

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 279**

21 Número de solicitud: 201730838

51 Int. Cl.:

**H01Q 21/24** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**26.06.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**20.12.2017**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**23.02.2018**

Fecha de concesión:

**14.06.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**21.06.2018**

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
(100.0%)**

**Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia (Valencia) ES**

72 Inventor/es:

**ANGELETTI, Piero;  
BAQUERO ESCUDERO, Mariano;  
BORIA ESBERT, Vicente Enrique;  
GUGLIELMI, Marco y  
TOSO, Giovanni**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Celda radiante para antena multihaz**

57 Resumen:

Celda radiante para antena multihaz.

La presente invención se refiere a una celda radiante para una antena multihaz que comprende cuatro elementos radiantes entrelazados entre sí y con ejes longitudinales en paralelo, de forma que la celda radiante tiene una sección transversal cuadrada y donde cada uno de los cuatro elementos radiantes se dispone rotado 90° respecto a su eje longitudinal y sus dos elementos radiantes contiguos, donde cada uno de los elementos radiantes comprende: un puerto; un primer tramo de guía de onda conectado al puerto; un primer resonador en guía de onda con doble ridge conectado al puerto; un segundo tramo de guía de onda con sección transversal cuadrada; un segundo resonador en guía de onda con doble ridge; un tercer tramo de guía de onda con sección transversal cuadrada; y una apertura de radiación; donde el elemento radiante está configurado para operar señales con una determinada banda de frecuencia y una determinada polarización.

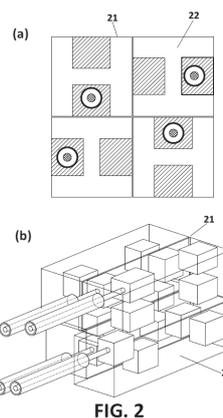


FIG. 2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 647 279 B2

## DESCRIPCIÓN

Celda radiante para antena multihaz

### 5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere al campo técnico de las comunicaciones por satélite y más concretamente a las celdas radiantes empleadas en antenas multihaz, con arquitecturas diseñadas para la reutilización de frecuencias y polarizaciones que proporcionan la  
10 cobertura necesaria.

### Antecedentes de la invención

Los satélites de comunicaciones requieren antenas multihaz para poder proporcionar  
15 comunicaciones de banda ancha bidireccionales. Los múltiples haces de alta ganancia con solape, adoptando tanto reutilización de frecuencia como de polarización, permiten ofrecer la cobertura necesaria requerida.

Típicamente se opta por una configuración de 4 haces entrelazados. Con el fin de generar  
20 múltiples haces de alta ganancia, se utilizan de forma habitual reflectores de antena eléctricamente grandes. En particular, la mayoría de las antenas multi-haz operativas adoptan una arquitectura de una única alimentación por haz (SFSB, por sus siglas en inglés single-feed single-beam) con haces adyacentes generados por reflectores alimentados por una agrupación de bocinas.

25 Por tanto, hoy en día suele recurrirse a la utilización de una configuración estándar con cuatro reflectores para una cobertura típica europea, tal y como se ilustra en la **figura 1**, donde cada bocina proporciona un haz específico. Las dimensiones de haz requeridas, determinarán el tamaño físico del reflector y, en consecuencia, también el de las bocinas.  
30 Por tanto, a fin de proporcionar una cobertura contigua en la superficie de la Tierra, los haces deben colocarse en grupos separados, dado que las dimensiones de los alimentadores no permiten ponerlos como un único grupo (cluster) si se utiliza solamente un reflector.

35 El estado del arte, ofrece algunas soluciones para generar este tipo de cobertura multi-haz utilizando una sola apertura. Por ejemplo, el concepto de “reflector alimentado por

agrupación focal” (Focal Array Fed Reflector) basado en el uso de haces superpuestos en el plano focal del reflector, según el cual dicha superposición se realiza mediante la conexión de alimentaciones individuales usando una red de conformación de haz. Este tipo de antena permite la generación de diferentes haces con una sola apertura, sin embargo, la estructura es bastante compleja a nivel del foco de la agrupación.

Un enfoque alternativo se basa en el uso de una sola apertura y consiste en la superposición o solapamiento de las alimentaciones contiguas de un modo completamente radiado, es decir, sin necesidad de cualquier red de conformación de haz muy voluminosa. Recientemente se ha demostrado que esta forma de solapamiento de radiación se puede obtener usando materiales EBG (acrónimo de las siglas en inglés Electromagnetic Band Gap) o resonadores Fabry-Perot en frente de la agrupación (array).

No obstante, según lo expuesto anteriormente, las soluciones hasta ahora conocidas por el estado de la técnica para aplicaciones presentan grandes dificultades de implementación, por lo que con perspectivas a largo plazo, se necesitan soluciones alternativas basadas en una sola apertura más simples.

### **Sumario de la invención**

La presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente ofreciendo un sistema radiante compuesto por varias agrupaciones de celdas básicas, formadas a su vez por radiadores entrelazados basados en guías al corte que permiten que se generen haces puntuales contiguos utilizando una única apertura principal. Para ello se presenta, en un primer aspecto de la presente invención, una celda radiante para una antena multihaz que comprende cuatro elementos radiantes entrelazados entre sí y con sus ejes longitudinales en paralelo, de forma que la celda radiante tiene una sección transversal cuadrada y donde cada uno de los cuatro elementos radiantes se dispone rotado 90° respecto a su eje longitudinal en relación con sus dos elementos radiantes contiguos, donde cada uno de los elementos radiantes comprende:

- un puerto, dispuesto en un extremo libre del elemento radiante, configurado para recibir una señal de entrada;
- un primer tramo de guía de onda que conecta el puerto a un primer resonador;
- un primer resonador en guía de onda con doble ridge, dispuesto a continuación del primer tramo de guía de onda conectado al puerto;

- un segundo tramo de guía onda con sección transversal cuadrada, dispuesto a continuación del primer resonador en guía de onda con doble ridge;

- un segundo resonador en guía de onda con doble ridge, dispuesto a continuación del segundo tramo de guía de onda de sección transversal cuadrada;

5 - un tercer tramo de guía onda con sección transversal cuadrada, dispuesto entre el segundo resonador en guía de onda con doble ridge y una apertura de radiación;

donde el elemento radiante está configurado para operar señales con una determinada banda de frecuencias y una determinada polarización.

10 De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, los cuatro elementos radiantes están configurados para operar señales de cuatro colores diferentes, un color por cada elemento radiante, donde cada color está formado por la combinación de una frecuencia seleccionada entre dos frecuencias diferentes y una polarización seleccionada entre dos polarizaciones diferentes, donde dichas señales son ortogonales en frecuencia y en respuesta de  
15 polarización.

Opcionalmente, el primer tramo de guía de onda de los elementos radiantes de la celda radiante se selecciona entre una guía de onda coaxial con sección transversal cuadrada y una guía de onda tipo doble ridge.

Se contempla utilizar, en una realización particular de la invención, una única celda radiante  
20 como bloque básico de construcción de una bocina de cuatro colores.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un sistema que comprende una primera pluralidad de celdas radiantes, como las descritas anteriormente, dispuestas en una estructura de rejilla, donde la disposición comprende una única apertura de radiación igual a la suma de las aperturas de radiación de los elementos radiantes de las celdas radiantes de  
25 la disposición.

Se contempla también una red de distribución de señales conectada a la estructura de rejilla, donde dicha red de distribución está configurada para proporcionar una señal de entrada con un cierto color al puerto del elemento radiante correspondiente.

30 Opcionalmente, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención en la que la estructura de rejilla comprende una pluralidad de agrupaciones de celdas radiantes, se contempla que cada una de las agrupaciones tenga unas interconexiones entre los

elementos radiantes que operan con el mismo color de las celdas radiantes de la agrupación, de forma que cada agrupación conforma un haz asociado a un color, con un centro de fase desfasado  $L/2$  respecto al centro de fase de la agrupación de celdas radiantes homóloga contigua, donde  $L$  es la dimensión de la agrupación.

5

Opcionalmente, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención en la que la estructura de rejilla comprende una pluralidad de agrupaciones de celdas radiantes, se contempla que cada una de las agrupaciones tenga unas interconexiones entre los elementos radiantes que operan con el mismo color de las celdas radiantes de la agrupación, de forma que cada agrupación conforma un haz asociado a un color, con un centro de fase desfasado respecto al centro de fase de la agrupación de celdas radiantes homóloga contigua, de forma que los centros de fase quedan dispuestos según una estructura triangular

Una de las realizaciones de la invención además comprende un único elemento reflector parabólico configurado para reflejar los haces conformados por las agrupaciones de celdas radiantes. Ventajosamente, la presente invención es capaz de sustituir un sistema convencional basado en 3 ó 4 aperturas, lo que se traduce en una reducción importante del número de antenas parabólicas.

La presente invención contempla que, de acuerdo a una de sus realizaciones, una o más celdas radiantes de la pluralidad de celdas radiantes dispuestas en la estructura de rejilla tenga un grado de reutilización igual a cuatro, donde el grado de reutilización de una celda radiante está asociado con el número de haces de los que participa en su conformación.

Una realización particular de la presente invención contempla una segunda pluralidad de celdas radiantes idéntica a la primera pluralidad, dispuesta de forma consecutiva a la primera pluralidad en un plano paralelo, que además comprende una pluralidad de desfasadores que interconectan cada elemento radiante de las celdas radiantes de la primera pluralidad de celdas radiantes con un elemento radiante homólogo de la segunda pluralidad de celdas radiantes. Así, puede extenderse la funcionalidad de los conceptos anteriores a una aplicación práctica correspondiente con una arquitectura multihaz en la que una agrupación de alimentación estándar ilumina una agrupación en transmisión formada por celdas radiantes de las descritas anteriormente. Ventajosamente, el desplazamiento de fase introducido por los desfasadores es tal que permite convertir el frente de onda recibido en un nuevo frente de onda plano con un apuntamiento de haz distinto para cada color. De

este modo, la dirección de radiación es independiente para cada uno de los cuatro colores de haz, y la antena es capaz de generar todos los haces necesarios con una sola apertura.

Una realización particular de la presente invención contempla una pluralidad de desfases, donde cada desfase de la pluralidad de desfases está conectado por un extremo a un elemento radiante de una celda radiante de la primera pluralidad de celdas radiantes y por el extremo opuesto está conectado a un cortocircuito. Así, puede extenderse la funcionalidad de los conceptos anteriores a una aplicación práctica correspondiente con una arquitectura multihaz en la que una agrupación de alimentación estándar ilumina una agrupación en reflexión formada por celdas radiantes de las descritas anteriormente. Ventajosamente, el desplazamiento de fase introducido por los desfases es aquel necesario para convertir el frente de onda recibida en otro frente de onda plano con un apuntamiento de haz distinto para cada color diferente. También en este caso la dirección de radiación es independiente para cada uno de los cuatro colores, y la antena es capaz de generar todos los haces con una sola apertura.

Opcionalmente y de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, se contempla que las celdas radiantes de la primera pluralidad de celdas radiantes comprendan al menos un acoplador híbrido de 90° configurado para operar con polarizaciones circulares.

De acuerdo a una de las posibilidades de implementación de la presente invención, el sistema está configurado para operar con una primera pluralidad de bandas de frecuencias de transmisión y una segunda pluralidad de bandas de frecuencias de recepción.

La presente invención contempla en una de sus posibles realizaciones, una pluralidad de circuitos impresos, donde cada uno de los circuitos impresos está implementado con una funcionalidad idéntica a la de una celda radiante.

Para un entendimiento más completo de estos y otros aspectos de la invención, sus objetos y ventajas, puede tenerse referencia a la siguiente memoria descriptiva y a los dibujos adjuntos.

30

### **Descripción de los dibujos**

Para completar la descripción que se está efectuando, y con el objeto de contribuir a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo a un ejemplo de una de las realizaciones de la misma, acompañando a dicha descripción como parte integral de

35

la misma, se incluyen unos dibujos en los que, a modo de ilustración y no de forma restrictiva, se representa lo siguiente:

**Figura 1.-** muestra un esquema de una única alimentación por haz según el estado del arte.

5 **Figura 2.-** muestra un esquema de una celda radiante según la presente invención.

**Figura 3.-** muestra un esquema de un elemento radiante de una celda radiante.

**Figura 4.-** muestra una simulación de un grupo infinito de radiadores.

10 **Figura 5.-** muestra una primera realización de una antena multihaz basada en un único reflector alimentado por una agrupación de elementos de acuerdo a la presente invención.

**Figuras 6a y 6b.-** muestran una segunda realización de una antena multihaz basada en una agrupación de transmisión de elementos de acuerdo a la presente invención.

**Figuras 7a y 7b.-** muestran una tercera realización de una antena multihaz basada en una agrupación de reflexión de elementos de acuerdo a la presente invención.

15 **Figuras 8a y 8b.-** muestran un primer diseño a modo de ejemplo de la agrupación de alimentación.

**Figura 9.-** muestra las interconexiones de la red sub-array de conformación de haz, según el diseño de la figura 8.

20 **Figura 10.-** muestra el grado de reutilización de las celdas elementales, según el diseño de la figura 8.

**Figuras 11a-11d.-** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homólogos, según el diseño de la figura 8.

**Figuras 12a-12d.-** muestran los sub-arrays correspondientes a las figuras 11a-11d.

25 **Figuras 13a y 13b.-** muestran un segundo diseño a modo de ejemplo de la agrupación de alimentación.

**Figura 14.-** muestra las interconexiones de la red sub-array de conformación de haz, según el diseño de la figura 13.

**Figura 15.-** muestra el grado de reutilización de las celdas elementales, según el diseño de la figura 13.

30 **Figuras 16a-16d.-** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homólogos, según el diseño de la figura 13.

**Figuras 17a-17d.-** muestran los sub-arrays correspondientes a las figuras 16a-16d.

**Figuras 18a y 18b.-** muestran un tercer diseño a modo de ejemplo de la agrupación de alimentación.

35 **Figura 19.-** muestra las interconexiones de la red sub-array de conformación de haz, según el diseño de la figura 18.

**Figura 20.-** muestra el grado de reutilización de las celdas elementales, según el diseño de la figura 18.

**Figuras 21a-21d.-** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homólogos, según el diseño de la figura 18.

5 **Figuras 22a-22d.-** muestran los sub-arrays correspondientes a las figuras 21a-21d.

**Figura 23.-** muestra dos realizaciones de la presente invención aplicadas a bocinas en guía rectangular y circular.

**Figura 24.-** muestra una realización de una celda radiante de la presente invención implementada en circuitos multicapa PCB.

10

### **Descripción detallada de la invención**

Lo definido en esta descripción detallada se proporciona para ayudar a una comprensión exhaustiva de la invención. En consecuencia, las personas medianamente expertas en la técnica reconocerán que son posibles variaciones, cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria sin apartarse del ámbito de la invención. Además, la descripción de funciones y elementos bien conocidos en el estado del arte se omite por claridad y concisión.

15

20 Por supuesto, las realizaciones de la invención pueden ser implementadas en una amplia variedad de plataformas arquitectónicas, protocolos, dispositivos y sistemas, por lo que los diseños e implementaciones específicas presentadas en este documento, se proporcionan únicamente con fines de ilustración y comprensión, y nunca para limitar aspectos de la invención.

25

La presente invención divulga una celda radiante (21) para una antena multihaz, que actúa como elemento radiante y que a su vez está compuesta de varios radiadores (22) entrelazados basados en guías al corte, tal y como puede verse en la **figura 2**. Específicamente, en una de las realizaciones de la invención, esta agrupación (array)

30

incluye cuatro elementos asociados a dos polarizaciones diferentes y dos frecuencias diferentes, los cuales están físicamente entrelazados pero se comportan como elementos completamente solapados desde un punto de vista de radiación electromagnética. Así, dicha celda radiante puede emplearse ventajosamente a modo de celda elemental radiante en diferentes arquitecturas de antena, permitiendo que se generen haces puntuales contiguos

35

utilizando una única apertura principal.

En la **figura 3** se detalla una configuración preferente de una única celda, compuesta por 4 aperturas (elementos), así como la configuración geométrica detallada de uno de los cuatro elementos radiantes, respectivamente. Así, un elemento radiante de la celda unidad mostrada en la realización de la figura 3, comprende dos resonadores en guía de ondas con  
5 doble ridge, y de varios tramos uniformes de guía de onda. Concretamente, de acuerdo a una de las realizaciones, un elemento radiador comprende un puerto (31) con excitación coaxial situado en un extremo, por el que se alimenta la señal de entrada al elemento radiante; un tramo de guía de onda (32) coaxial de sección transversal cuadrada que conecta el puerto de entrada al primer resonador; un tramo uniforme de guía de ondas en  
10 doble ridge que actúa como primer resonador (33); un tramo de guía de ondas cuadrada que actúa como elemento de acoplo (34) entre el primer y el segundo resonador; un segundo tramo de guía de onda coaxial de sección transversal cuadrada que actúa como segundo resonador (35); y un tramo de guía de onda cuadrada que actúa como elemento de acoplo (36) entre el segundo resonador y la apertura de radiación (espacio libre).

15

Para demostrar que el elemento innovador descrito en este documento (celda radiante elemental) puede producir adecuadamente un campo uniforme en la apertura de la celda elemental desde cada uno de los 4 puertos de haz separados, se ha utilizado un software comercial (FEST3D) capaz de simular el comportamiento electromagnético de un conjunto  
20 de radiadores como el descrito anteriormente y que se muestra en la figura 2. Para simplificar los cálculos, el tamaño del grupo (o cluster) se asume que es infinito, lo que es un supuesto muy común en Ingeniería de antenas para el análisis de grandes agrupaciones (arrays), como el de este caso, obteniéndose una precisión aceptable si tenemos que analizar en detalle el comportamiento de un único elemento radiante.

25

La **figura 4** muestra los resultados obtenidos con estas simulaciones si se observa la potencia radiada en dirección perpendicular a la agrupación o “array” (dirección broadside) de un grupo infinito de radiadores como el mostrado en la figura 2. En la dirección broadside solo se considera la polarización vertical, tomando como base la configuración de la celda  
30 unidad (21).

En la reflexión de los puertos de entrada (41-44) de cada elemento constitutivo de la celda unidad (22), se observa que la estructura de la presente invención se comporta como dos filtros de dos polos, cuyas respuestas están centradas en torno a las frecuencias centrales  
35 de cada color (19.75 GHz en (41-42) y 20.15 GHz en (43-44) para este ejemplo). Para los elementos cuya banda de paso está centrada en la primera frecuencia, la potencia radiada

por el elemento vertical (22) es máxima (45) en torno a la primera frecuencia y forma un haz 1, mientras que la potencia radiada por el elemento dispuesto horizontalmente (22) es mínima (46). Del mismo modo, para los elementos cuya banda de paso está centrada en la segunda frecuencia, la potencia radiada por el elemento vertical (22) es máxima (48) en  
5 torno a la segunda frecuencia y forma un haz 2, mientras que la potencia radiada por el elemento dispuesto horizontalmente (22) es mínima (47). En el supuesto de considerar la polarización horizontal en la dirección broadside, la potencia radiada por los elementos dispuestos horizontalmente sería máxima dentro de la banda de paso de cada elemento (formando de esta forma los haces 3 y 4), y la potencia radiada por los haces 1 y 2 sería  
10 mínima.

De los resultados mostrados en la figura 4 también se puede deducir que la potencia radiada por los haces centrados a una frecuencia es relativamente baja dentro de la otra banda de paso de los otros haces, garantizando un bajo acoplo mutuo entre haces. Para ello se debe  
15 escoger un orden de filtro adecuado (2 en el ejemplo mostrado) para la separación en frecuencia de las distintas bandas de paso. Además, en la figura 4 se observa que el rechazo de potencia en frecuencias fuera de la banda de paso es relativamente alto (por ejemplo, (41) en la banda de rechazo de (43)), lo que minimiza el acoplo de potencia entre colores ortogonales con la misma polarización y distinta banda de paso.

20 Por tanto, la celda elemental descrita se comporta esencialmente como cuatro componentes integrados, más concretamente como una antena, un transductor ortomodo (OMT, por sus siglas en inglés) y dos diplexores (es decir, uno para cada polarización). La función de los diplexores es la de proporcionar el aislamiento necesario en frecuencia entre los haces generados en la misma polarización. Así pues, queda demostrado que la celda radiante presentada en la figura 2 puede generar cuatro haces independientes y ortogonales, como combinación de dos bandas de paso centradas a frecuencias diferentes y dos polarizaciones ortogonales (lineales en el ejemplo mostrado, pero que podrían ser circulares a derechas e izquierdas).

30 Si bien las agrupaciones de antenas entrelazadas (“interleaved array” en inglés) compuestas por distintos tipos de elementos son ya conocidas en este campo, normalmente los elementos básicos de radiación en la tecnología puntera convencional de agrupaciones entrelazadas, tienen unas dimensiones de al menos la mitad de longitud de onda y  
35 presentan una apertura equivalente cercana a la del área física que ocupan.

En contraste, la presente invención propone una agrupación de celda radiante en la que los elementos radiadores contiguos, basados en guías al corte, tienen unas dimensiones del orden de un cuarto de longitud de onda, estando físicamente entrelazados (es decir, cada uno de ellos ocupa una porción de la celda) pero presentan una apertura de antena  
5 equivalente teóricamente igual a cuatro veces su apertura física: es decir la apertura física se reutiliza cuatro veces. Por tanto, en la práctica los cuatro elementos están completamente solapados en términos de campo electromagnético, y el campo electromagnético producido en la apertura está compuesto por la superposición de cuatro señales diferentes (que se caracterizan por tener dos polarizaciones diferentes y dos frecuencias de operación  
10 diferentes), lo que explica por qué a pesar de que los cuatro elementos están físicamente entrelazados, se comportan como elementos completamente solapados a nivel electromagnético. Esta propiedad no viola ninguna ley física, ya que las cuatro señales asociadas a los cuatro "colores" pueden compartir y completamente re-utilizar la misma apertura al ser, por diseño, ortogonales en frecuencia y en respuesta de polarización.

15

De acuerdo a diferentes realizaciones de la presente invención, la celda radiante descrita anteriormente puede aplicarse a distintas arquitecturas de antenas, en particular se destacan a continuación tres tipos diferentes de posibles arquitecturas multihaz (o aplicaciones prácticas):

20

La **figura 5** se refiere a la primera de estas realizaciones o aplicaciones de la presente invención, donde se representa una antena multihaz basada en un único reflector (51) o lente (constituido por una única o por múltiples aperturas) y alimentado por una o más agrupaciones de alimentación (52) de elementos de radiación al corte que iluminan el  
25 reflector o lente del sistema. En esta antena la agrupación (o sub-array) de alimentación se compone de elementos radiantes de la celda radiante básica, los mismos que componen los elementos entrelazados radiantes basados en guía al corte.

Las **figuras 6a y 6b** se refieren a la segunda de estas realizaciones o aplicaciones de la presente invención, donde se representa una antena multihaz (61) basada en una o más agrupaciones de transmisión (62) ("*transmitarray*" en inglés) de elementos de radiación al corte y un elemento de la celda básica (63) de la agrupación de transmisión o "*transmitarray*". La antena multihaz 61 comprende una o más agrupaciones de alimentación (64) iluminando a las agrupaciones en transmisión (62) o "*transmitarrays*" compuestas de  
35 elementos radiantes de la celda básica (63), los mismos que componen los elementos entrelazados radiantes al corte.

- Las **figuras 7a y 7b** se refieren a la tercera de estas realizaciones o aplicaciones de la presente invención, donde se representa una antena multihaz (71) basada en una o más agrupaciones de reflexión (72) (“*reflectarray*” en inglés) de elementos de radiación al corte y un elemento de la celda básica (73) de dicha agrupación de reflexión o “*reflectarray*”. La
- 5 antena multihaz 71 comprende una o más agrupaciones de alimentación (74) iluminando a las agrupaciones de reflexión o “*reflectarray*”, compuesta de elementos radiantes de la celda básica (73), los mismos que componen los elementos entrelazados radiantes basados en guías al corte.
- 10 A continuación, se detallan más en profundidad las 3 realizaciones presentadas anteriormente en las figuras 5, 6 y 7 para una operación en transmisión, aunque el mismo concepto puede extenderse a la operación en recepción o a un funcionamiento híbrido en transmisión/ recepción. Del mismo modo, la presente invención está detallada para cuatro
- 15 “colores” de reutilización de frecuencias (dos polarizaciones y dos frecuencias), pero igualmente puede extenderse a diferentes esquemas de reutilización de frecuencias.

#### Primera realización

- Esta primera realización, o aplicación de la presente invención, comprende una antena multihaz basada en un sistema reflector o lente (constituida por una única o por múltiples
- 20 aperturas) y una o más agrupaciones de alimentación que iluminan el sistema reflector o lente. En esta antena la agrupación de alimentación (sub-array) está compuesta por elementos radiantes basados en guías al corte, como los descritos anteriormente para la celda radiante básica.
- 25 Al considerar un sub-array de alimentación iluminando un sistema reflector o lente, sus elementos al corte han de ser caracterizados por la misma fase de modo que produzcan haces en la dirección ortogonal a la agrupación de radiación (término conocido como “broadside direction” en terminología inglesa). Por supuesto los sub-arrays presentan diferentes centros de fase respecto al punto focal del reflector o sistema de lentes, y esta
- 30 ubicación diferente de los centros de fase es lo que permite la generación automática de una re-orientación o dirección de apuntamiento (efecto “squint”) en el haz reflejado por el sistema reflector o lente.

- El primer problema que el diseñador necesita abordar, es la identificación de un número
- 35 adecuado de celdas (forma y dimensiones del sub-array/agrupación) capaz de iluminar la antena reflectora de manera efectiva, es decir con una eficiencia de iluminación típica y

pérdidas por desbordamiento (o spill-over) limitadas, y a la vez poder manejar los valores de potencia típicos asociados a cada haz al nivel de alimentación primaria. El diámetro de un sub-array/agrupación que genera un haz, se indica con  $L$ , y puede variar típicamente entre 2-3 longitudes de onda (evaluadas a la frecuencia central) hasta 6-7 longitudes de onda.

5 Este valor depende principalmente del tipo de óptica seleccionada (es decir, del diámetro y la distancia focal del reflector o lente).

El segundo problema que el diseñador necesita resolver, es la síntesis de las distintas redes de conformación de haces idénticos (una por haz, es decir una por "color"), de modo que la  
10 distancia entre las redes de conformación de haces contiguos sea aproximadamente igual a  $L/2$ . Esto significa que los haces adyacentes son generados por sub-arrays/agrupaciones con aperturas solapadas.

Las **figuras 8a, 8b** representan un primer ejemplo modelo de la agrupación/array de  
15 alimentación (80), donde se selecciona una forma del sub-array (81) cuadrada formada por  $2 \times 2$  celdas elementales (82). Por tanto, cada sub-array está compuesto por 4 celdas elementales contiguas, dispuesto en una estructura en forma de rejilla cuadrada. Cada entrada del sub-array/agrupación se distribuye, a través de una red de distribución, a las  
20 entradas de las celdas elementales homólogas (es decir, a los elementos radiantes (83) identificados por operar a la misma frecuencia y con la misma polarización, o lo que es igual, identificados por operar con el mismo color) que constituyen cada subarray/agrupación y producen el correspondiente haz (84).

La **figura 9** muestra el sub-array de interconexiones de la red de formación de haz de los  
25 puertos homólogos de las celdas elementales, así como los elementos radiantes al corte utilizados. En la **figura 10** puede verse el grado de reutilización de las celdas elementales.

Las **figuras 11a–11d** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homóloga (el mismo color) y en la serie **figuras 12a-12d** se muestran los  
30 correspondientes sub-arrays homólogos. Los 4 elementos contiguos que componen una celda elemental están completamente solapados, y los 4 sub-arrays correspondientes que inciden sobre la misma celda elemental también están completamente solapados y trasladados  $L/2$ . De este modo, se puede diseñar una agrupación/array de alimentación cuyos radiadores (sub-array del mismo color) que presente una dimensión  $L$  y una distancia  
35 entre centros de fase igual a  $L/2$ .

El nivel de solapamiento del sub-array, tamaño del sub-array y los centros de fase de los sub-arrays se pueden seleccionar de varias formas teniendo en cuenta diferentes objetivos de optimización del rendimiento.

5 Las **figuras 13a, 13b** representan un segundo diseño a modo de ejemplo de la agrupación de alimentación (130), se selecciona una forma de sub-array (131) cuadrada compuesta por 3x3 celdas elementales (132). Cada sub-array está compuesto por 9 celdas elementales contiguas, dispuesto en una estructura en forma de rejilla cuadrada. Y cada entrada del sub-array/grupación es distribuida a través de una red de conformación a las entradas  
10 homólogas de las celdas elementales (es decir, a los elementos radiantes (133) identificados por la misma frecuencia y la misma polarización) que constituyen cada subarray/grupación y producen el correspondiente haz (134). Las celdas elementales que constituyen la agrupación de alimentación, y los centros de fase de los haces están dispuestos en forma de rejilla (lattice) triangular.

15

La **figura 14** muestra el sub-array de interconexiones de la red de conformación de haz de los puertos homólogos (mismo color) de las celdas elementales. Así, también pueden identificarse los elementos radiantes al corte y el grado de reutilización de las celdas elementales utilizadas, el cual se detalla explícitamente en la **figura 15**.

20

Las **figuras 16a–16d** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homóloga (el mismo color) y en la serie de las **figuras 17a-17d** se muestran los correspondientes sub-arrays homólogos.

25 Las **figuras 18a, 18b** representan un tercer ejemplo modelo de la agrupación/array de alimentación (180). La disposición en rejilla seleccionada para las celdas elementales constituye un grado adicional de libertad en el diseño, como en este tercer ejemplo de diseño, donde la celda elemental (182) sigue siendo cuadrada, pero la disposición en rejillas elegida es triangular y los subarrays (181) están constituidos por 4 celdas elementales (182)  
30 romboidales. Así, las celdas elementales que constituyen la agrupación de alimentación y los centros de fase de los haces, están dispuestos en una disposición en rejilla triangular.

La **figura 19** muestra el sub-array de interconexiones de la red de conformación de haz de los puertos homólogos (mismo color) de las celdas elementales. También pueden  
35 observarse los elementos radiantes al corte (183) y el grado de reutilización de las celdas elementales utilizadas, el cual se detalla más explícitamente en la **figura 20**.

Las **figuras 21a-21d** muestran las redes de conformación de haz para haces de frecuencia y polarización homóloga (iso-color), y en la serie de las figuras **22a-22d** se muestran los correspondientes subarrays homólogos.

5 La arquitectura de las agrupaciones/arrays de alimentación de esta primera aplicación, constituidas por elementos al corte, junto a un sistema reflector o lente con una única apertura principal, representa un sistema innovador de antena multihaz capaz de sustituir un sistema de antena convencional basado en 3 o 4 aperturas principales. En la práctica esto se traduce en un ahorro importante en términos de antenas parabólicas que garantiza a su vez un alojamiento mucho más simple en el satélite, manteniendo una complejidad similar en términos de agrupación/array de alimentación. Sin embargo, estas redes son perfectamente periódicas y regulares.

15 Por tanto, una de las principales innovaciones de la presente invención se refiere a la celda elemental radiante aquí descrita, constituida por elementos al corte basados en guías de onda de doble ridge. Además, la longitud del elemento radiante elemental es significativamente menor que la longitud de las bocinas utilizadas en las configuraciones estándar del estado del arte, como la que se mostraba en la figura 1.

20 Segunda realización

Esta segunda realización, o aplicación de la presente invención, comprende una antena multihaz basada en una o más agrupaciones de alimentación que iluminan una o varias agrupaciones de transmisión –transmitarrays- compuestas de elementos radiantes, los mismos que componen los elementos entrelazados radiantes al corte.

25

En la configuración en transmisión, como puede apreciarse en las **figuras 6a y 6b**, dos configuraciones (arrays) idénticas están conectadas de forma consecutiva con un número de desfases (65) (“phase-shifters”) que conectan los puertos de una agrupación (array receptor) con los correspondientes puertos de la otra agrupación (array transmisor).  
30 Seleccionando correctamente el desplazamiento de fase introducido entre las dos agrupaciones (arrays), puede recibirse un haz de entrada desde una dirección dada y retransmitir el mismo haz en otra dirección.

Esta aplicación, representada de forma esquemática en la figura 6a, incluye un array de alimentación (64) y otro de transmisión (62). Los elementos radiantes de la configuración de alimentación están diseñados de manera que sean capaces de iluminar con eficacia la

agrupación en transmisión de la apertura receptora (es decir que presente unas pérdidas por desbordamiento -o de spill-over- limitadas). La apertura receptora de la agrupación de transmisión está compuesta por una primera agrupación receptora (68) de elementos al corte organizados en elementos radiantes de la celda elemental; del mismo modo, la  
5 apertura transmisora de la agrupación en transmisión está compuesta por una segunda agrupación transmisora (69) de elementos al corte organizados en elementos radiantes de la celda elemental. Los elementos receptores (66) están conectados a los elementos de transmisión (67) homólogos a través de un desfásador (65).

10 Cada elemento de la agrupación de alimentación es capaz de transmitir de forma simultánea en los cuatro colores (dos polarizaciones y dos frecuencias). Cada color se filtra a nivel local por la compensación entre los elementos receptores al corte para, posteriormente, ser debidamente desfasado (o retrasado en el tiempo) y recombinado por los elementos al corte en transmisión. El desplazamiento de fase introducido es tal que permite convertir el frente  
15 de onda recibido en un nuevo frente de onda plano con un apuntamiento de haz distinto para cada color. De este modo, la dirección de radiación es independiente para cada uno de los cuatro colores de haz, y la antena es capaz de generar todos los haces necesarios con una sola apertura.

## 20 Tercera realización

Esta tercera realización, o aplicación de la presente invención, comprende una antena multihaz basada en una o más agrupaciones de alimentación que iluminan una o varias agrupaciones de reflexión -reflectarrays- compuestas de elementos radiantes, los mismos que componen los elementos entrelazados al corte.

25

En esta configuración, como puede verse en la **figura 7a**, la agrupación (array) se usa como un espejo en el sentido de que los haces incidentes son reflejados por la estructura. Para un espejado normal, la dirección de reflexión seguiría la ley de Snell, pero en una agrupación en reflexión como la propuesta en esta tercera realización, la dirección de los  
30 haces reflejados puede ajustarse seleccionando de forma adecuada el valor de los desfásadores (75) conectados a los corto-circuitos.

Esta realización, representada de forma esquemática en la **figura 7a**, incluye un array de alimentación (74) y otro de reflexión (72). Los elementos radiantes de la configuración de  
35 alimentación están diseñados de manera que son capaces de iluminar con eficacia la apertura de la agrupación en reflexión. La apertura del array en reflexión está compuesta por

los elementos al corte organizados en elementos radiantes de la celda elemental. Los puertos de los elementos radiantes al corte están conectados a los desfases -líneas de retardo- terminados en cortocircuito, tal y como puede verse en la **figura 7b**.

5 Cada elemento de la agrupación de alimentación es capaz de transmitir de forma simultánea en los cuatro colores (dos polarizaciones y dos frecuencias). Cada color se filtra a nivel local, en recepción, por los elementos radiantes al corte, debidamente desfasados (o retardados en el tiempo) después de la reflexión, y son debidamente recombinados por los elementos al corte en transmisión. El desplazamiento de fase introducido es aquel necesario para  
10 convertir el frente de onda recibido en otro frente de onda plano con un apuntamiento de haz distinto para cada color diferente. También en este caso la dirección de radiación es independiente para cada uno de los cuatro colores, y la antena es capaz de generar todos los haces con una sola apertura.

15 En las realizaciones presentadas anteriormente a modo de ejemplo, se han considerado dos polarizaciones lineales. Sin embargo, la extensión a una polarización circular se podría obtener fácilmente para las tres aplicaciones propuestas mediante la introducción de acopladores híbridos (3-dB) de 90° en la celda elemental de los elementos radiantes, tal y como se describe a continuación para cada una de las realizaciones:

20

- En la primera realización, parejas de elementos radiantes al corte que operan a una misma frecuencia y con polarizaciones lineales ortogonales están conectados a la salida del acoplador híbrido a 3 dB que tiene como entrada dos señales polarizadas circularmente a la misma frecuencia.

25

- En la segunda aplicación, se supone que la agrupación de alimentación ilumina a la agrupación en recepción con señales linealmente polarizadas y multiplexadas en frecuencia. Los elementos al corte de la primera agrupación o agrupación trasera reciben señales independientemente en una única polarización lineal y  
30 frecuencia. Después de elegir la fase apropiada, la señal alimenta un acoplador híbrido de 3 dB cuyas salidas están conectadas a parejas de elementos radiantes al corte de la segunda agrupación o agrupación frontal que funciona a la misma frecuencia y con polarizaciones lineales ortogonales, generando así un campo polarizado circularmente. De esta manera, en el caso de ejemplo de diseño con  
35 una reutilización de cuatro colores en frecuencia/polarización, la agrupación en

transmisión genera cuatro polarizaciones circulares a partir de las cuatro polarizaciones lineales de entrada al sistema.

- 5
- En la tercera aplicación, se supone que la agrupación de alimentación ilumina a la agrupación en reflexión con señales polarizadas circularmente y multiplexadas en frecuencia. Las parejas de elementos radiantes al corte que operan a la misma frecuencia y con polarizaciones lineales ortogonales, están conectadas a un acoplador híbrido a 3 dB cuyas salidas son dos señales ortogonales con polarización circular. Se añade un desfasador de fase diferente a las dos salidas.
- 10
- Vía reflexión, las dos señales pasan de nuevo a través de los desfasadores de fase y entran al acoplador a 3 dB desde la dirección opuesta, generando de este modo los campos ortogonalmente polarizados con el desfase necesario.

15

En las realizaciones presentadas anteriormente a modo de ejemplo, se ha considerado un esquema de reutilización de cuatro colores en frecuencia/polarización con frecuencias contiguas. En particular, las frecuencias consideradas son ambas en transmisión o recepción, pero en una configuración híbrida transmisión/recepción, usando como ejemplo una configuración con dos bandas de frecuencia Ka y estando una centrada en 20 GHz y la otra centrada a 30 GHz, los radiadores al corte adyacentes de una misma celda elemental

20

estarían considerablemente separados en frecuencia, de modo que las interacciones electromagnéticas se verían considerablemente reducidas y se mejoraría el comportamiento del sistema. A su vez, es posible usar la solución propuesta por la presente invención con más de cuatro colores de frecuencia/polarización empleando una misma celda elemental.

25

Por otro lado, además de las principales aplicaciones descritas anteriormente, la solución propuesta por la presente invención puede ser utilizada en configuraciones adicionales, como por ejemplo las que se indican a continuación:

- En la estructura básica del radiador mostrado en las figuras 2 y 3, la potencia de
- 30
- entrada se inyecta a los cuatro elementos radiantes elementales con una guía de onda coaxial, pero dicha descripción no tiene carácter limitativo y de hecho, se pueden emplear distintos tipos de alimentación mediante guía de onda. A modo de ejemplo ilustrativo, en otra de las realizaciones de la invención se emplea una estructura donde la guía de onda de entrada es una guía de tipo doble ridge, con
- 35
- una sección en forma de "H". En particular, la guía de onda de doble ridge -que también puede emplearse en las configuraciones de las agrupaciones o arrays de

transmisión y recepción- ayuda a una fabricación y ensamblado más simple de la antena completa. Además, la utilización de la guía de doble ridge como guía de entrada resulta en una estructura en la que sólo hay dos tipos de uniones entre guías de onda, es decir, la unión entre la guía de onda ridge y la guía vacía cuadrada, y la unión entre las cuatro aperturas al corte y el espacio libre. Esta solución constituye por tanto una simplificación significativa del esfuerzo de simulación electromagnética, lo que se traduce en una reducción del tiempo de diseño y coste de las soluciones propuestas.

5

10

- A diferencia de las estructuras anteriores, donde el radiador siempre se ha referido a agrupaciones periódicas infinitas o muy grandes, la **figura 23** muestra una posible configuración en la que se emplea una única celda radiante elemental, con cuatro elementos radiantes, a modo de bloque básico de construcción para una bocina de cuatro colores, en guía rectangular (230) o circular (231).

15

20

- La estructura básica del radiador, mostrada en las realizaciones anteriores, se ha empleado generalmente como una agrupación periódica infinita (o grande) compuesta de estructuras metálicas de guía de onda. Sin embargo, el mismo concepto básico se puede implementar usando circuitos impresos multicapa (240) (PCB), tal y como se muestra en la **figura 24**. La estructura mostrada en la figura 24 describe una agrupación o array de radiación directa equivalente a la estructura original mostrada en las figuras 2 y 3. Por tanto, de manera similar a lo descrito acerca de la estructura original de las figuras 2 y 3, la estructura básica de la figura 24 también se puede modificar para convertirse en una agrupación/array del tipo reflector o "reflectarray" y transmisor "o transmitarray". Además, aunque la estructura de la figura 24 sólo utiliza PCBs apilados, también se contempla la posibilidad de utilizar una combinación que integre capas de guías metálicas con PCBs apilados.

25

30

Algunas realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes que se incluyen seguidamente.

35

En este texto, la palabra "comprende" y sus variantes (como "comprendiendo", etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos, etc.

La descripción y los dibujos simplemente ilustran los principios de la invención. Por lo tanto, debe apreciarse que los expertos en la técnica podrán concebir varias disposiciones que, aunque no se hayan descrito o mostrado explícitamente en este documento, representan los principios de la invención y están incluidas dentro de su alcance. Además, todos los  
5 ejemplos descritos en este documento se proporcionan principalmente por motivos pedagógicos para ayudar al lector a entender los principios de la invención y los conceptos aportados por el (los) inventor(es) para mejorar la técnica, y deben considerarse como no limitativos con respecto a tales ejemplos y condiciones descritos de manera específica. Además, todo lo expuesto en este documento relacionado con los principios, aspectos y  
10 realizaciones de la invención, así como los ejemplos específicos de los mismos, abarcan equivalencias de los mismos.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas, los expertos en la técnica deben entender que los anteriores y diversos otros cambios,  
15 omisiones y adiciones en la forma y el detalle de las mismas pueden realizarse sin apartarse del alcance de la invención tal como se definen mediante las siguientes reivindicaciones.

20

25

30

35

## REIVINDICACIONES

- 1.- Celda radiante para una antena multihaz que comprende cuatro elementos radiantes entrelazados entre sí y con sus ejes longitudinales en paralelo, de forma que la celda radiante tiene una sección transversal cuadrada y donde cada uno de los cuatro elementos radiantes se dispone rotado 90° respecto a su eje longitudinal en relación a sus dos elementos radiantes contiguos, donde cada uno de los elementos radiantes comprende:
- un puerto, dispuesto en un extremo libre del elemento radiante, configurado para recibir una señal de entrada;
  - un primer tramo de guía de onda que conecta el puerto con un primer resonador;
  - un primer resonador en guía de onda con doble ridge, dispuesto a continuación del primer tramo de guía de onda conectado al puerto;
  - un segundo tramo de guía onda con sección transversal cuadrada, dispuesto a continuación del primer resonador en guía de onda con doble ridge;
  - un segundo resonador en guía de onda con doble ridge, dispuesto a continuación del segundo tramo de guía de onda de sección transversal cuadrada;
  - un tercer tramo de guía onda con sección transversal cuadrada, dispuesto entre el segundo resonador en guía de onda con doble ridge y una apertura de radiación;
- donde cada uno de los elementos radiantes está configurado para operar señales con una determinada banda de frecuencias y una determinada polarización;
- y donde el primer tramo de guía de onda de los elementos radiantes se selecciona entre una guía de onda coaxial con sección transversal cuadrada y una guía de onda tipo doble ridge.
- 2.- Celda radiante de acuerdo a la reivindicación 1, donde los 4 elementos radiantes están configurados para operar señales de 4 colores diferentes, un color por cada elemento radiante, donde cada color está formado por la combinación de una frecuencia seleccionada entre dos frecuencias diferentes y una polarización seleccionada entre dos polarizaciones diferentes, donde dichas señales son ortogonales en frecuencia y en respuesta de polarización.
- 3.- Bocina para alimentar una antena multihaz, donde la bocina comprende al menos una celda radiante de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

- 4.- Sistema que comprende una primera pluralidad de celdas radiantes de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-2, dispuestas en una estructura de rejilla, donde la disposición comprende una única apertura de radiación igual a la suma de las aperturas de radiación de los elementos radiantes de las celdas radiantes de la disposición.
- 5 **5.-** Sistema de acuerdo a la reivindicación 4 que además comprende una red de distribución de señales conectada a la estructura de rejilla, donde dicha red de distribución está configurada para proporcionar una señal de entrada con un cierto color al puerto del elemento radiante correspondiente.
- 10 **6.-** Sistema de acuerdo a la reivindicación 5, donde la estructura de rejilla comprende una pluralidad de agrupaciones de celdas radiantes, donde cada una de las agrupaciones comprende unas interconexiones entre los elementos radiantes que operan con el mismo color de las celdas radiantes de la agrupación, de forma que cada agrupación conforma un haz asociado a un color, con un centro de fase desfasado  $L/2$  respecto al centro de fase de la agrupación de celdas radiantes homóloga contigua, donde  $L$  es la dimensión de la
- 15 agrupación.
- 7.-** Sistema de acuerdo a la reivindicación 5, donde la estructura de rejilla comprende una pluralidad de agrupaciones de celdas radiantes, donde cada una de las agrupaciones comprende unas interconexiones entre los elementos radiantes que operan con el mismo color de las celdas radiantes de la agrupación, de forma que cada agrupación conforma un
- 20 haz asociado a un color, con un centro de fase desfasado respecto al centro de fase de la agrupación de celdas radiantes homóloga contigua de forma que los centros de fase quedan dispuestos según una estructura triangular
- 8.-** Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6-7 que además comprende un elemento reflector parabólico configurado para reflejar los haces
- 25 conformados por las agrupaciones de celdas radiantes.
- 9.-** Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 4-8, donde una o más celdas radiantes de la pluralidad de celdas radiantes dispuestas en la estructura de rejilla tiene un grado de reutilización igual a 4, donde el grado de reutilización de una celda radiante está asociado con el número de haces de los que participa en su conformación.
- 30 **10.-** Sistema de acuerdo a cualquier de las reivindicaciones 4-9 que comprende una segunda pluralidad de celdas radiantes idéntica a la primera pluralidad, dispuesta de forma consecutiva a la primera pluralidad en un plano paralelo, que además comprende una pluralidad de desfases que interconectan cada elemento radiante de las celdas

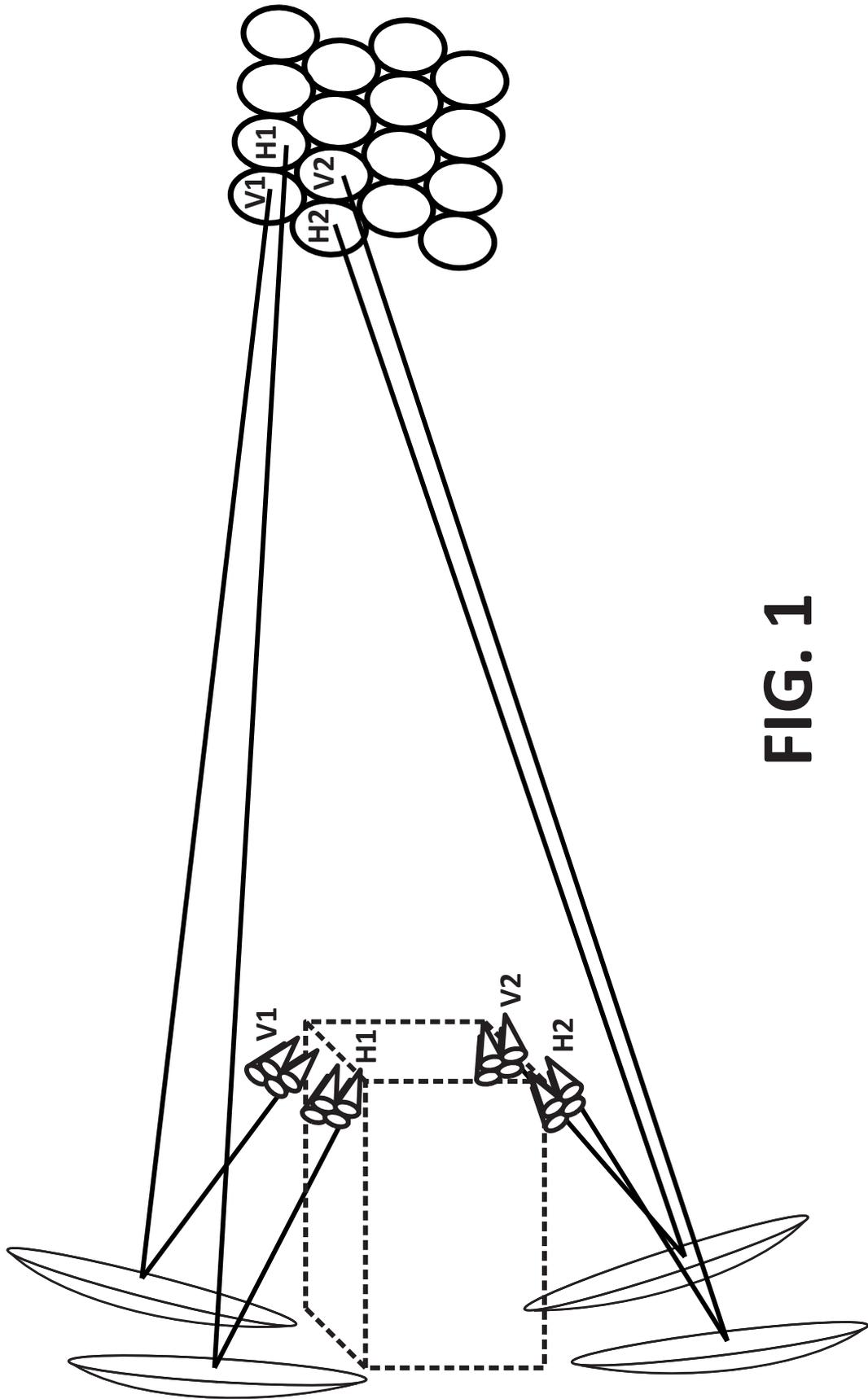
radiantes de la primera pluralidad de celdas radiantes con un elemento radiante homólogo de la segunda pluralidad de celdas radiantes.

5 **11.-** Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 4-9 que además comprende una pluralidad de desfasadores, donde cada desfasador de la pluralidad de desfasadores está conectado por un extremo a un elemento radiante de una celda radiante de la primera pluralidad de celdas radiantes y por el extremo opuesto está conectado a un cortocircuito.

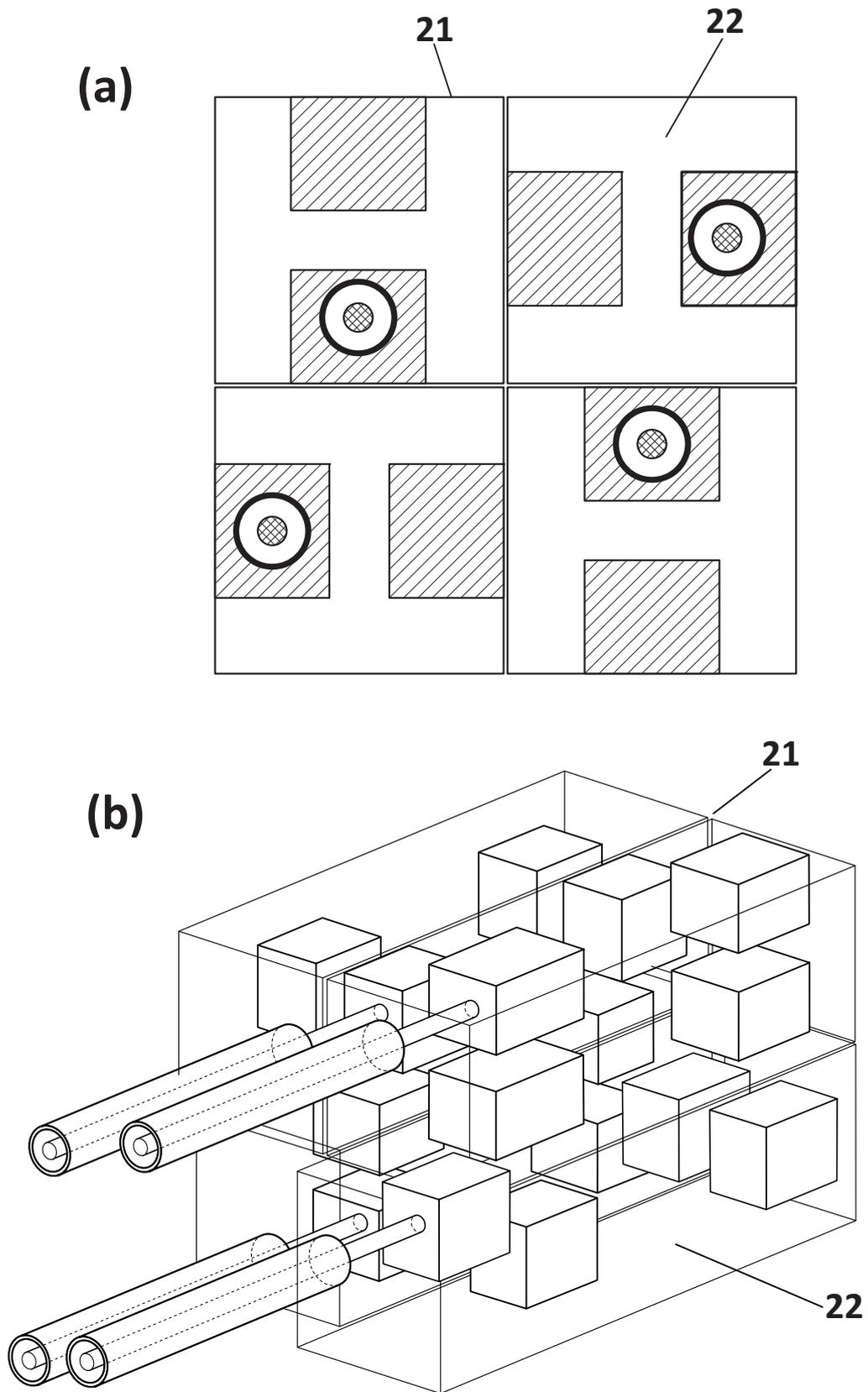
**12.-** Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 4-11, donde las celdas radiantes de la primera pluralidad de celdas radiantes comprenden al menos un acoplador híbrido de 90° configurado para operar con polarizaciones circulares.

10 **13.-** Sistema de acuerdo a cualquier de las reivindicaciones 4-12, donde el sistema está configurado para operar con una primera pluralidad de bandas frecuencias de transmisión y una segunda pluralidad de bandas de frecuencias de recepción.

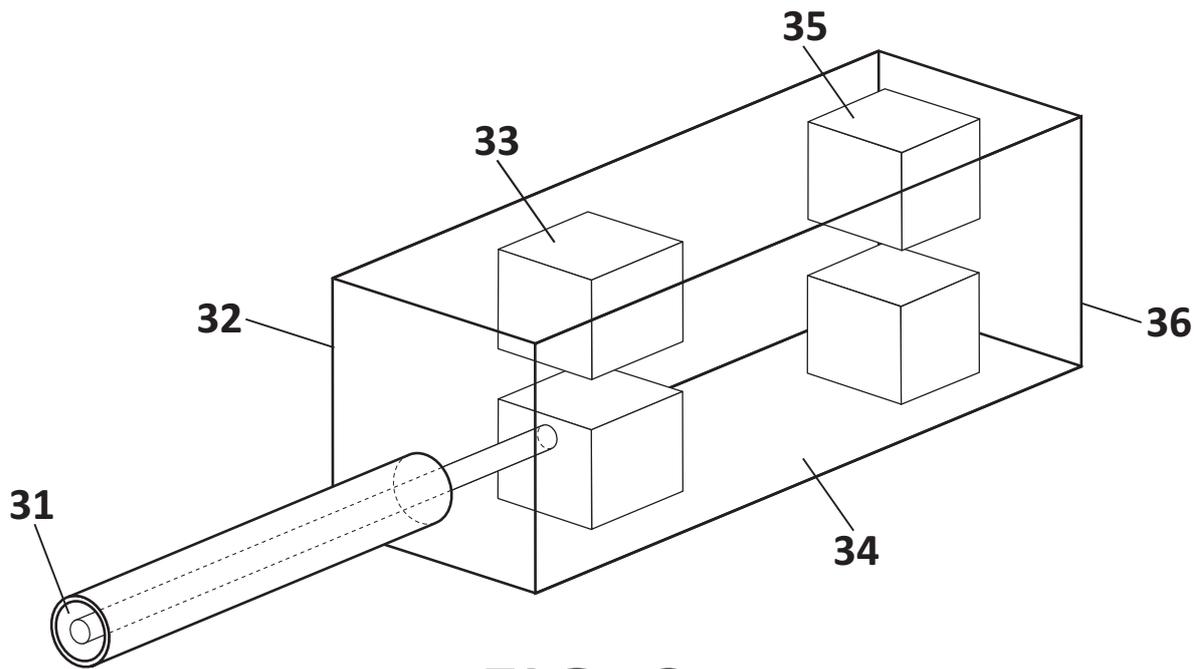
15 **14.-** Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 4-13 que comprende una pluralidad de circuitos impresos, donde cada uno de los circuitos impresos está implementado con una funcionalidad idéntica a la de una celda radiante.



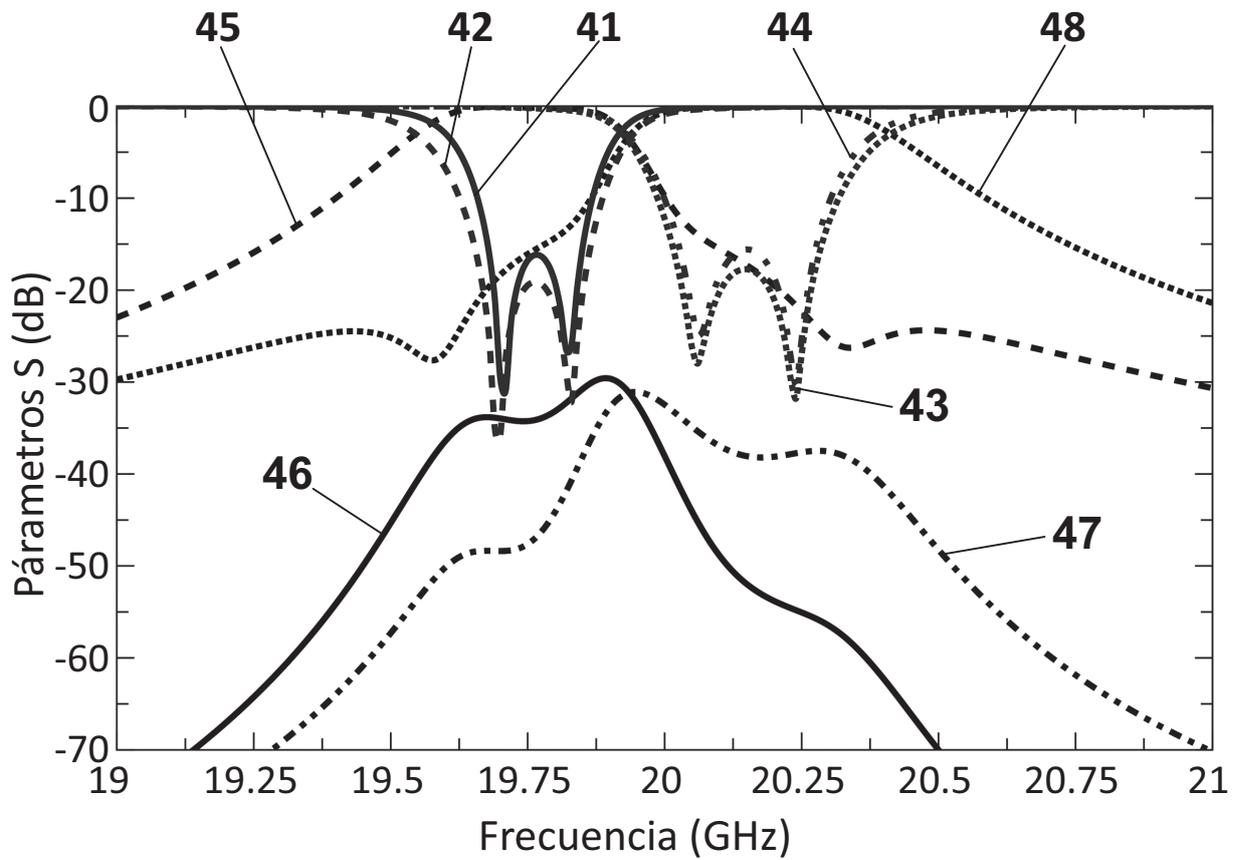
**FIG. 1**



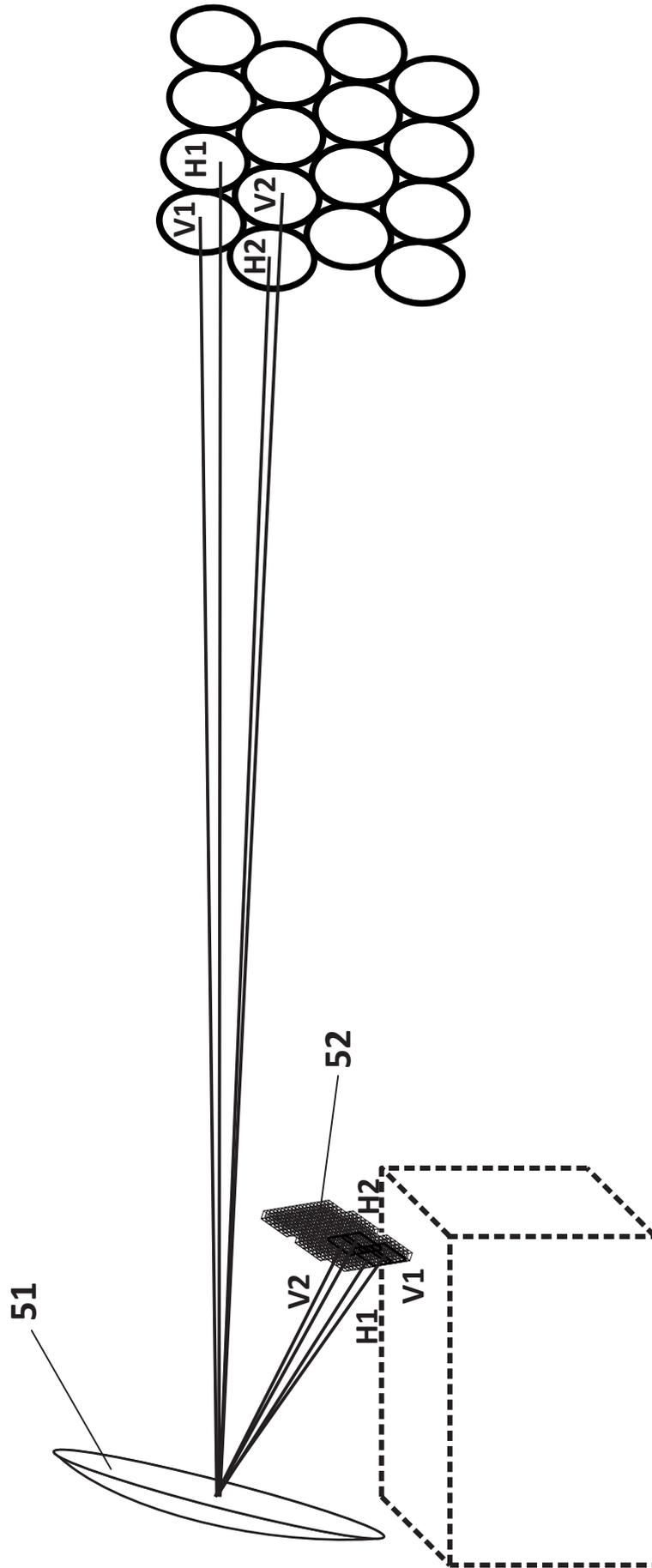
**FIG. 2**



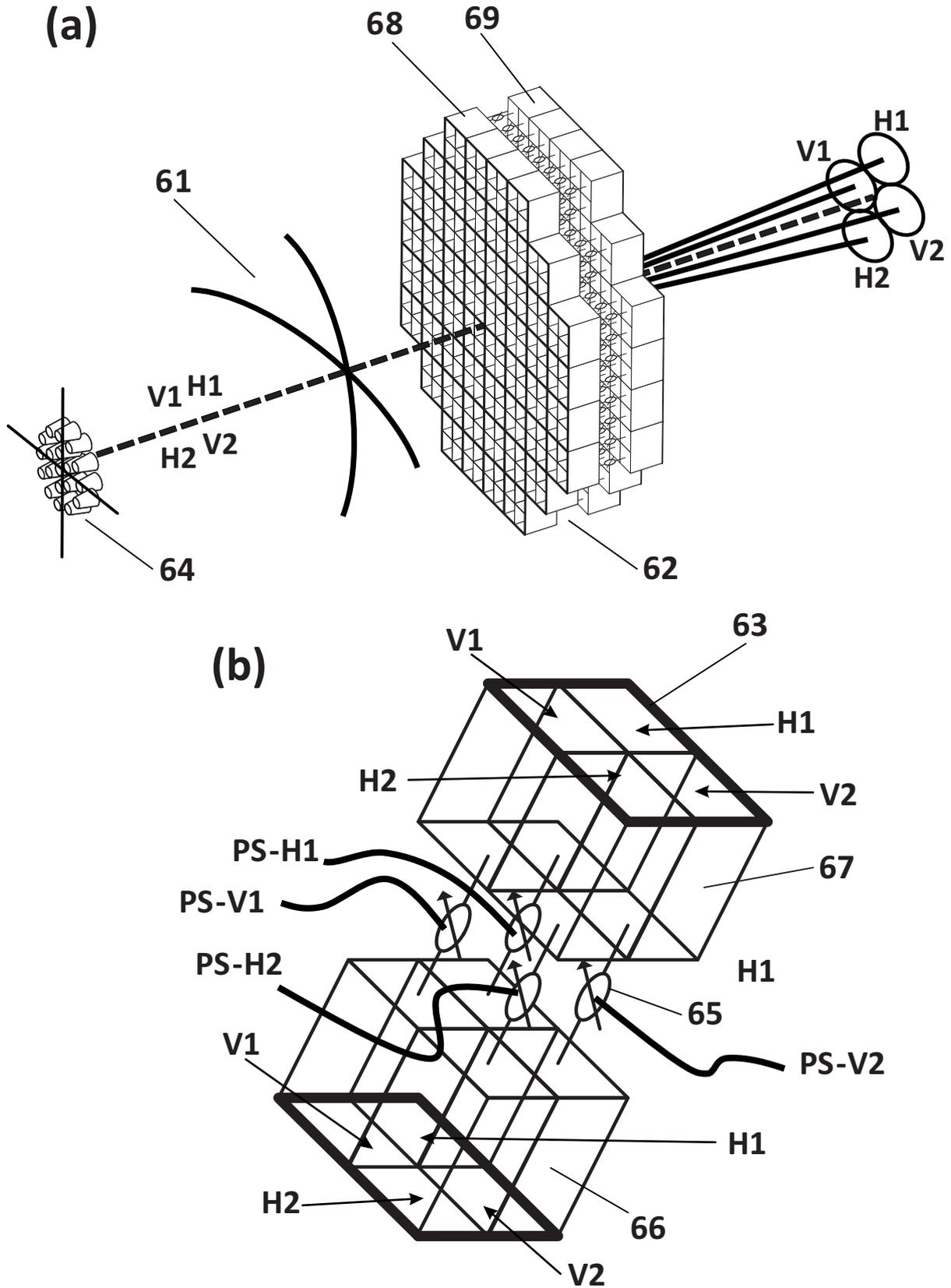
**FIG. 3**

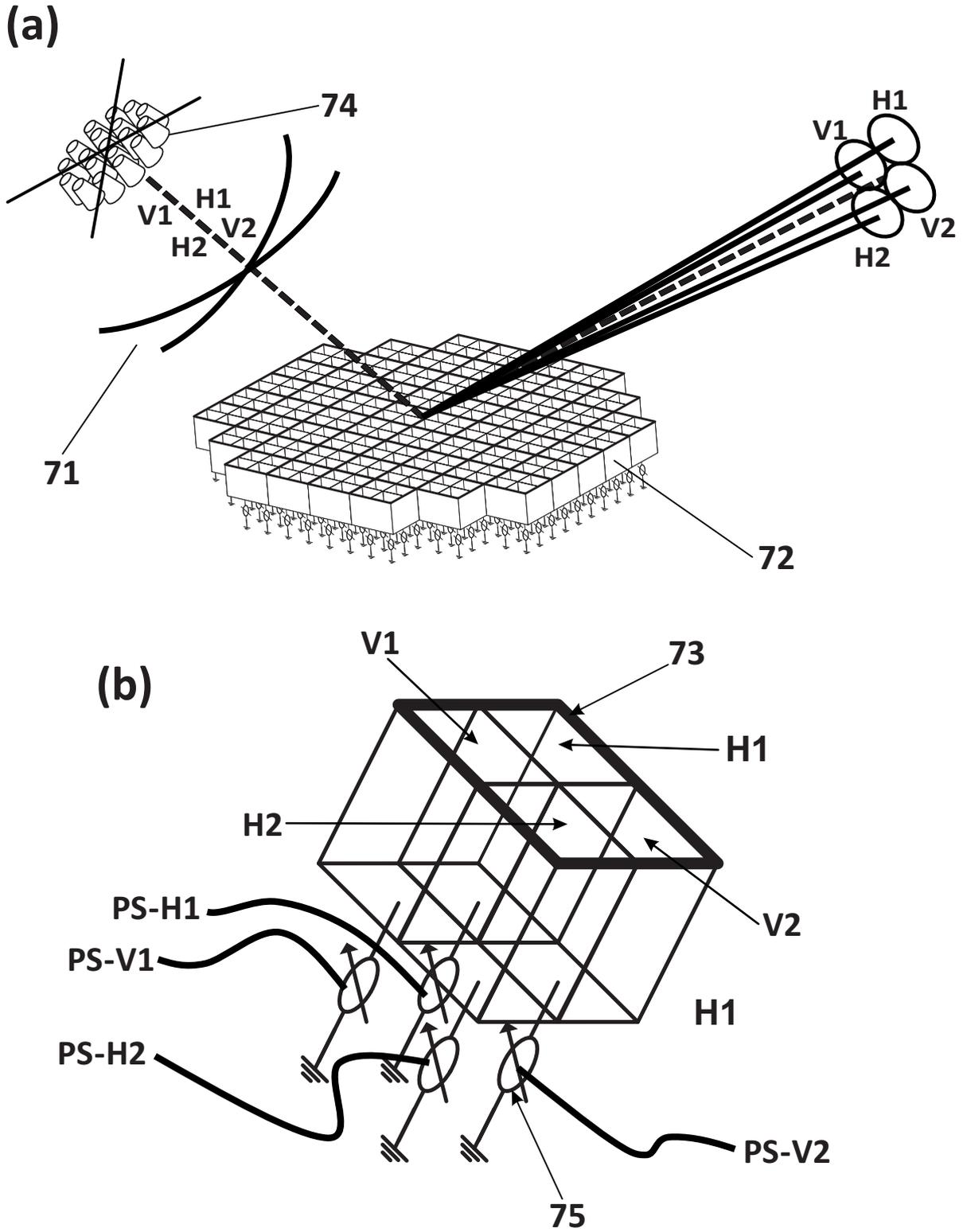


**FIG. 4**



**FIG. 5**





**FIG. 7**

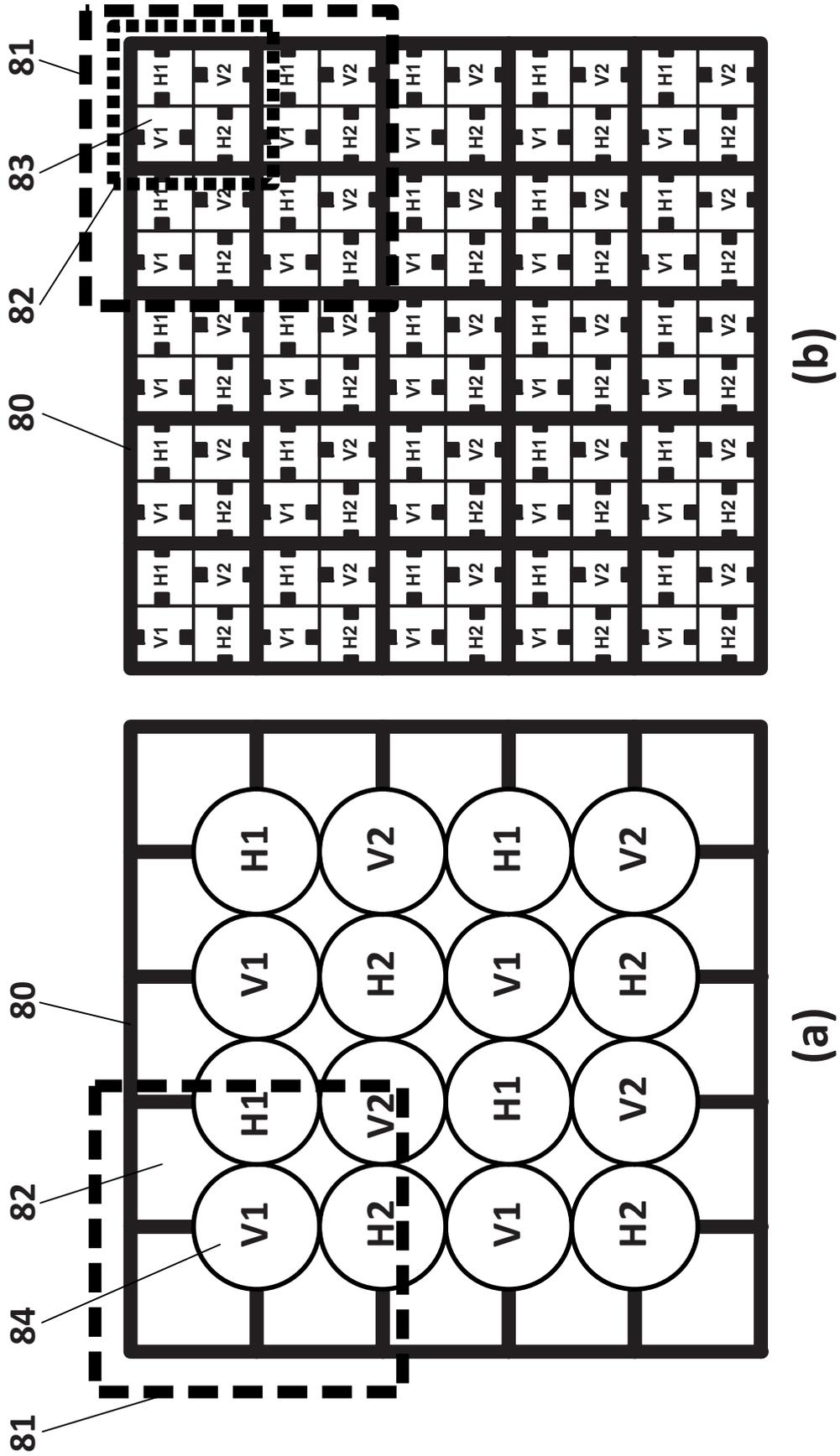
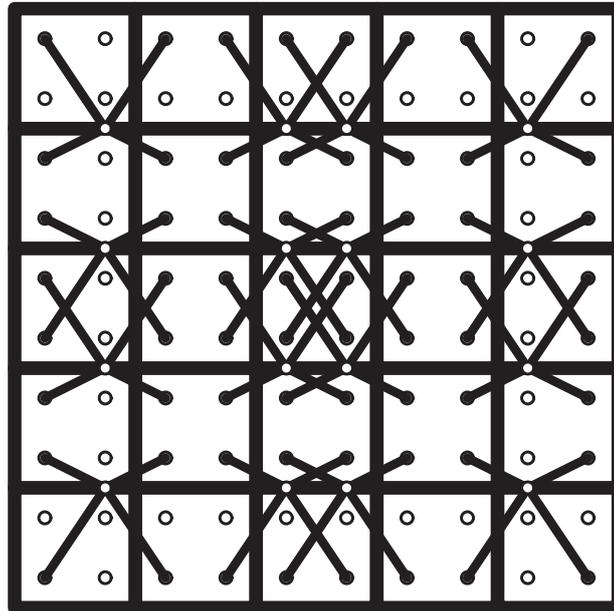
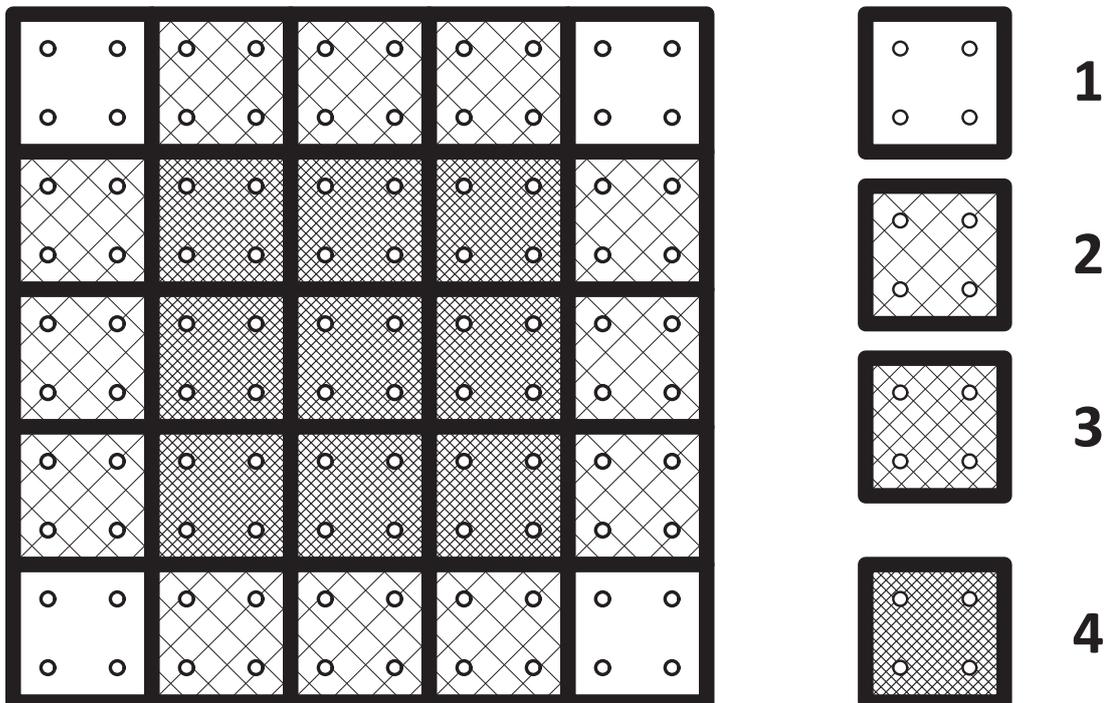


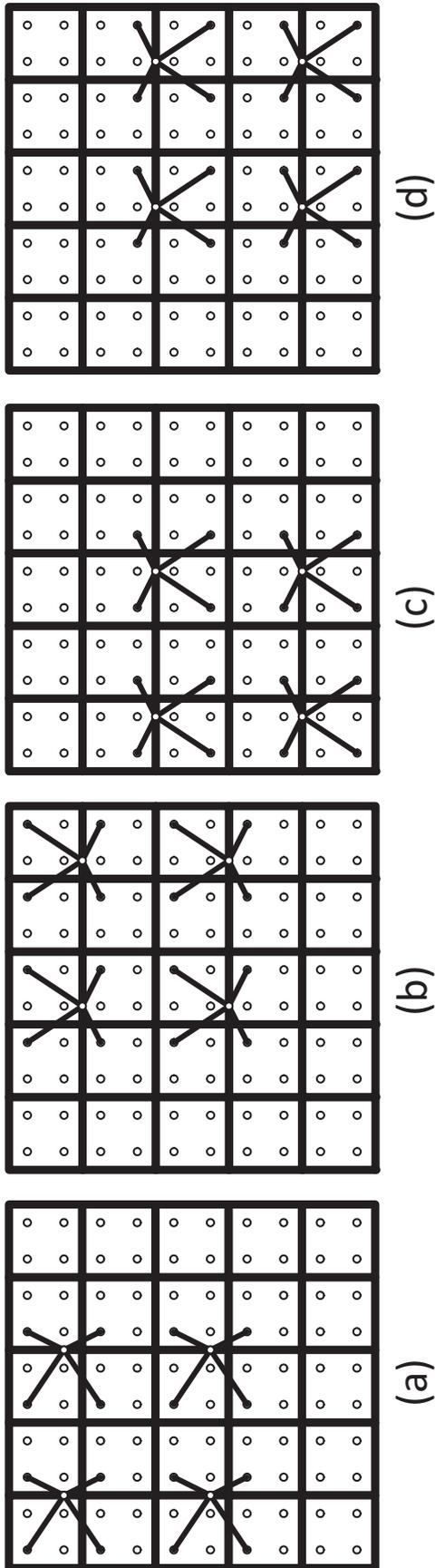
FIG. 8



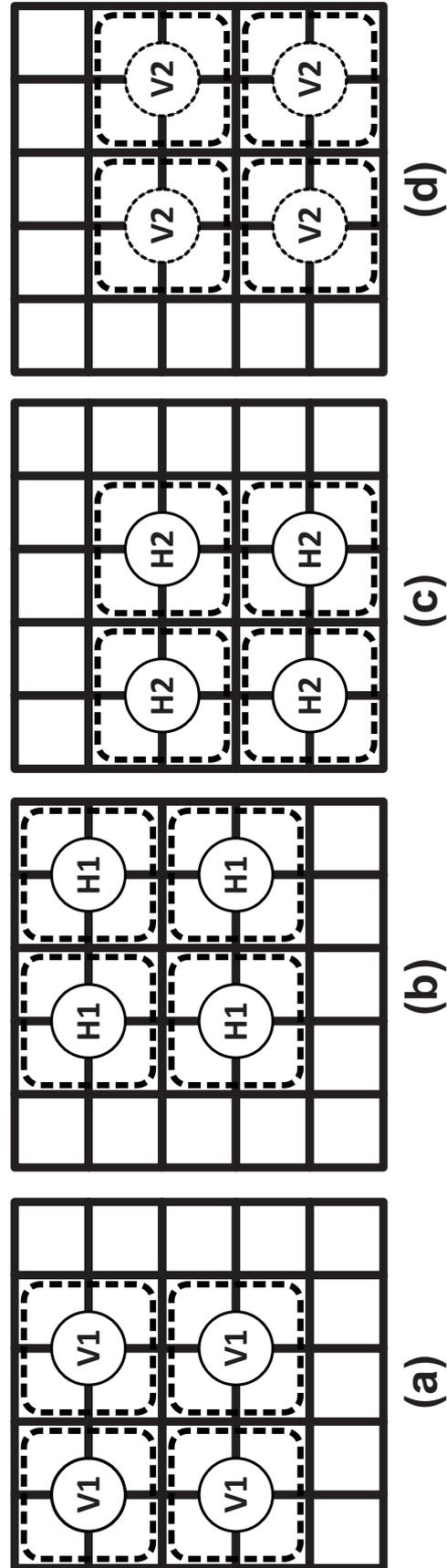
**FIG. 9**



**FIG. 10**



**FIG. 11**



**FIG. 12**

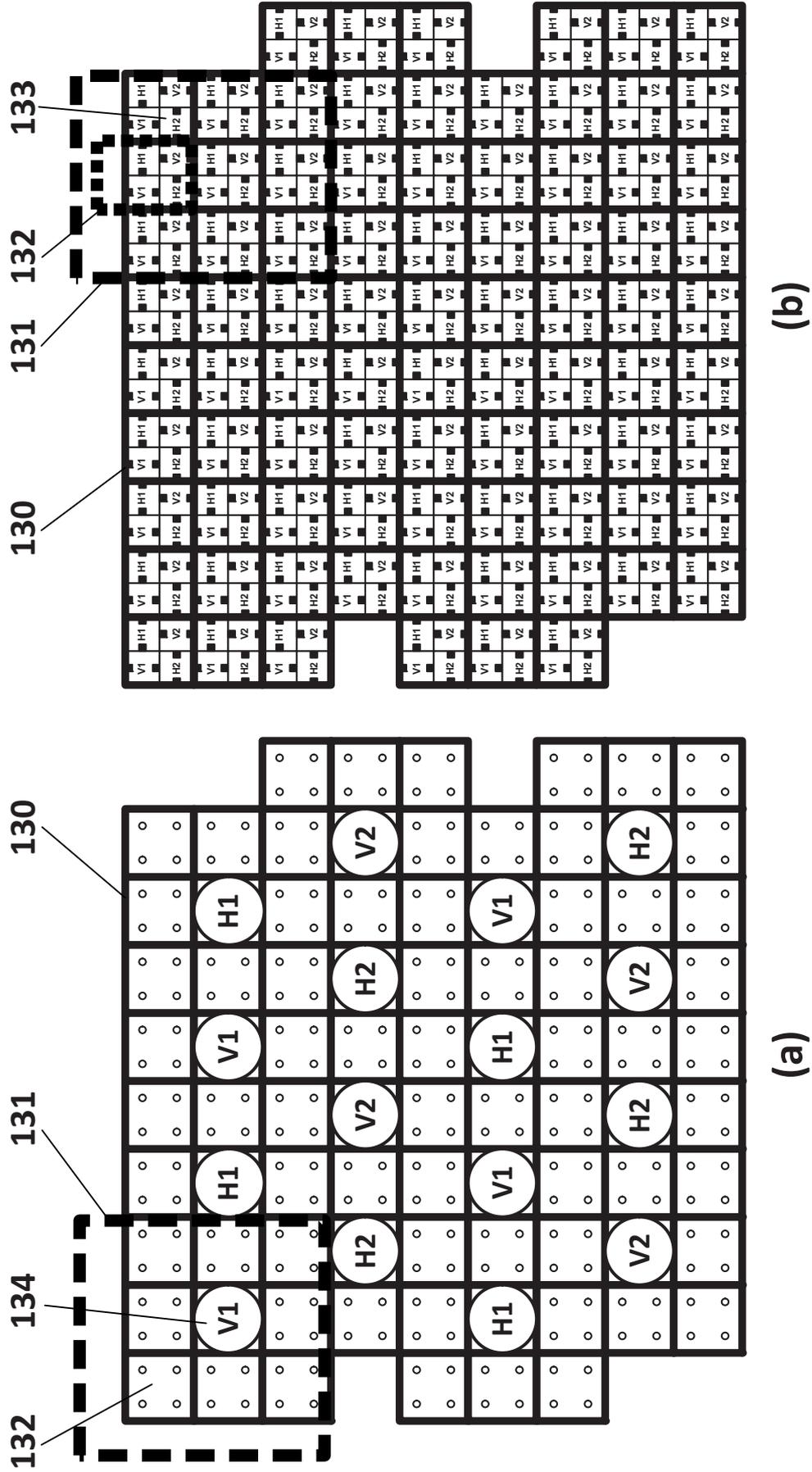
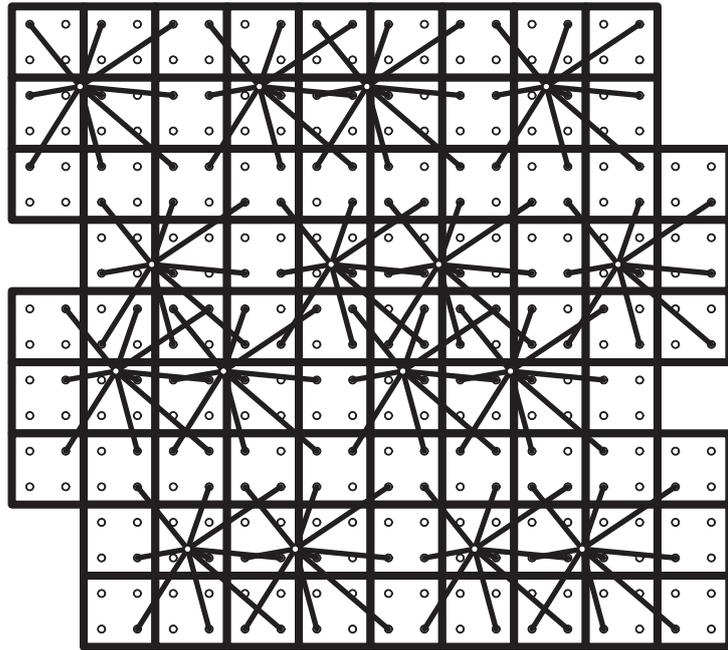
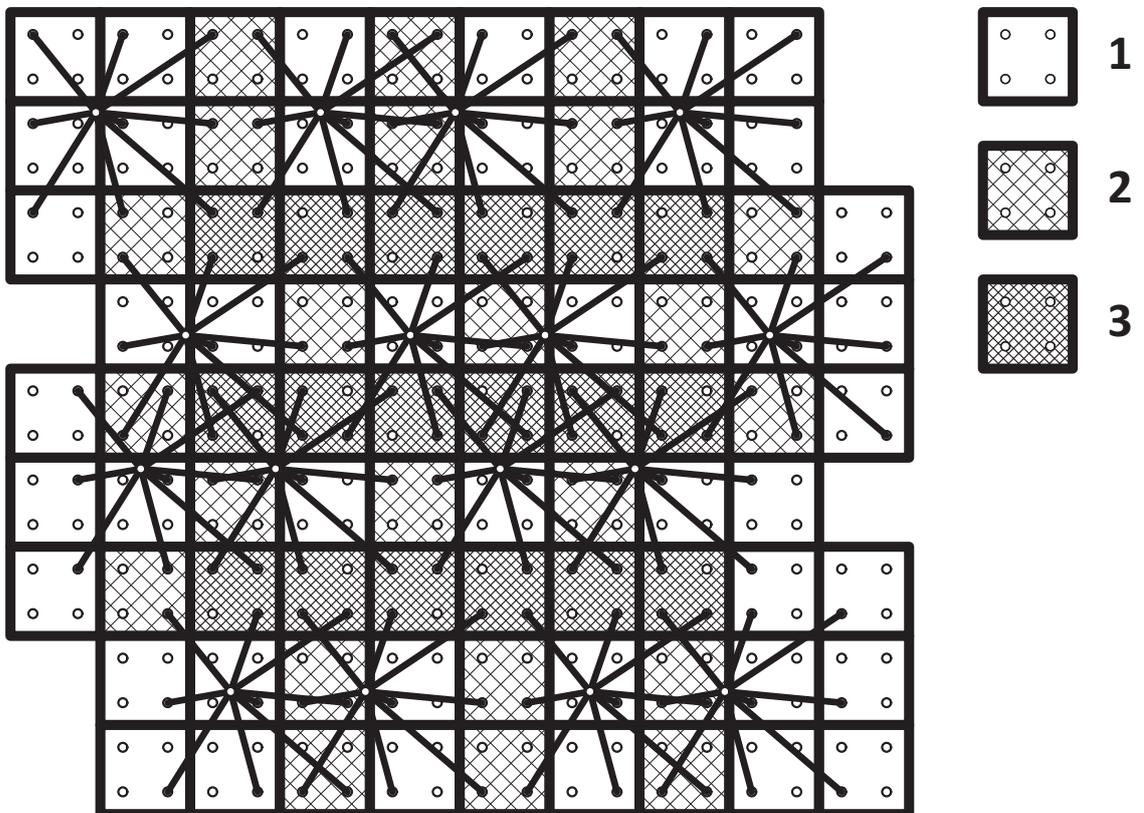


FIG. 13



**FIG. 14**



**FIG. 15**

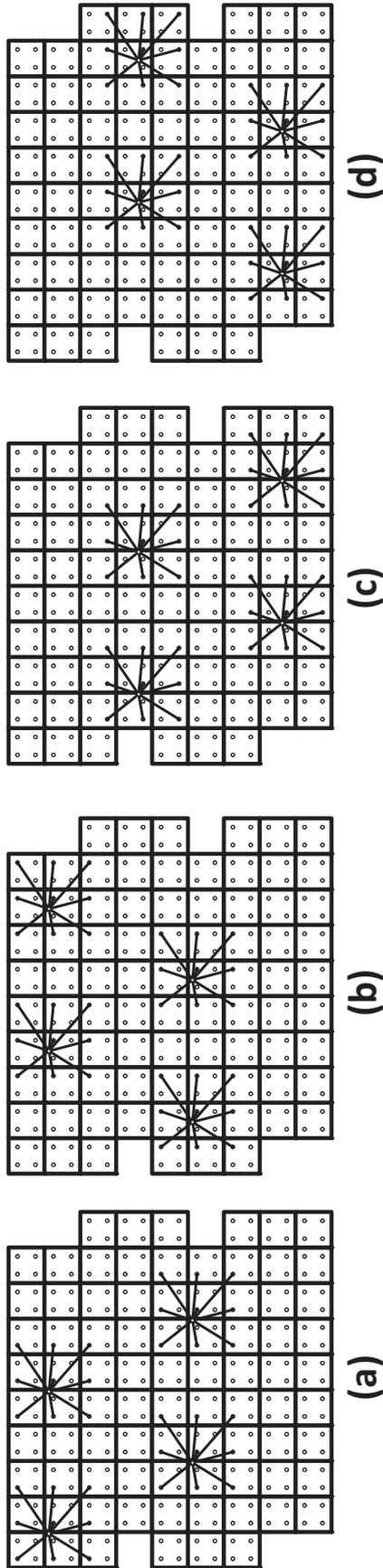


FIG. 16

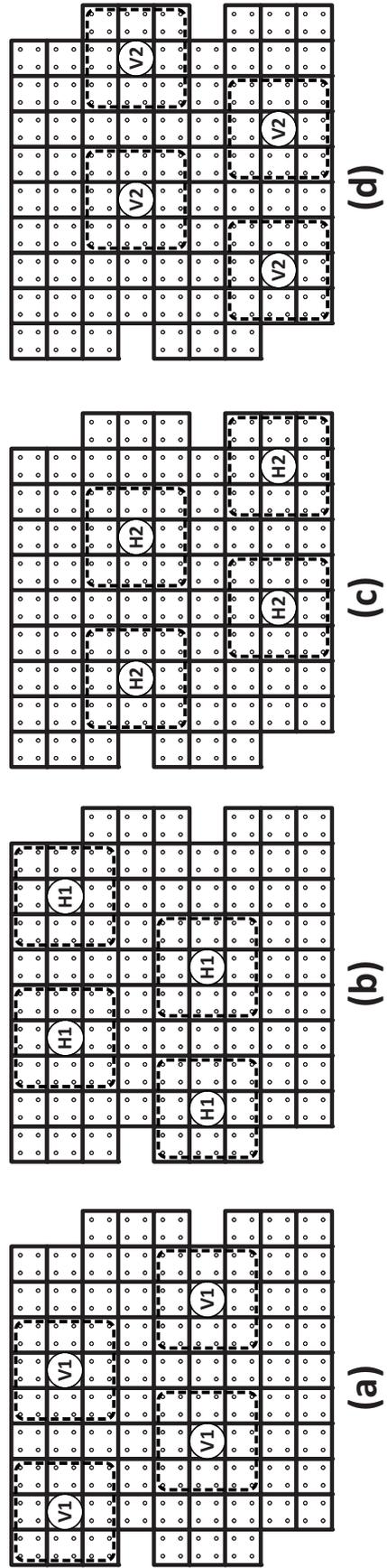


FIG. 17

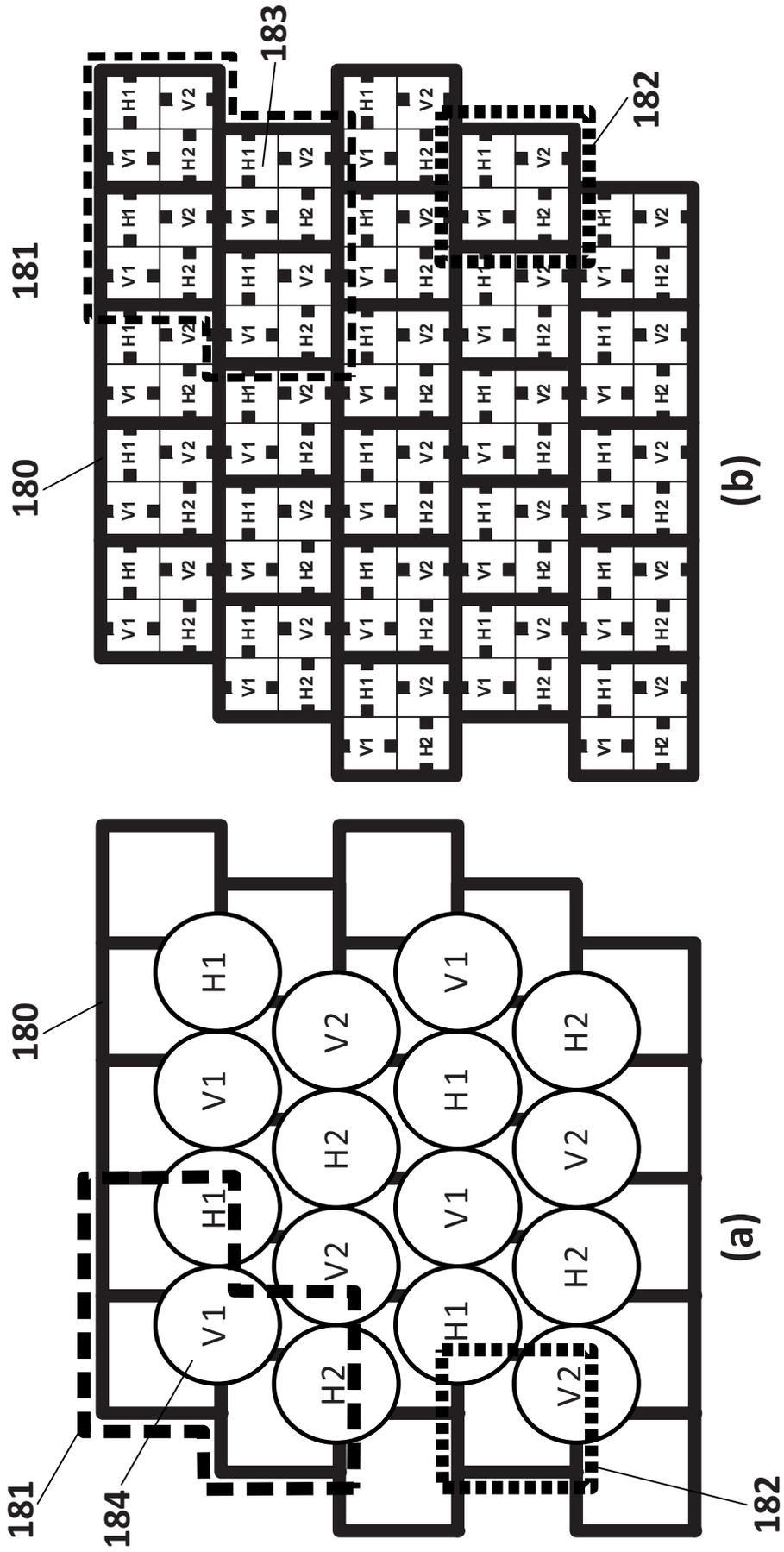


FIG. 18

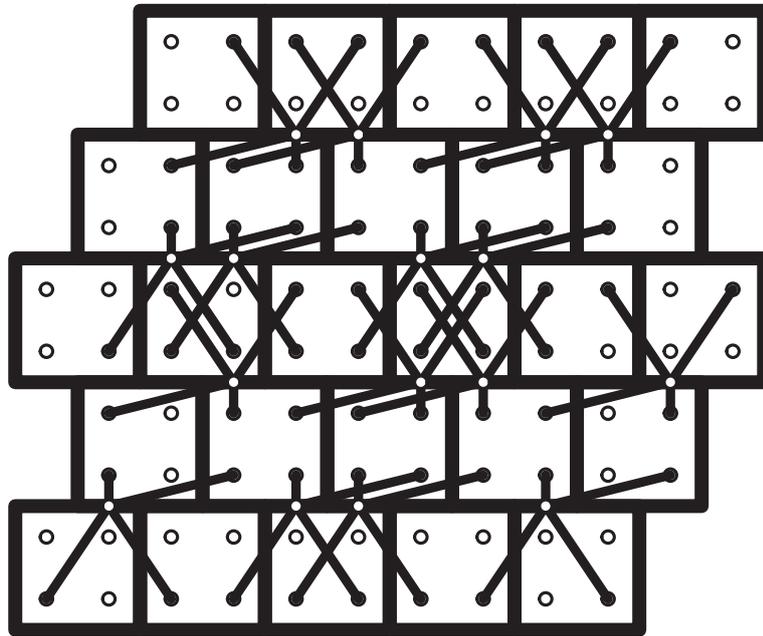


FIG. 19

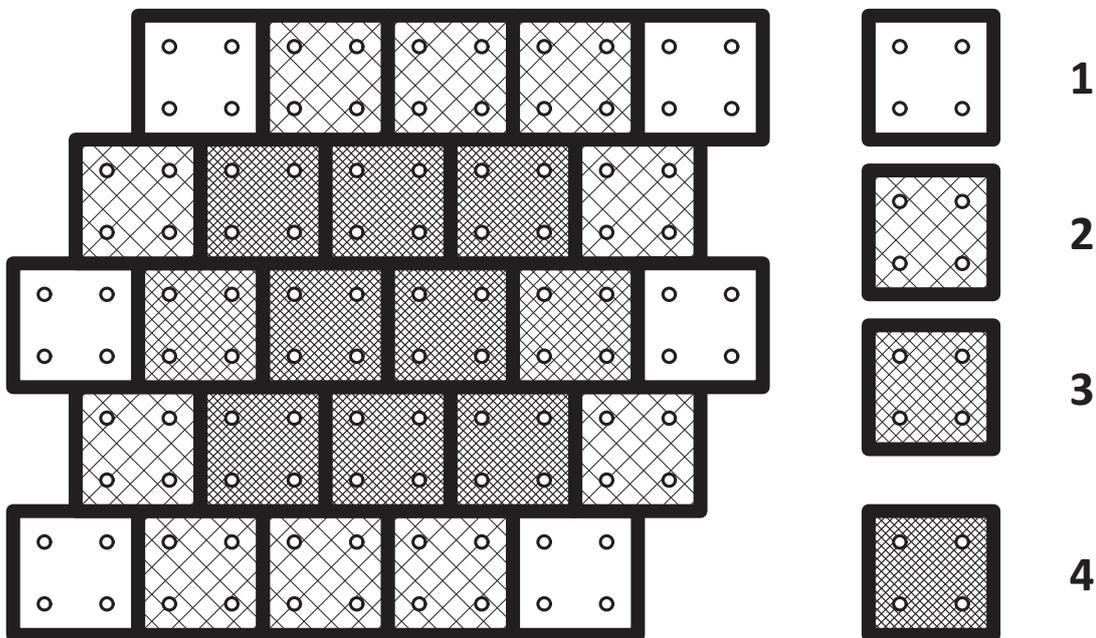


FIG. 20

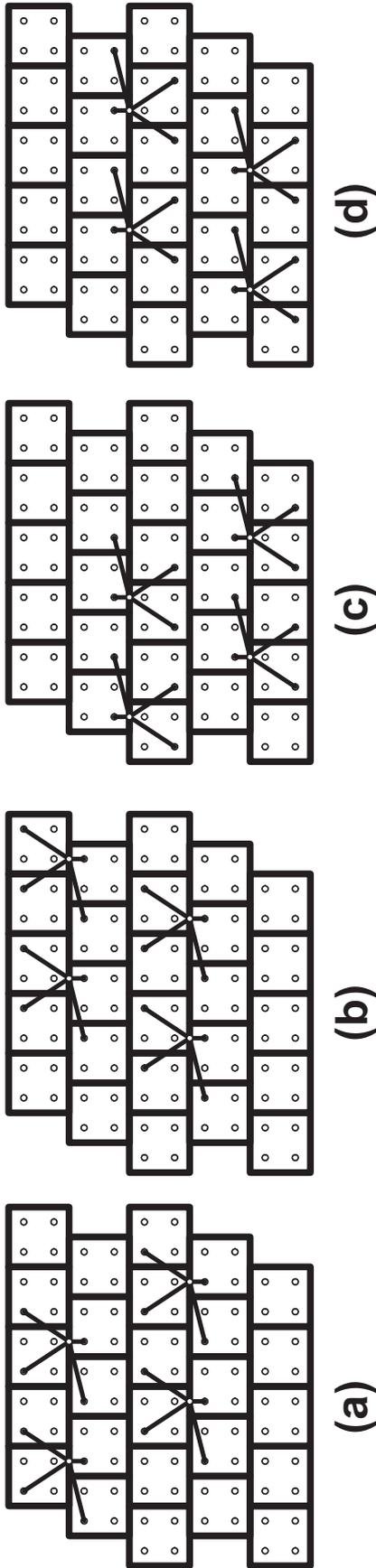


FIG. 21

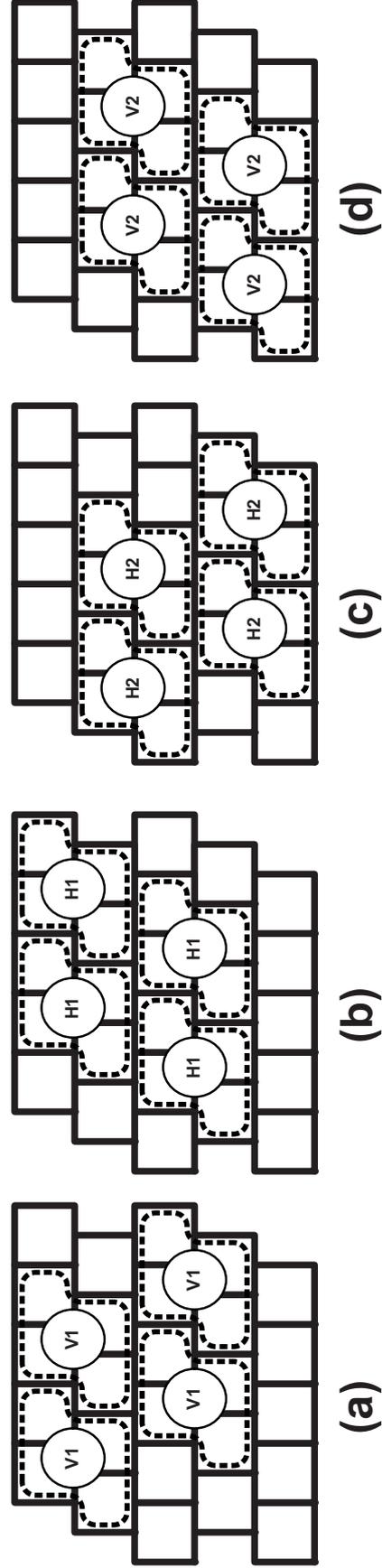
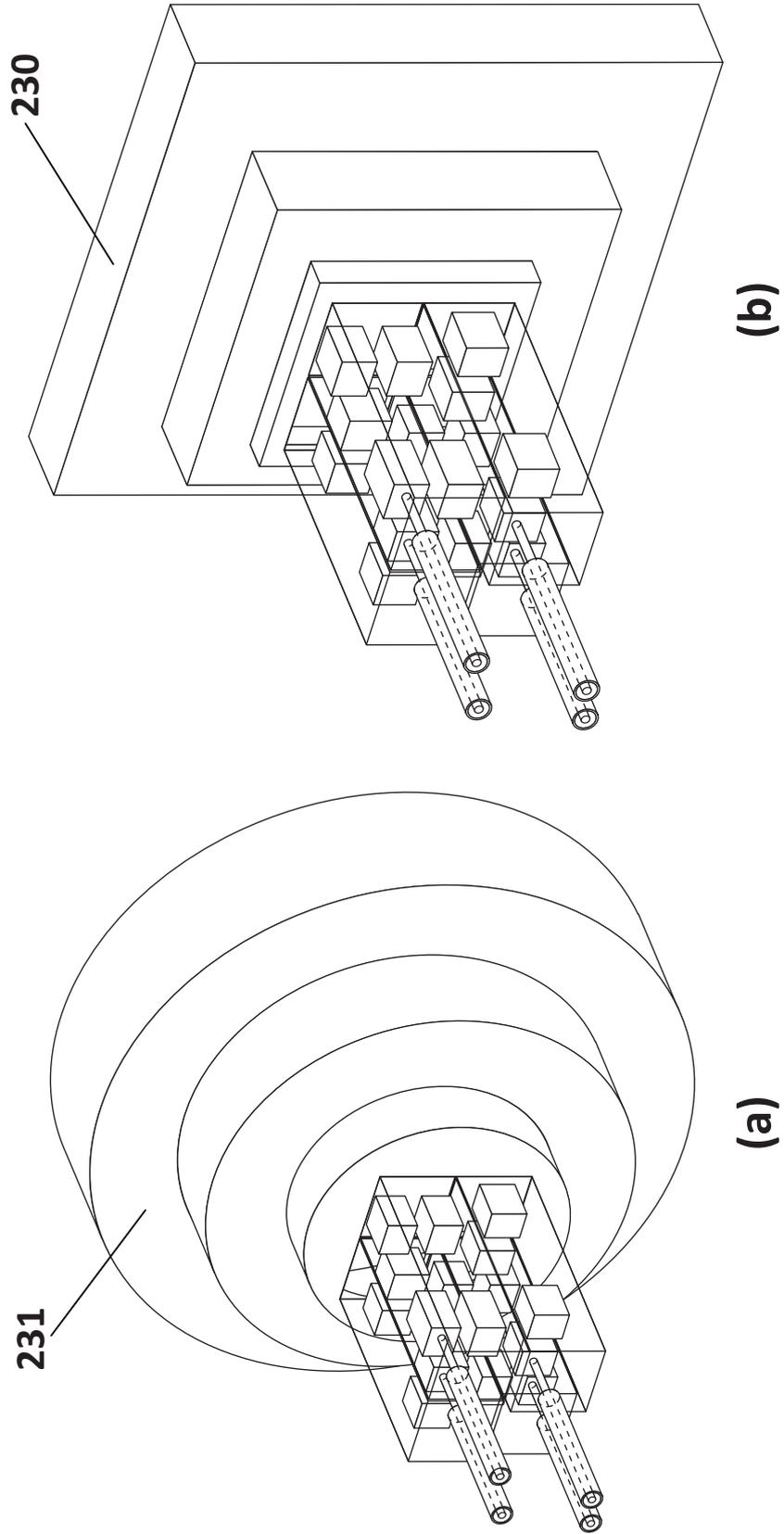
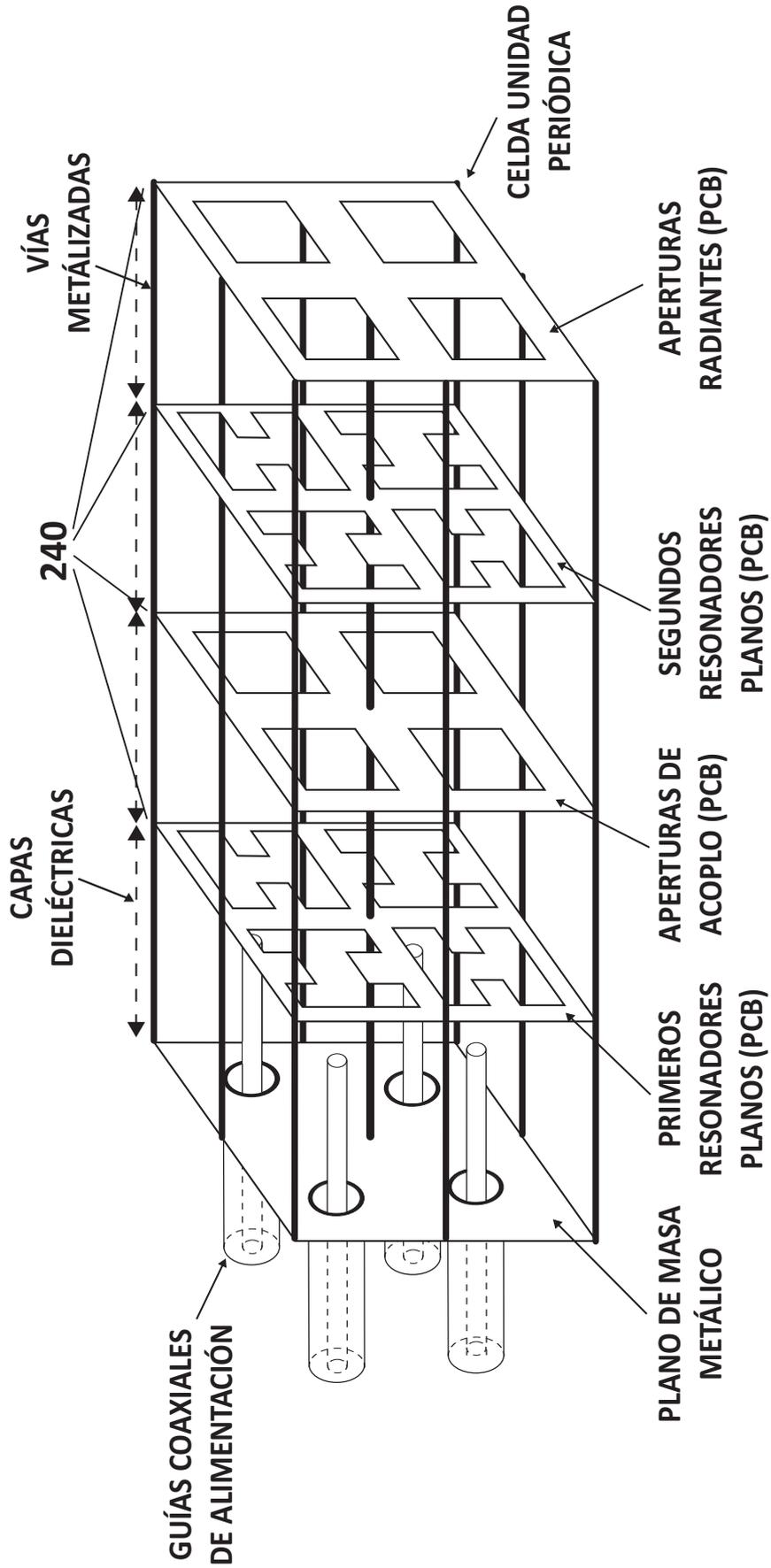


FIG. 22



**FIG. 23**



**FIG. 24**