

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 265**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/16** (2006.01)

**F24J 2/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2008** **E 08853993 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.05.2014** **EP 2223019**

54 Título: **Diseños de matrices de helióstatos para plantas de energía solar de receptores centrales de torres múltiples**

30 Prioridad:

**26.11.2007 US 4377**

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

**18.09.2014**

73 Titular/es:

**ESOLAR, INC. (100.0%)  
130 WEST UNION STREET  
PASADENA, CA 91103, US**

72 Inventor/es:

**PHAM, QUOC;  
GREGORY, CHRISTIAN;  
SLACK, MICHAEL;  
GROSS, BILL y  
REZNIK, DAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 496 265 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**

Diseños de matrices de helióstatos para plantas de energía solar de receptores centrales de torres múltiples

**Antecedentes de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, a una planta de energía solar, y más particularmente, a matrices de helióstatos en una planta de energía solar de receptores centrales que tienen receptores múltiples.

El rendimiento económico de una planta de energía solar mejora cuando la energía de la luz solar es acumulada y es convertida en una forma útil con eficiencia creciente. El rendimiento económico de una planta de energía solar mejora también cuando se reducen los costes de fabricación, de instalación, de funcionamiento y de mantenimiento de los elementos de la planta.

10 Una planta de energía solar de receptores centrales, conocida también como arquitectura de “torres de energía” tiene un receptor montado en una torre para acumulación de luz solar y conversión de la misma en calor o electricidad. La luz solar se concentra en el receptor por reflexión desde helióstatos espaciados alrededor de la torre y localizados cerca del nivel del suelo. Cada helióstato tiene un espejo, cuya orientación se ajusta continuamente para reflejar luz solar hacia el receptor. La eficiencia de la reflexión de la luz solar desde un helióstato está afectada  
 15 por varios fenómenos, incluyendo la posición del helióstato con relación a la torre y los efectos de bloqueo y de sombra por helióstatos adyacentes. Una disposición de helióstatos a lo largo de arcos centrados en la torre, con distancias progresivamente mayores de arco a arco y una configuración escalonada de helióstatos de arco a arco, ha sido la opción de diseño de helióstatos para plantas de receptores solares, tanto en investigación y desarrollo como en instalaciones comerciales, por ejemplo, como se describe en la patente de los Estados Unidos U. S. N°  
 20 4.365.618. En algunas plantas, la matriz de helióstatos está delimitada por un sector circular; en otras, el sector cubre una totalidad de 360 grados alrededor de la torre.

Sin embargo, el rendimiento económico de una planta de energía solar depende, además, del coste de instalación, mantenimiento y funcionamiento de la planta de energía, así como del coste del terreno ocupado por la planta de energía, por unidad de potencia de salida. La localización de los helióstatos de una planta de energía de receptores  
 25 centrales de una manera de arcos múltiples conduce a un proceso de instalación que es complejo, difícil de supervisar, e irregular y costoso en su instalación. Adicionalmente, las parcelas de terreno están generalmente disponibles en áreas rectangulares. Por lo tanto, una planta de energía solar con un campo (o sector circular) de helióstatos no “anidará” adecuadamente en una parcela rectangular de terreno y, por lo tanto, proporcionará una utilización pobre del terreno para toda la planta. De acuerdo con ello, es deseable crear una planta de energía solar que acumule de una manera eficiente energía solar y sea económica de instalar.  
 30

El documento US-A-4 110 010 describe una planta de energía solar de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

**Sumario de la invención**

El objeto de la invención se refiere a disposiciones eficientes de helióstatos en plantas de energía solar.

35 Esto se consigue por la presente invención con una planta de energía solar como se define en la reivindicación 1. Otras formas de realización ventajosas de la invención se definen en las reivindicaciones 2 a 15.

**Breve descripción de los dibujos**

40 Éstas y otras características y aspectos de acuerdo con formas de realización ejemplares de la presente invención se comprenderán mejor con referencia a la descripción siguiente, a las reivindicaciones anexas y a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La figura 2 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.

45 La figura 3 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.

La figura 4 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.

La figura 5 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con otra forma de

realización de la presente invención.

La figura 6 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención.

5 La figura 7 es una vista en perspectiva de heliostatos agrupados linealmente de acuerdo con aspectos de la presente invención.

Las figuras 8 a 16 son vistas en planta de vistas de matrices de heliostatos de acuerdo con aspectos de la presente invención.

Las figuras 17 y 18 son vistas en planta de matrices de heliostatos adyacentes de acuerdo con aspectos de la presente invención.

10 La figura 19 es una vista en planta esquemática de espejos de heliostatos de acuerdo con aspectos de la presente invención.

Las figuras 20A a 20E son diagramas de espejos de heliostatos de acuerdo con aspectos de la presente invención; y

Las figuras 21 y 22 son vistas en planta de matrices de heliostatos de acuerdo con formas de realización de la presente invención.

15 **Descripción detallada**

La figura 1 es una vista en planta de una planta de energía solar de torres múltiples de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La planta de energía incluye una matriz de módulos receptores centrales ("CRMs") 150. Cada CRM 150 incluye un receptor 200 montado en una torre que recibe luz solar para producción directa de vapor o electricidad. Cada receptor 200 está asociado con una matriz (o campo) de heliostatos, que en esta forma de realización está dividida en una porción Norte de matriz de heliostatos 100 y una porción Sur de matriz de heliostatos 101 por vías de acceso Este-Oeste. Las porciones Norte de las matrices de heliostatos 100 están localizadas hacia el Norte de los receptores 200 correspondientes, y las porciones Sur de las matrices de heliostatos 101 están localizadas hacia el Sur de los receptores 200 correspondientes. Cada matriz de heliostatos incluye un número grande de heliostatos montados en el suelo para reflejar luz solar hacia el receptor. Cada heliostato tiene un espejo, cuya orientación está ajustada para reflejar continuamente el movimiento del sol hacia el receptor estacionario. El calor recogido por los receptores 200 es transferido por conductos de energía 25 hasta un bloque de energía 20. Los flujos de calor en los conductos de energía 25 pueden emerger a lo largo de las trayectorias hasta el bloque de energía 20, en el bloque de energía 20, o combinación de ellos. La salida combinada desde receptores se puede utilizar entonces directamente o puede ser convertida en electricidad por un generador de turbinas, por ejemplo una turbina de vapor-a-electricidad.

Las porciones de matrices de heliostatos Norte y Sur 100, 101 tienen formas rectangulares y todas las matrices tienen esencialmente la misma disposición de heliostatos. A diferencia de las plantas de energía solar con diseños en forma de arco, en la presente invención, los heliostatos están agrupados en hileras lineales con hileras adyacentes paralela. Para reducir al mínimo el bloqueo, los heliostatos están escalonados (o semi-escalonados) con relación a las localizaciones de los heliostatos en una hilera adyacente. Aunque se describirán disposiciones específicas de los heliostatos con más detalle a continuación, debería indicarse ahora que la regularidad y las delimitaciones poligonales de las matrices de heliostatos impactan de manera beneficiosa en los costes de fabricación, instalación, funcionamiento y mantenimiento.

La planta de energía de la forma de realización mostrada en la figura 1 ocupa una extensión rectangular de terreno 10. Las parcelas de terreno utilizan típicamente una rejilla rectangular alineada al eje con líneas de base que se extienden de Este a Oeste y meridianos que se extienden de Norte a Sur. En los Estados Unidos, una sección cuadrada, nominalmente media milla en cada dirección, es la unidad típica de terreno disponible para compra o alquiler por un desarrollador de planta de energía. A partir de la figura 1 se deduce claramente que los módulos receptores centrales 150, que tiene contornos sustancialmente rectangulares y que están localizados lado a lado y desde arriba hacia abajo, ocupan casi toda la extensión rectangular (o cuadrada) de terreno 10 y, por lo tanto, utilizan de una manera eficiente el área de terreno disponible, tal como está disponible en la práctica.

La forma de realización de la figura 1 incluye CRMs 150 dispuestas en tres columnas Norte-Sur y tres hileras Este-Oeste. Otras formas de realización pueden tener números diferentes de columnas e hileras, por ejemplo cuatro columnas y tres hileras o cuatro columnas y cuatro hileras.

50 Las plantas de energía incluyen también vías de acceso 51 a las torres. Las vías de acceso 51 son caminos a través de los cuales el personal y el equipo pueden instalar la combinación de torre-receptor y durante el funcionamiento acceden a cada una de las torres 200 para fines de mantenimiento e inspección. Las vías de acceso 51 son interrupciones en las matrices de heliostatos de anchura suficiente (por ejemplo, dentro de la cual puede moverse un

grúa o camión) y pueden tener superficies mejoradas, como se requiera por las condiciones locales del terreno.

El bloque de energía 20 recibe la salida de energía agregada desde todos los receptores 200 y la convierte para uso inmediato o almacenamiento. En el caso de una planta de energía térmica solar, la salida de varios receptores permite una conversión más económica en electricidad por una turbina individual. La potencia de salida es transportada desde los receptores 200 hasta el bloque de energía a través de conductos de energía. Los conductos de energía 25 pueden ser tubos que transportan un fluido de transferencia de calor, tal como aceite, sal fundida, o vapor. En algunas formas de realización, para las que el receptor es una matriz fotovoltaica concentrada, la energía puede ser transportada hasta el bloque de energía mediante cableado eléctrico. En la forma de realización de la figura 1, los conductos de energía 25 están sobre la superficie del terreno y están localizados en las vías de acceso 51. En otras formas de realización, los conductos de energía 25 están subterráneos y se pueden extender en líneas casi recta desde los receptores 200 hasta el bloque de energía 20. Todavía en otra forma de realización, los conductos de energía pueden extenderse bordeando el límite exterior de cada matriz de helióstatos. En general, la ruta de los conductos es un compromiso entre pérdidas (causadas por longitud excesiva) y costes de ingeniería.

La figura 2 es una vista en planta de una planta de energía solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Esta forma de realización se diferencia de la forma de realización de la figura 1 en los patrones de CRMs, la forma de las matrices de helióstatos, y la localización del bloque de energía. Los CRMs 158 están dispuestos en cuatro columnas de cuatro módulos cada una de ellas. Cada CRM 158 tiene un receptor 208 localizado en el centro en una matriz rectangular de helióstatos 108. Cada matriz de helióstatos 108 tiene una vía de acceso 51 que se extiende desde el receptor 208 hasta el perímetro Sur de la matriz. De esta manera, los helióstatos están localizados en un área en forma de U de la CRM. El bloque de energía 20 está localizado cerca del centro de una extensión de terreno 10. La localización central del bloque de energía 20 reduce la longitud de los conductos de energía 25 que transportan energía desde los receptores 208 hasta el bloque de energía 20 y de esta manera reduce los costes de conducción y las pérdidas de energía. En otra forma de realización, mejor adaptada para instalación en el hemisferio Sur, la vía de acceso se extiende desde el receptor hasta el perímetro Norte de la matriz.

La figura 3 es una vista en planta de una planta de energía solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Esta forma de realización difiere de la forma de realización de la figura 1 en los patrones de CRMs y en la forma de matrices de helióstatos. Cada CRM 152 tiene un receptor 202 localizado en el centro entre una matriz de helióstatos Norte trapezoidal 102 y una matriz de helióstatos Sur trapezoidal 103. Aunque las matrices de helióstatos trapezoidales no se pueden cubrir con tejas lado a lado para hacer un uso eficiente del terreno como las matrices rectangulares de la forma de realización de la figura 1, en la forma de realización de la figura 3, las CRMs 152 están dispuestas en un patrón regular de interbloqueo que es ordenado y metódico y aprovecha al máximo la utilización del terreno bajo el límite de la matriz particular. Las CRMs 152 están dispuestas en tres columnas principales de tres módulos cada una de ellas. Un módulo adicional está espaciado igual entre cada cuatro de estos módulos más próximos. Las matrices de helióstatos, en la forma de realización de la figura 3, tienen perímetros configurados como trapezoides isósceles con ángulos de base de sesenta grados. Las matrices de helióstatos Norte 102 tienen sus bases alineadas Este-Oeste y hacia el Norte. Las matrices de helióstatos Sur 103 tienen sus bases alineadas Este-Oeste, pero hacia el Sur. En otras formas de realización, los trapezoides pueden tener ángulos de base que difieren de sesenta grados. Todavía en otras formas de realización, los trapezoides pueden ser no-isósceles.

La figura 4 es una vista en planta de una planta de energía solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Esta forma de realización difiere de la forma de realización de la figura 1 en los patrones de CRMs y en la forma de las matrices de helióstatos. Cada CRM 154 tiene un receptor 204 localizado en el centro en una matriz de helióstatos 104 configurada como un rombo (o diamante). Las CRMs 154 están empaquetadas de una manera eficiente con cada receptor 204 equidistante desde seis vecinos más próximos. Las matrices de helióstatos de la forma de realización de la figura 4 no están divididas en porciones Norte y Sur, sino que, en una forma de realización alternativa, pueden estar divididas, por ejemplo, por inclusión de vías de acceso a las torres. En otras formas de realización, los receptores pueden estar localizados entre una porción de matrices de helióstatos Norte configurada en forma de rombo y una porción Sur de matrices de helióstatos configurada en forma de rombo.

La figura 5 es una vista en planta de una planta de energía solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Esta forma de realización difiere de la forma de realización de la figura 1 en los patrones de CRMs y en la forma de las matrices de helióstatos. Cada CRM 156 tiene un receptor 206 y una matriz de helióstatos 106 localizada al Norte del receptor 206 (en una forma de realización variante, la matriz de helióstatos es una imagen de espejo de la mostrada, localizada al Sur del receptor). Las CRMs 156 están dispuestas en columnas lado-a-alado, cuyos límites están cubiertos con tejas de una manera de interbloqueo, para incrementar la utilización del terreno. Las matrices de helióstatos 106 tienen perímetros configurados como trapezoides. Las matrices de helióstatos 106 tienen sus bases alineadas Este-Oeste y hacia el Norte. Una forma de realización sólo de campo Norte puede ser ventajosa para receptores con abertura en un solo lado. En esta forma de realización, un bloque de energía 20 está localizado en la esquina Sureste de la planta de energía. El bloque de energía 20 está localizado donde una matriz de helióstatos puede haber sido localizada si el patrón de las otras matrices de helióstatos hubiera

continuado. Esta disposición se puede adaptar también a las formas de realización anteriores y puede ser ventajosa en función de los tamaños y las relaciones de dimensiones del bloque de energía y las matrices de helióstatos. De manera alternativa, el bloque de energía puede estar incrustado en una zona central de la planta que tiene holgura suficiente.

5 La figura 6 es una vista en planta de una planta de energía solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Esta forma de realización difiere de la forma de realización de la figura 1 en los patrones de CRMs y en la extensión del terreno ocupada por la planta de energía. La planta de energía ocupa una extensión de terreno 11 que tiene una forma poligonal irregular. Sin embargo, las CRMs 160 están dispuestas en un patrón que rellena el espacio. El patrón comienza en la esquina Suroeste de la extensión de terreno 11 con las CRMs 160  
10 dispuestas al Este y al Norte hasta que se han alcanzado los límites exteriores de la extensión. Los módulos están desviados entonces hacia el Norte y la disposición de la matriz continúa hasta que se han alcanzado de nuevo los límites exteriores de la extensión. En otras formas de realización, la extensión del terreno para la planta de energía puede estar configurada de forma diferente. En esta forma de realización, los CRMs están dispuestos todavía en un patrón regular que dispone o cubre con tejas de una manera metódica los helióstatos y los receptores a través del terreno disponible. Todavía en otra forma de realización, la extensión del terreno puede tener límites rectangulares o poligonales, pero con regiones internas que no son utilizables, por ejemplo debido a la topología, la presencia de cuerpos de agua, u otras obstrucciones. En tales formas de realización, los patrones de CRMs estarían todavía estrechamente interbloqueados, evitando al mismo tiempo las regiones no utilizables. Todavía en otra forma de realización, la extensión del terreno puede tener un límite irregular y las CRMs se pueden extender de una manera de interbloqueo estrecho, cultivando al mismo tiempo partes de sus límites que caen fuera del límite de la extensión de terreno.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un sistema de soporte de helióstatos que es adecuado para uso con la presente invención. El sistema se describe con más detalle en la solicitud de patente de los Estados Unidos U. S. 12/136.001, presentada el 9 de Junio de 2008, cuya descripción completa se incorpora aquí por referencia. Una hilera de helióstatos 302 está montada sobre un miembro de soporte lineal 402. Una segunda hilera de helióstatos 303 está montada sobre otro miembro de soporte lineal 403. Las dos hileras de helióstatos están fijadas aparte por miembros transversales 82 entre los dos miembros de soporte lineales 402, 403. Los espejos en la figura 7 son rectangulares, pero la invención no está limitada a ellos.

A continuación se describirán forma de realización ejemplares alternativas de CRMs con referencia a la figuras 8 a 16. En cada figura, el número de helióstatos mostrado está limitado a diez helióstatos para fines de ilustración, aunque una forma de realización física de la presente invención puede tener miles de helióstatos.

La figura 8 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo la forma de realización de la planta de energía de las figuras 3 ó 5. El módulo incluye un receptor 210 y una matriz de helióstatos hacia el Norte que tiene un perímetro 110 configurado como un trapecoide.  
35 La matriz de helióstatos incluye una matriz regular de helióstatos 310. Los helióstatos están agrupados en hilera lineales paralelas 410 que se extienden de Este a Oeste. Las localizaciones de los helióstatos 310 a lo largo de cada una de las hileras 410 están escalonadas (o semi-escalonadas) de hilera-a-hilera. Es decir, que para dos helióstatos adyacentes 310a, 310b en una hilera más al Norte 410a, una hilera 410c adyacente incluye un helióstato 310c localizado a medio camino entre los helióstatos 310a, 10b en la hilera más al Norte 410a. Cuando el centro de dos helióstatos 310a, 310b adyacentes está en una hilera más al Norte 410a y el centro de un helióstato 310c en la hilera 410c adyacente forman un triángulo isósceles, los centros de los helióstatos estarán empaquetados hexagonalmente. Los helióstatos pueden estar montados sobre una estructura de soporte como se muestra en la figura 7.

La figura 9 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con planta de energía solar, por ejemplo, la planta de energía de la figura 1. El módulo incluye un receptor 212 y una matriz de helióstatos hacia el Norte que tiene un perímetro 112 configurado como un rectángulo. La matriz de helióstatos incluye una matriz regular de helióstatos 312. Los helióstatos están agrupados en hileras paralelas 412 que se extienden en un ángulo diagonal de este a oeste. Los helióstatos están escalonados desde una hilera a otra y las hileras están espaciadas de manera que los centros de los helióstatos están empaquetados hexagonalmente. A partir de las figuras 8 y 9 es evidente que los helióstatos pueden estar colocados en localizaciones similares con cualquiera de las orientaciones de los grupos lineales.

En la forma de realización de la figura 9 (y de manera similar en otras formas de realización ejemplares), el límite de la matriz de helióstatos se ilustra como un rectángulo. N la mayoría de las formas de realización, no existe ninguna barrera física o límite similar ala matriz de los helióstatos. En su lugar, el perímetro 112, como se ilustra en la figura 9, delimita conceptualmente la matriz de helióstatos. Adicionalmente, los perímetros se describen como polígonos simples a un nivel macroscópico. Esto ignora las irregularidades menores que pueden existir en la matriz de helióstatos, por ejemplo, el perímetro puede tener bordes irregulares cuando se considera a un nivel de helióstato-por-helíostato.

La figura 10 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, la forma de realización de la planta de energía de la figura 1. El módulo incluye un receptor 214 y una división de la matriz de helióstatos en una porción Norte con un perímetro rectangular 114 y una porción Sur también con un perímetro rectangular 115. Cada porción es similar a la matriz de helióstato de la forma de realización de la figura 9, excepto las hileras de helióstatos que se extienden Este a Oeste. La matriz de helióstatos incluye una vía de acceso 51 localizada en medio, que proporciona acceso a la torre de receptores 214.

La figura 11 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo la forma de realización de la planta de energía de la figura 2. El módulo incluye un receptor 216 localizado en el centro en una matriz de helióstatos rectangular. La matriz de helióstatos tiene un perímetro 116 que está configurado en forma de U. Es decir, que es un rectángulo con una vía de acceso 51 cortada desde el borde Sur hasta el receptor 216. En otras formas de realización, la vía de acceso puede estar localizada hacia el Norte del receptor; no obstante, se prefiere, en general, el mantenimiento de los helióstatos hacia el Norte del receptor en planta de energía localizadas en el hemisferio Norte. Todavía en otras formas de realización, la vía de acceso se puede extender solamente hacia el Oeste (o solamente hacia el Este) del receptor.

La figura 12 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, la forma de realización de la planta de energía de la figura 4. El módulo incluye un receptor 218 localizado en el centro en una matriz de helióstatos que tiene un perímetro 118 localizado en el centro en una matriz de helióstatos que tiene un perímetro en forma de rombo (o diamante). Los ángulos internos en los vértices Este y Oeste son iguales. Los helióstatos 318 están agrupados en hilera lineales 418 orientadas paralelamente a bordes del perímetro 118.

La figura 13 es una vista en planta de otra forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, la forma de realización de energía solar de la figura 4. El módulo incluye un receptor 220 localizado en el centro en una matriz de helióstatos que tiene un perímetro 120 en forma de rombo. Esta forma de realización difiere de la forma de realización mostrada en la figura 12 por que los helióstatos 320 están agrupados en hileras lineales 420 orientadas en una dirección Este-Oeste. En otra forma de realización, un módulo incluye un receptor localizado en el Sur de una matriz de helióstatos que tiene un perímetro en forma de rombo.

La figura 14 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada con aspectos de la presente invención. El módulo incluye un receptor 224 y una matriz de helióstatos segmentada hacia el Norte. Un primer segmento (o sector) polar de la matriz de helióstatos tiene un perímetro 124a configurado como un trapecoide. La base del trapecoide está orientada a distancia de la torre central 224. Un segundo segmento polar está girado con relación al primer segmento de manera que los lados de los perímetros 124b de unen a tope. Un tercer segmento polar de la matriz de helióstato tiene un perímetro 124c configurado también como un trapecoide. El tercer segmento está girado con relación al segundo segmento, de manera que los lados de sus perímetros se unen a tope. Los helióstato 324a del primer segmento están agrupados en hileras lineales 424a orientadas paralelas ala base del perímetro 124a. De la misma manera, los helióstatos 324b del segundo segmento están agrupados en hilera lineales 424b paralelas a la base del perímetro 124b, y los helióstatos 324c del tercer segmento están agrupados en hileras lineales 424 c paralelas a la base del perímetro 124c. Hay que indicar que las hileras en cada segmento polar están orientadas también perpendicularmente a una línea radial con respecto al receptor, que es un eje angular de simetría para cada trapecoide.

Aunque la forma de realización de la figura 14 muestra solamente un campo Norte, otras formas de realización incluyen un campo Sur de simetría, que da como resultado una matriz hexagonal de helióstatos, que se pueden cubrir con tejas densamente en una planta de energía. Todavía otras formas de realización pueden tener más o menos segmentos polares.

La figura 15 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo la forma de realización de la planta de energía de la figura 1. El módulo incluye un receptor 226 y una matriz Norte de helióstatos que tiene un perímetro 126 con una forma rectangular. A diferencia de las formas de realización mostradas en las figuras anteriores, los helióstatos en la presente forma de realización no están espaciados de una manera uniforme en toda la disposición. La matriz de helióstatos incluye una primera zona 126a y una segunda zona 126b. La primera zona 126a está más próxima al receptor 226 que la segunda zona 126b. La primera zona 126a tiene helióstatos 326a agrupados en hileras paralelas 426a que se extienden de Este a Oeste. Los helióstatos 326a en la primera zona 126a están espaciados de helióstatos vecinos en la misma serie por una distancia dWa y las hileras 426a en la primera zona 126a están espaciadas por una distancia dNa. La segunda zona 126b tiene helióstatos 326b agrupados en hileras paralelas 426b que se extienden también de Este a Oeste. Los helióstatos 326b en la segunda zona 126b están espaciados de helióstatos vecinos en la misma hilera por una distancia dWb y las hilera 426b en la segunda zona 126b están espaciadas por una distancia dNb.

Las distancias de espaciamiento dWb, dNb de la segunda zona son proporcionalmente mayores que las distancias de espaciamiento dWa, dNa de la primera zona. Las localizaciones de los helióstatos están distribuidas de una manera uniforme en cada una de las zonas. Es decir que para un área suficientemente grande, el número de

helióstatos en la zona es el mismo, independientemente de la localización del área. No obstante, el número de helióstatos en un área de un tamaño dado es mayor en la primera zona 126a que en la segunda zona 126b. Por lo tanto, la densidad de espejos con respecto al terreno (el área de espejos por unidad de área de terreno) es mayor en la primera zona 126a que en la segunda zona 126b.

5 En otras formas de realización, el espaciamiento dNb puede ser mayor que la distancia de espaciamiento dNa con la distancia de espaciamiento dWb igual a la distancia de espaciamiento dWa. Se pretende un espaciamiento mayor en la segunda zona 126b para reducir la sombra y el bloqueo. La forma de realización de la figura 15 tiene dos zonas de helióstatos, pero otras formas de realización pueden tener un número mayor de zonas. Un número grande de zonas se aproximará continuamente variando el espaciamiento de los helióstatos, pero a como resultado un  
10 recuento de partes más alto y una mayor complejidad en la instalación.

La figura 16 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM que combina las formas del segmento polar de la forma de realización de la figura 14 con zonas de helióstatos espaciadas de forma variable de la forma de realización de la figura 15. La matriz de helióstatos tiene tres segmentos polares 128 dispuestos como los de la forma de realización de la figura 14. Cada segmento está dividido en dos zonas radiales: una primera zona 128a y una segunda zona 128b. La primera zona 128a está más próxima a la torre 200 que la segunda zona 128b. Los helióstatos 328a en la primera zona 128a están espaciados más próximos entre sí que los helióstatos 328b en la  
15 segunda zona 128b.

La figura 17 es una vista en planta de una forma de realización de dos CRMs adecuadas para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, la forma de realización de la planta de energía de la figura 3. Una primera CRM 180 incluye un primer receptor 230 y una matriz de helióstatos dividida en una primera porción Norte con un perímetro trapezoidal 130 y una primera porción Sur también con un perímetro trapezoidal 131. Los helióstatos en las primeras porciones Norte y Sur 130, 131 están configurados para reflejar luz solar hacia el primer receptor 230. Un segunda CRM 182 incluye un receptor 232 y una matriz de helióstato dividida en una segunda porción Norte con un perímetro trapezoidal 132 y una segunda porción Sur también con un perímetro trapezoidal 133. Los helióstatos en las  
20 segundas porciones Norte y Sur 132, 133 están configurados para reflejar luz solar al segundo receptor 230. Cada porción es esencialmente similar a la matriz de helióstatos de la forma de realización de la figura 8.

Los helióstatos 330 en la primera porción Norte están agrupados en hileras lineales 430 que se extienden tanto a través de la primera porción Norte como también a través de la segunda porción Sur. Es decir, que los helióstatos 333 en la segunda porción Sur están agrupados en hileras 433 que están colineales con las hileras 430 de la primera porción Norte. Dos hileras de helióstatos se muestran en la forma de realización de la figura 17; no obstante, en otras formas de realización, las hileras colineales se pueden extender a través de más hileras de helióstatos, por ejemplo, que se extienden a través de una planta de energía solar entera. Las hileras de helióstatos en matrices de helióstatos configuradas para reflejar luz solar a diferentes receptores, además de estar colineales, pueden estar montadas sobre una estructura de soporte compartida. Por ejemplo, un miembro de soporte lineal 403 como se muestra en la forma de realización de la figura 7 puede tener helióstatos montados sobre el mismo que pertenecen a  
25 diferentes matrices de helióstatos y, por lo tanto, están configurados para reflejar luz solar a diferentes receptores.

La figura 18 es una vista en planta de una forma de realización de dos CRMs adyacentes adecuadas para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, la forma de realización de la plante de energía de la figura 4. Una primera CRM 184 incluye un primer receptor 234 y una primera matriz de helióstatos que tiene un perímetro 134 en forma de rombo. Los helióstatos 334 en la primera CRM 184 están configurados para reflejar luz solar hacia el primer receptor 234. Una segunda CRM 186 incluye un segundo receptor 236 y una segunda matriz de helióstatos que tiene un perímetro 136 en forma de rombo. Los helióstato 336 en el segundo CRM 186 están configurados para reflejar luz solar al segundo receptor 236.  
30

Los helióstatos 334 en la primera CRM 184 están agrupados en hileras lineales 434 que se extienden a través del primer CRM 184 y la segunda CRM 186. Es decir, que los helióstatos 336 en el segundo CRM 186 están agrupados en hileras 436 que están colineales con las hileras 434 de la primera CRM 184. Dos hileras de helióstatos se muestran en la forma de realización de la figura 18; no obstante, en otras forma de realización, las hileras colineales se pueden extender a través de más hileras de helióstatos, por ejemplo, que se extienden a través de una planta de energía solar entera. Las hileras de helióstatos en matrices de helióstatos configuradas para reflejar luz solar a diferentes receptores, además de estar colineales, pueden estar montadas sobre una estructura de soporte compartida. Por ejemplo, un miembro de soporte lineal 403 como se muestra en la forma de realización de la figura 7 puede tener helióstatos montados sobre el mismo que pertenecen a diferentes matrices de helióstatos y, por lo tanto, están configurados para reflejar luz solar a diferentes receptores.  
35

La figura 19 es una vista en planta esquemática de una sección vecina de tres espejos de helióstato de acuerdo con aspectos de la presente invención. La sección vecina incluye primeros a terceros espejos rectangulares 601-603 en una disposición empacitada hexagonal. Los espejos están centraos en primero a tercer puntos centrales 661-663. Cuando los espejos son planos y horizontales, la extensión máxima de un espejo hacia otros espejos ocurre en las esquinas que cuando giran barren un círculo. Por ejemplo, la extensión del primer espejo 601 está limitada a un  
40

- 5 círculo de circunscripción 631. El segundo espejo 602 y el tercer espejo 603 están orientados en la figura 19, de manera que sus bordes están lo más próximos entre sí. El segundo espejo 602 está orientado de manera que un vector radial R2 hasta una esquina del espejo apunta hacia el centro del tercer espejo 663. De manera similar, el tercer espejo 603 está orientado de tal forma que un vector radial R3 hacia una esquina del espejo apunta hacia el centro del segundo espejo 662. Cuando las longitudes de los vectores radiales R2, R3 no son mayores que la mitad de la distancia entre los centros de los espejos, los espejos se pueden mover sin interferencias. Es decir, que a pesar de la orientación de dos espejos adyacentes, no pueden entrar en contacto físico.
- 10 Los espejos configurados de forma circular tienen el área máxima de cualquier forma de espejo de no interferencia, pero pueden ser costosos de fabricar. A continuación se describirán formas de espejos alternativas con referencia a las figuras 20A-E.
- 15 La figura 20A muestra un espejo 610 con un perímetro cuadrado. Para referencia de tamaño, el espejo cuadrado 610 se muestra circunscrito por un círculo 640. El espejo cuadrado tiene un área que es aproximadamente 64 % del área del círculo de circunscripción.
- La figura 20B muestra un espejo 611 con un perímetro rectangular. Para referencia de tamaño, el espejo rectangular 611 se muestra circunscrito por un círculo 641. El espejo rectangular tiene una relación entre dimensiones de raíz(3), aunque la invención no está limitada a ello, y tiene un área que es aproximadamente 55 % del área del círculo de circunscripción. Aunque el área del espejo rectangular 611 es menor que el espejo cuadrado 610, puede ser preferible en algunas formas de realización de matrices de helióstatos, debido a menos bloqueo.
- 20 La figura 20C muestra un espejo 612 con un perímetro hexagonal. Para referencia de tamaño, el espejo hexagonal 612 se muestra circunscrito por un círculo 642. El espejo hexagonal tiene un área que es aproximadamente 83 % del área del círculo de circunscripción.
- La figura 20D muestra un espejo 613 con un perímetro octogonal. Para referencia de tamaño, el espejo octogonal 613 se muestra circunscrito por un círculo 643. El espejo octogonal tiene un área que es aproximadamente 90 % del área del círculo de circunscripción.
- 25 La figura 20E muestra un espejo 614 con un perímetro rectangular con esquinas recortadas (octógono irregular). Para referencia de tamaño, el espejo rectangular recortado 614 se muestra circunscrito por un círculo con un radio R. El rectángulo recortado tiene un área que es aproximadamente 70 % del área del círculo de circunscripción.
- 30 La figura 21 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo la planta de energía de la figura 2. La CRM incluye un receptor 240 localizado en el centro en una matriz de helióstatos rectangular que tiene un perímetro 140 con una forma de U similar a la forma de realización de la figura 11. Los helióstatos 340 están agrupados en hileras lineales 440 orientadas en una dirección Este-Oeste. Los helióstatos 340 están espaciados de una manera uniforme a través de toda la matriz de helióstato, excepto que no están localizados helióstatos en una vía de acceso 51. A diferencia de las matrices de helióstatos descritas, los helióstatos en la presente forma de realización no tienen espejos idénticos.
- 35 La matriz de helióstatos tiene una primera zona 140a, una segunda zona 140b y una tercera zona 140c. La primera zona 140a se extiende desde el receptor 240 hasta un círculo concéntrico con el receptor 240. La segunda zona 140b se extiende desde el borde distante de la primera zona 140a hasta otro círculo concéntrico con el receptor 240. La primera zona 140c se extiende desde el borde distante de la segunda zona 140b hasta el perímetro 140 de la matriz de helióstatos. Los helióstatos localizados en la primera zona 140a tienen espejos 640a. Los helióstatos localizados en la segunda zona 140b tienen espejos 640b con áreas más pequeñas que los espejos 640a de helióstatos localizados en la primera zona 140a. De la misma manera, los helióstatos localizados en la tercera zona 140c tienen espejos 640c con áreas más pequeñas que los espejos 640b de helióstatos localizados en la segunda zona 140b.
- 40 Aunque las localizaciones de los helióstatos están distribuidas de una manera uniforme a través de todas las zonas, debido a las diferentes áreas de los espejos entre zonas, la densidad de espejos con respecto al terreno difiere entre zonas. Específicamente, puesto que los espejos 640a en la primera zona 140a tienen áreas mayores que los espejos 640b en la segunda zona 140b, la densidad de espejos con respecto al terreno en la primera zona 140a es mayor que la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b. De la misma manera, puesto que los espejos 640b en la segunda zona 140b tienen áreas mayores que los espejos 640c en la tercera zona 140c, la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b es mayor que la densidad de espejos con respecto a la tercera zona 140c.
- 45 Aunque las localizaciones de los helióstatos están distribuidas de una manera uniforme a través de todas las zonas, debido a las diferentes áreas de los espejos entre zonas, la densidad de espejos con respecto al terreno difiere entre zonas. Específicamente, puesto que los espejos 640a en la primera zona 140a tienen áreas mayores que los espejos 640b en la segunda zona 140b, la densidad de espejos con respecto al terreno en la primera zona 140a es mayor que la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b. De la misma manera, puesto que los espejos 640b en la segunda zona 140b tienen áreas mayores que los espejos 640c en la tercera zona 140c, la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b es mayor que la densidad de espejos con respecto a la tercera zona 140c.
- 50 Aunque las localizaciones de los helióstatos están distribuidas de una manera uniforme a través de todas las zonas, debido a las diferentes áreas de los espejos entre zonas, la densidad de espejos con respecto al terreno difiere entre zonas. Específicamente, puesto que los espejos 640a en la primera zona 140a tienen áreas mayores que los espejos 640b en la segunda zona 140b, la densidad de espejos con respecto al terreno en la primera zona 140a es mayor que la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b. De la misma manera, puesto que los espejos 640b en la segunda zona 140b tienen áreas mayores que los espejos 640c en la tercera zona 140c, la densidad de espejos con respecto al terreno en la segunda zona 140b es mayor que la densidad de espejos con respecto a la tercera zona 140c.
- 55 En algunas formas de realización, los espejos de diferentes zonas tienen la misma forma geométrica, pero con diferentes escalas. En otras formas de realización, los espejos de las diferentes zonas tienen el mismo radio pero diferentes formas. Por ejemplo, los espejos en la primera zona pueden ser octogonales, los espejos en la segunda zona pueden ser cuadrados, y los espejos en la tercera zona pueden ser rectangulares. Áreas de espejos mayores cerca del receptor son efectivas para llenar el área disponible y los espejos más pequeños más distantes del

receptor evitan el bloqueo, al mismo tiempo que reducen los costes.

5 La figura 22 es una vista en planta de una forma de realización de una CRM adecuada para uso con una planta de energía solar, por ejemplo, una planta de energía de la forma de realización de la figura 1. De la misma manera que la forma de realización de la figura 10, la presente forma de realización incluye un receptor 242, una porción Norte de la matriz de helióstatos y un perímetro rectangular 142, y una porción Sur de la matriz de helióstatos también con un perímetro rectangular 143. Los helióstatos 342 están agrupados en hileras lineales 442. Los helióstatos están distribuidos de una manera uniforme en cada porción.

10 De manera similar a la forma de realización de la figura 21, la matriz de helióstatos tiene una primera zona 142a, una segunda zona 142b, y una tercera zona 142c. La primera zona 142a se extiende desde el receptor 242 hasta un rectángulo concéntrico con el receptor 242. La segunda zona 142b se extiende desde el borde exterior de la primera zona 142a hasta otro rectángulo concéntrico con el receptor 242. La tercera zona 142c se extiende desde el borde exterior de la segunda zona 142b hasta los perímetros 142, 143 de la matriz de helióstatos. Los espejos de helióstatos localizados en la primera zona 142a tienen áreas mayores que los espejos de helióstatos localizados en la segunda zona 142b. De la misma manera, los espejos de helióstatos localizados en la segunda zona 142b tienen áreas mayores que los espejos de helióstatos localizados en la tercera zona 142c. En algunas formas de realización, los espejos de diferentes zonas tienen la misma forma geométrica, pero con diferentes escalas. En otras formas de realización, los espejos de diferentes zonas tienen el mismo radio, pero diferentes formas. Utilizando zonas rectangulares, se simplifica la instalación de los helióstatos. En otras formas de realización, los límites entre zonas pueden tener diferentes formas poligonales, por ejemplo hexagonales.

20 Aunque la presente invención se ha descrito en ciertas formas de realización específicas, muchas modificaciones y variaciones adicionales deberían ser evidentes para los técnicos en la materia. Por lo tanto, se entiende que esta invención se puede practicar de otra manera que la descrita específicamente. Por lo tanto, las presentes forma de realización de la invención deberían considerarse en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas, y el alcance de la invención está determinado por las reivindicaciones soportadas por esta solicitud.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Una planta de energía solar, que comprende un módulo, que comprende; una torre; un receptor solar fijado a la torre; y una matriz de helióstatos que comprende una pluralidad de estructuras de soporte lineales y una pluralidad de helióstatos agrupados en hileras lineales y montados sobre las estructuras de soporte lineales, estando cada una de las estructuras de soporte lineales paralelas entre sí a otra de las estructuras de soporte lineales, en la que la matriz de helióstatos está delimitada por una forma sustancialmente poligonal, y cada helióstato comprende un espejo para reflejar luz solar hacia el receptor solar asociado, caracterizada por que está prevista una matriz de módulos, en la que la matriz de helióstatos de cada módulo está dividida en una pluralidad de regiones, incluyendo cada región helióstatos de al menos dos de las hileras lineales, teniendo los espejos dentro de cada región sustancialmente la misma geometría, y teniendo los espejos de diferentes regiones geometrías diferentes, y por que están previstos conductos de energía para agregar energía desde los receptores de la matriz de módulos a un bloque de energía.
- 2.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, que comprende un bloque de energía que recibe energía agregada desde los receptores de la matriz de módulos.
- 3.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que el límite de la matriz de helióstatos es un polígono sustancialmente cuadrilátero seleccionado del grupo que consta de un rectángulo, un trapecoide y un rombo.
- 4.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que la pluralidad de helióstatos de cada módulo comprende un grupo de helióstatos Norte de la torre asociada, en la que un límite del primer grupo es un polígono sustancialmente cuadrilátero.
- 5.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que la pluralidad de helióstatos de al menos una matriz de helióstatos comprende: una porción de la pluralidad de helióstatos localizada al Norte del receptor, teniendo la porción un perímetro cuadrilátero; y otra porción de la pluralidad de helióstatos localizada al Sur del receptor.
- 6.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que al menos dos de los espejos tienen diferentes áreas de la superficie.
- 7.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que los espejos de al menos dos de la pluralidad de helióstatos de un módulo tienen diferentes formas poligonales.
- 8.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que las regiones son sustancialmente rectangulares, y las regiones sustancialmente rectangulares, que corresponden a espejos de diferentes regiones, están localizadas concéntricamente alrededor del receptor asociado.
- 9.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que las regiones son polígonos cerrados que contienen una base de una torre asociada.
- 10.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que la matriz de helióstatos de un módulo está dividida en una pluralidad de regiones, comprendiendo cada región una porción de la pluralidad de estructuras de soporte lineales, en la que las estructuras de soporte lineales de cada región están separadas por la misma distancia y las estructuras de soporte lineales de diferentes regiones están separadas por distancias diferentes.
- 11.- La planta de energía solar de la reivindicación 11, en la que la distancia entre estructuras de soporte lineales adyacentes de una matriz de helióstatos es menor que en una región más próxima a la torre asociado que en una región más alejada de la torre asociada.
- 12.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que la matriz de helióstatos comprende una pluralidad de sectores angulares, teniendo cada sector hileras alineadas perpendicularmente a un eje de simetría del sector.
- 13.- La planta de energía solar de la reivindicación 12, en la que cada uno de los sectores angulares está dividido en una pluralidad de regiones, en la que la distancia entre estructuras de soporte lineales de una matriz de helióstatos es menor en una región más cerca de la torre que en una región más alejada de la torre.
- 14.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que al menos uno de las estructuras de soporte lineales está compartida entre dos módulos adyacentes.
- 15.- La planta de energía solar de la reivindicación 1, en la que al receptor es fotovoltaico, térmico, o termo-químico.

Fig. 1

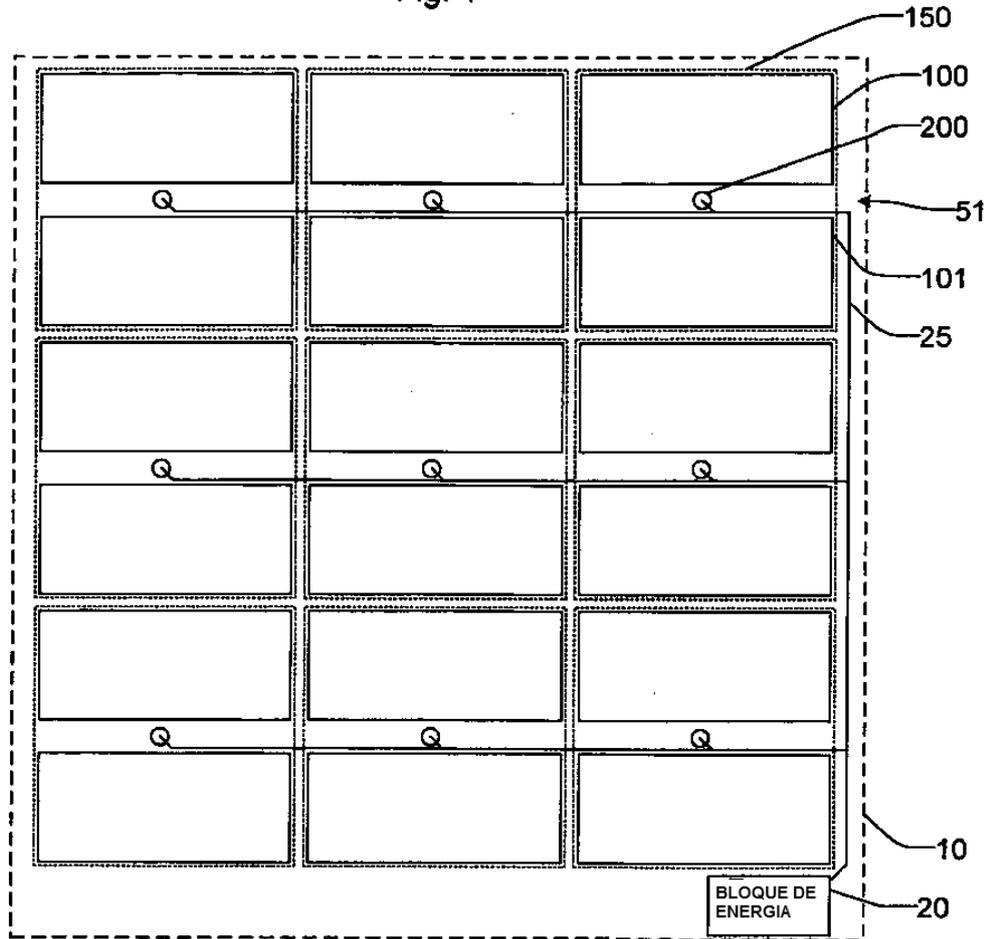


Fig. 2

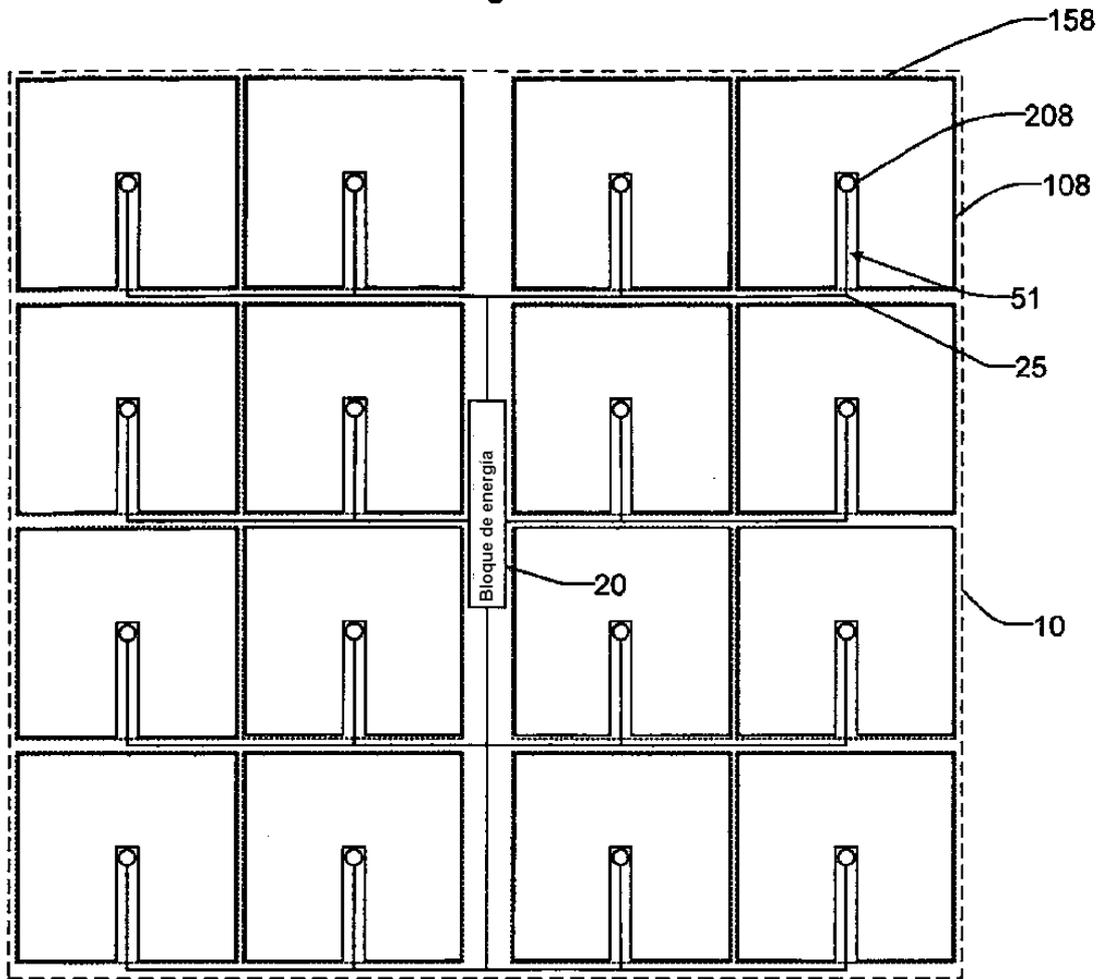


Fig. 3

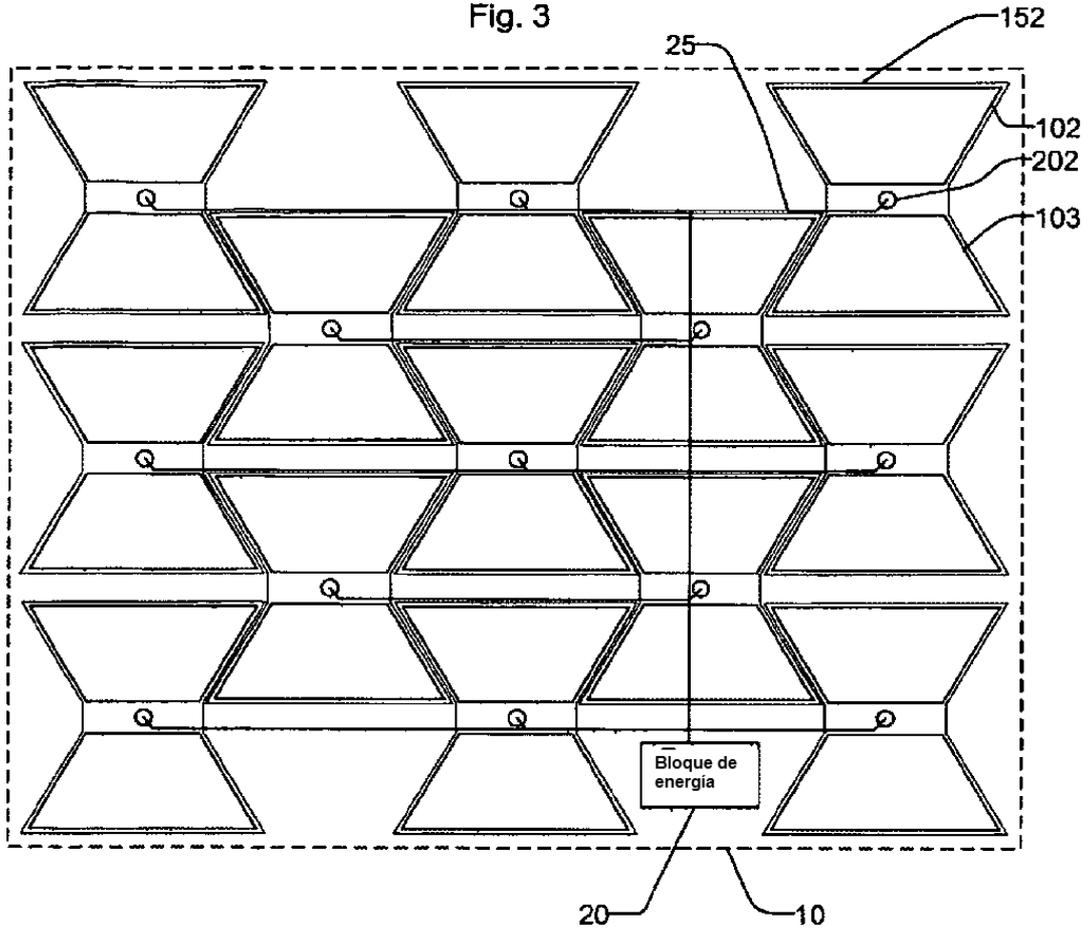


Fig. 4

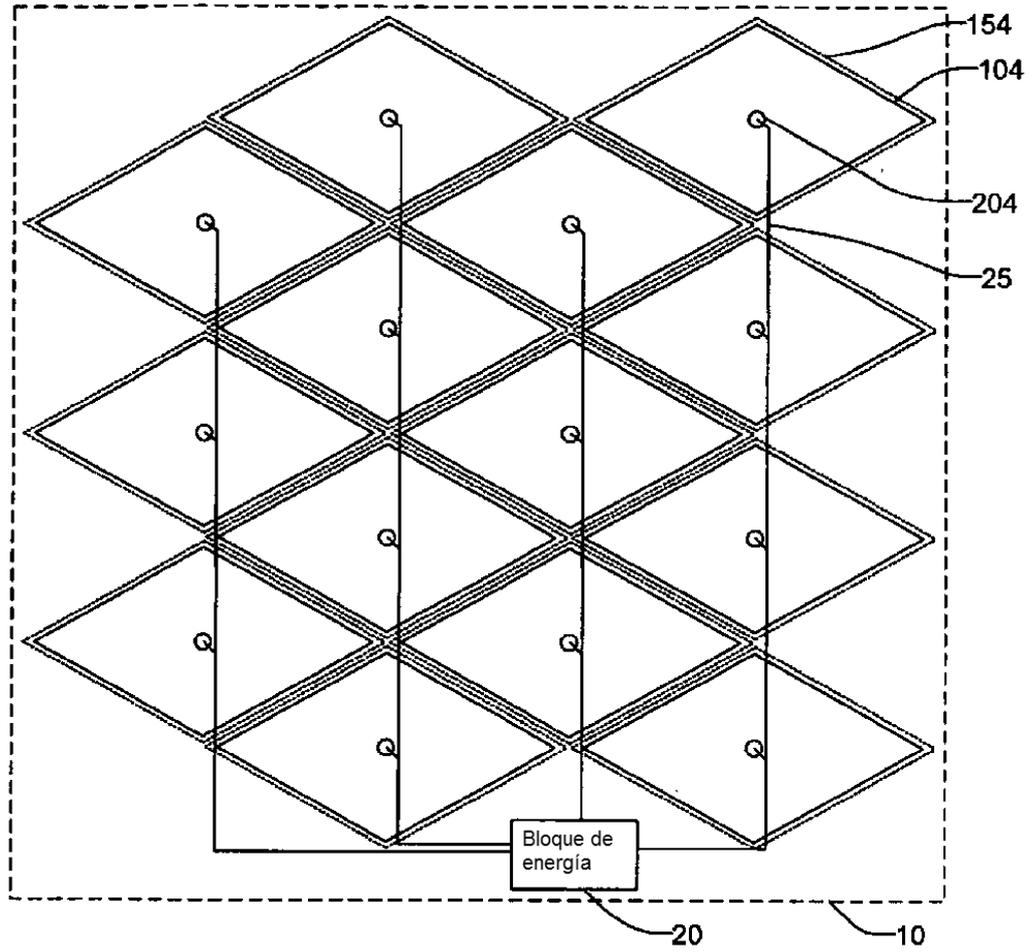
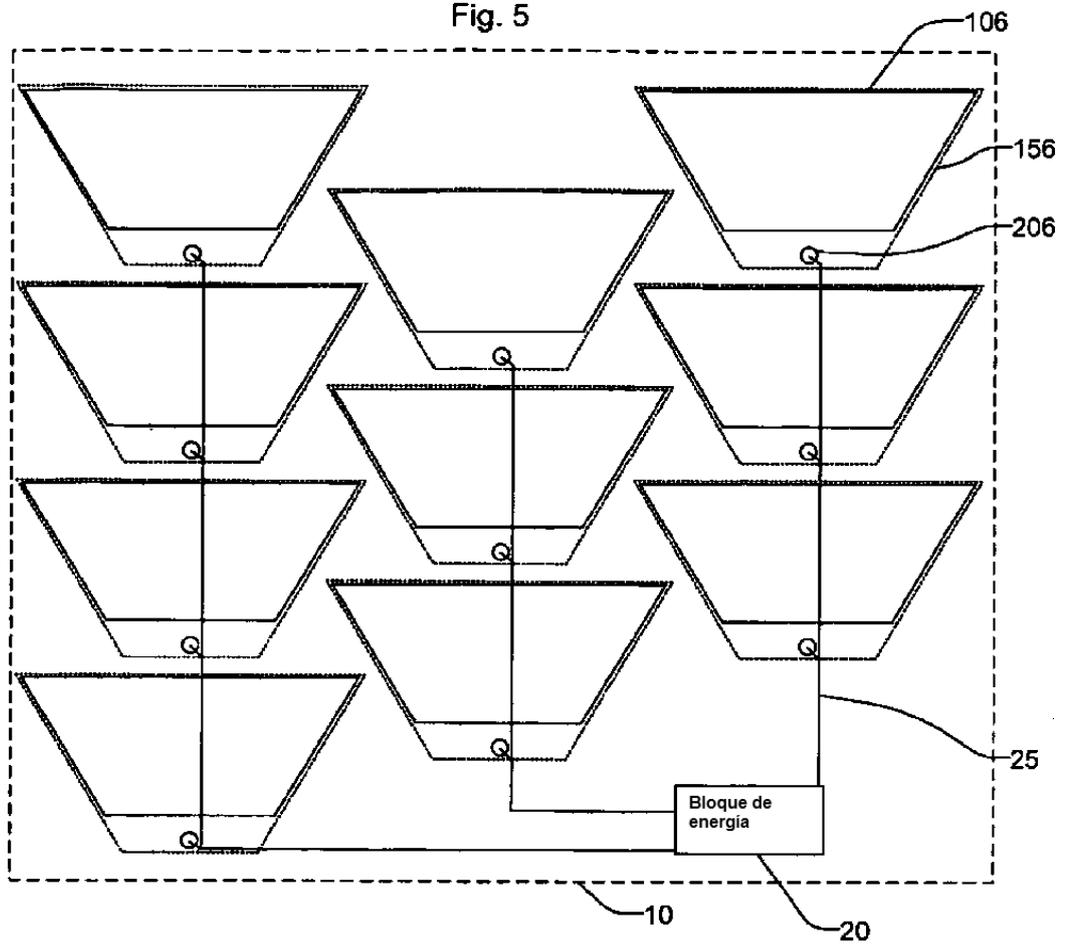


Fig. 5



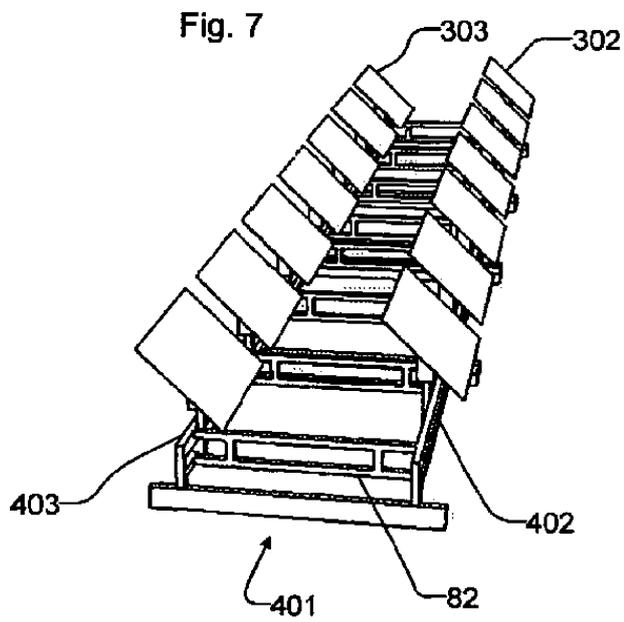
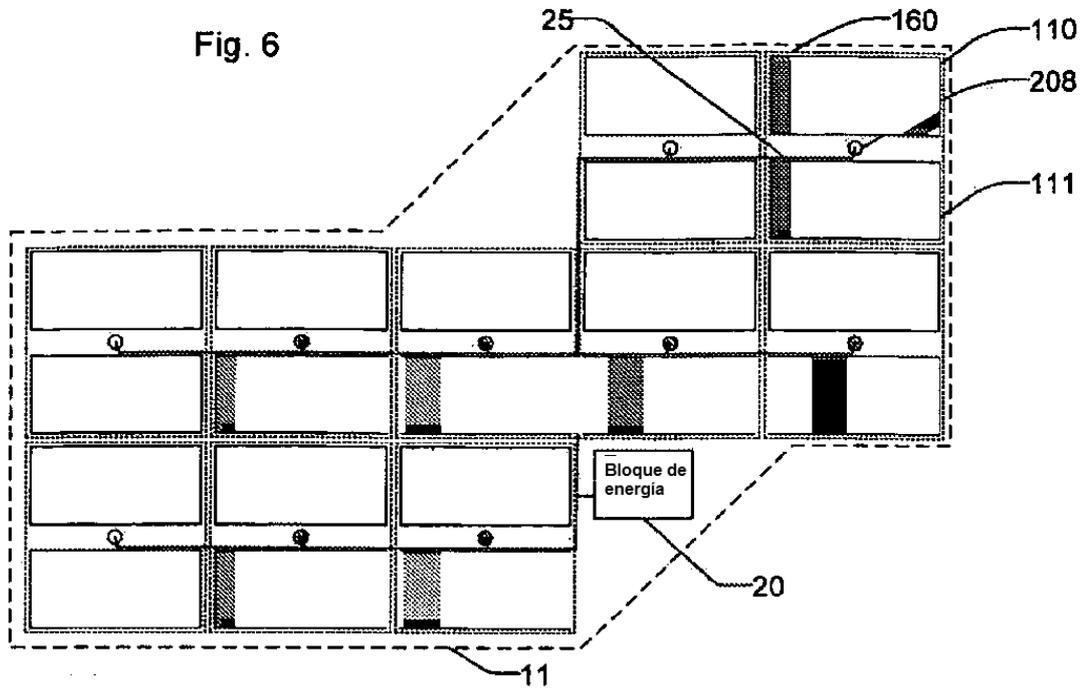


Fig. 8

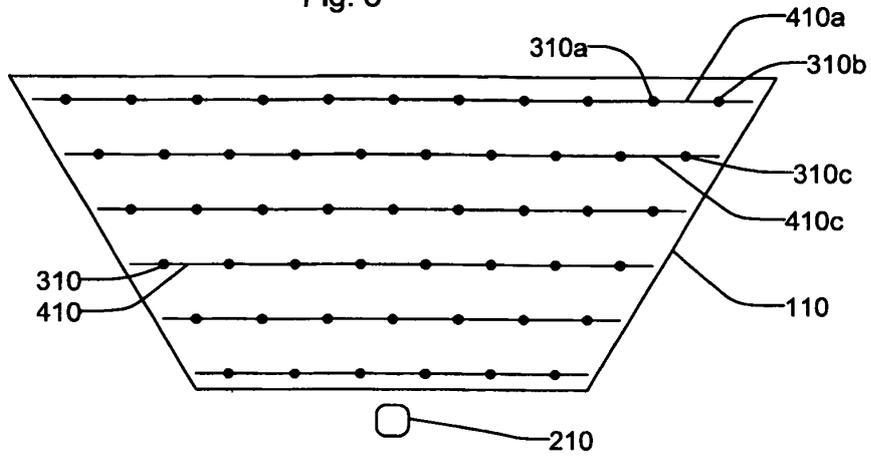


Fig. 9

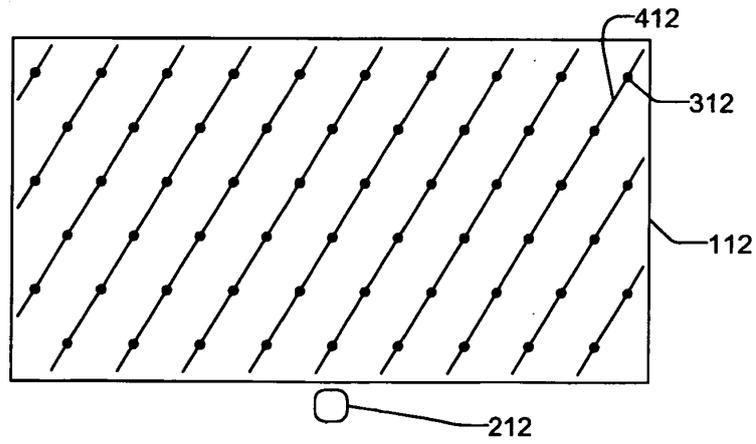


Fig. 10

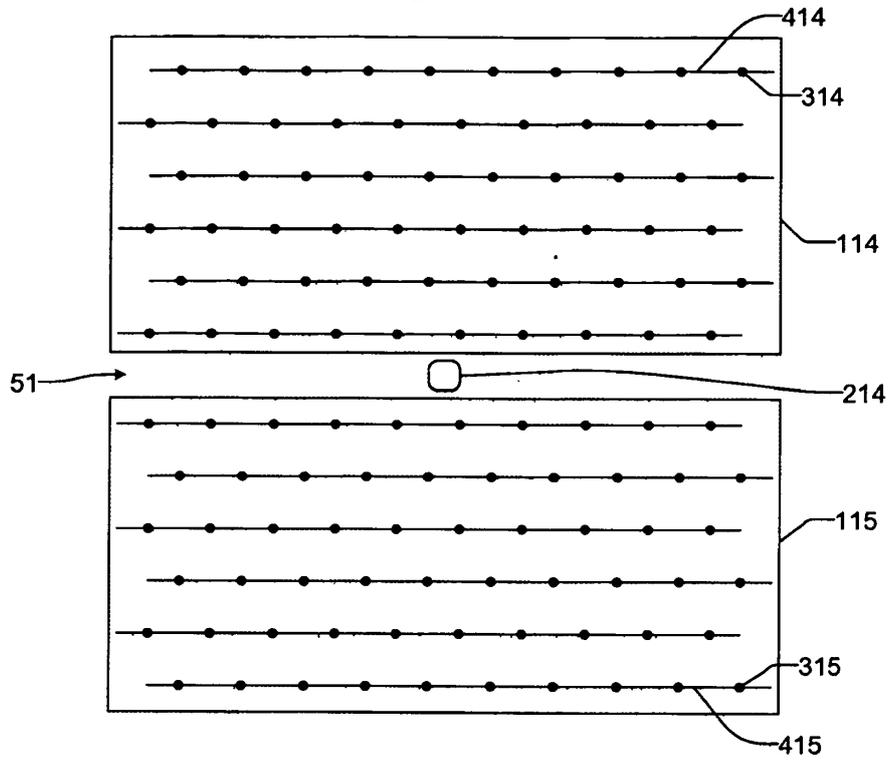


Fig. 11

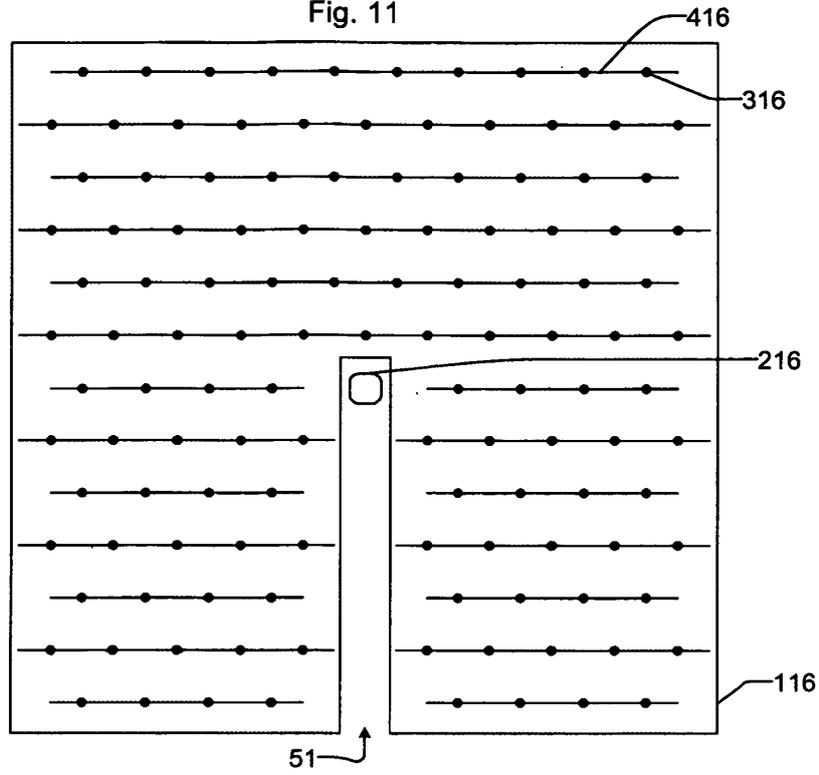


Fig. 12

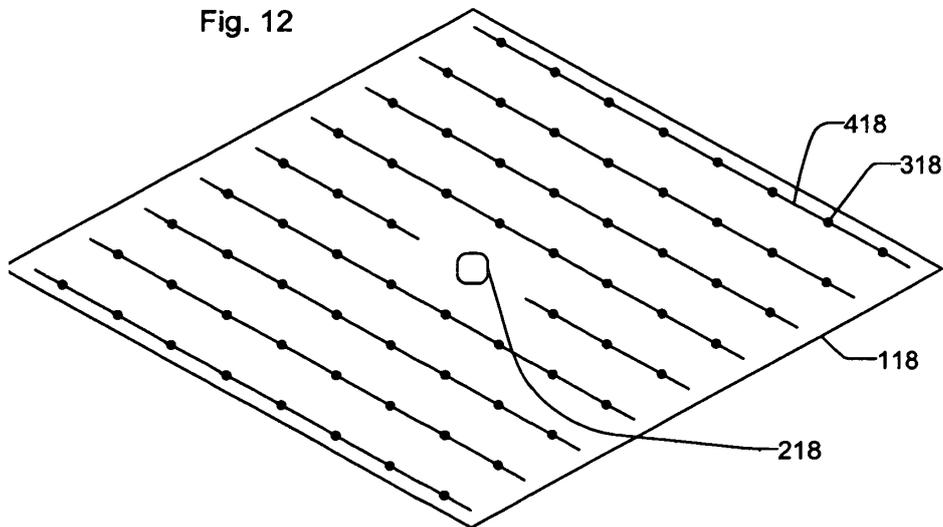


Fig. 13

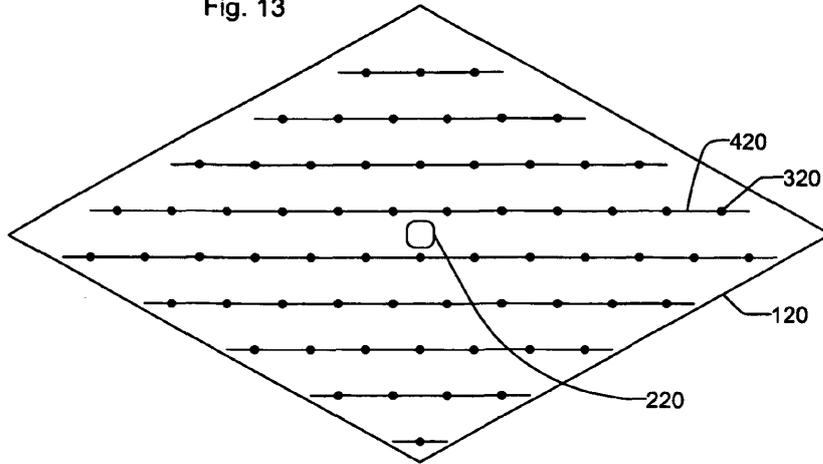
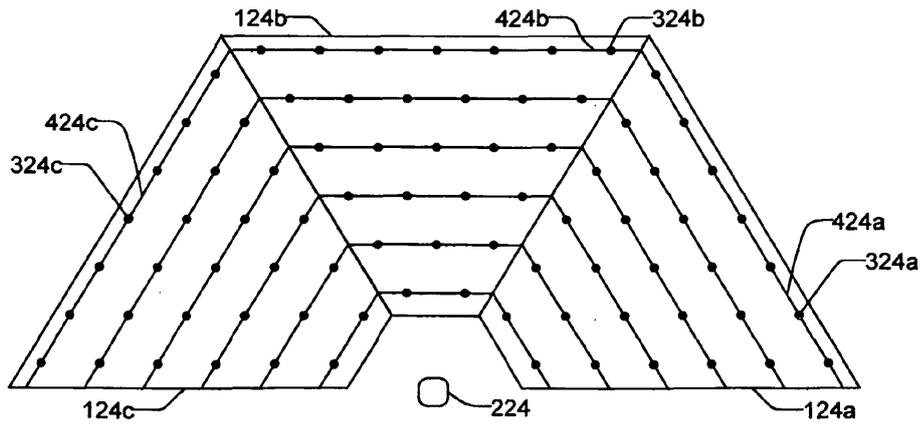


Fig. 14



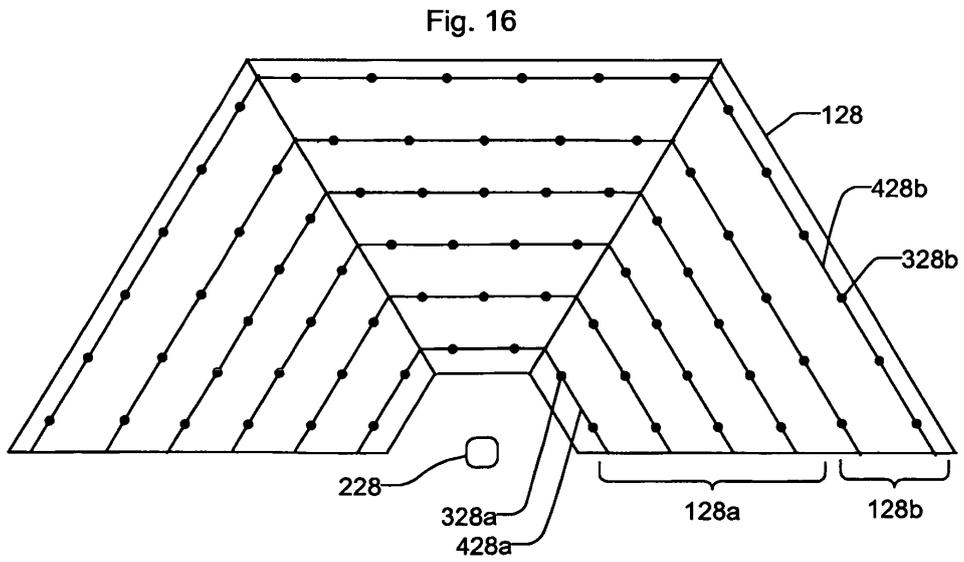
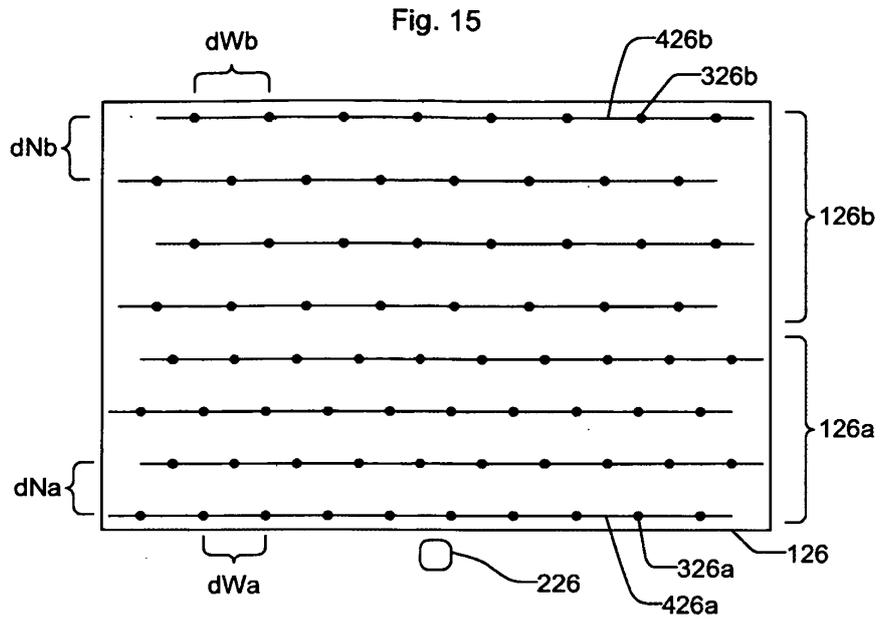


Fig. 17

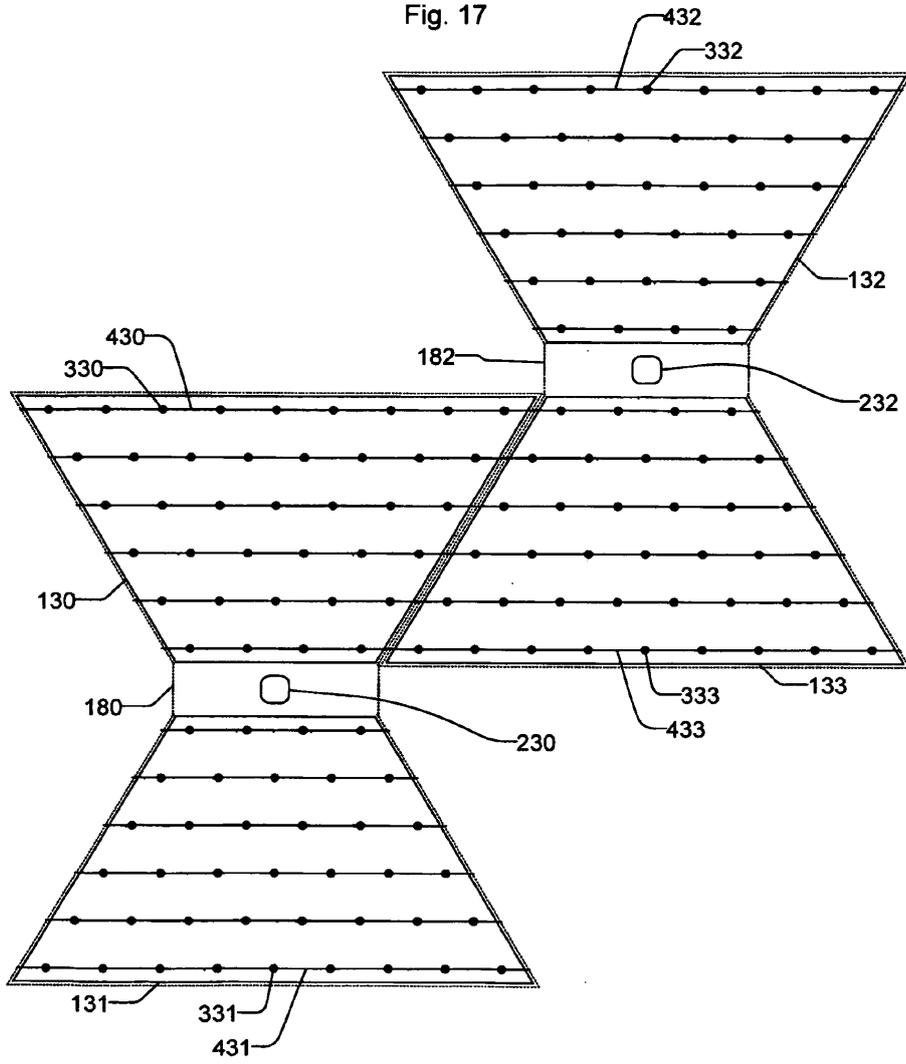


Fig. 18

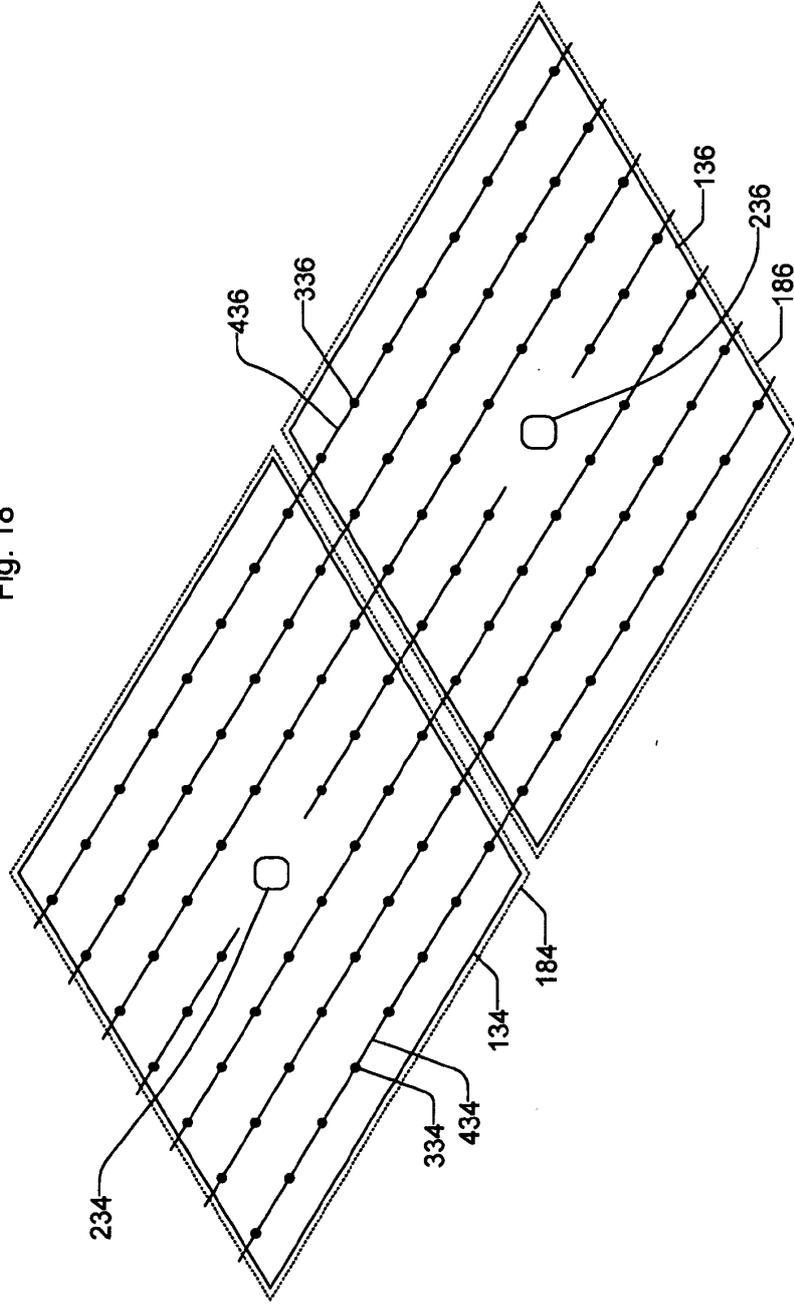


Fig. 19

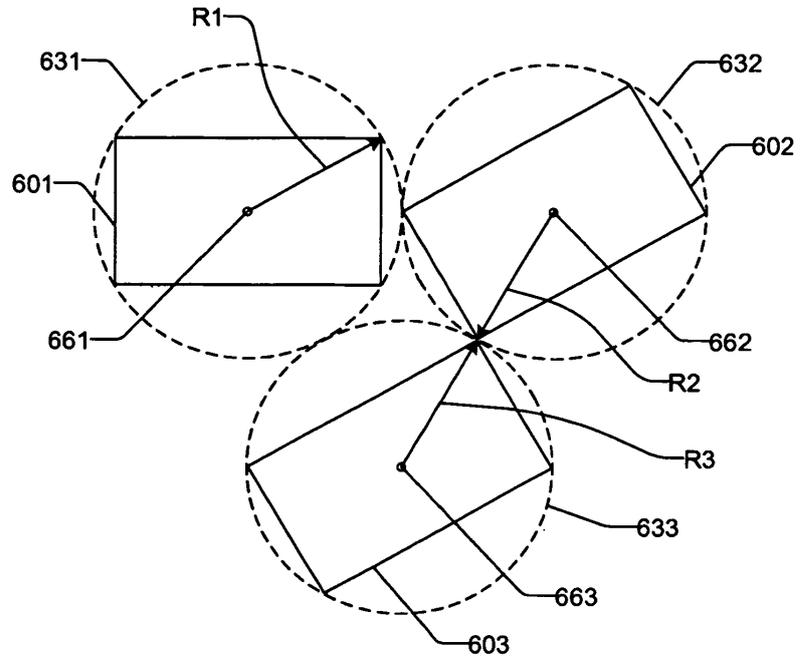


Fig. 20A

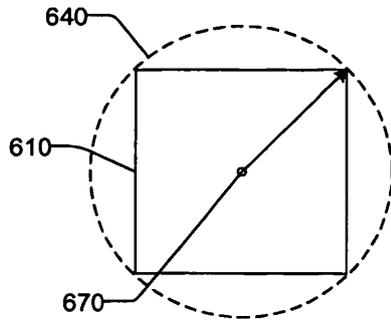


Fig. 20B

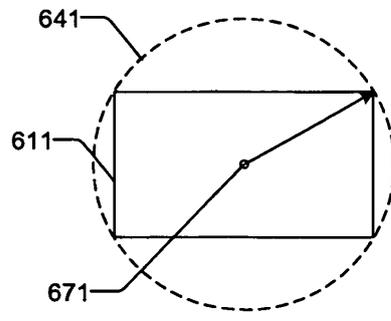


Fig. 20C

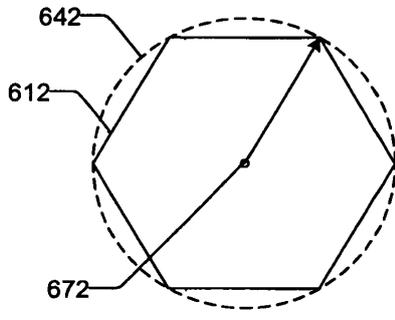


Fig. 20D

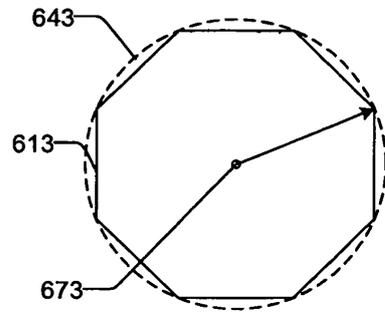


Fig. 20E

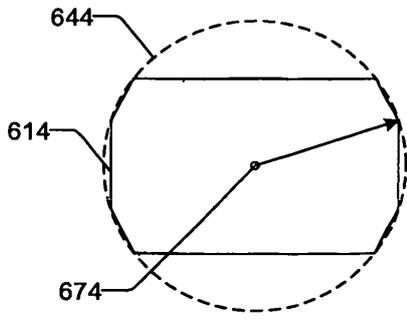


Fig. 21

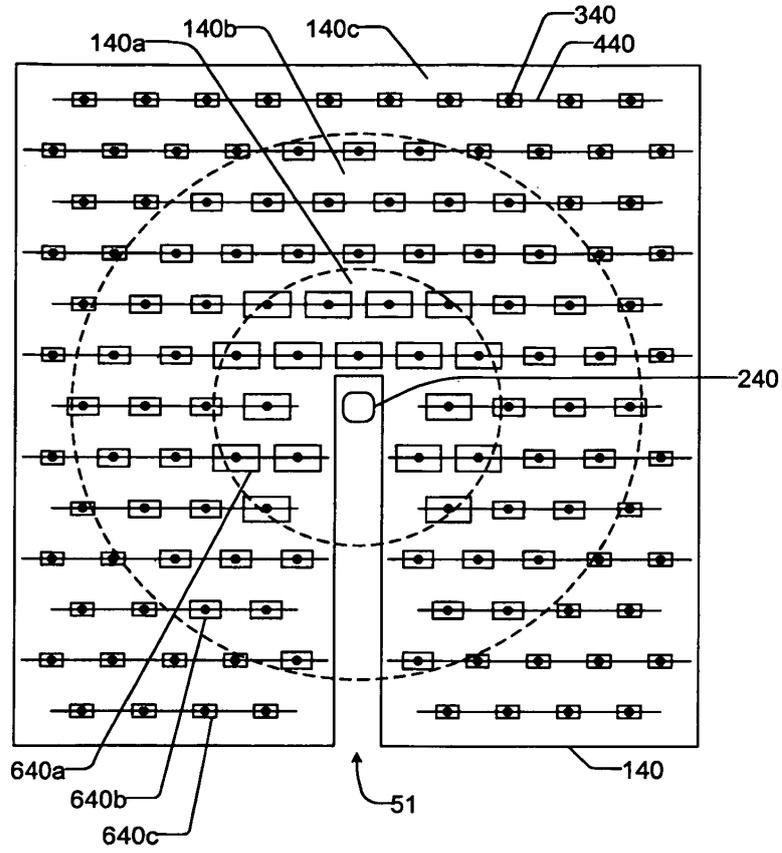


Fig. 22

