la cubeta hacia el exterior (una trayectoria alternativa es a través de los disipadores de calor).

10 Después de que los cables de alimentación 186 salen de las conexiones pasantes 188, los cables desde las cubetas están conectados preferentemente en serie para producir una salida tensión y de corriente deseada.

15 Realizaciones alternativas pueden utilizar otros enfoques de cableado en lugar de un concentrador de cableado 132, incluyendo una placa de circuito impreso (no mostrada), estructuras dobladas preformadas (no mostradas) y/o de cable soldado (no mostrado), y cableado (no mostrado) comoledadas en la base de la cubeta 8 o en una parte auxiliar (no mostrada) que encaja en la base de la cubeta 8.

El panel solar 1 puede producir cualquier voltaje y amperaje deseados. Un ejemplo de realización incluye aproximadamente 32 voltios a 12,5 amperios bajo condiciones típicas.

20 Las cubetas 8 son preferentemente capaces de mantener una posición alrededor del eje de basculación 17 y del eje de inclinación 15 sin proporcionar ningún par mediante los motores (es decir, preferentemente no son "accionables de retorno"). Los actuadores 406 y la caja de engranajes 310 incorporan un engranaje helicoidal y/o de tornillo para ayudar a implementar la capacidad de conducción sin retorno.

25 Las cubetas 8 se accionan preferiblemente alrededor del eje de basculación 17 y del eje de inclinación 15 mediante motores paso a paso. Los motores paso a paso pueden ofrecer un alto par a bajas velocidades, que son especificaciones típicas para un colector solar de seguimiento. Los motores paso a paso preferidos pueden ser accionados por el módulo de control electrónico 239 que se muestra en la figura 54. Hay preferiblemente un módulo de control electrónico 239 por panel solar de concentración 1, pero realizaciones alternativas pueden controlar varios paneles 1 de un solo módulo de control electrónico (no mostrado).

30 El módulo de control electrónico 239 incluye un microcontrolador, preferiblemente un Atmel AT90CAN12 de la familia AVR de procesadores, acondicionamiento de potencia de entrada, controladores de motor, acondicionamiento de señal de entrada, una interfaz digital externa, y medios para programar el microcontrolador con software. Cualquier algoritmo de seguimiento de bucle cerrado o de bucle abierto apropiado puede ser utilizado. Preferiblemente, se utiliza un algoritmo de bucle cerrado.

Como se muestra en la figura 35, la electrónica de control está alojada en una pequeña caja 240.

35 El módulo de control electrónico 239 recibe la entrada de un conjunto preferentemente de cuatro sensores de la posición del sol 212. El módulo de control electrónico 239 utiliza preferentemente un servo algoritmo de primer orden de bucle cerrado para apuntar hacia el sol, junto con un estimador de bucle abierto de la actual velocidad del sol para ayudar a mantener el direccionamiento aproximadamente correcto cuando el sol se pone detrás de una nube u otra obstrucción. El estimador de bucle abierto puede opcionalmente ser desactivado si se desea. Aunque se prefiere el servo de primer orden con estimador de bucle abierto, cualquier esquema de control adecuado puede utilizarse, incluyendo un servo de bucle abierto puro, de segundo orden de circuito cerrado, o servos compensados más complejos.

45 El módulo de control electrónico 239 se alimenta preferentemente mediante una fuente de alimentación externa no regulada de 24V CC. La regulación final se puede realizar en el propio módulo de control electrónico 239. Cualquier otra combinación de energía apropiada puede ser utilizada, incluyendo una alimentación externa de CA, baterías de a bordo que son opcionalmente recargadas por el propio panel, o una fuente de autoalimentación, tal como se describe en la publicación US No. 2007/0102037 (Irwin), cuya totalidad se incorpora aquí por referencia.

El módulo de control electrónico 239 incluye preferiblemente una interfaz que permite al microcontrolador ser programado en la fábrica con su software operativo.

50 El módulo de control electrónico 239 incluye también preferiblemente una interfaz digital, preferiblemente CANbus, a través de la cual se puede informar del panel de telemetría, que comprende los datos de rendimiento del sistema de seguimiento, tales como lecturas de los sensores, las velocidades del motor, y los errores servo, y/o datos de potencia del panel tales como corriente y/o salida de tensión.

55 A cada panel 1 se le asigna preferiblemente un identificador único en la fábrica, de manera que su telemetría puede distinguirse de todos los demás en el CANbus. Además, el módulo de control electrónico 239 proporciona preferiblemente una capacidad para escuchar comandos en el CANbus, de manera que un ordenador de control

externo puede conectarse al bus para comandar diagnósticos u otras funciones útiles. El módulo de control electrónico 239 también proporciona preferiblemente la capacidad de reprogramar el microcontrolador sobre el CANbus, permitiendo así, por ejemplo, la capacidad de actualización del firmware del sistema en el campo.

5 Diferentes clientes de destino pueden comerciar la densidad de potencia en su instalación frente al coste global. Por ejemplo, debido al equilibrio de los costes del sistema, incluyendo inversores, estanterías, permisos, gastos generales y de instalación son típicamente mejor amortizados mediante un sistema de alta potencia, algunos clientes pueden desear una densidad de potencia relativamente más alta, con el deseo de situar de manera estrecha los módulos concentradores 2 en la dirección este-oeste. Otros clientes serán menos sensibles a estos costes y pueden querer la producción máxima anual de energía de cada módulo 2. Estos clientes pueden colocar los
10 módulos 2 muy separados en la dirección este-oeste, de modo que los módulos 2 son menos propensos a la sombra entre sí durante una parte sustancial del año.

La presente invención proporciona una solución para satisfacer las necesidades de ambos tipos de clientes, proporcionando preferiblemente los módulos 2 en una sola fila en un solo eje de inclinación 15. La separación entre los paneles solares de concentración 1 adyacentes alrededor del eje de inclinación 15 (que es la dirección más probable para experimentar un sombreado regular y/o significativo en un sistema orientado preferentemente) se puede ajustar por parte del cliente como se desee para lograr una relación coste/beneficio deseada. En la realización preferida, la separación del eje de inclinación al eje de inclinación de los paneles 1 puede ser tan poca como 91,4 cm (99,1 cm con un margen de seguridad) como se muestra en la figura 56. En general, no hay límite superior. En realizaciones alternativas, la separación de eje de inclinación a eje de inclinación puede ser
15 relativamente menor, por ejemplo, tan baja como la anchura de un módulo de concentración 2.

Como se muestra en la figura 55, la separación mínima se fija por el diámetro del círculo barrido por los módulos concentradores, ya que se articulan en inclinación, mientras apuntan en su extensión máxima, que es de 70 grados en la realización preferida. Preferiblemente, la separación mínima entre los módulos 2 es aproximadamente la longitud de la diagonal del módulo 2. Por ejemplo, la diagonal es de 83,1 cm para un módulo 2 rectangular de 73,6 cm por 38,1 cm como se muestra en la figura 55.
20

Si el eje de inclinación 15 no se cruza exactamente con el eje de basculación 17, los módulos concentradores 2 tienden a moverse en un arco cuando los módulos 2 se articulan, en lugar de simplemente girar en posición. En el caso más general, que se muestra en la figura 56, es posible que paneles solares de concentración 1 adyacentes se articulen en direcciones opuestas en inclinación, mientras que también se articulen en un pequeño arco alrededor del centro geométrico de las cubetas 8, lo que conduce a una separación mínima de al menos 36 pulgadas en la realización preferida. Al permitir cierto margen de error durante la instalación, puede utilizarse una distancia de centro a centro de al menos 36,3 pulgadas.
30

En realizaciones alternativas, los ejes de inclinación de los paneles solares de concentración adyacentes pueden operar en sincronía, las unidades 1 adyacentes pueden detectar la posición entre sí, de manera que los paneles 1 no colisionan, y/o las unidades 1 pueden ser tolerantes de las colisiones. Ventajosamente, dichas realizaciones pueden permitir la separación más estrecha que se muestra en la figura 55.
35

Haciendo referencia a la figura 59, una realización alternativa añade la articulación de la línea de visión (es decir, el eje en la dirección del sol cuando el módulo concentrador 2 está orientado hacia el sol), además de la articulación del eje de basculación 17 y el eje de inclinación 15. La articulación adecuada alrededor de la línea del eje de visión puede provocar que los módulos concentradores 2 giren de manera que el caso de la figura 55 en su lugar se sustituye por el caso de la figura 59. En tal realización, la separación de centro a centro de los paneles 1 puede ser mucho menor, casi la anchura de los módulos concentradores 2, tal vez 76,2 cm en algunas realizaciones alternativas.
40

A pesar de todo lo anterior, mientras que los módulos concentradores 2 en una realización preferida estén separados uniformemente a lo largo del eje de inclinación en la realización preferida, pueden estar separados en cualquier intervalo deseado en el eje de inclinación 15.
45

Otras realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica tras la consideración de esta memoria o de la práctica de la invención descrita en el presente documento. Varias omisiones, modificaciones y cambios a los principios y a las realizaciones descritas en este documento pueden realizarse por parte de un experto en la técnica sin apartarse del alcance de la invención, que se indica mediante las siguientes reivindicaciones.
50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía fotovoltaica (1) que comprende:

una pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos (2) dispuestos en una matriz de dos dimensiones, en el que cada módulo concentrador fotovoltaico (2) comprende una porción de cuerpo principal (8) que tiene:

- una base (145) y una pluralidad de paredes laterales (138, 140, 142, 143) conectadas a la base (145), en el que la base (145) y la pluralidad de paredes laterales (138, 140, 142, 143) definen una región interior (127) de la porción de cuerpo principal (8),

- dos cavidades (134, 136) formadas en la porción de cuerpo principal (8), extendiéndose cada cavidad desde la misma de las paredes laterales (142) y la base (145) en la región interior (127),

- un punto de fijación y pivote (306) en cada cavidad (134, 136), y

- una o más aberturas (4) situadas frente a la base (145), comprendiendo cada abertura una pluralidad de lentes (6) colocadas en cada abertura (4), de tal manera que cada lente (6) es capaz de dirigir la luz incidente a un enfoque en una célula solar (50) dentro de la región interior (127) de la porción de cuerpo principal (8);

un primer mecanismo de articulación que incluye un primer y un segundo chasis (305, 307) y una pluralidad de elementos alargados, estando cada elemento alargado acoplado en un extremo a uno del primer y segundo chasis (305, 307) y en el otro extremo al punto de fijación y pivote (306) en una de las cavidades (134, 136) de tal manera que el primer mecanismo de articulación puede articular los respectivos módulos concentradores fotovoltaicos alrededor de los primeros ejes (17), que son cada uno sustancialmente paralelos a la dimensión más larga de un respectivo módulo concentrador fotovoltaico (2), y

un segundo mecanismo de articulación configurado para articular un subconjunto de la pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos (2) alrededor de un segundo eje común (15) que es sustancialmente perpendicular a los primeros ejes (17), en el que el segundo mecanismo de articulación comprende una estructura de montaje (310, 312) acoplada al primer y segundo chasis (305, 307), para articular el mismo de una manera oscilante alrededor del segundo eje común (15).

2. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que al menos uno de los primeros ejes de inclinación (17) y el segundo eje común (15) están dispuestos para extenderse en, o cerca de, el centro de gravedad de los módulos concentradores fotovoltaicos (2).

3. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que la porción de cuerpo principal (8) comprende un material plástico moldeado.

4. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que la porción de cuerpo principal (8) comprende uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en epoxi, compuesto de moldeo en lámina (SMC), y compuesto de moldeo a granel (BMC).

5. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que cada módulo concentrador fotovoltaico (2) comprende además un conjunto disipador de calor sobre una superficie exterior de la porción de cuerpo principal (8), comprendiendo el conjunto disipador de calor (10) un disipador de calor conectado directa o indirectamente a una célula solar (50) dentro de la región interior (127) de la porción de cuerpo principal (8), y uno o más tirantes estructurales colocados sobre las una o más aberturas, tal que el uno o más tirantes estructurales permiten que la luz incidente pase a la una o más aberturas, y en el que los uno o más tirantes estructurales contactan con la superficie exterior de la porción de cuerpo principal (8) de una manera estructuralmente de soporte.

6. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que el primer mecanismo de articulación comprende al menos tres elementos de chasis (302, 305, 307) colocados adyacentes a la base (145), en el que el primer elemento de chasis (305) está acoplado físicamente a uno de los puntos de fijación y de pivote (306), el segundo elemento de chasis (307) está acoplado físicamente al otro punto de fijación y de pivote (306), y el tercer elemento de chasis (302) está acoplado físicamente al primer y segundo elementos de chasis (305, 307).

7. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que el segundo mecanismo de articulación comprende un elemento de cuello de cisne dispuesto para separar el segundo eje común (15) de los elementos de chasis (302, 305, 307) del primer mecanismo de articulación.

8. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que el segundo mecanismo de articulación comprende un elemento cilíndrico situado entre los elementos de chasis (302, 305, 307) del primer mecanismo de articulación y un soporte de montaje (326) y que tiene un primer extremo y un segundo extremo, en el que el primer extremo está acoplado rígidamente a los elementos de chasis (302, 305, 307) y el segundo extremo está acoplado de forma móvil al soporte de montaje (326) a través de una articulación móvil (334).

9. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 7, en el que el conjunto móvil (334) es un cojinete esférico.
- 5 10. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que la porción de cuerpo principal (8) comprende además uno o más puertos de ventilación situados en la región interior (127), y en el que al menos uno de los puertos de ventilación comprende una membrana semipermeable que es permeable al gas, tal que la región interior puede estabilizarse con la atmósfera circundante.
11. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que una o más paredes laterales de la porción de cuerpo principal (8) de al menos un módulo concentrador fotovoltaico comprende además una o más características de montaje para montar un sensor de sol (212).
- 10 12. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que el subconjunto de la pluralidad de módulos concentradores fotovoltaicos (2) comprende seis módulos concentradores fotovoltaicos (2).
13. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de lentes comprenden una matriz de lentes de "m" por "n", en el que m y n son números enteros, $m > 1$, $n > 1$, y m no es igual a n.
- 15 14. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que cada lente (6) es capaz de formar un cono de luz convergente, en el que las cavidades (134, 136) están colocadas de tal manera que se encuentran fuera de cada cono de luz convergente formado por dichas lentes (6).
15. El sistema de energía fotovoltaica de la reivindicación 1, en el que al menos una muesca (146, 148, 150) se proporciona en la misma pared lateral (142) desde la que se extienden las cavidades (134, 136), para proporcionar espacio para los elementos en la articulación de los módulos concentradores fotovoltaicos (2) alrededor de los primeros ejes (17).

20

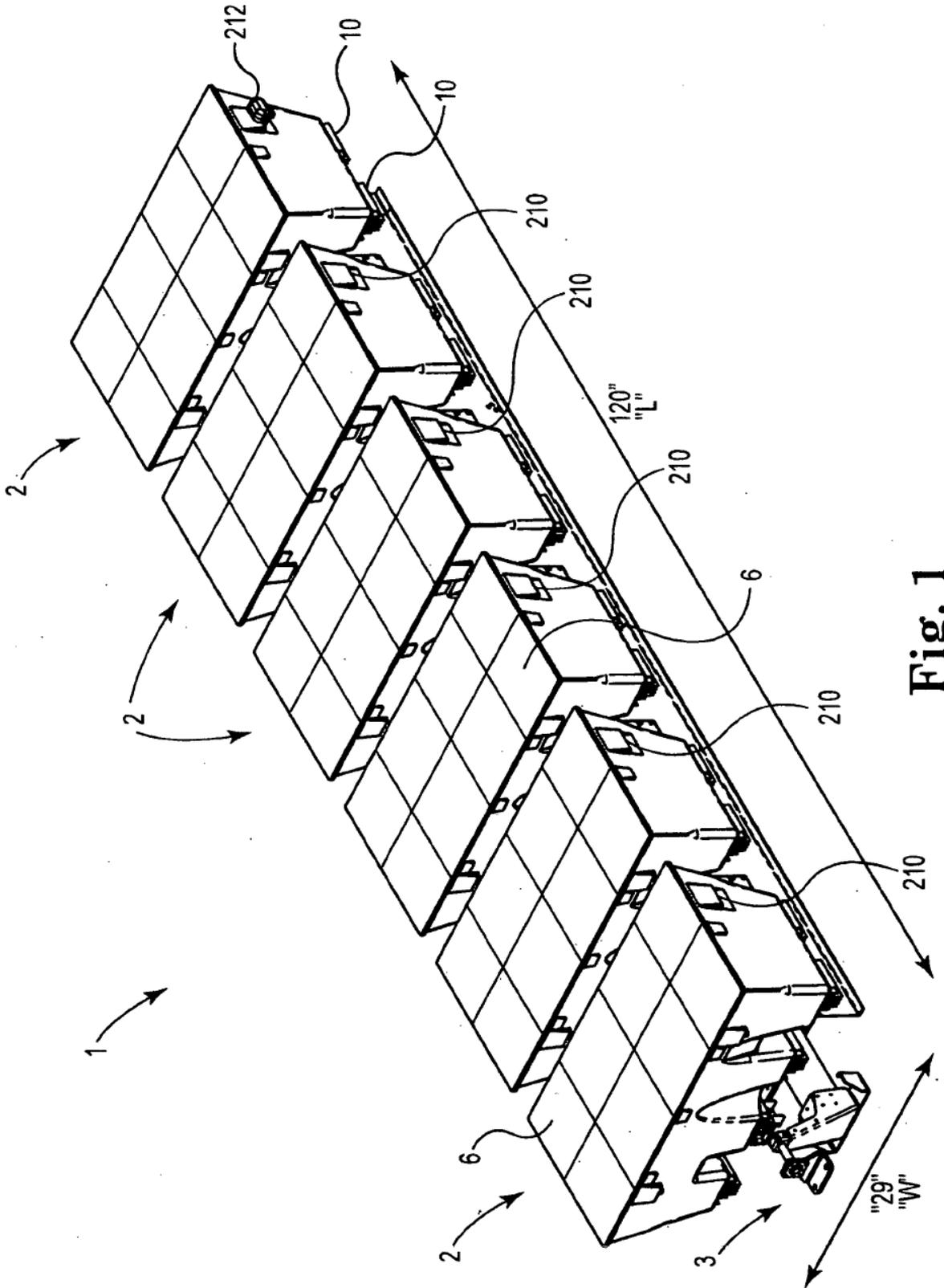


Fig. 1

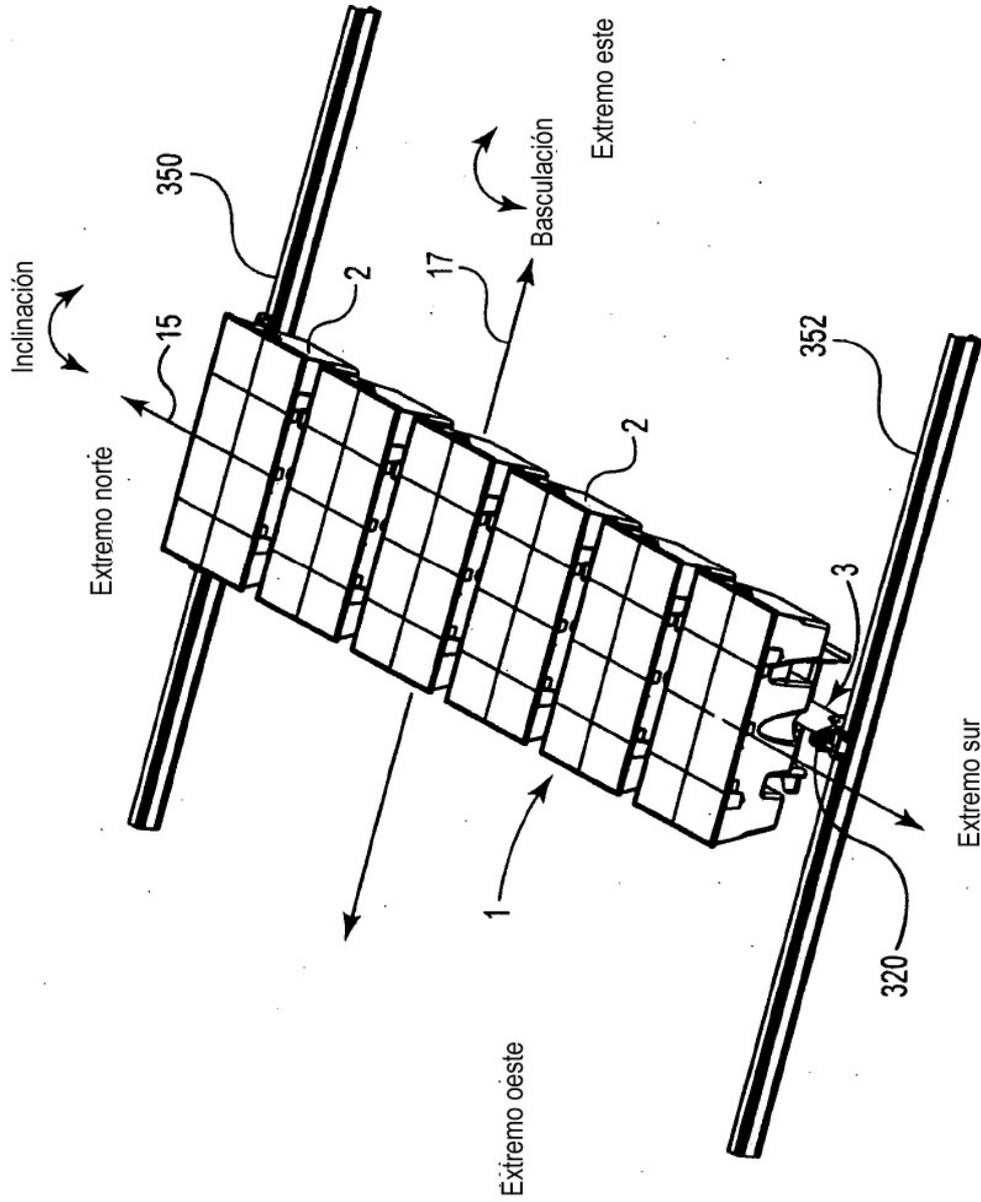


Fig. 2

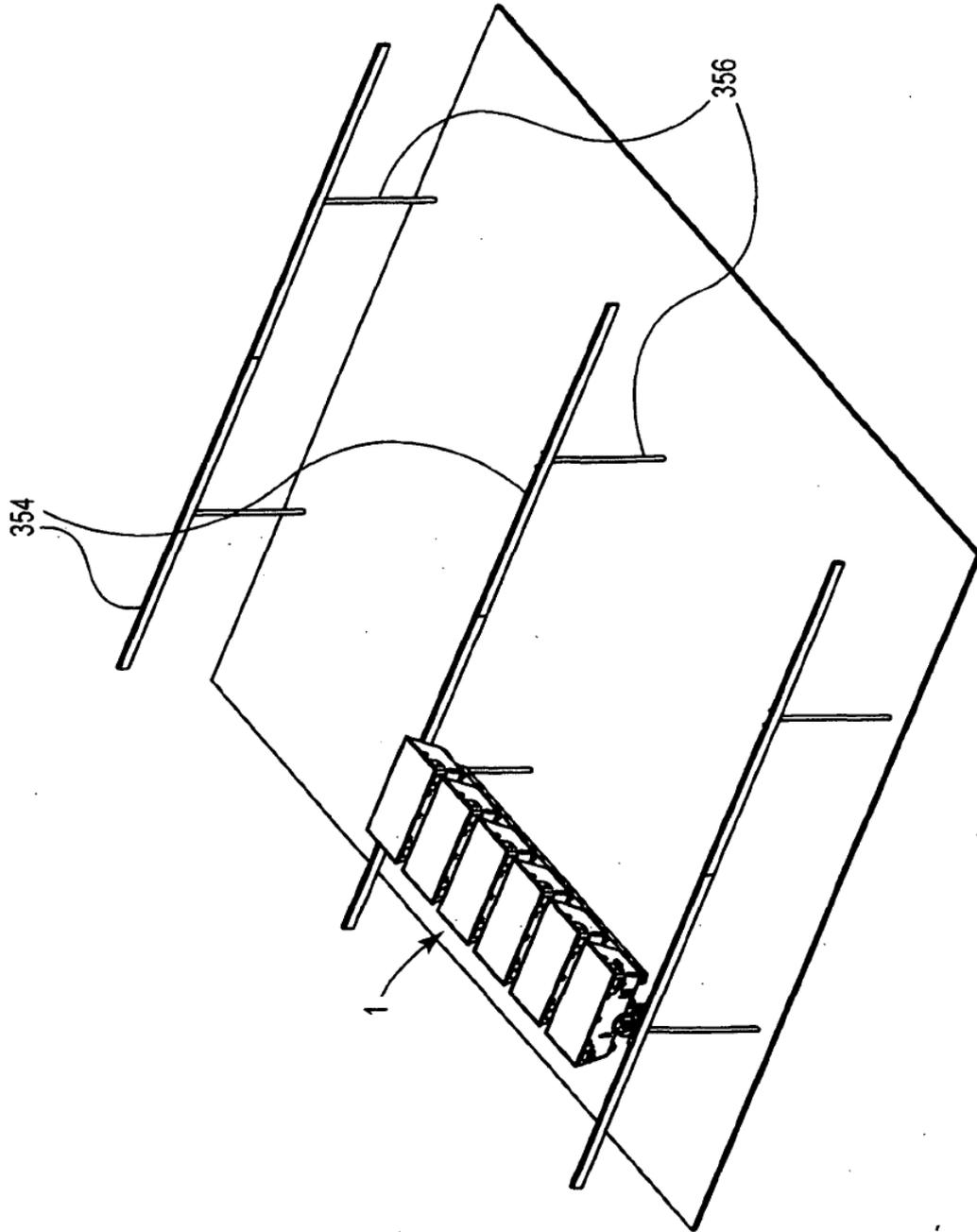


Fig. 3

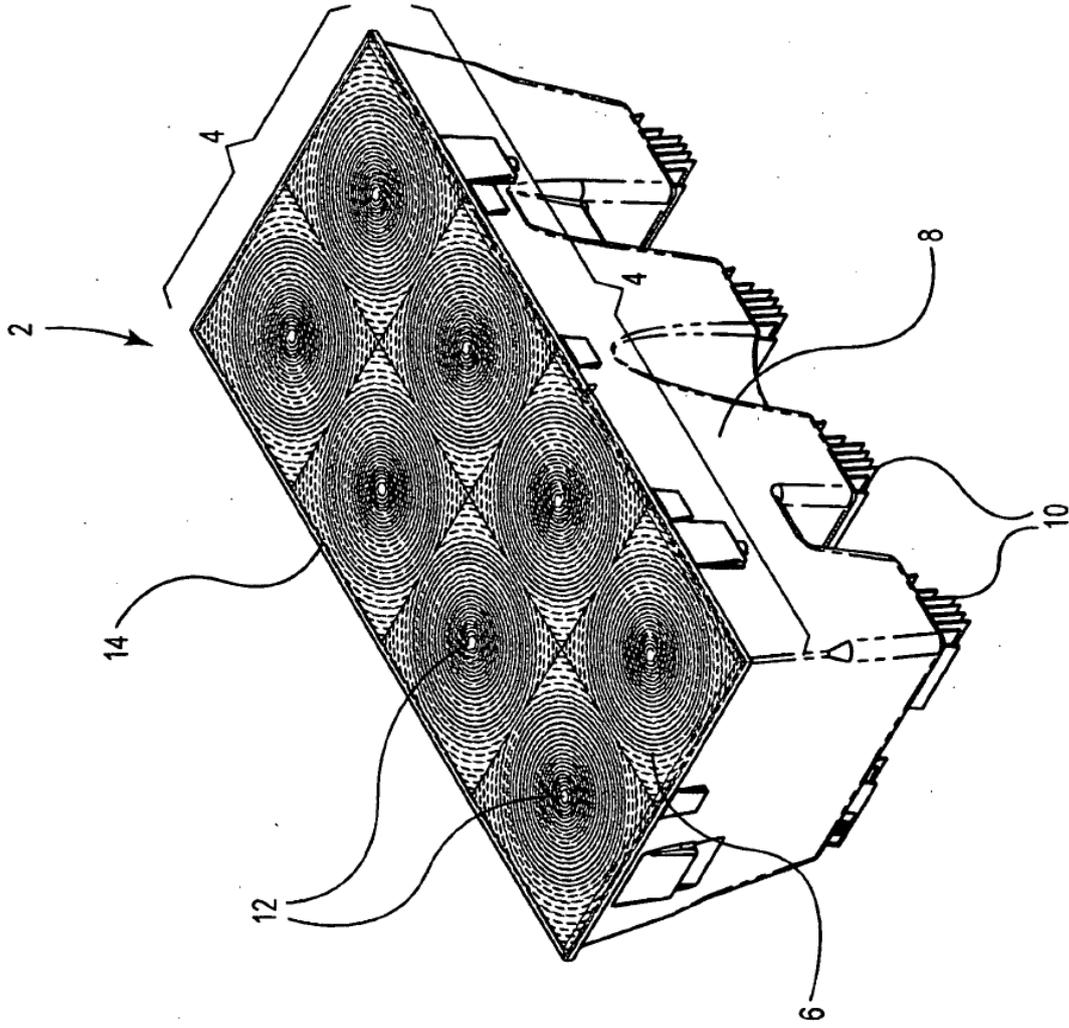


Fig. 4

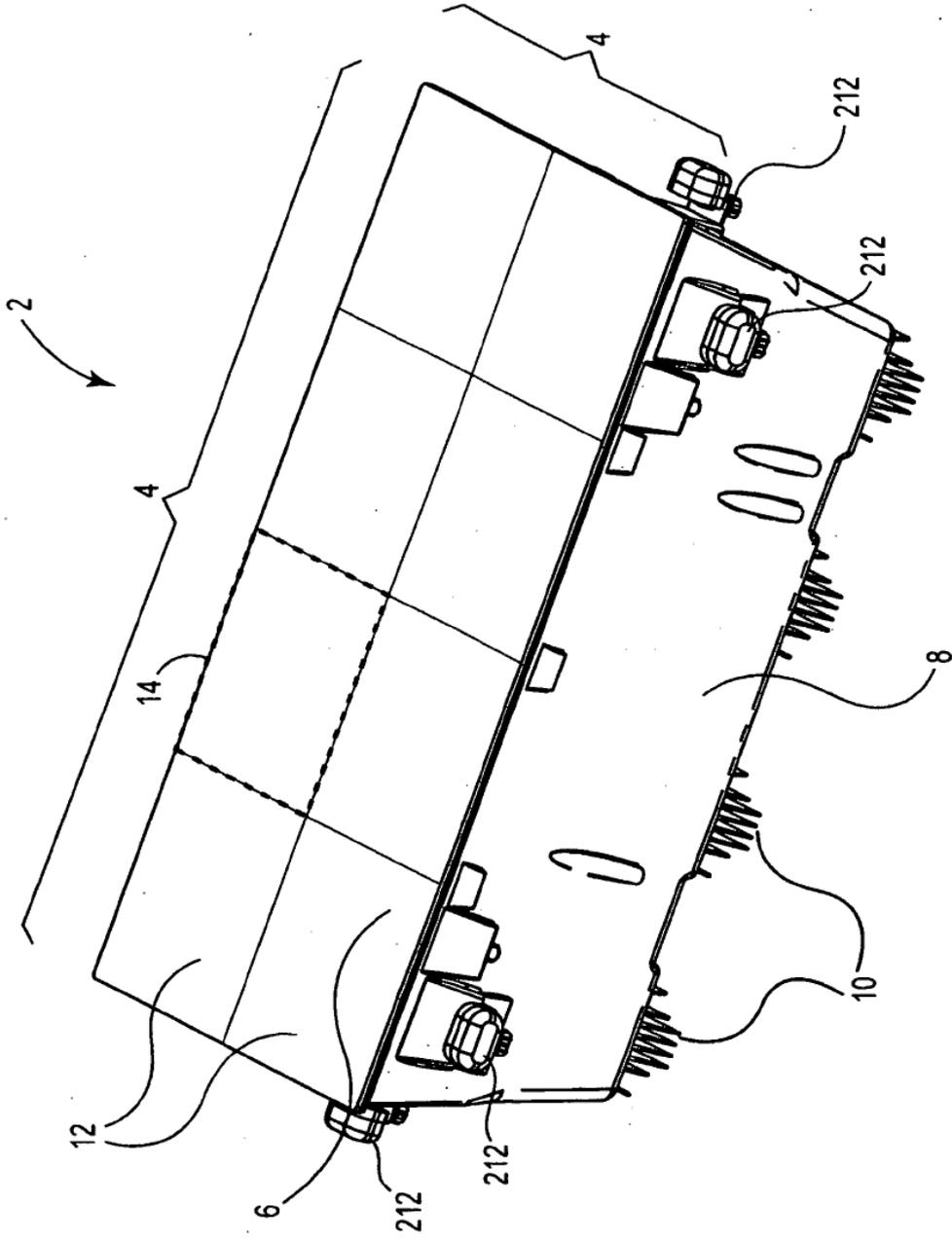


Fig. 5

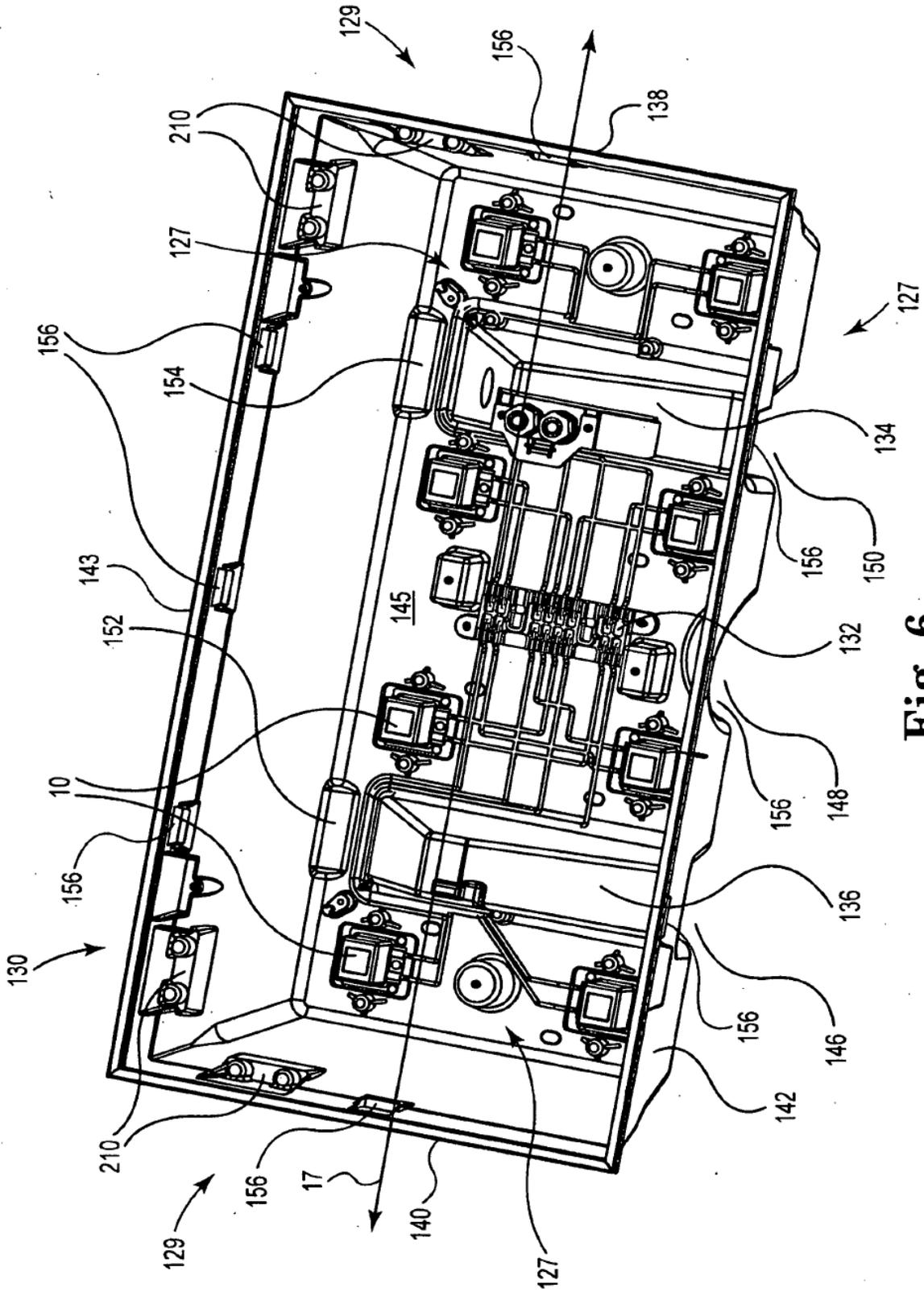


Fig. 6

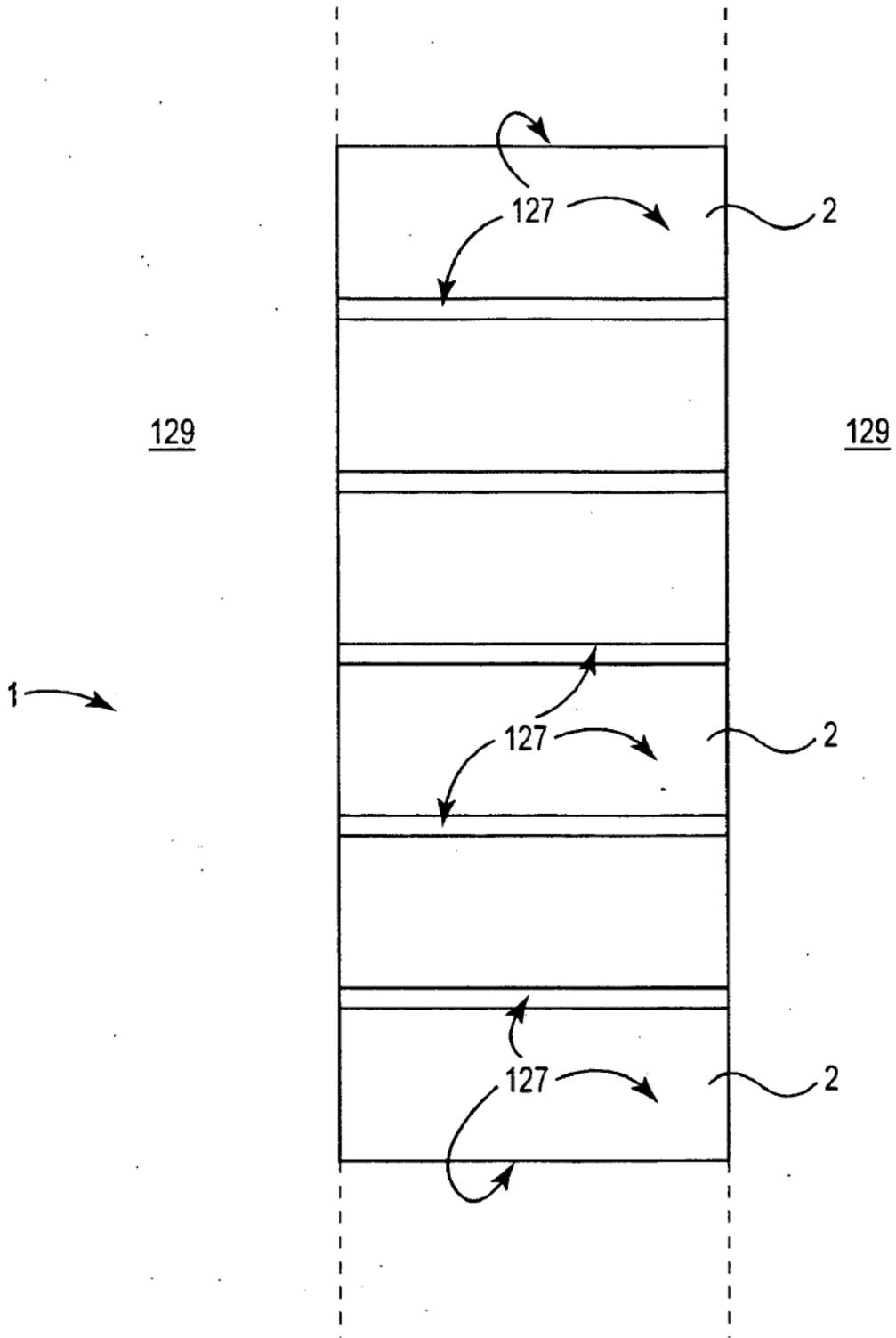


Fig. 7

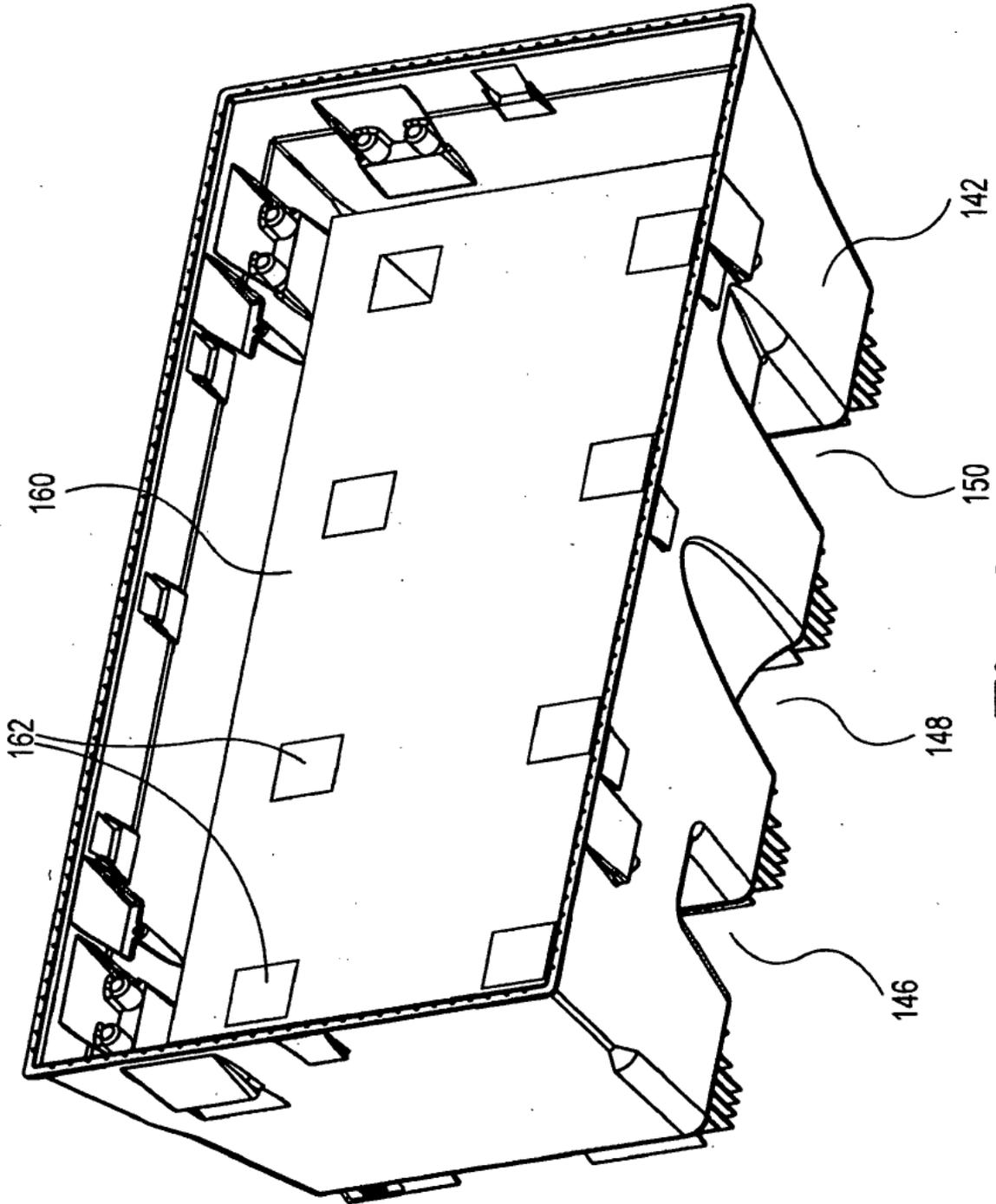


Fig. 8

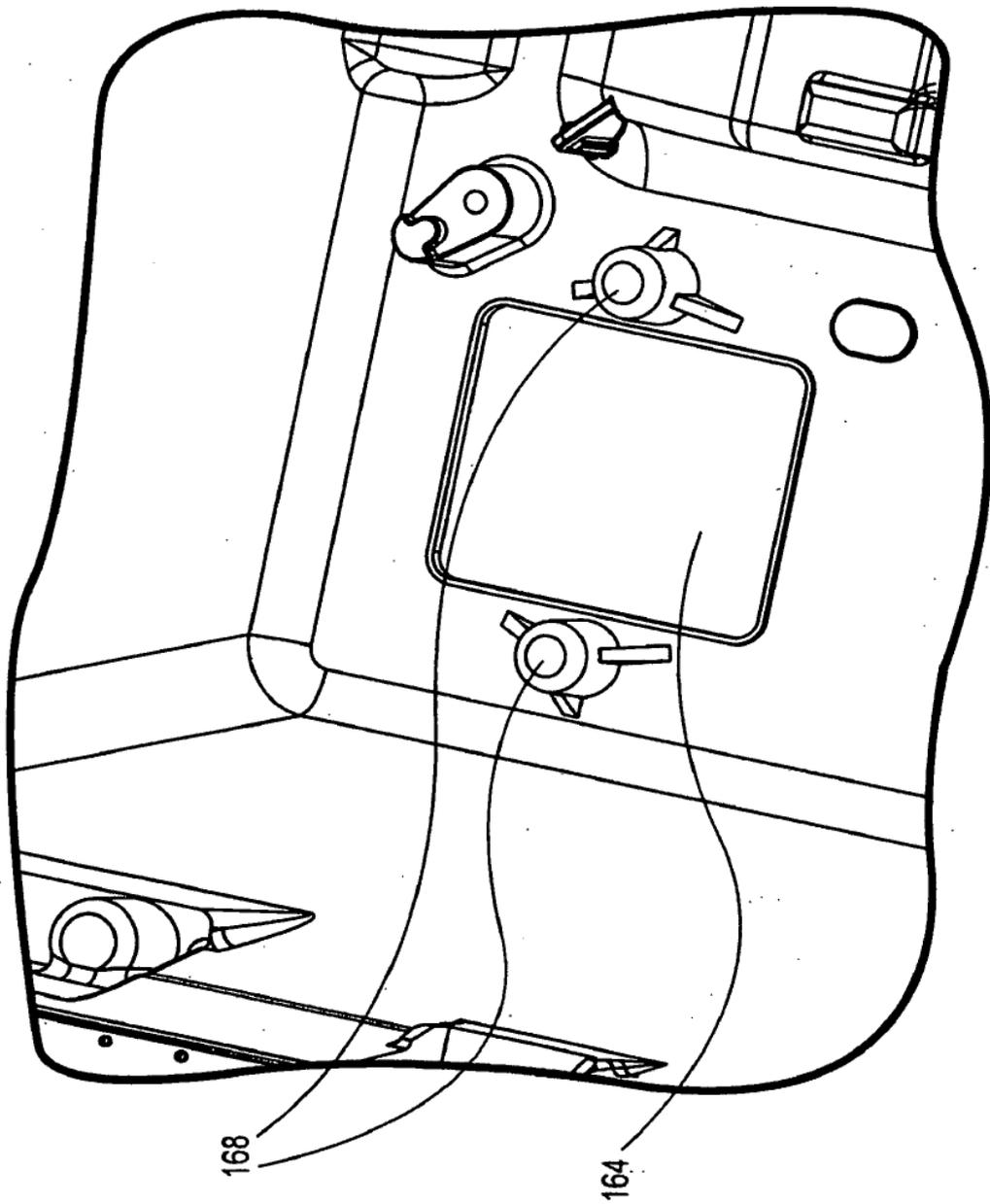


Fig. 9

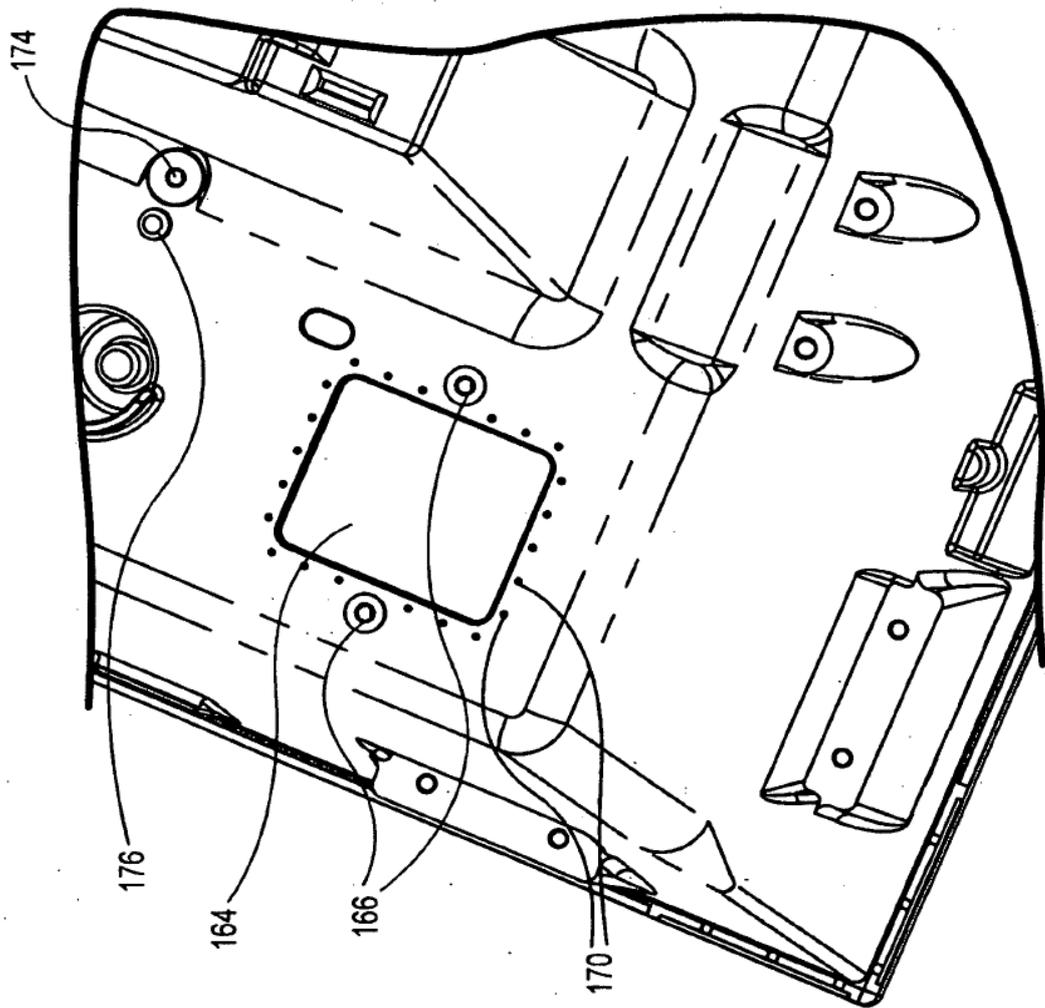


Fig. 10

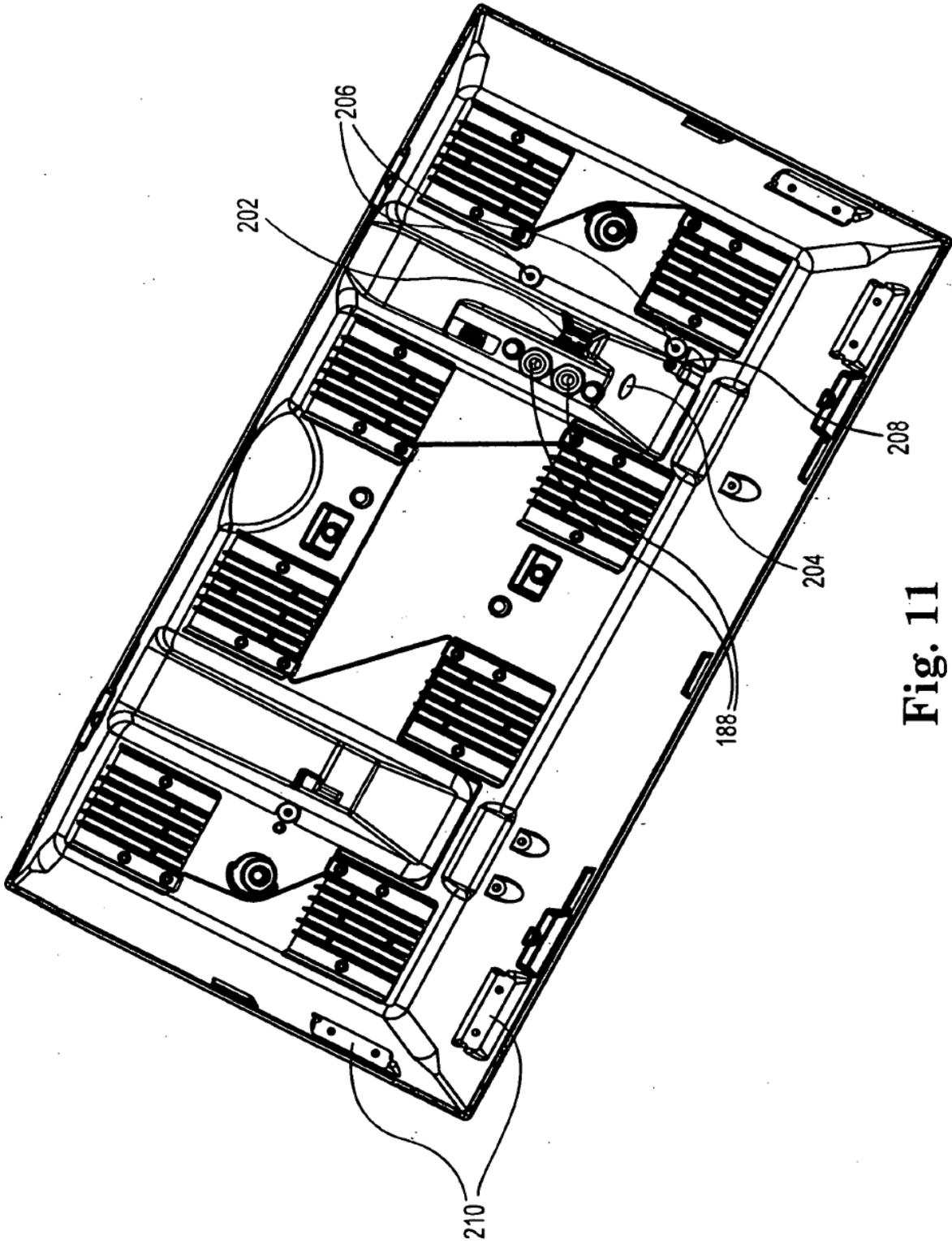


Fig. 11

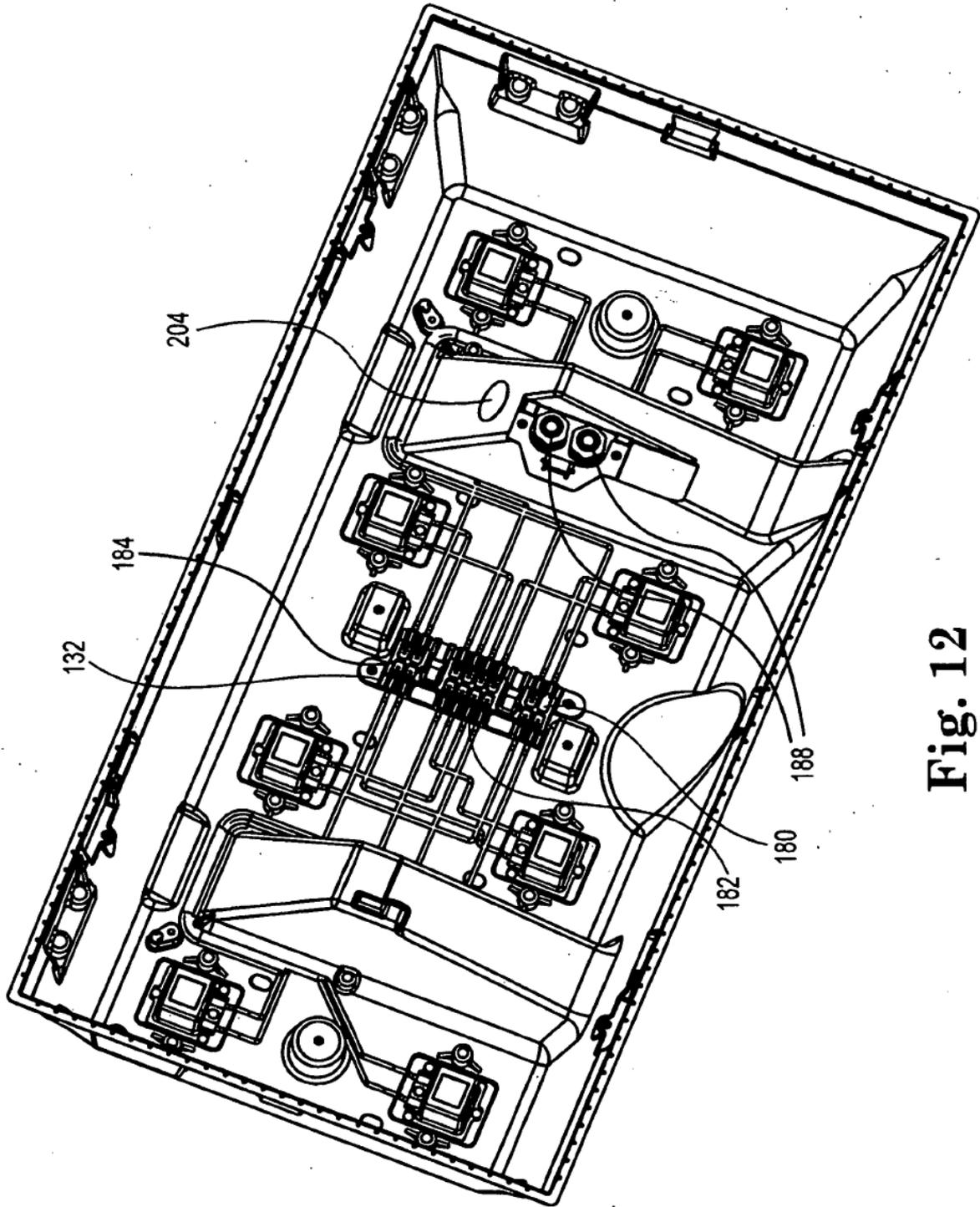


Fig. 12

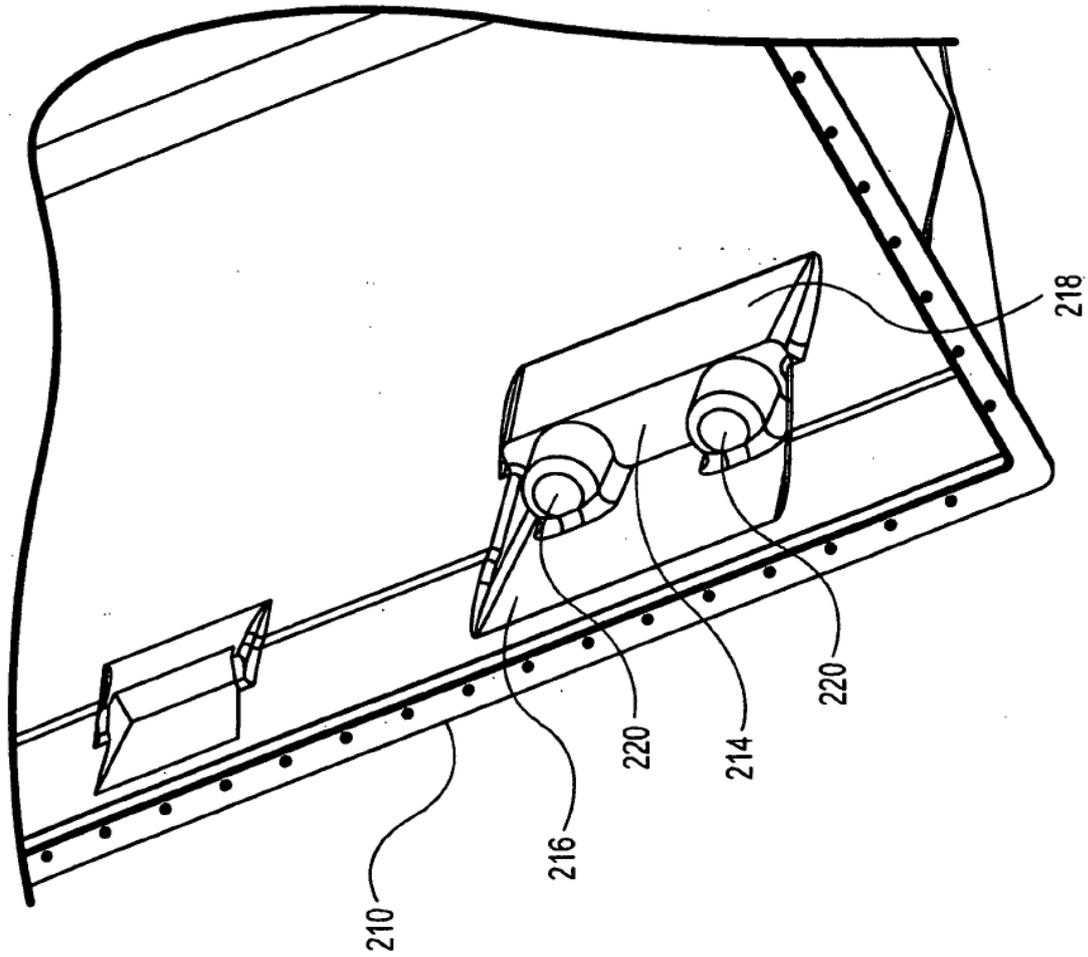


Fig. 13

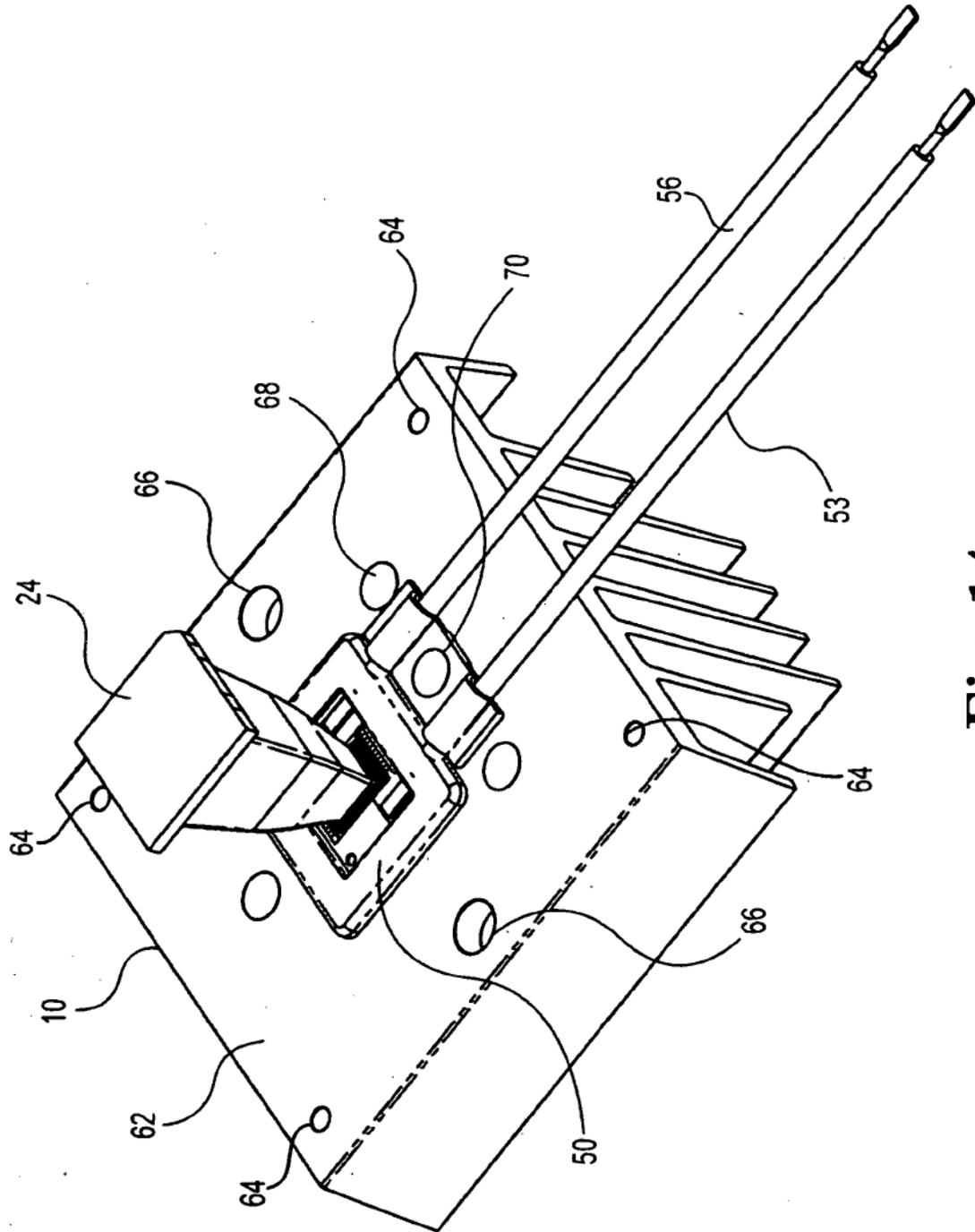


Fig. 14

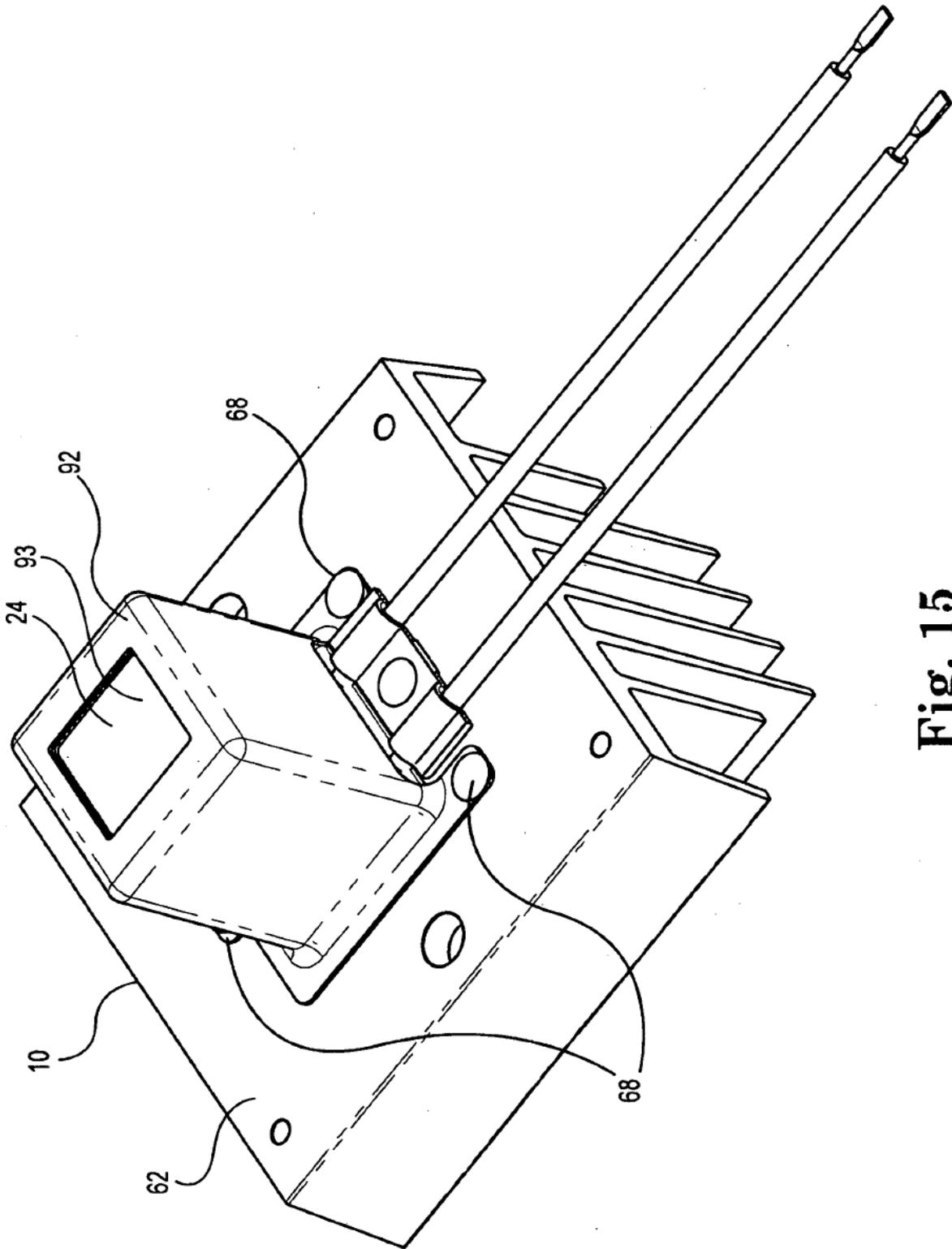


Fig. 15

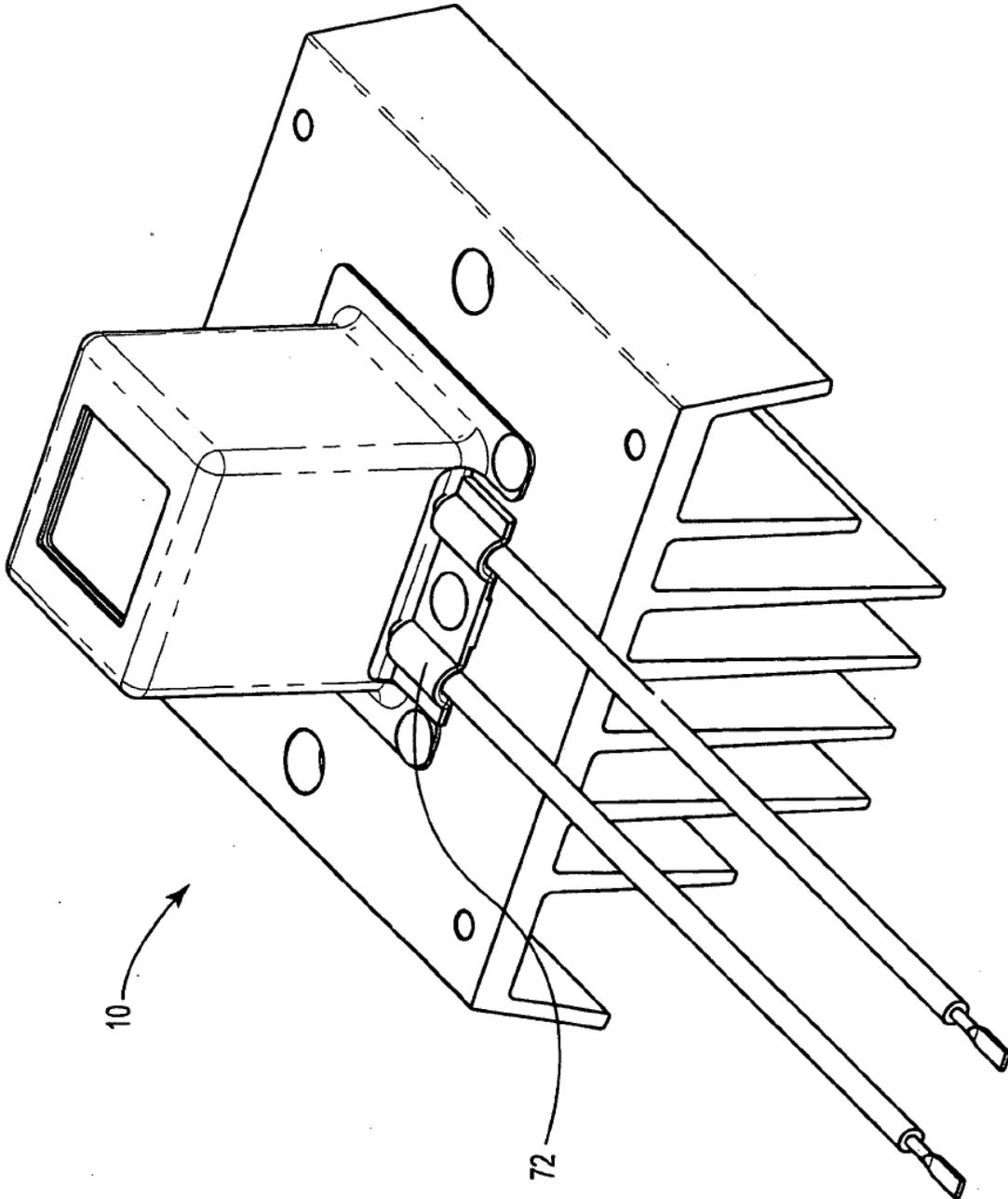


Fig. 16

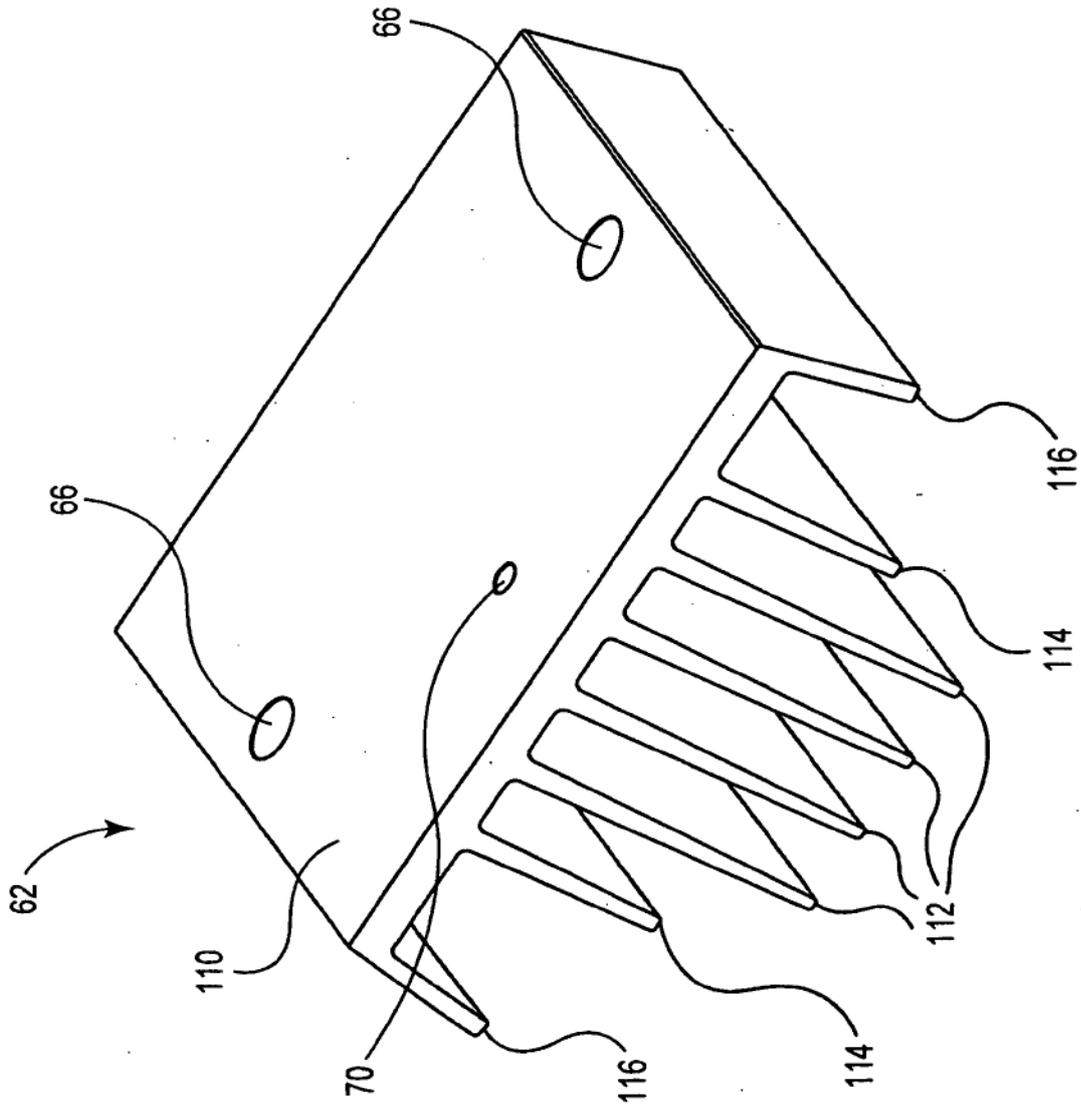


Fig. 17

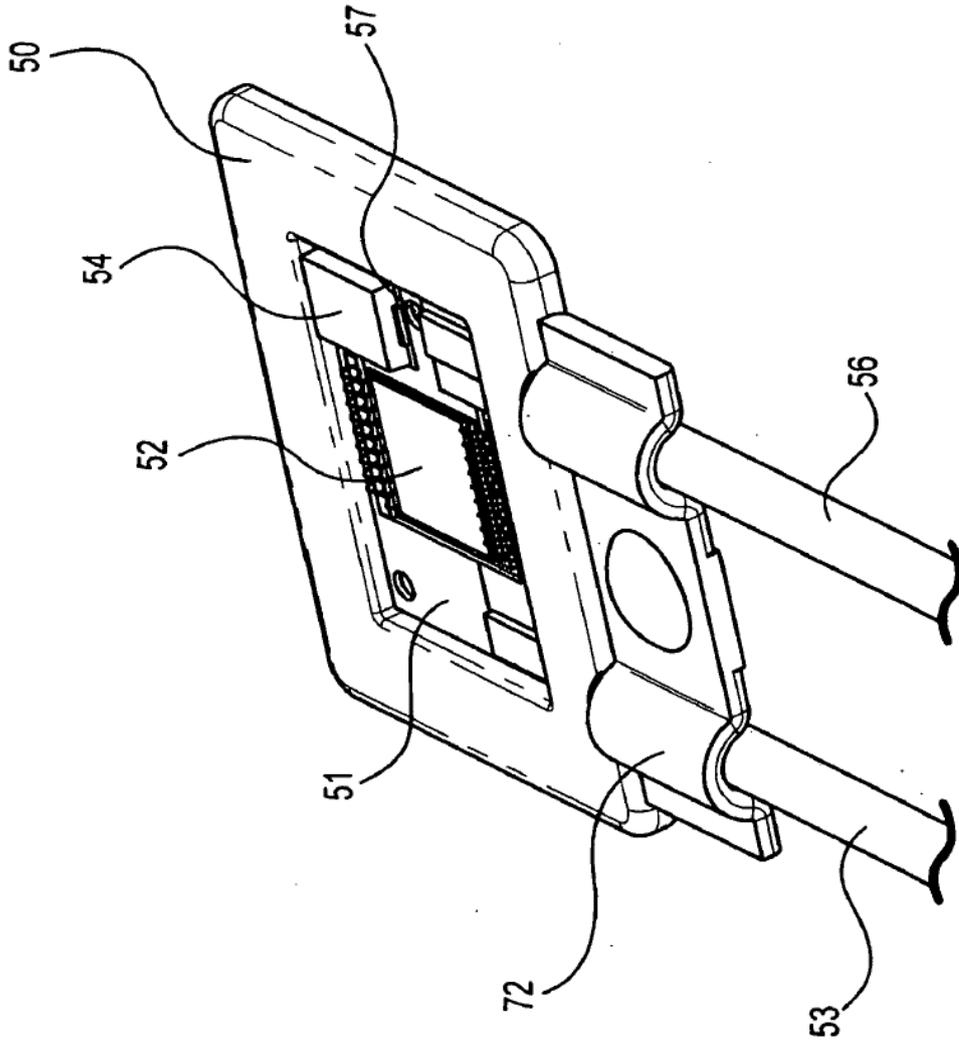


Fig. 18

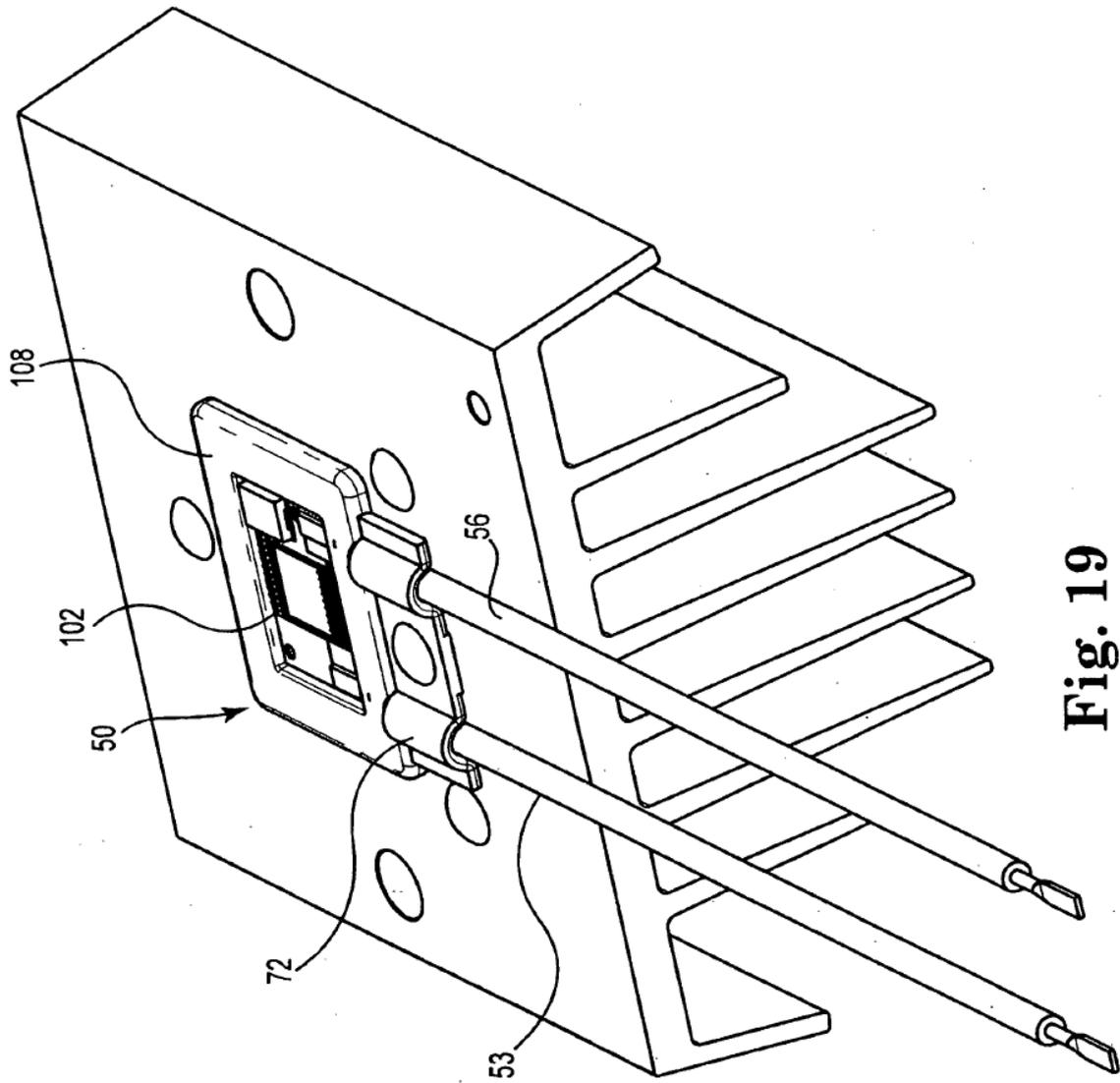


Fig. 19

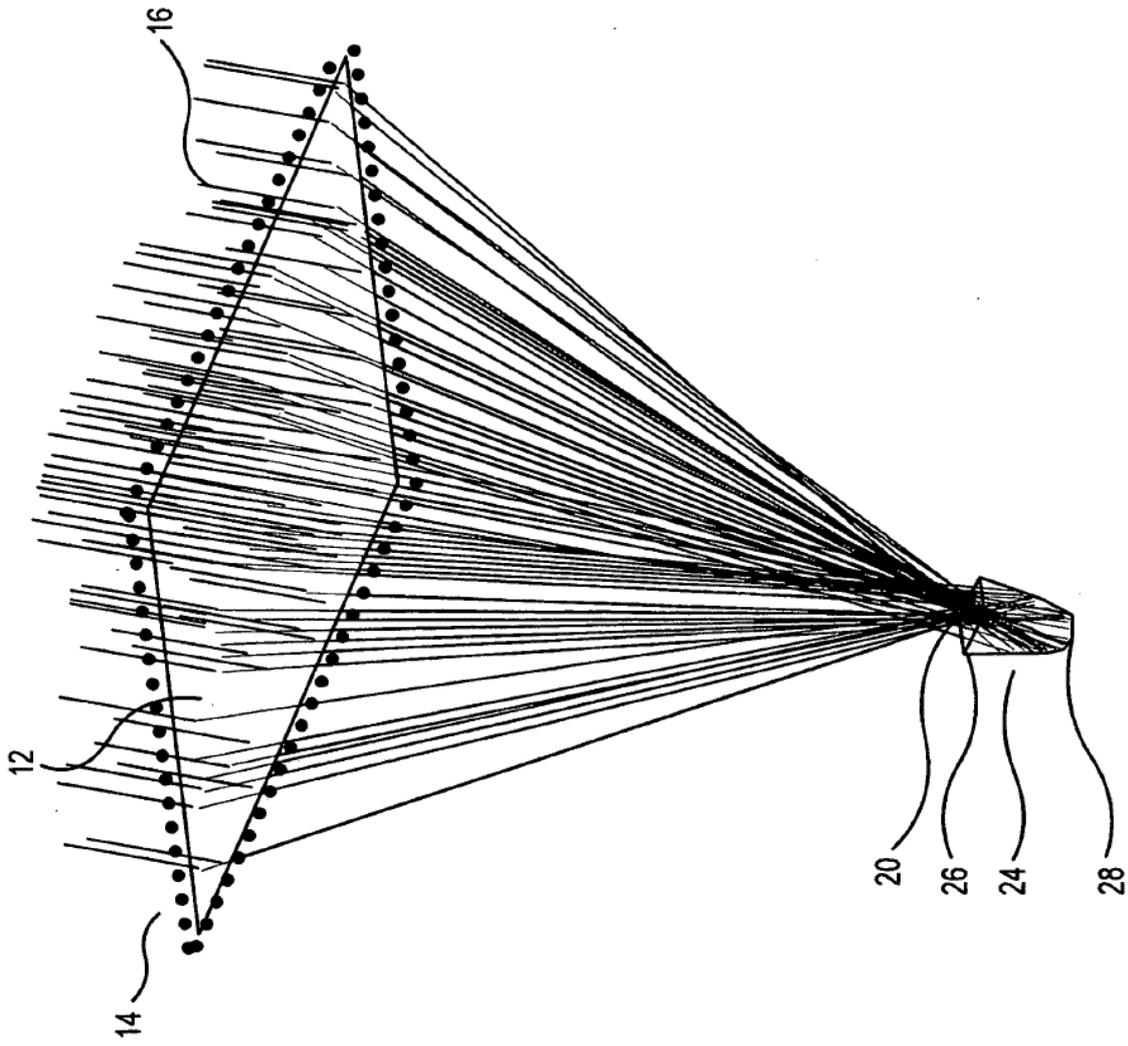


Fig. 20

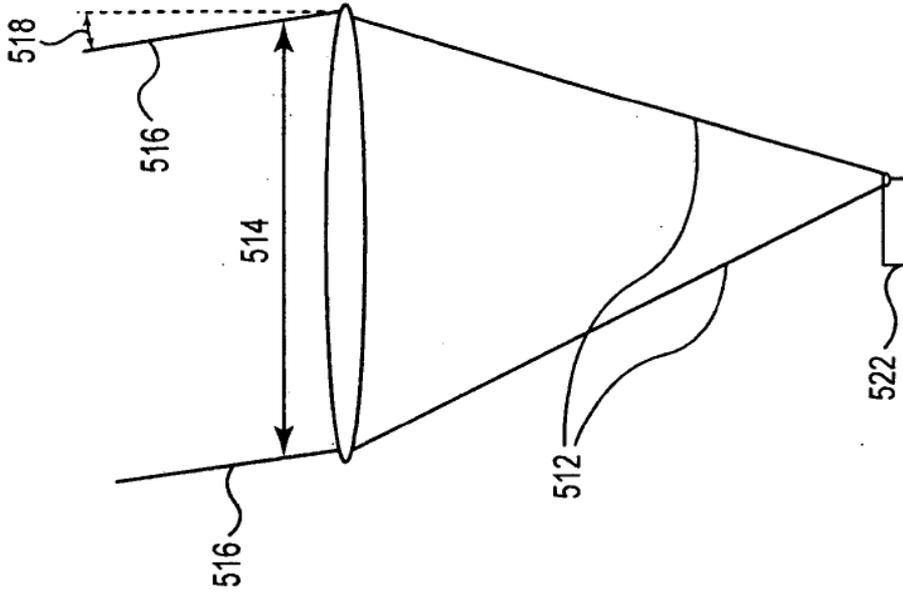


Fig. 21B

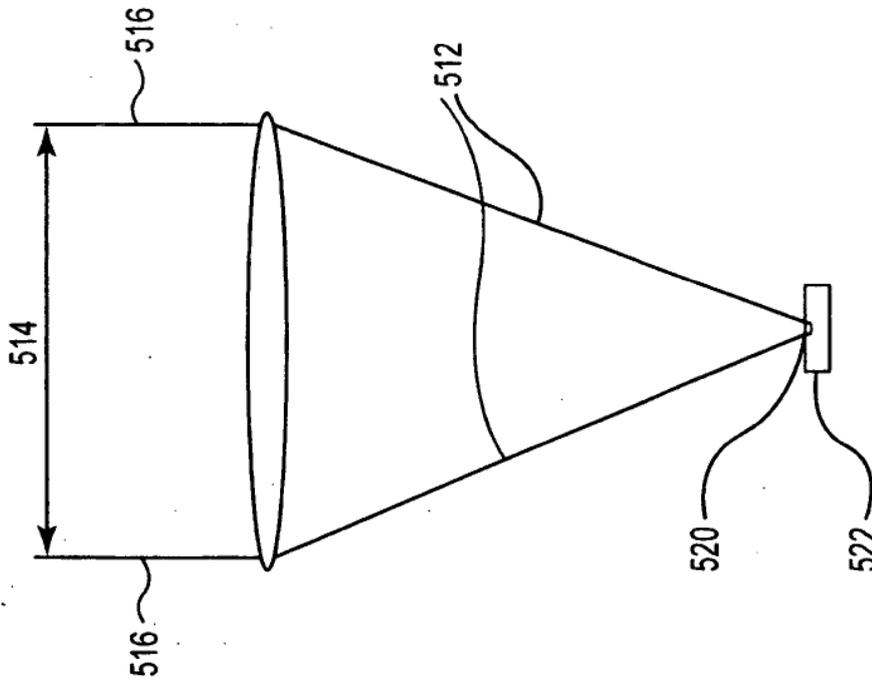


Fig. 21A

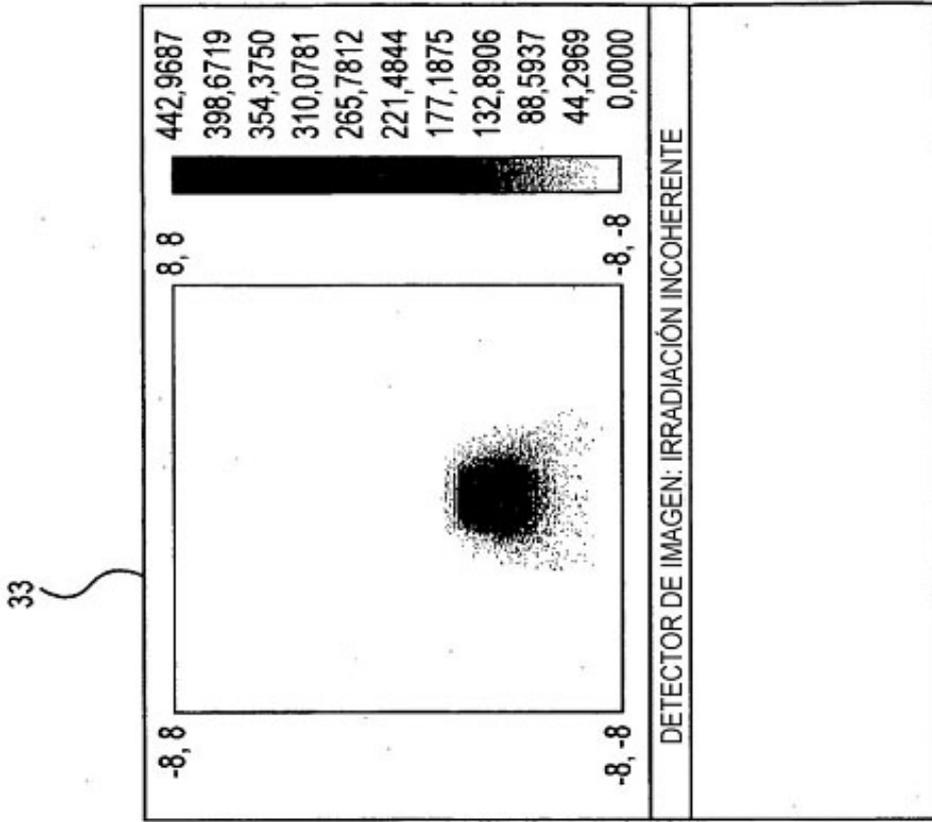


Fig. 22B

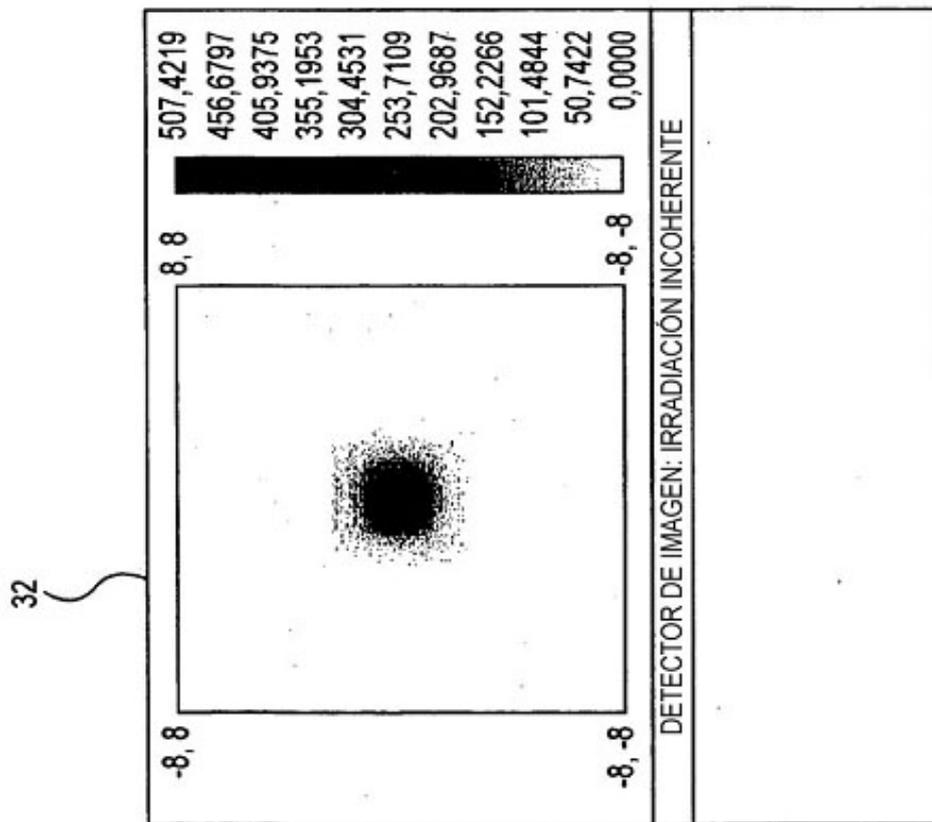


Fig. 22A

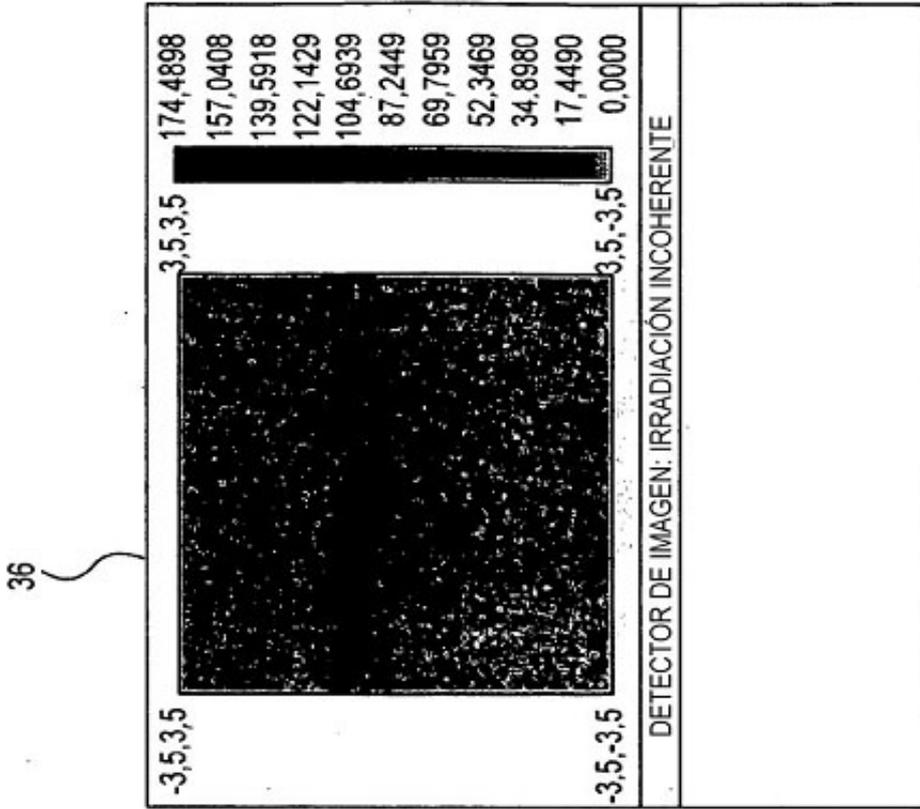


Fig. 23A

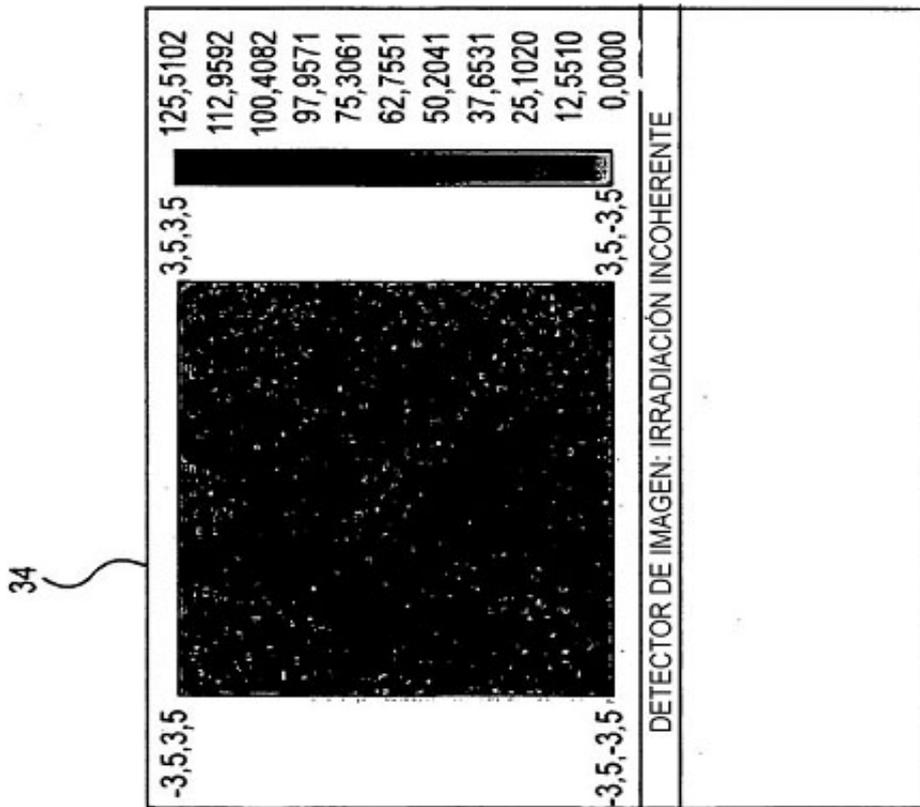


Fig. 23B

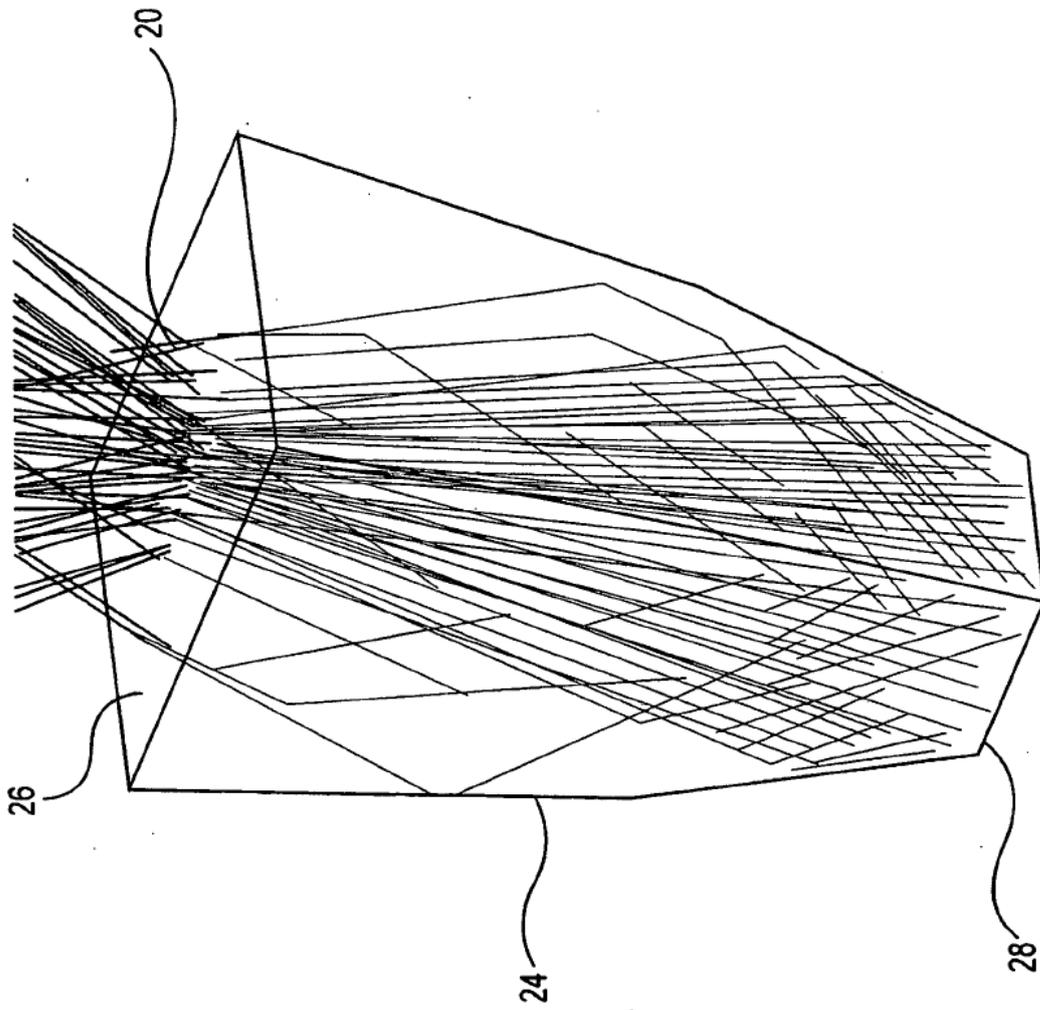


Fig. 24

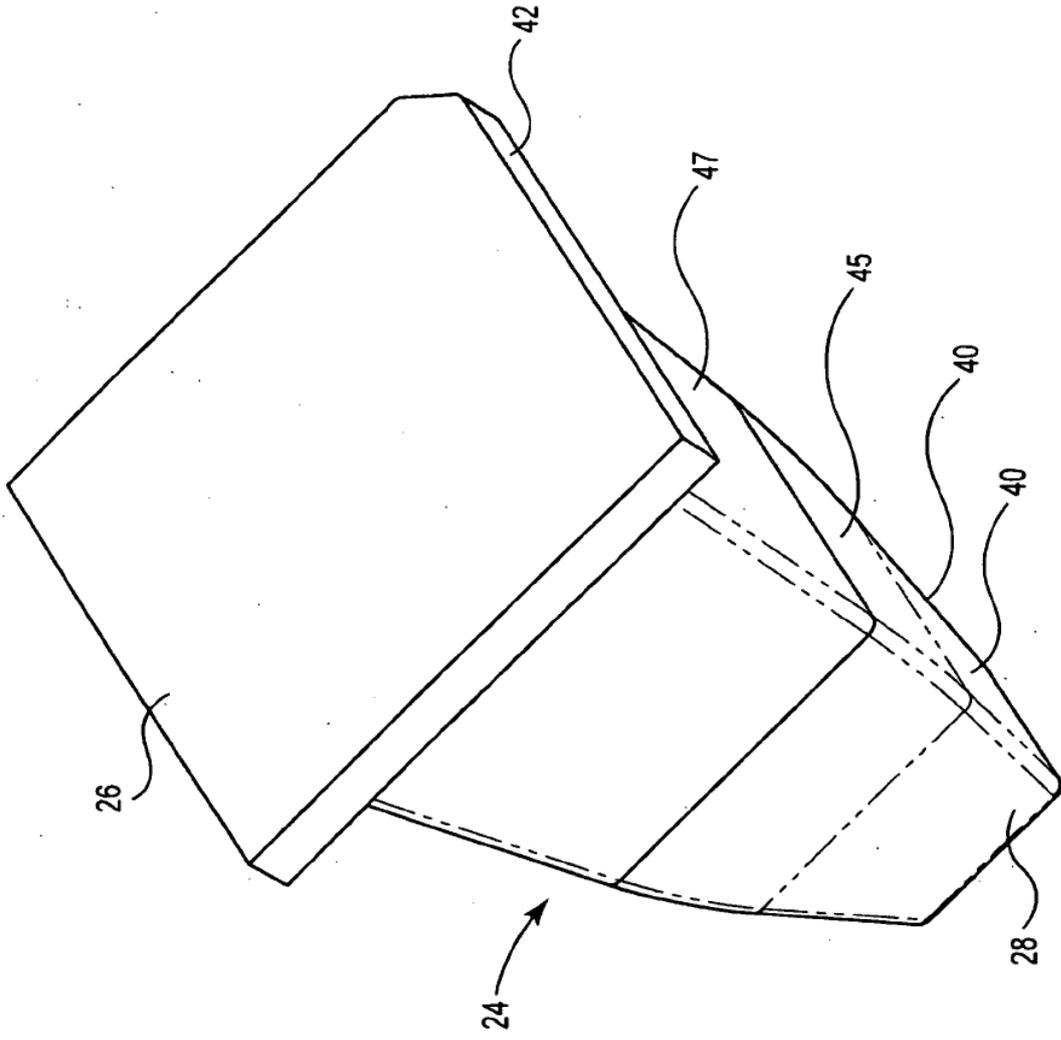


Fig. 25

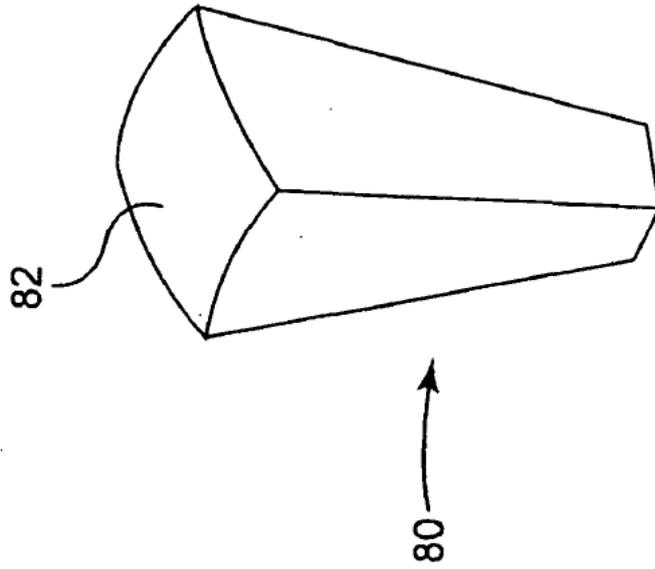


Fig. 26

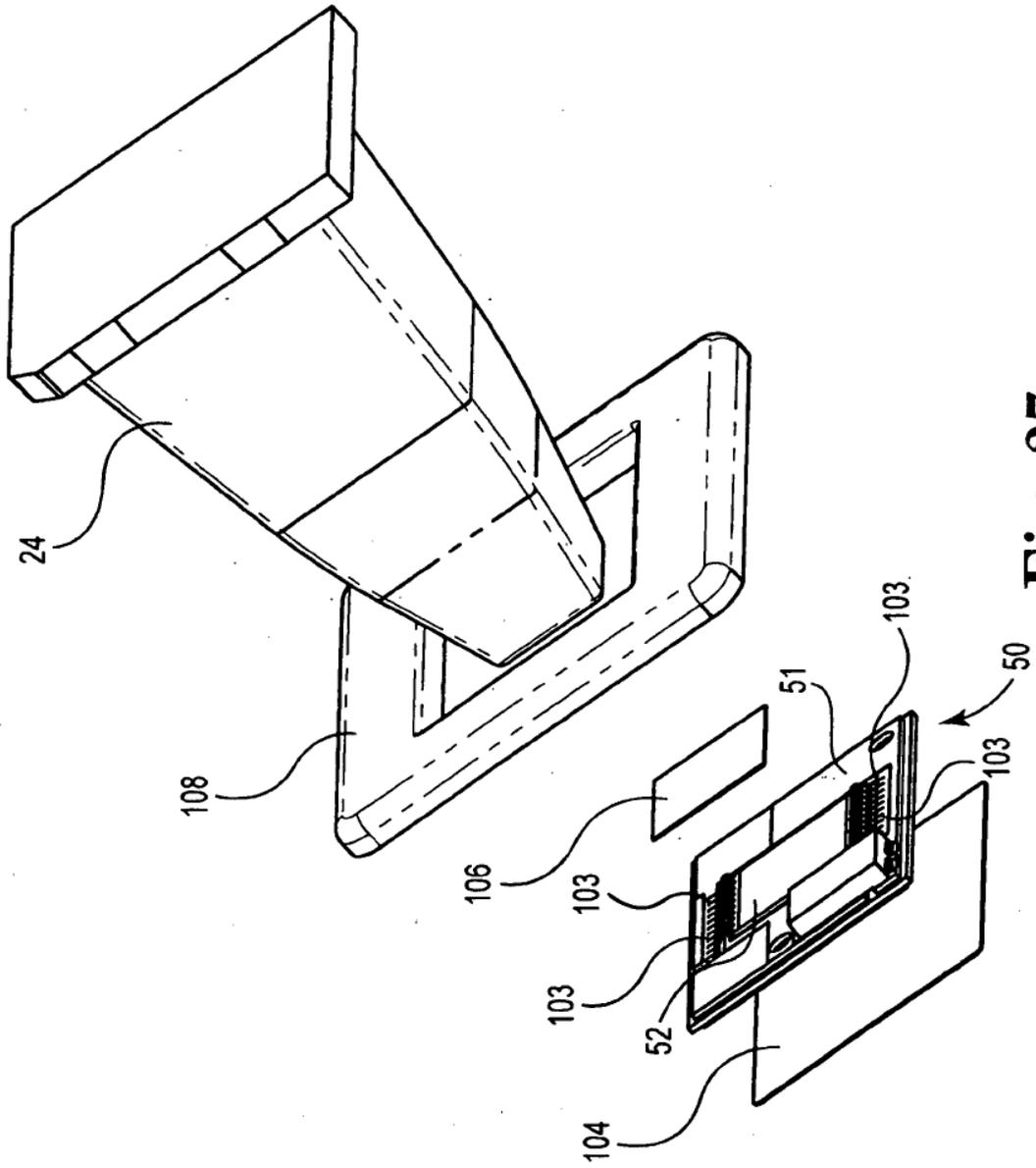


Fig. 27

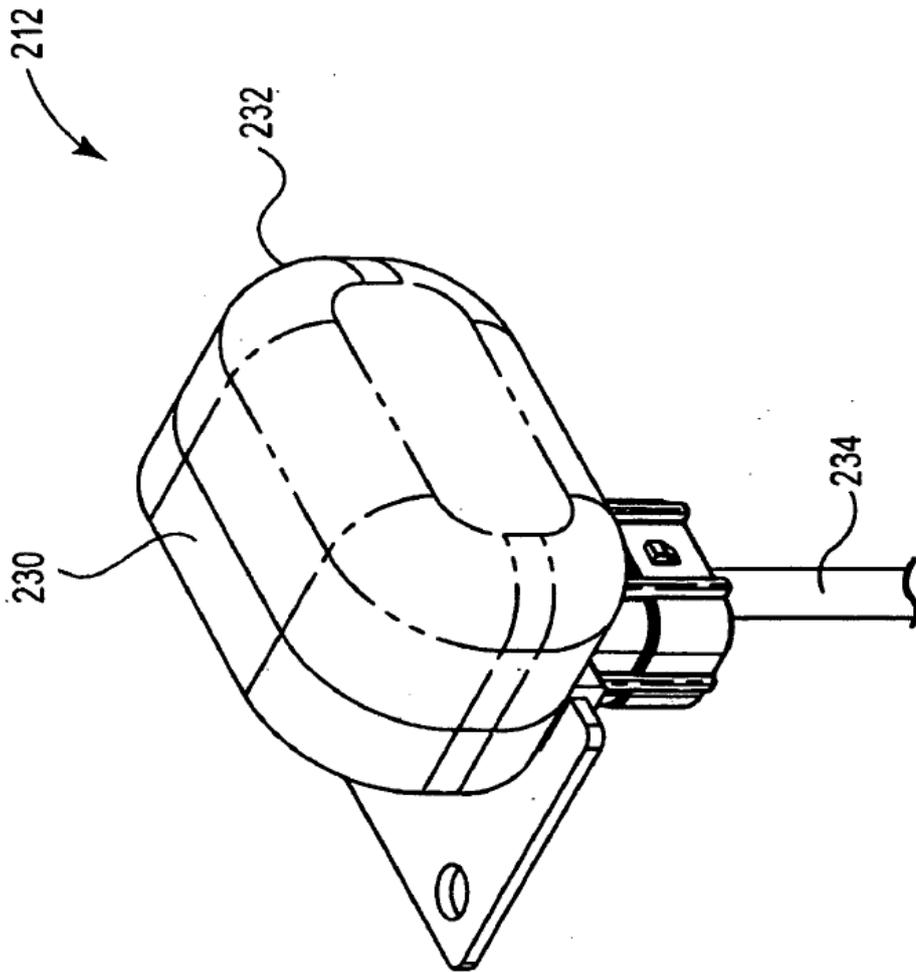


Fig. 28

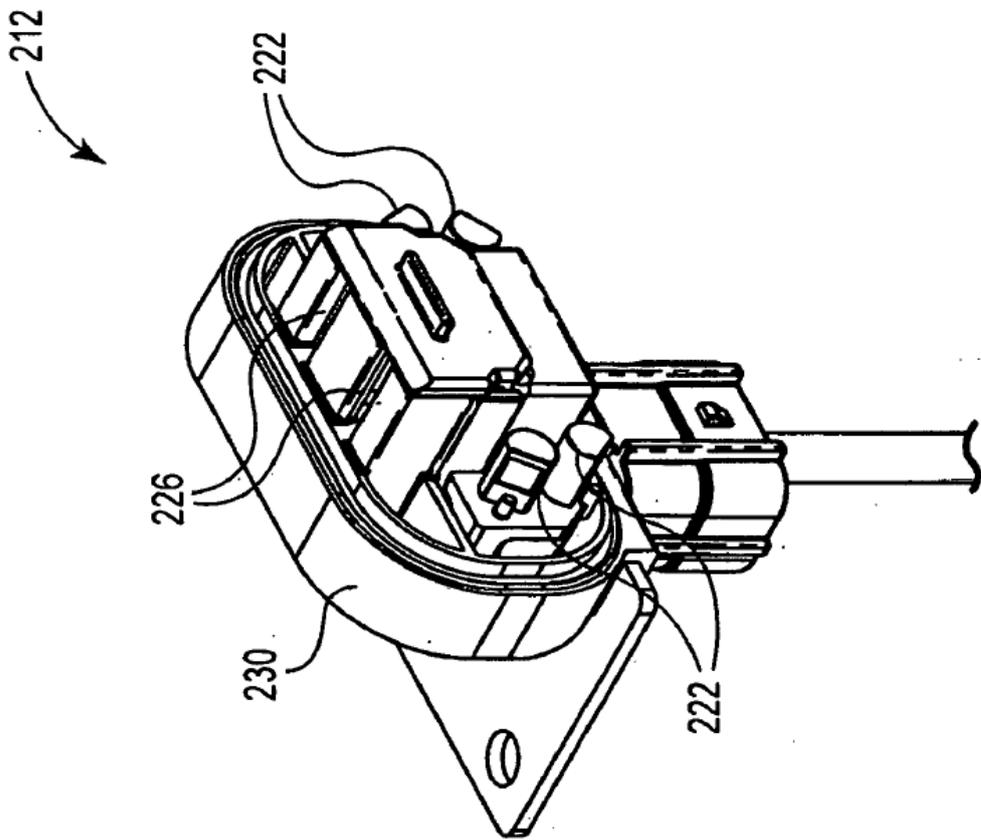


Fig. 29

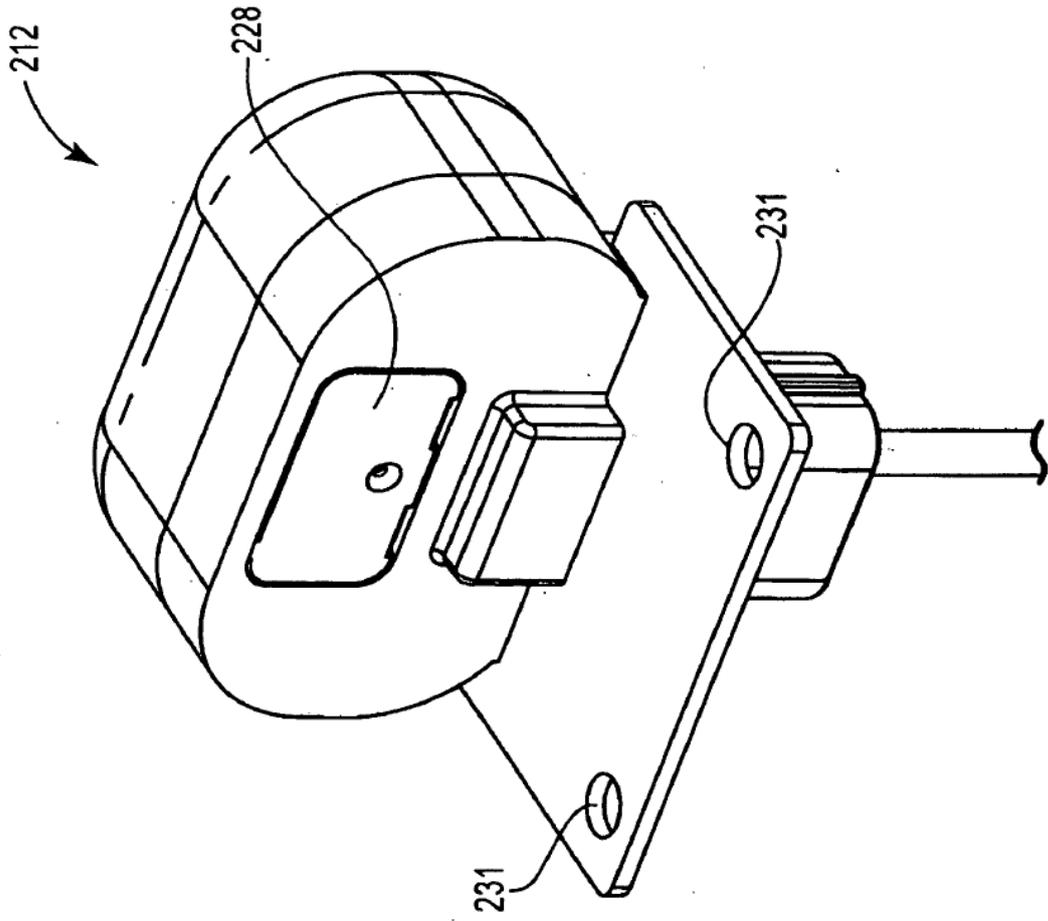


Fig. 30

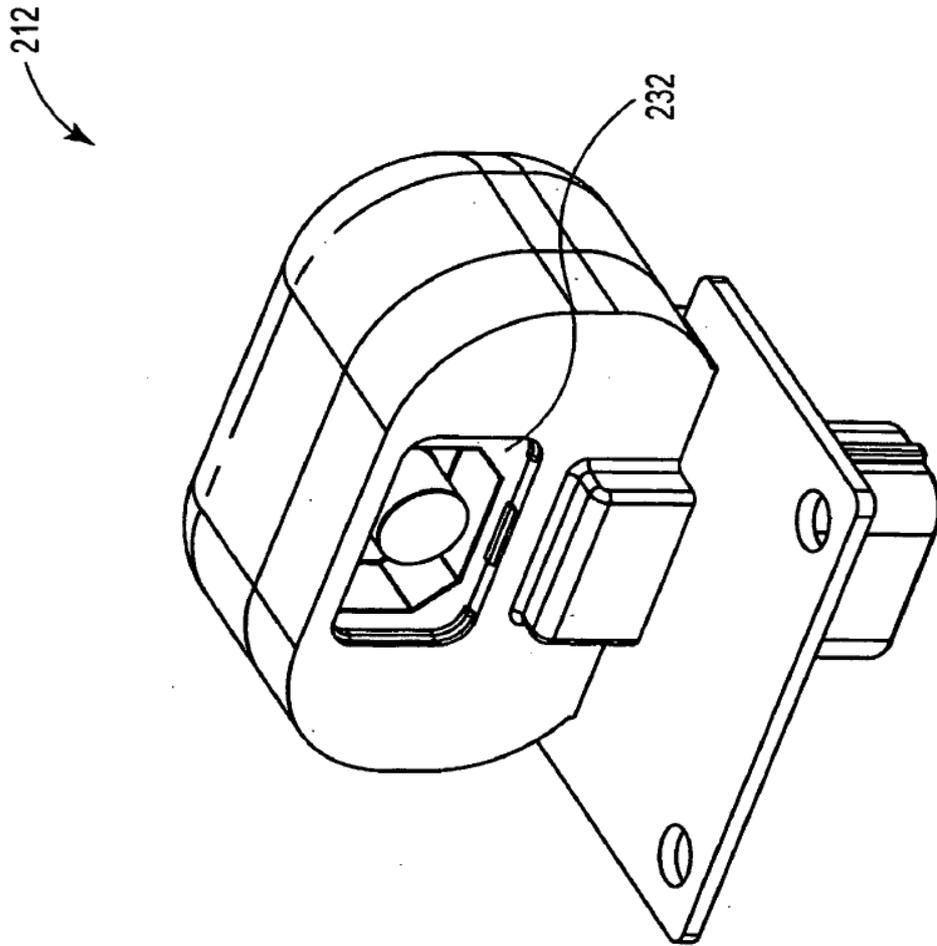


Fig. 31

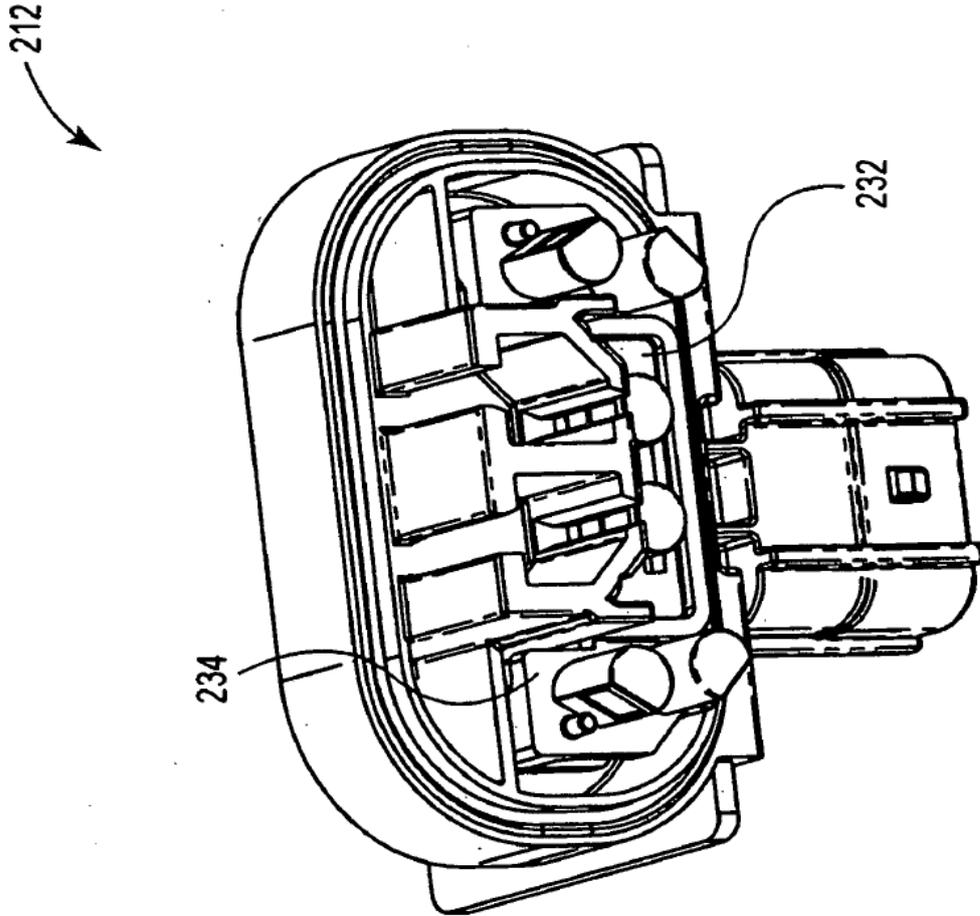


Fig. 32

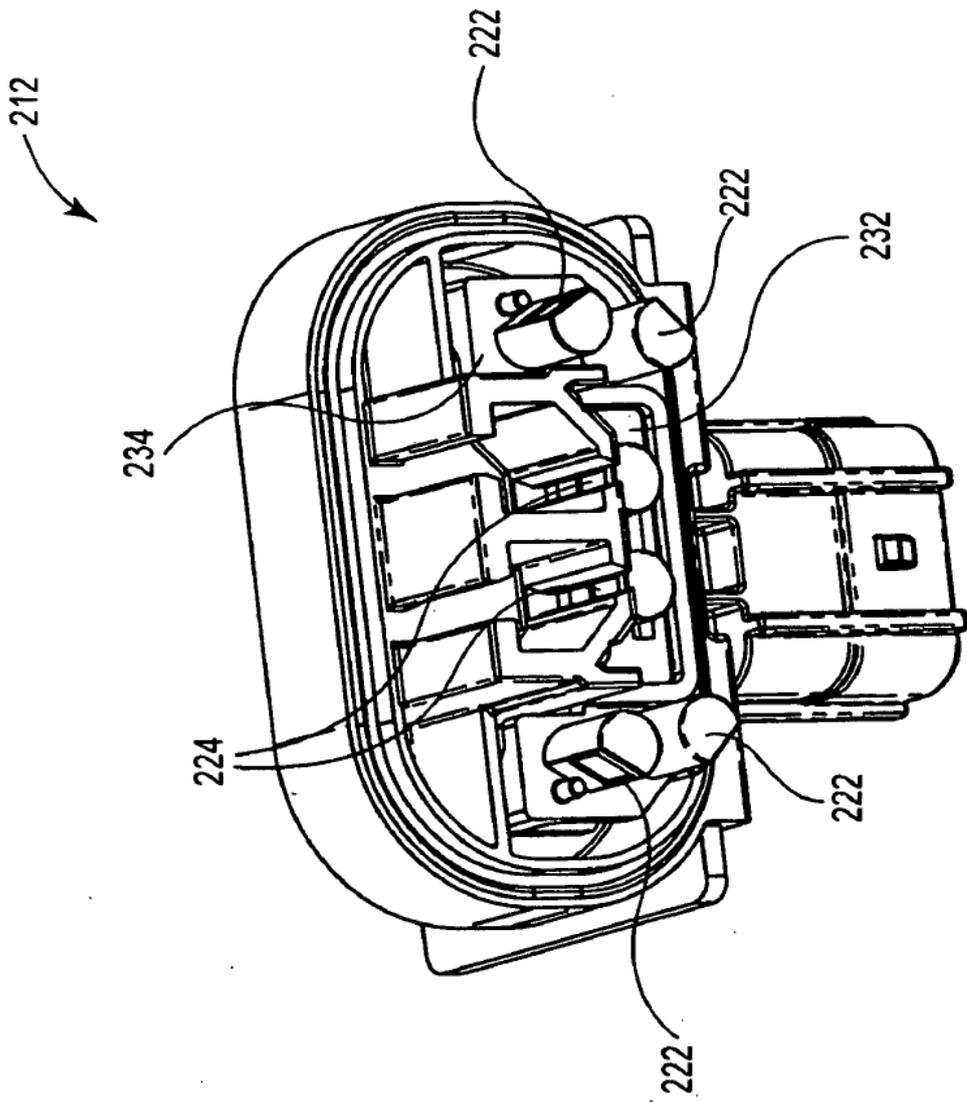


Fig. 33

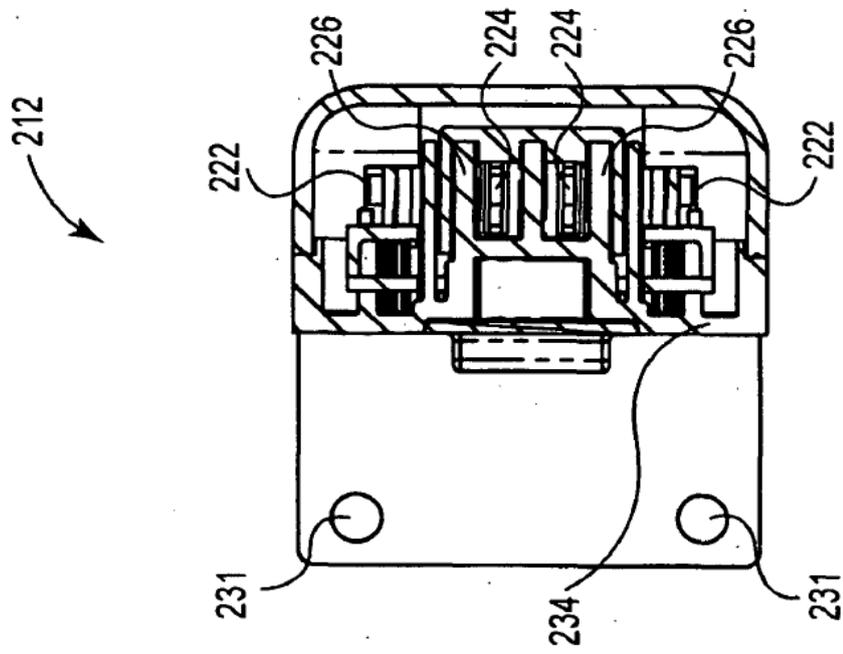


Fig. 34

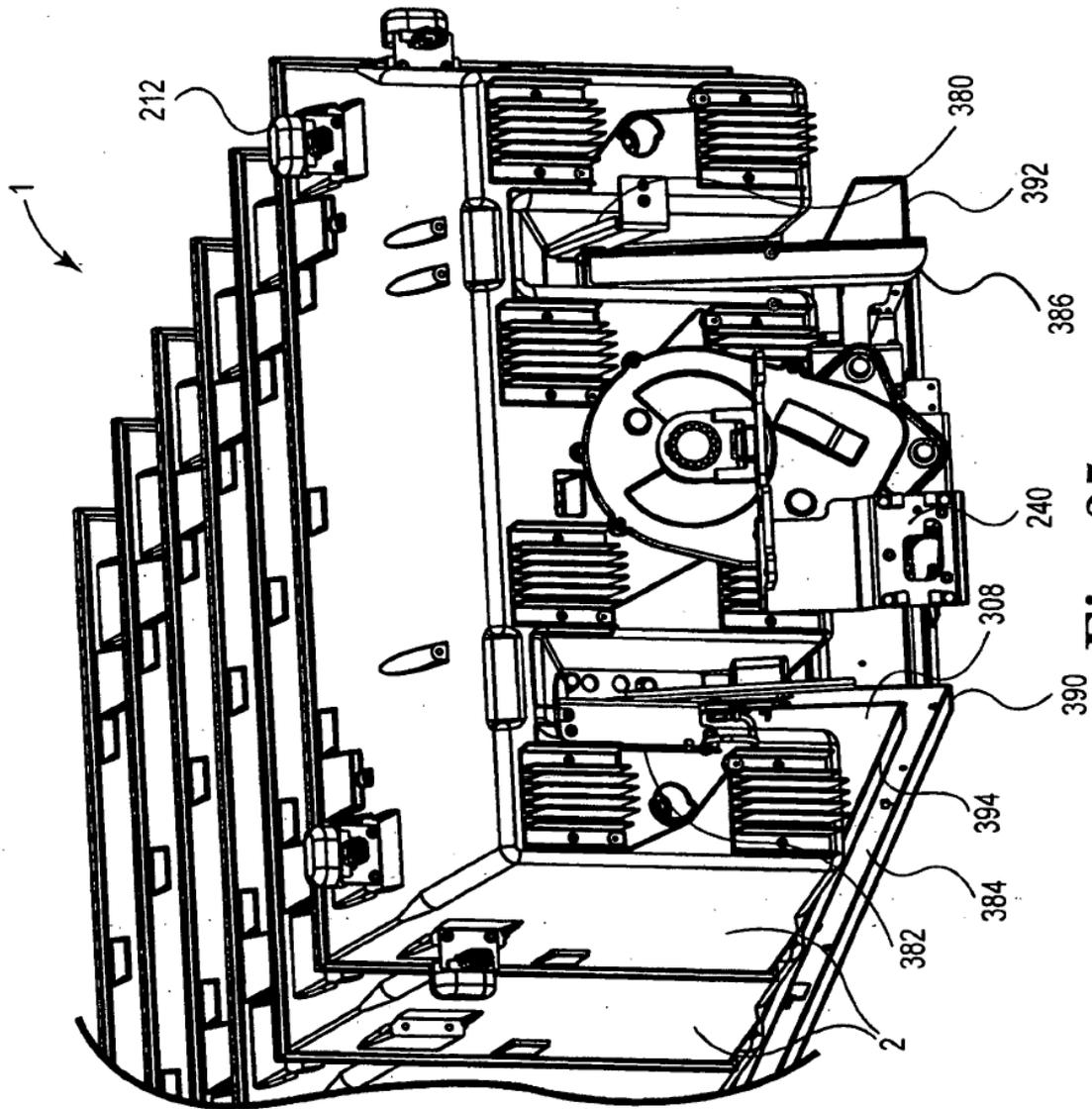


Fig. 35



Fig. 36

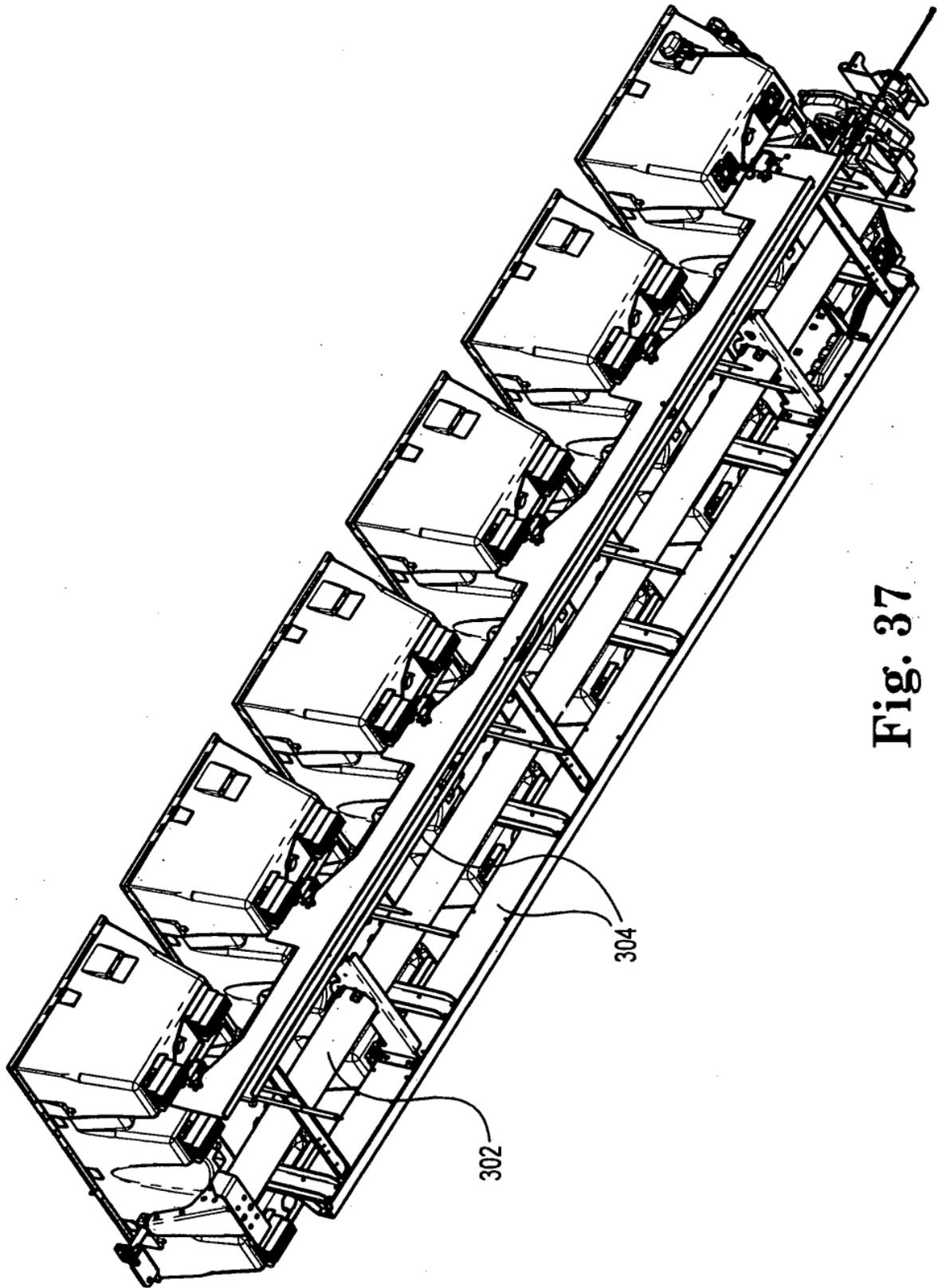


Fig. 37

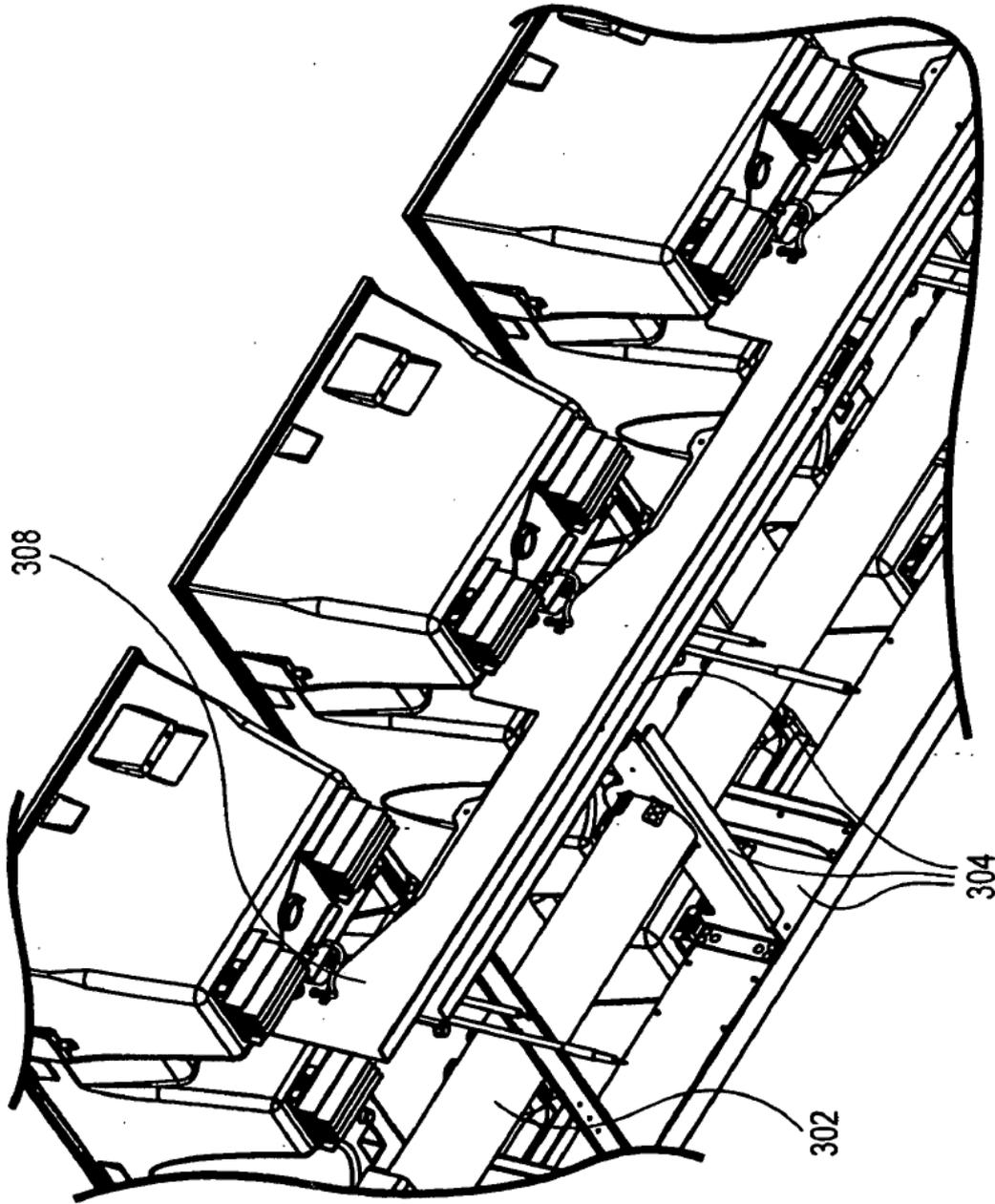


Fig. 38

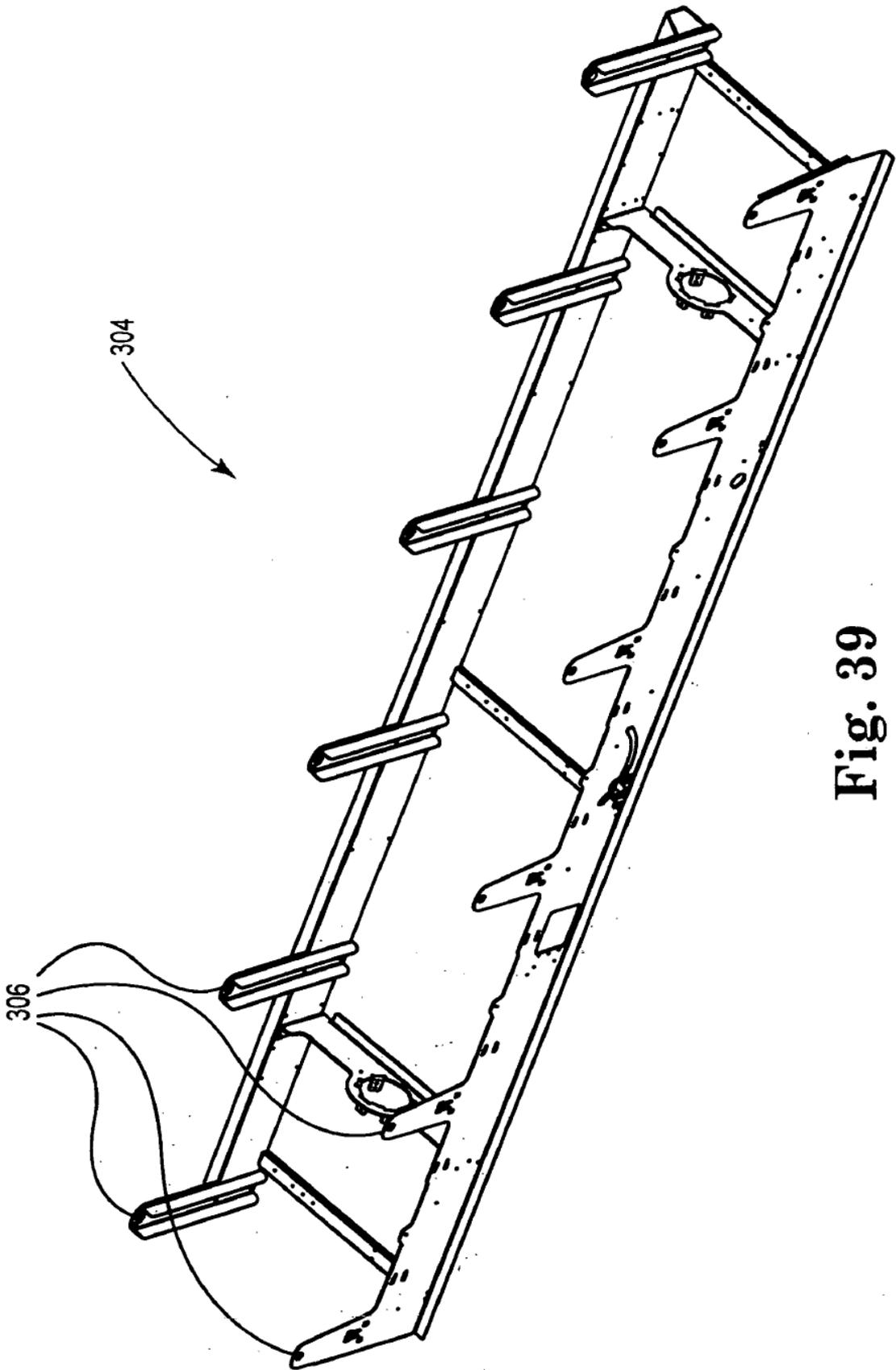


Fig. 39

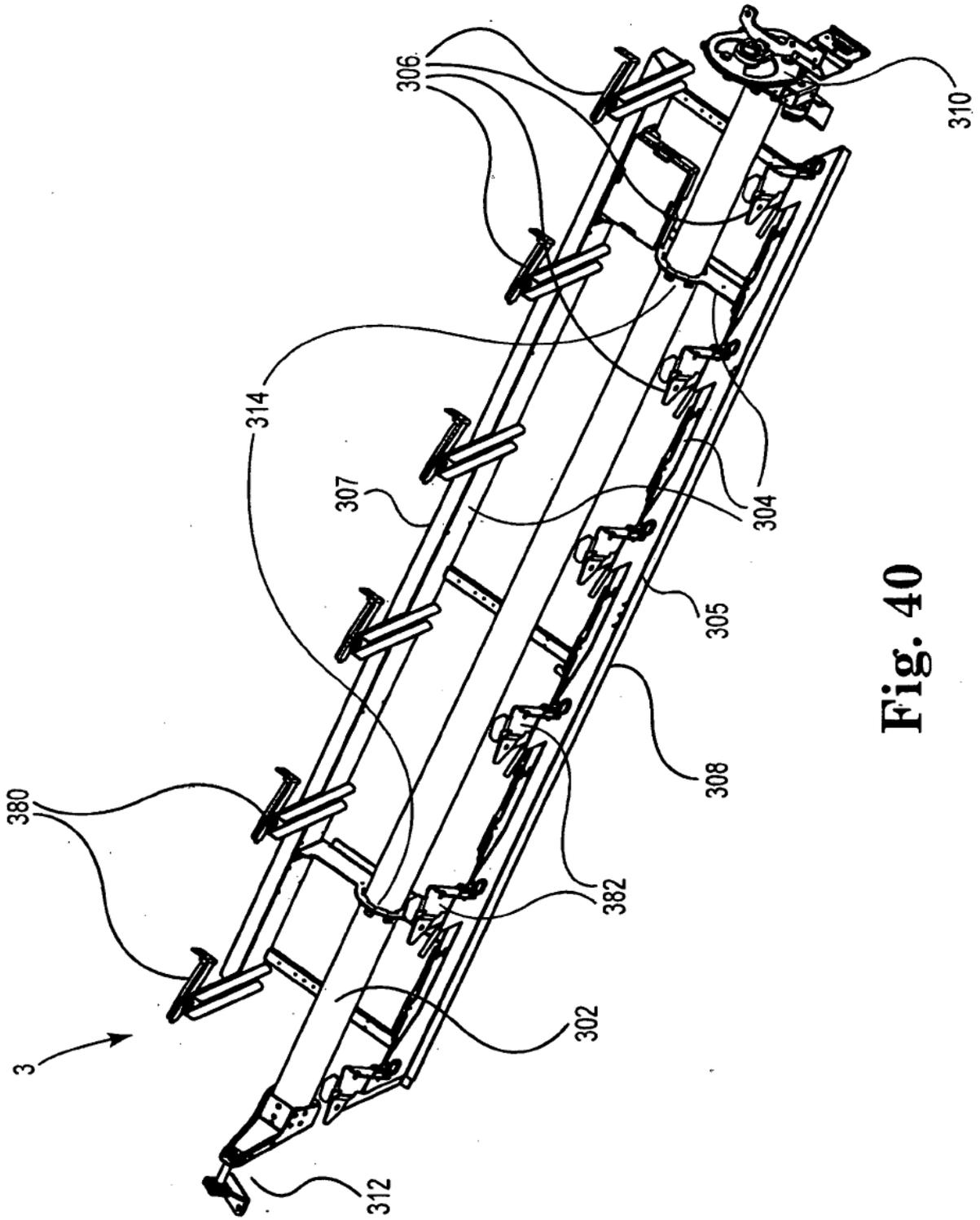


Fig. 40

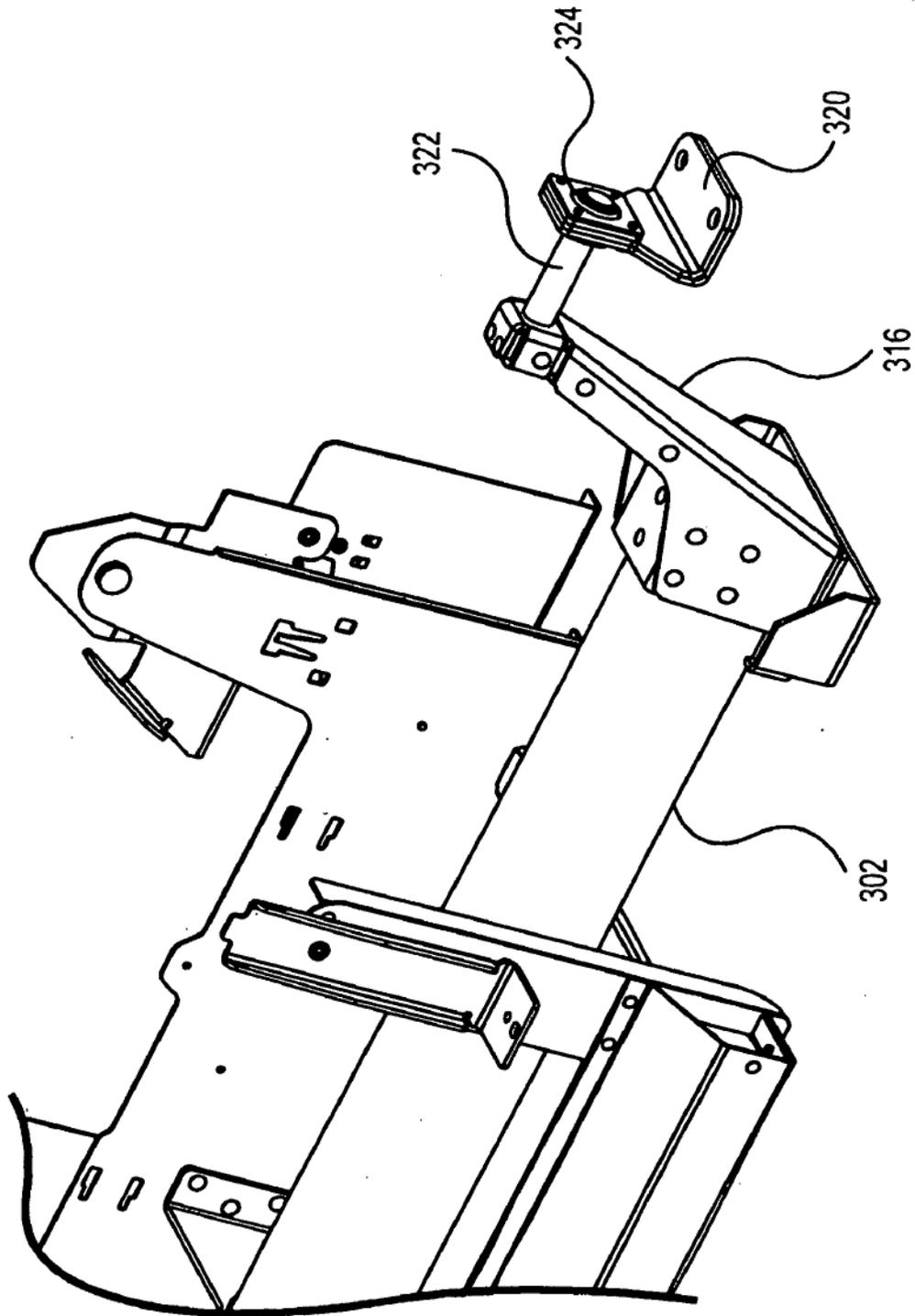


Fig. 41

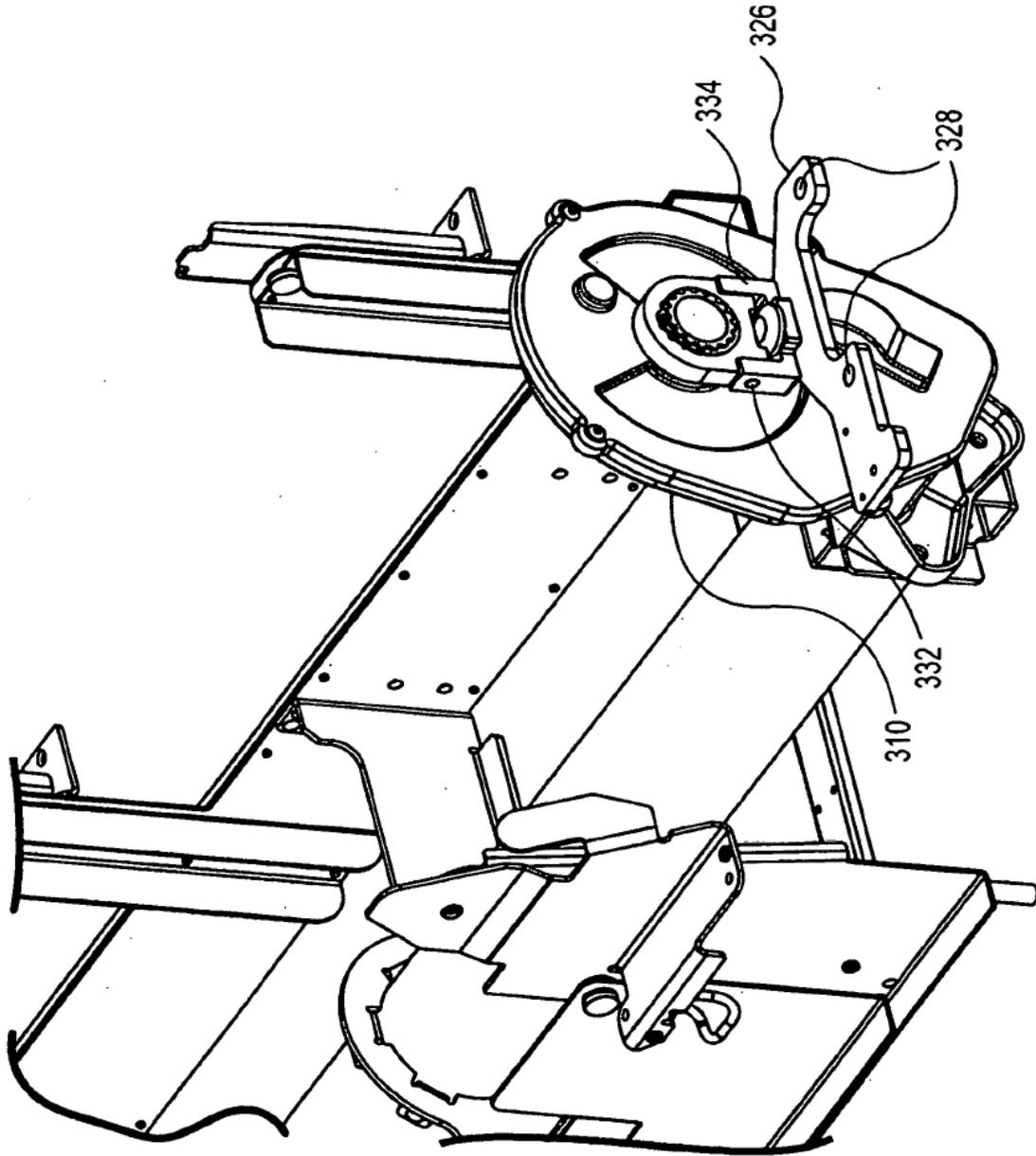


Fig. 42

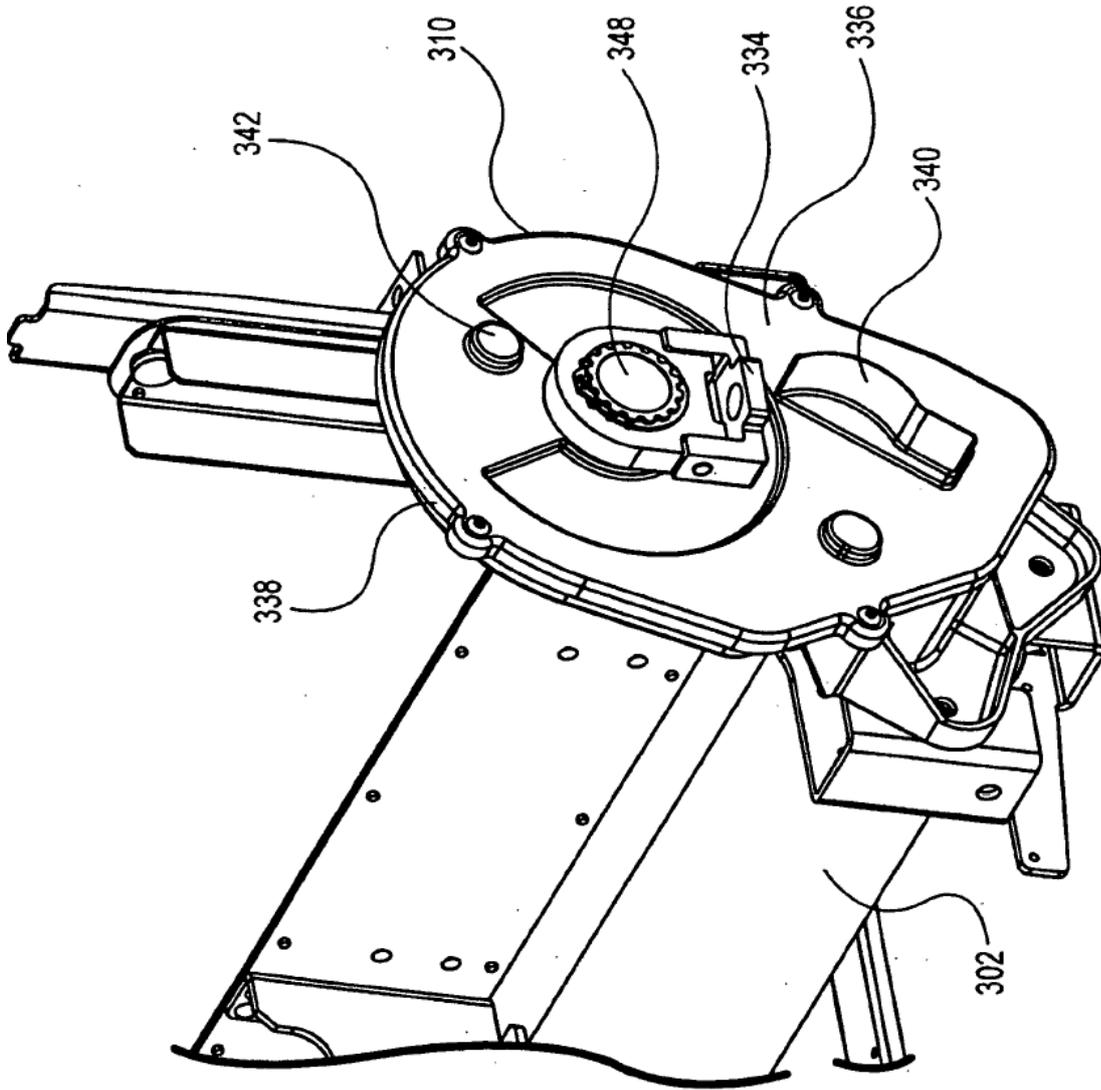


Fig. 43

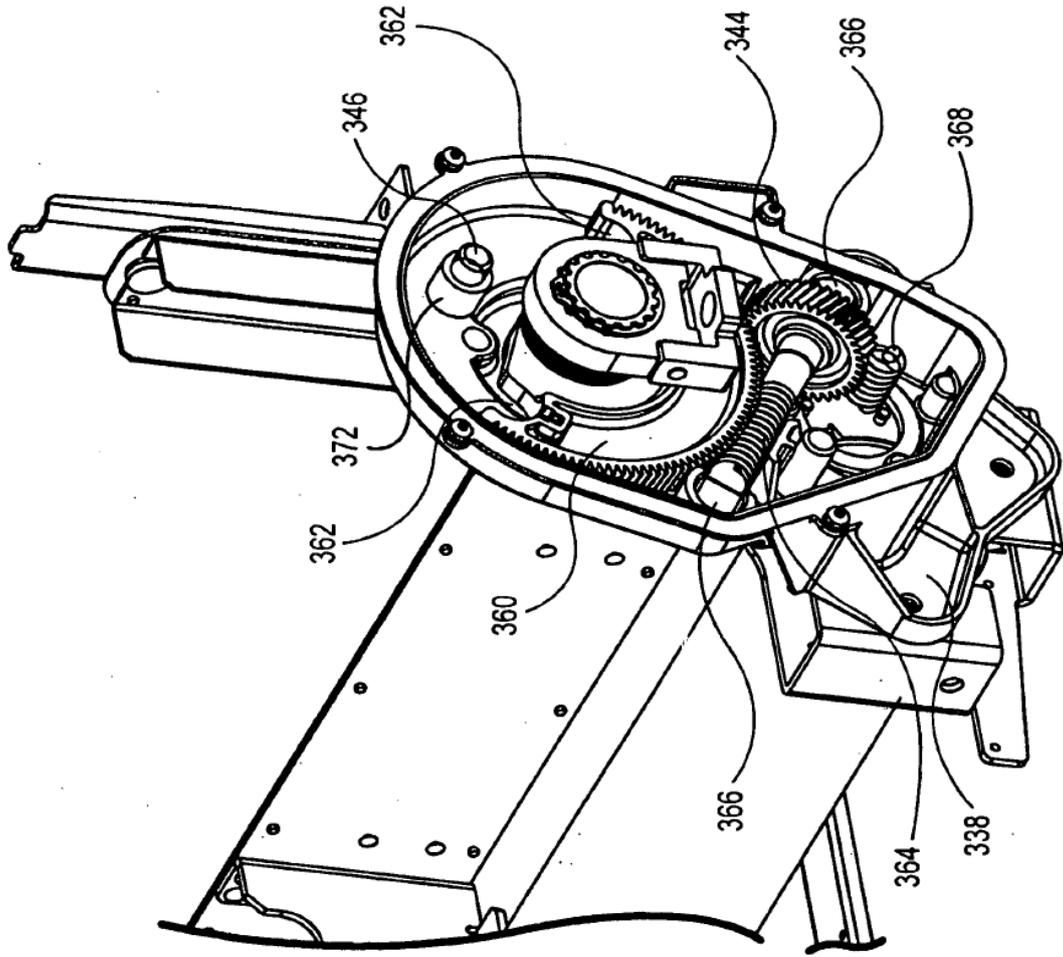


Fig. 44

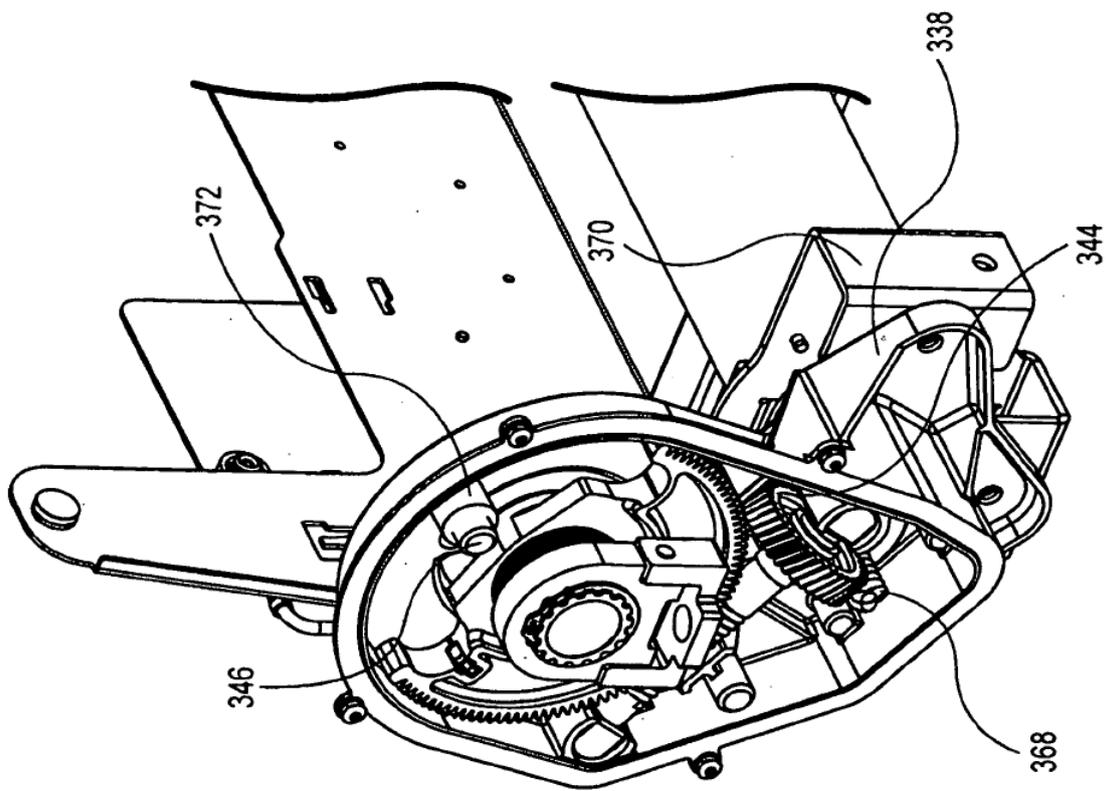


Fig. 45

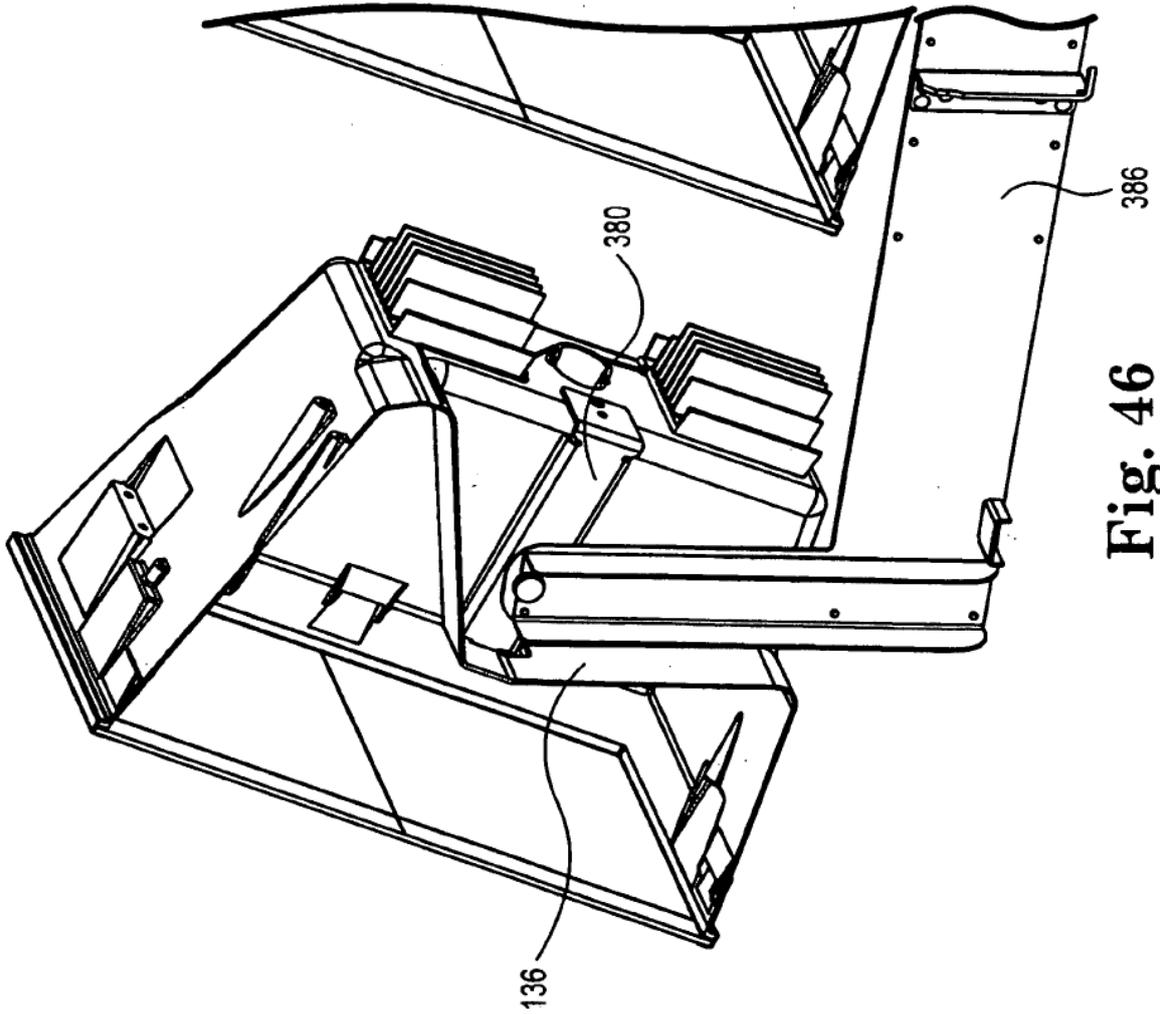


Fig. 46

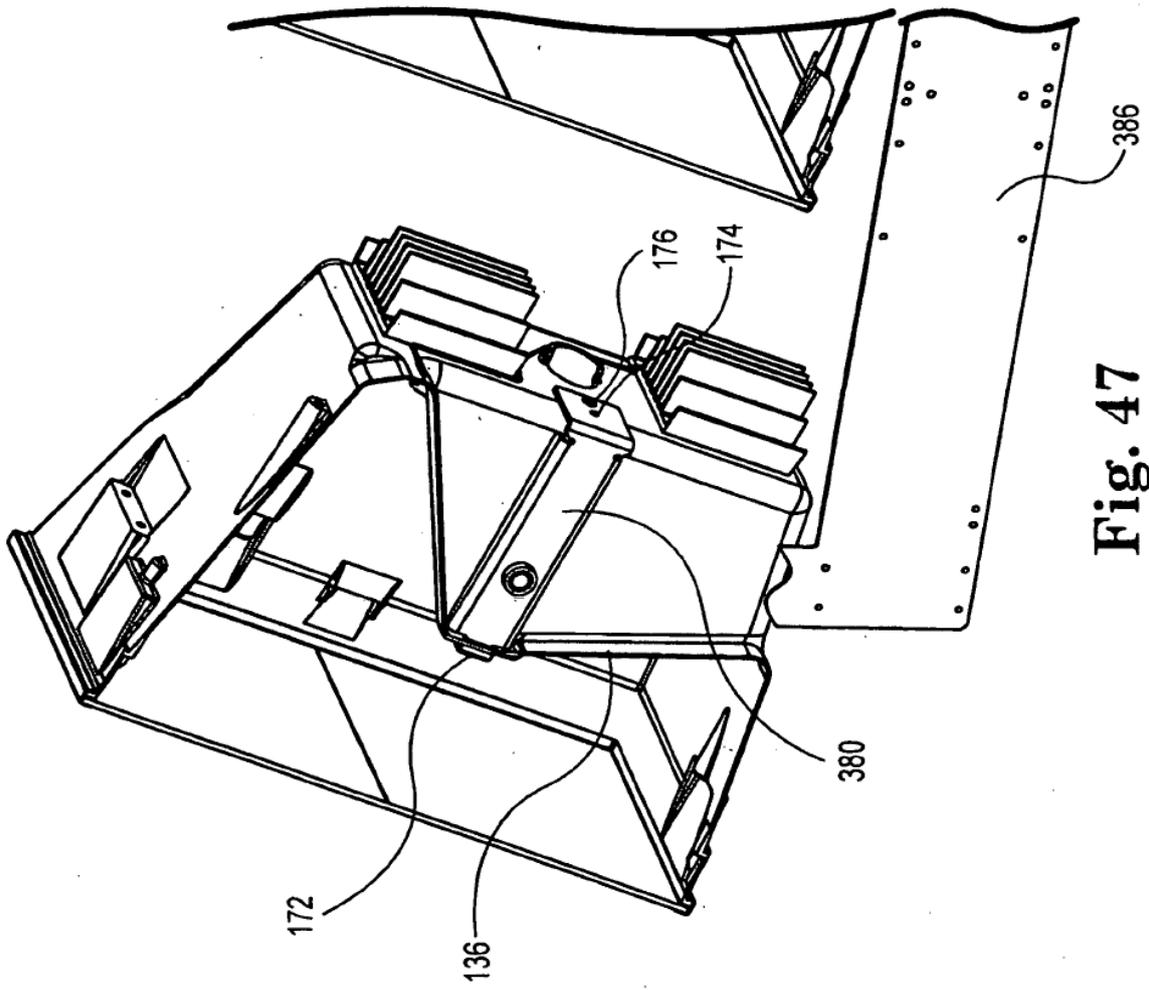


Fig. 47

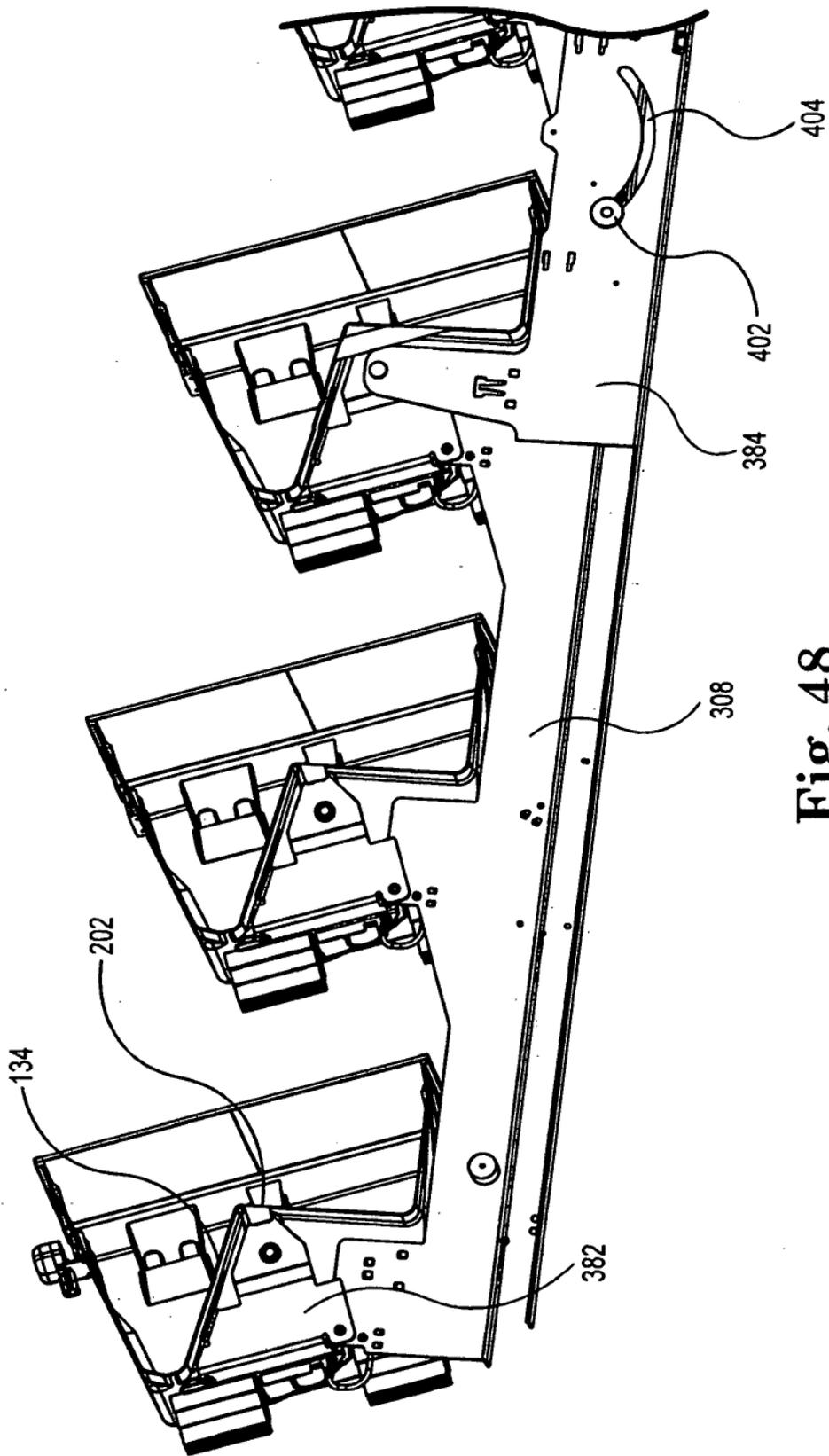


Fig. 48

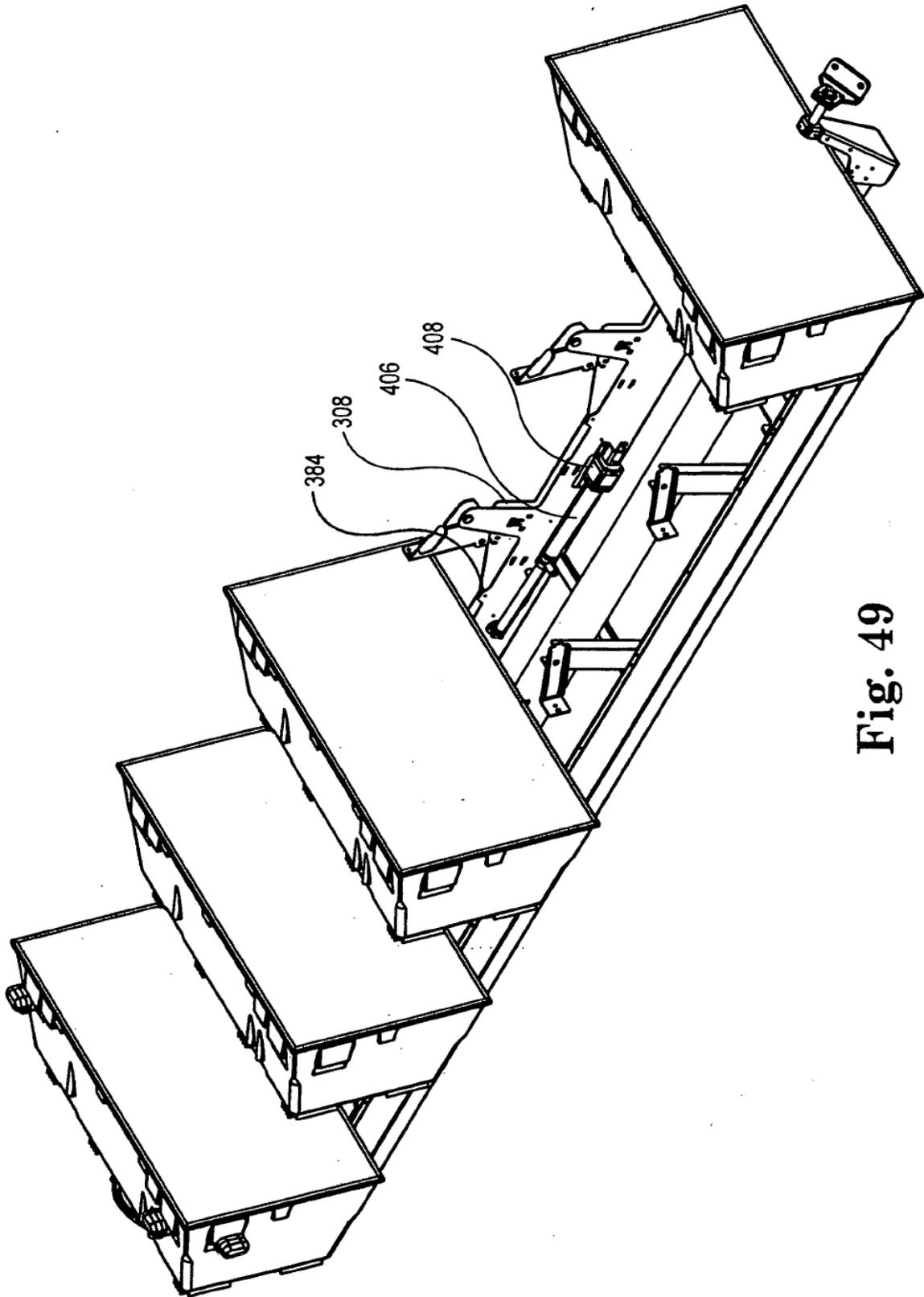


Fig. 49

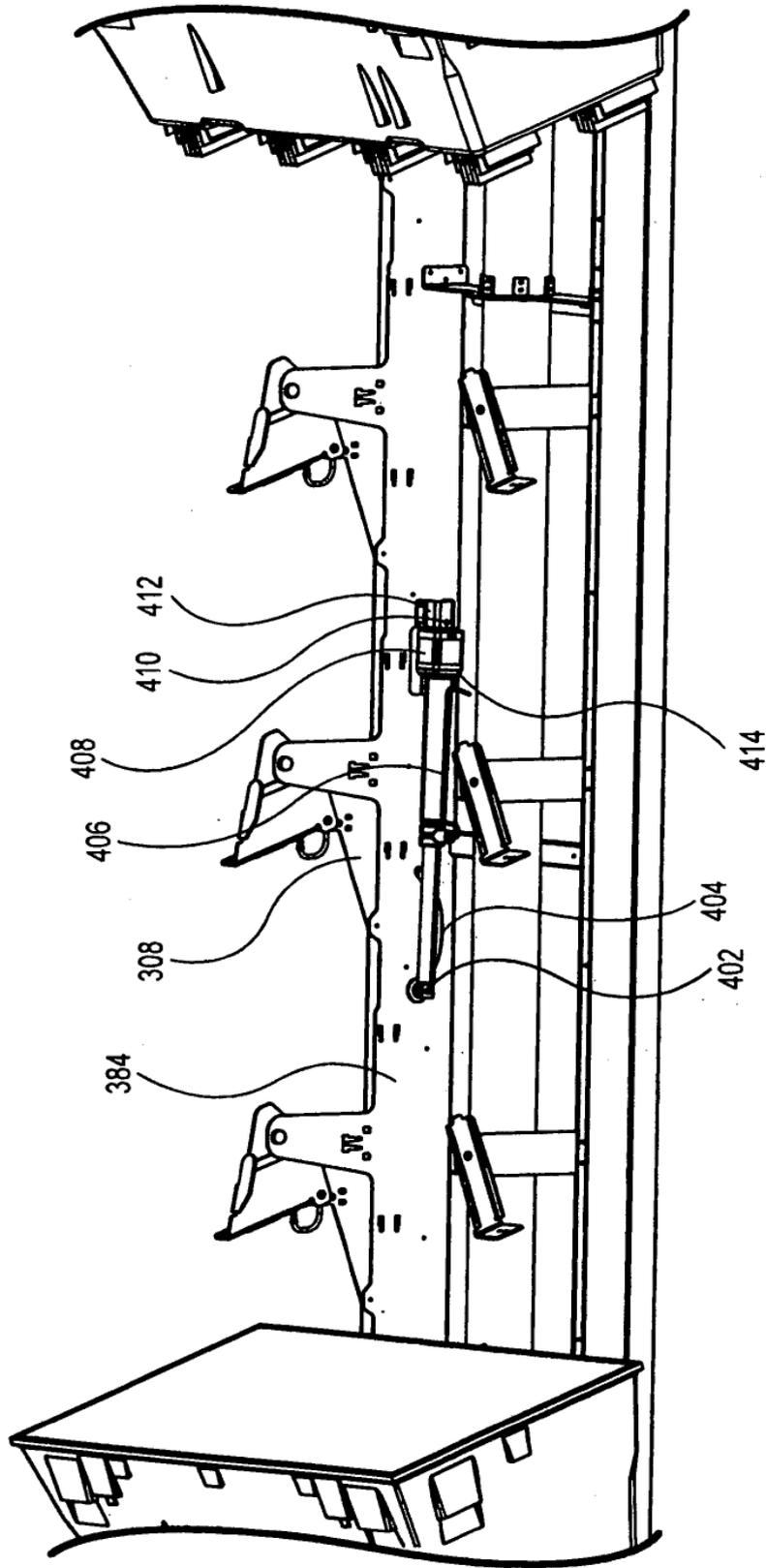


Fig. 50

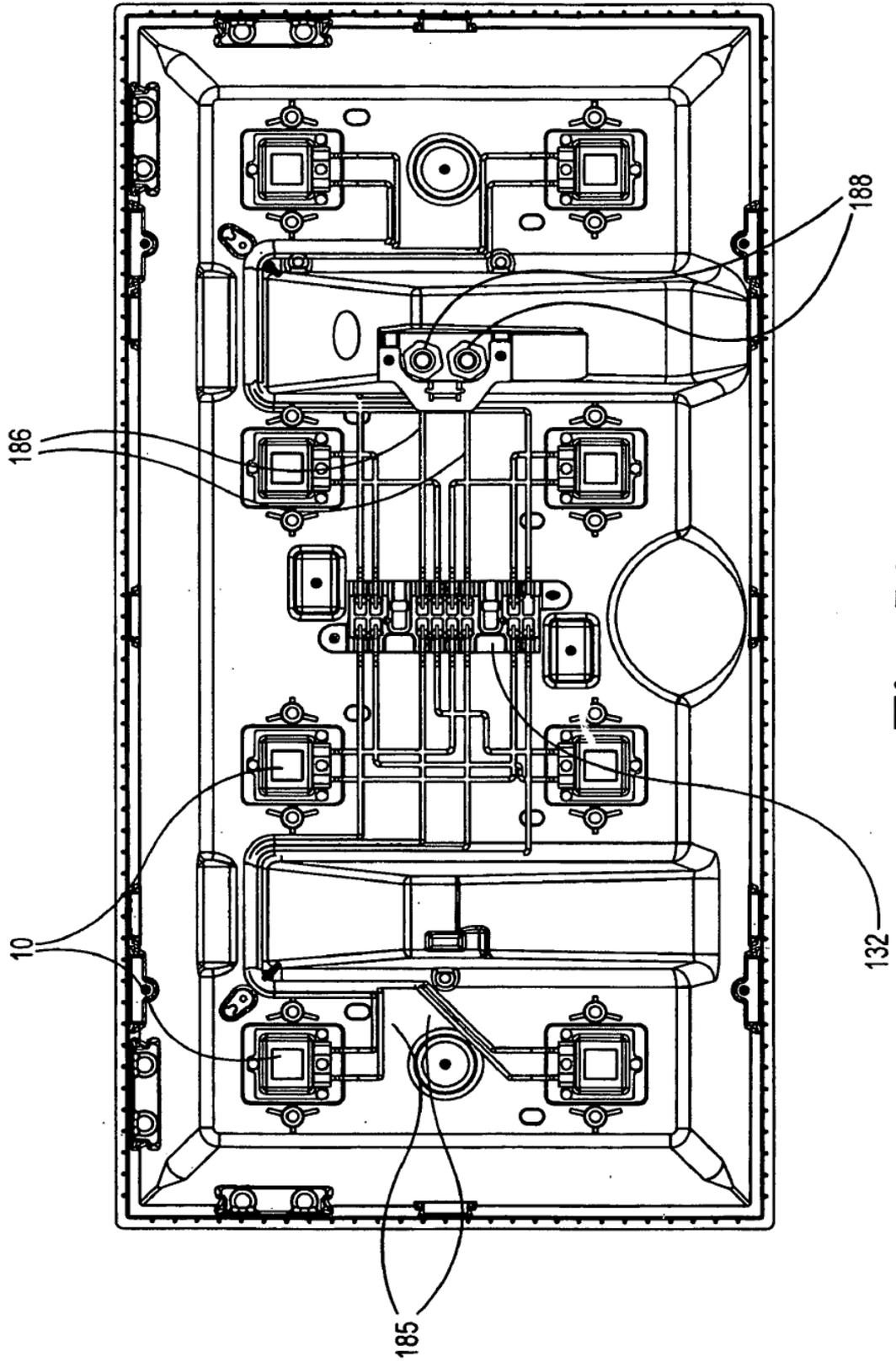


Fig. 51

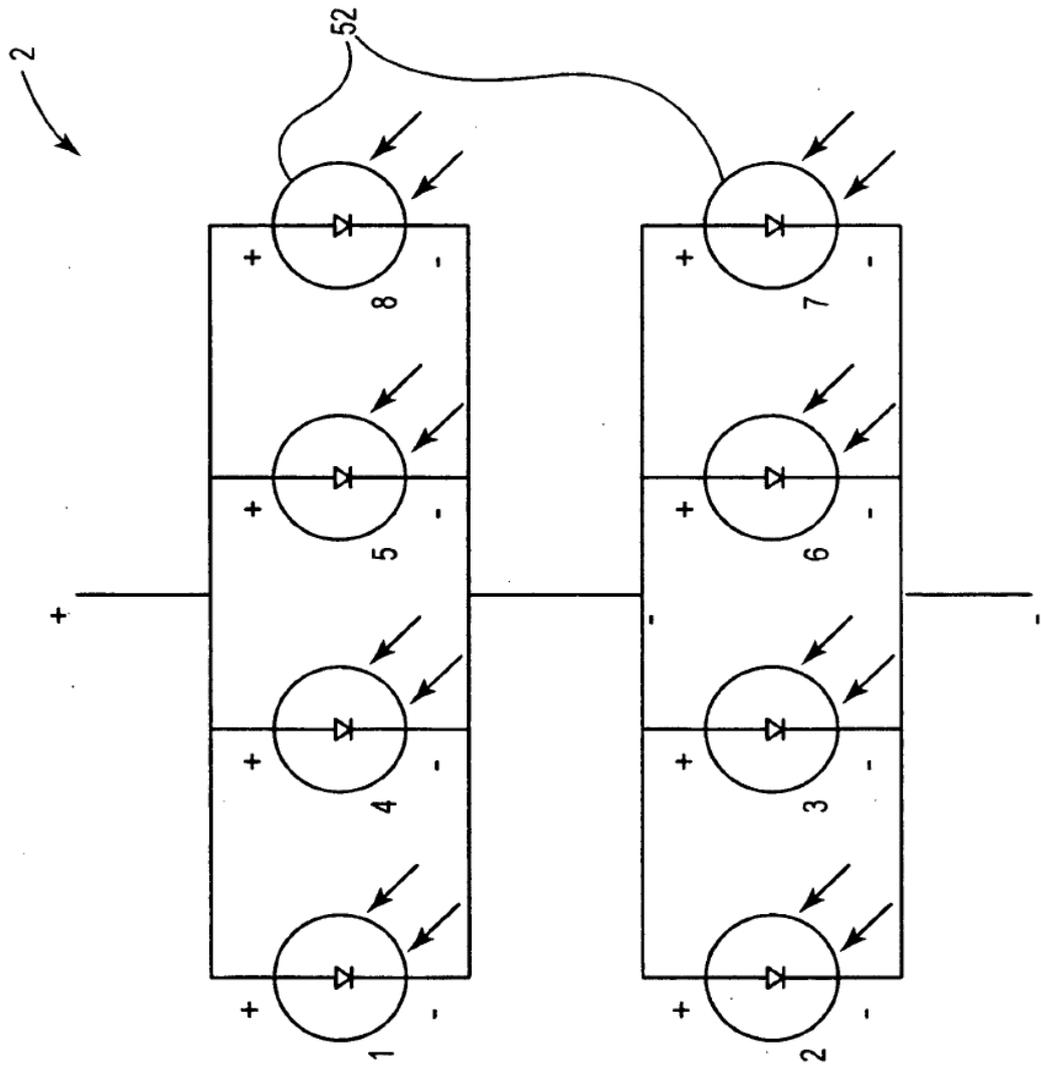


Fig. 52

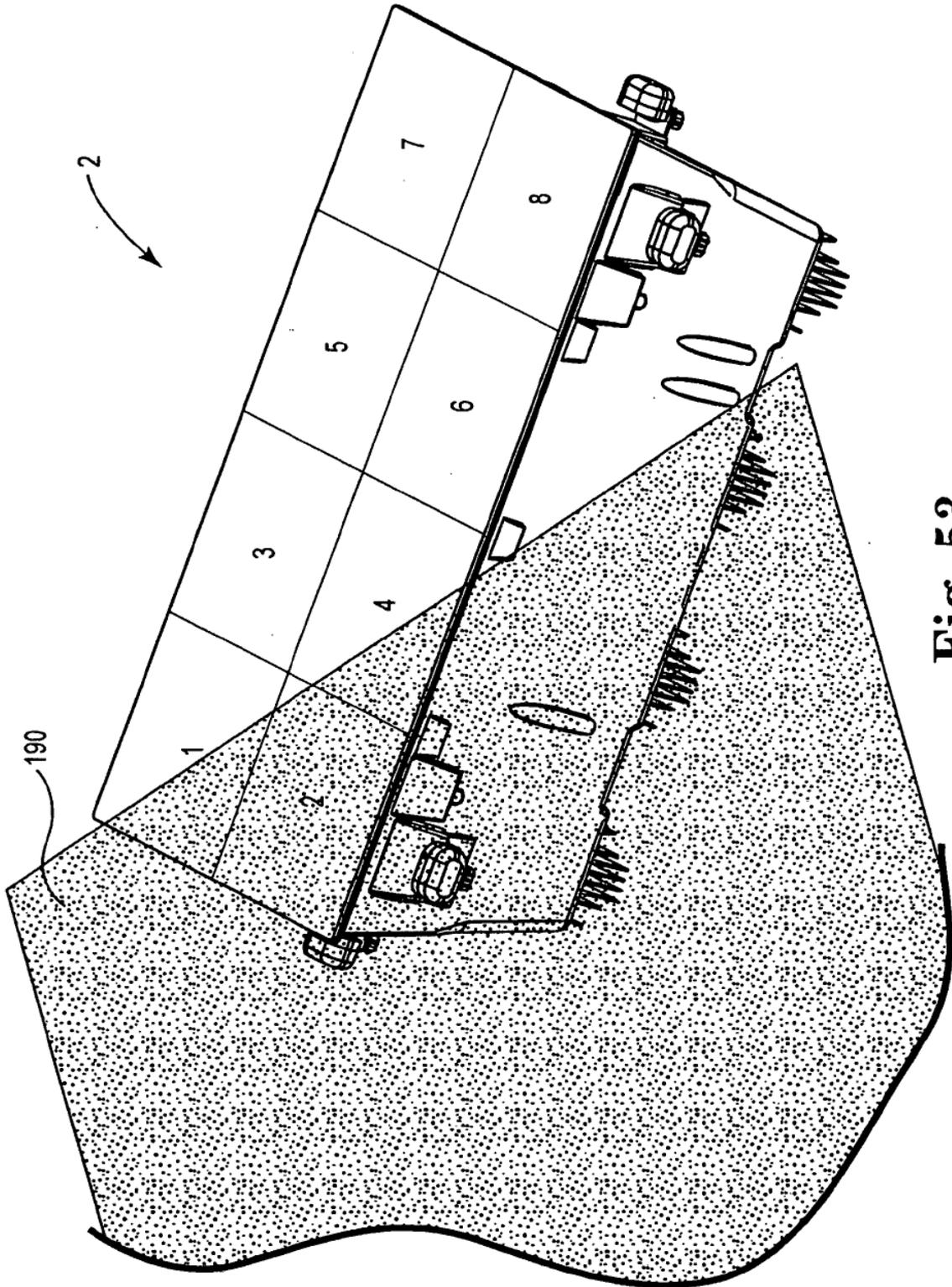


Fig. 53

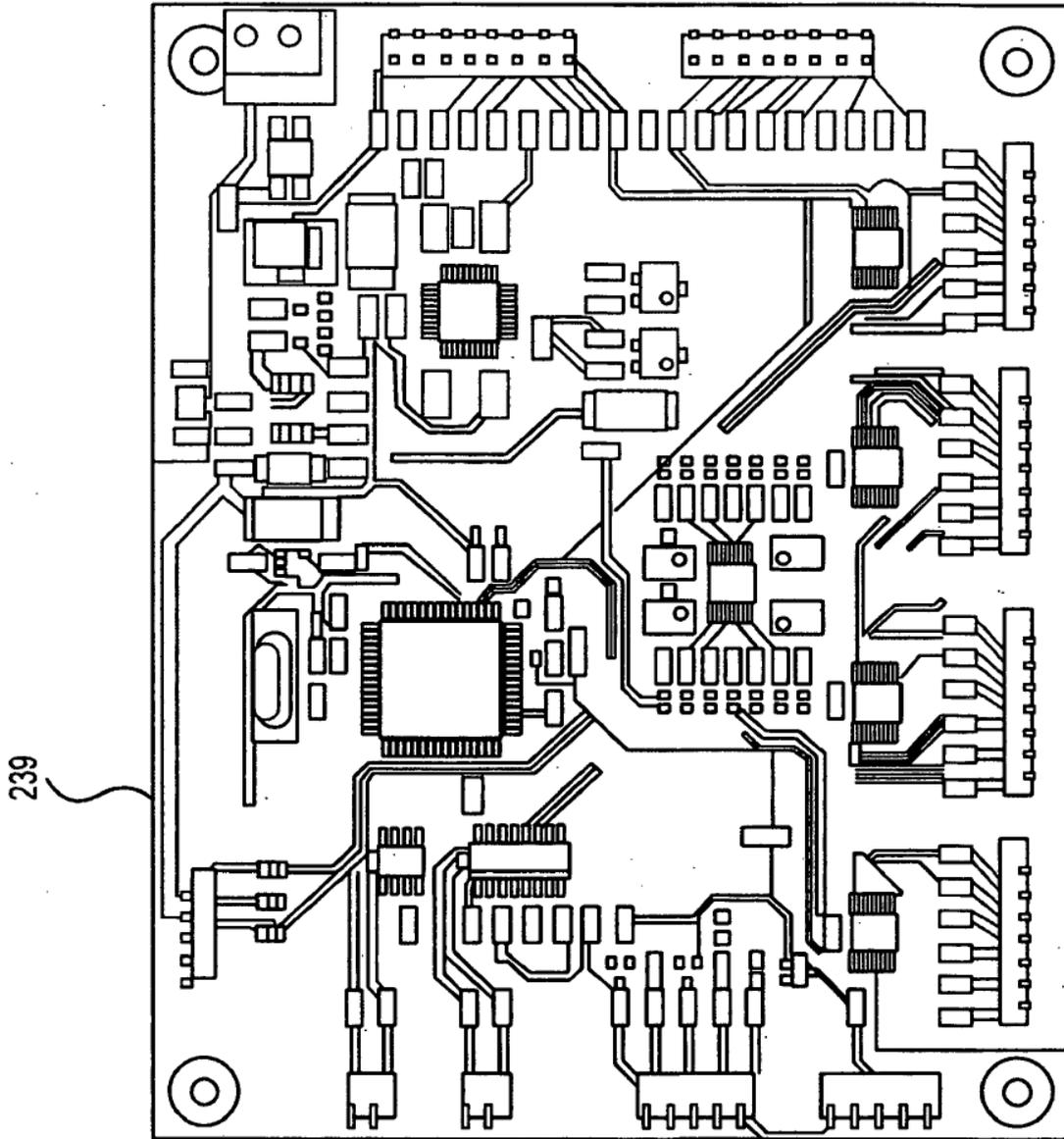


Fig. 54

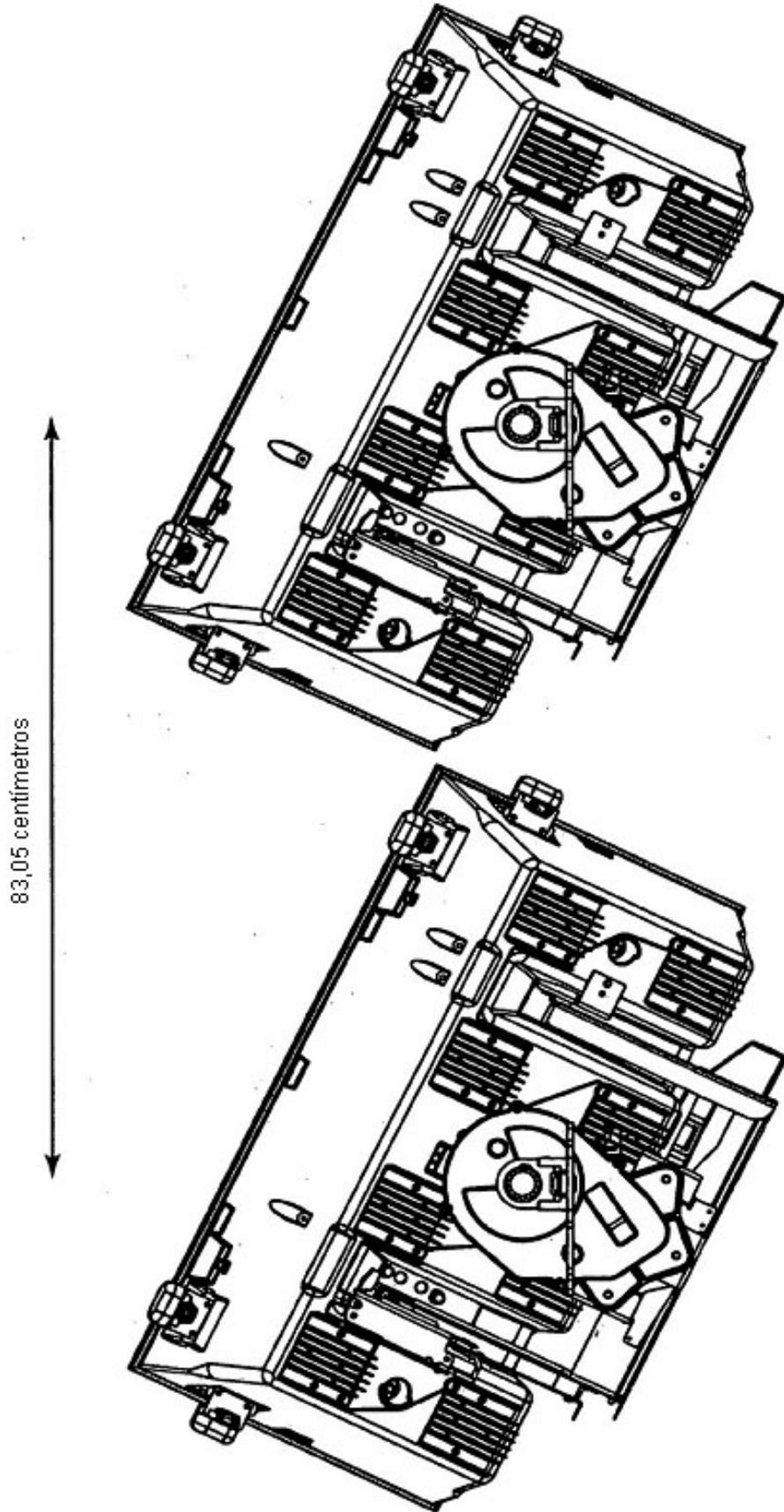


Fig. 55

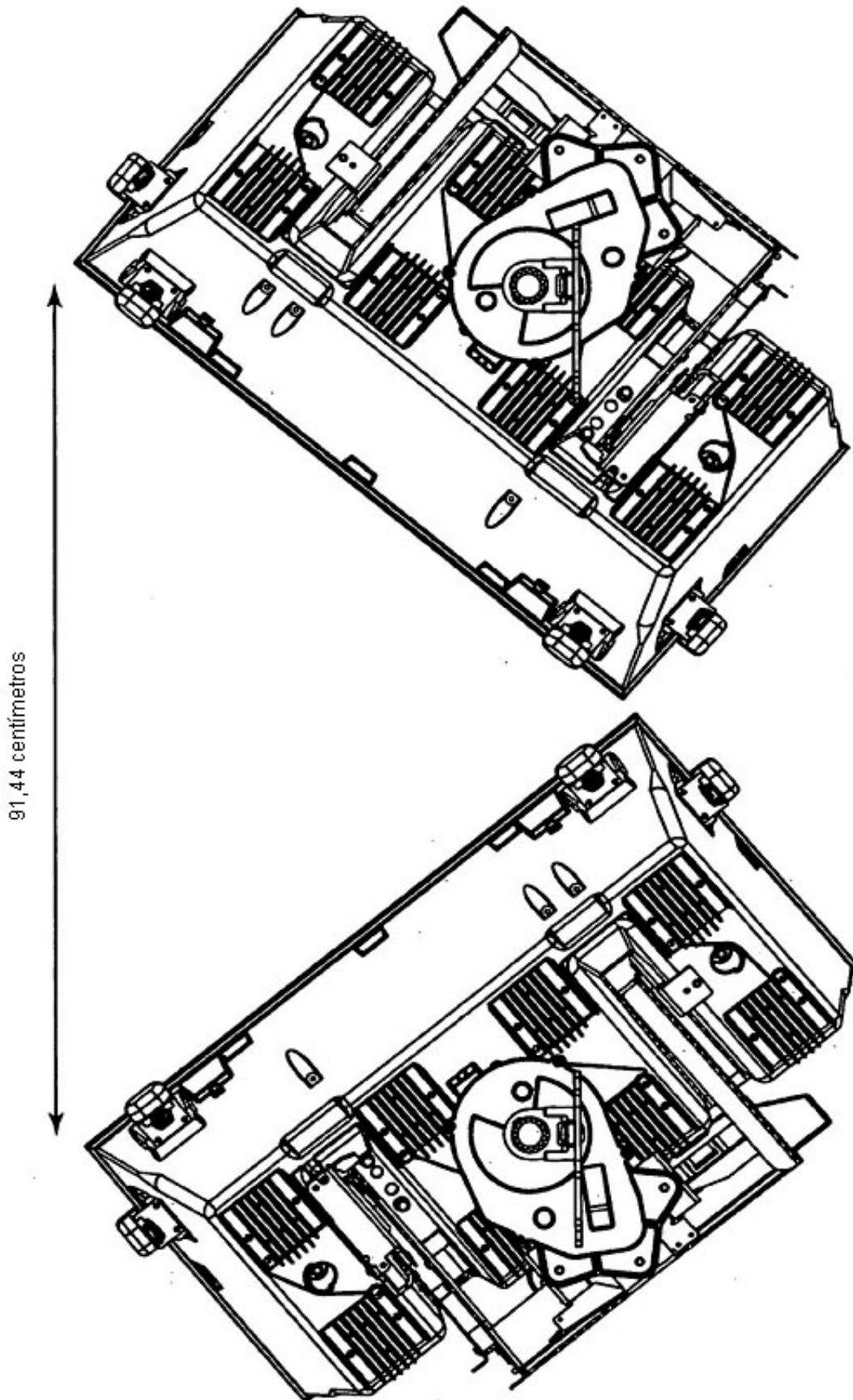


Fig. 56

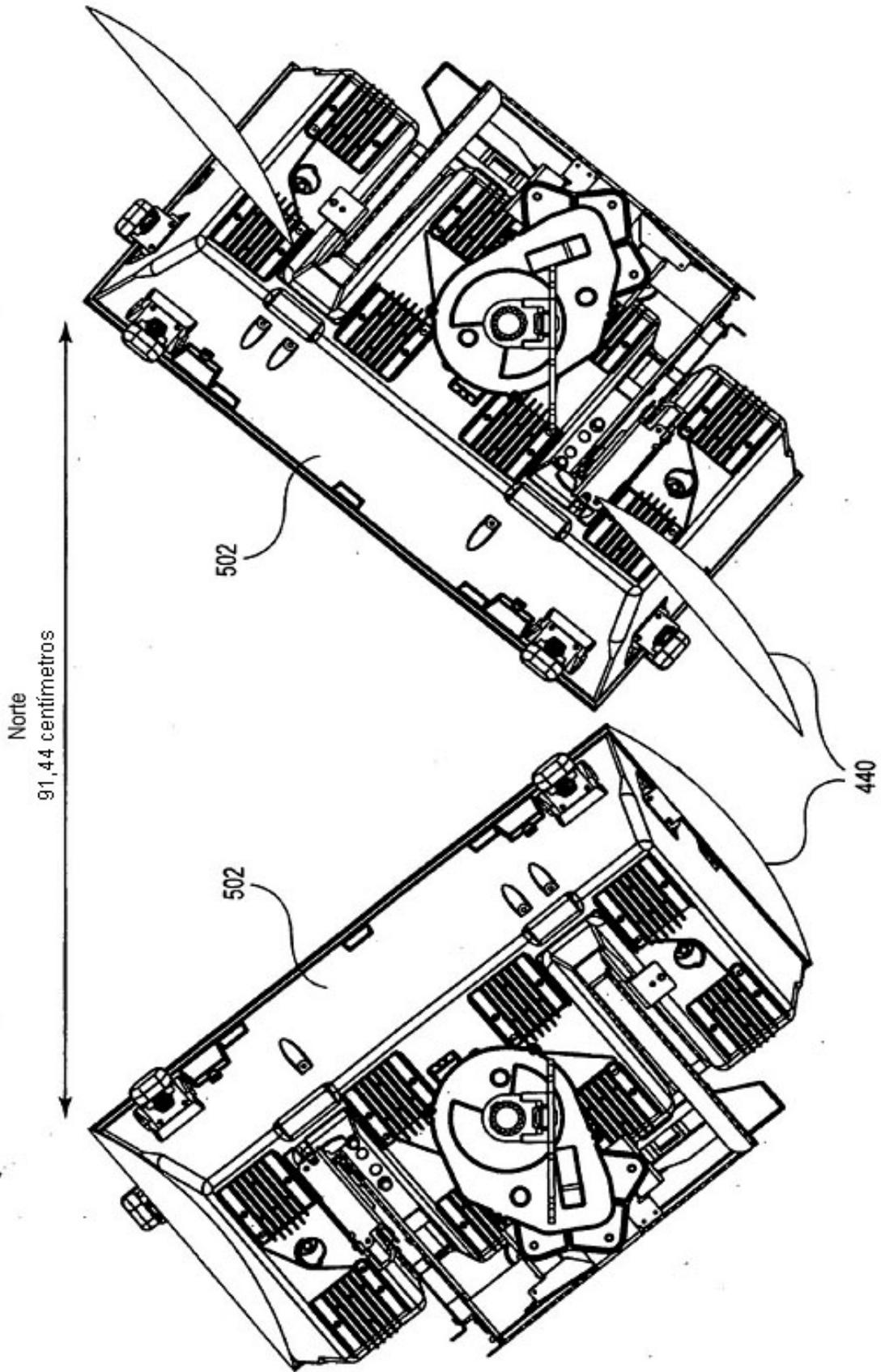


Fig. 57

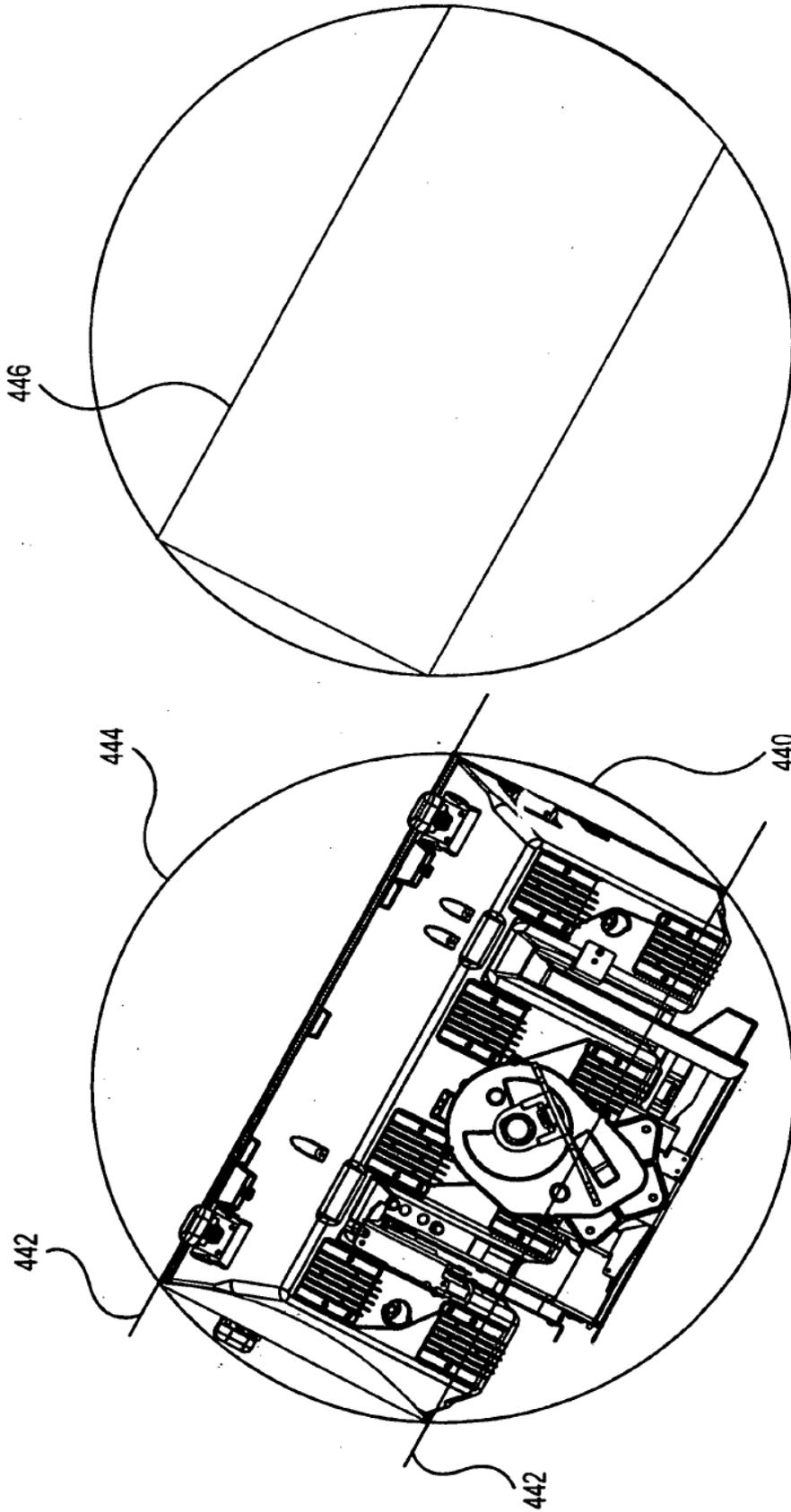


Fig. 58

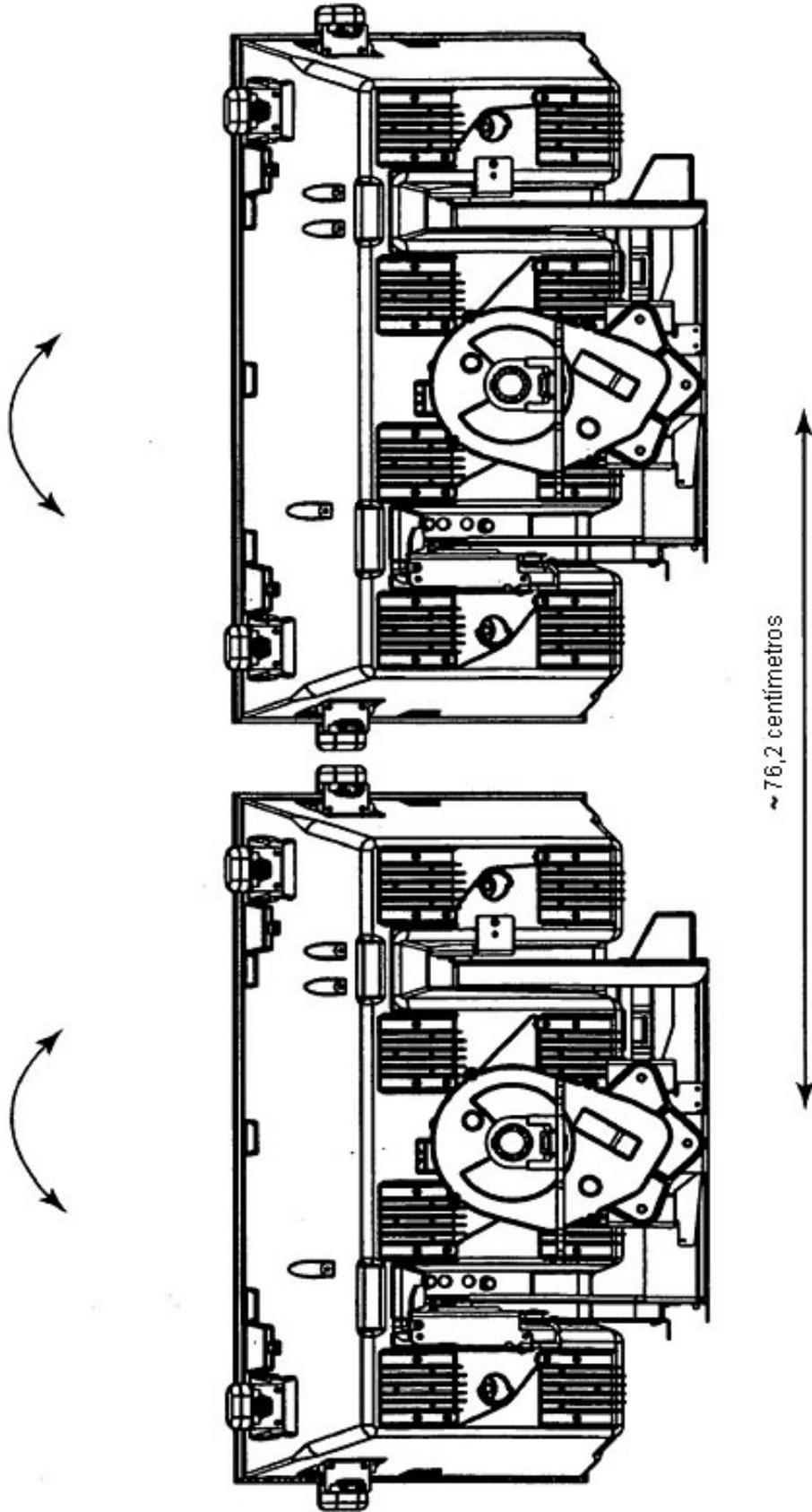


Fig. 59