

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 704**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/24 (2006.01)
F41H 13/00 (2006.01)
H01Q 3/30 (2006.01)
H01Q 21/20 (2006.01)
H01Q 1/32 (2006.01)
H01Q 9/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2019** **E 19201714 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021** **EP 3641056**

54 Título: **Fuente HPEM, vehículo y procedimiento**

30 Prioridad:

19.10.2018 DE 102018008381

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

27.12.2021

73 Titular/es:

DIEHL DEFENCE GMBH & CO. KG (100.0%)
Alte Nußdorfer Strasse 13
88662 Überlingen, DE

72 Inventor/es:

STARK, ROBERT y
HERTEL, MARTIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 887 704 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

Fuente HPEM, vehículo y procedimiento

5 La invención se refiere a una fuente HPEM (*High-Power Electro-Magnetics*, electromagnética de alta potencia) para emitir un pulso HPEM en una dirección de radiación deseada, a un vehículo con una fuente HPEM y a un procedimiento para emitir un pulso HPEM en una dirección de radiación deseada.

10 Se conoce una cobertura de 360° con fuentes HPEM utilizando una sola antena dipolo omnidireccional o una antena HPEM altamente direccional (por ejemplo, una antena de bocina) o un conjunto de antenas HPEM. En estos dos últimos casos, se requiere una plataforma giratoria mecánica/eléctrica para alinear la antena/el conjunto de antenas HPEM con el objetivo, seguir el objetivo e implementar una cobertura de 360° con la potencia/el alcance correspondiente. En el caso de los objetivos ágiles y de vuelo rápido, se requiere un pivotado "mecánico" hacia dentro correspondientemente rápido sobre el objetivo y un seguimiento ágil del objetivo con pares de giro elevados, especialmente a corta distancia.

15 El documento EP 3 217 188 A1 describe un radar secundario con supresión de lóbulos laterales para evitar la visualización de un falso objetivo, que comprende - un primer grupo de elementos radiantes, cuya superposición produce un patrón direccional que puede pivotar electrónicamente para emitir una señal de interrogación, - un segundo grupo de elementos radiantes, cuya superposición produce una señal de control para la supresión de lóbulos laterales, y en el que - los elementos radiantes del primer y del segundo grupo son los elementos radiantes de una antena común de disposición en fase.

20 El documento US 6 317 092 B1 se refiere a una antena de lente dieléctrica artificial que proporciona una antena de escaneo direccional de bajo coste con una amplificación relativamente alta. La antena utiliza una disposición de elementos parásitos dispuestos sobre un sustrato, formando los elementos una lente dieléctrica artificial que se excita por elementos conductores.

25 Además, el documento US 8 514 130 B1 se refiere al campo de la tecnología de antenas (por ejemplo, antenas multifunción) y, en particular, a sistemas y métodos para proporcionar una percepción espectral direccional a través de uno o varios nodos, teniendo cada nodo una única antena direccional.

30 El documento US 2018/058826 A1, que constituye el estado de la técnica más próximo, describe un procedimiento para dañar al menos un objetivo mediante radiación electromagnética acoplada dirigida y transmitida a al menos un objetivo desde un sistema de armas de microondas que genera potencia y energía electromagnética. El procedimiento comprende, entre otras cosas, la generación de potencia y energía electromagnética en forma de una pluralidad de impulsos de banda ancha y activados independientemente desde una disposición de bocinas HPM-TEM utilizando la antena Cassegrain.

35 Debido a la potencia limitada de un solo resonador HPEM/antena dipolo, el alcance es muy limitado. Esto significa que un solo dipolo con patrón de radiación omnidireccional (patrón dipolar), como los disponibles hasta ahora para una cobertura de 360°, sólo es adecuado en una medida muy limitada o no es adecuado en absoluto con respecto a los alcances efectivos requeridos. Las antenas de bocina o las disposiciones de antenas de largo alcance tienen un fuerte patrón direccional y se centran esencialmente en una dirección de radiación principal a lo largo de la normal de la abertura/superficie de la antena en un semiespacio. Por lo tanto, para implementar una cobertura de 360° con estos sistemas de antenas, la antena de bocina o la disposición de antenas se integran en una plataforma giratoria mecánica/eléctrica correspondiente. Con un peso total de las antenas HPEM o del sistema HPEM del orden de varios 100 kg y unas velocidades de giro necesarias de hasta varios 10 grados/s o más, esto supone unas exigencias extremadamente altas para la plataforma giratoria y el sistema global debido a los elevados pares de giro/aceleraciones necesarios. Para aplicaciones estacionarias o remotas (por ejemplo, en un remolque suficientemente estable), con suficiente disponibilidad de espacio de instalación/sitio y un peso total admisible correspondientemente alto, la cobertura de 360° puede implementarse bien con una plataforma giratoria correspondiente, aunque tales plataformas suelen ser muy complejas y caras. Además, estas plataformas giratorias deben estar protegidas y endurecidas contra la influencia de los impulsos HPEM, lo que también requiere un cierto esfuerzo.

El objetivo de la invención es mejorar el uso de HPEM.

40 El objetivo se alcanza mediante una fuente HPEM (*High-Power Electro-Magnetics*) según la reivindicación 1 para emitir un pulso HPEM en una dirección de radiación deseada. Las formas de realización preferidas o ventajosas de la invención así como otras categorías de la invención se obtienen a partir de las reivindicaciones adicionales, la siguiente descripción así como las figuras adjuntas.

45 La fuente incluye al menos tres antenas. Cada una de las antenas sirve para la emisión respectiva de una componente de pulso, es decir, de una componente del pulso HPEM que se generará mediante superposición de las componentes de pulso. Las antenas están colocadas en una posición relativa fija entre sí, en particular están montadas de manera

fija o inmóvil sobre una estructura de soporte. En cada caso al menos dos de las antenas forman un grupo. Existen al menos dos grupos de antenas, distinguiéndose los dos grupos en al menos una antena. En particular los grupos no tienen ninguna antena en común o solo tienen una antena en común, en particular no tienen todas las antenas en común. A cada uno de los grupos está asignada una dirección principal. En la fuente existen al menos dos direcciones principales diferentes. En particular todas las direcciones principales de todos los grupos son diferentes, es decir, diferentes por pares.

La fuente incluye además una unidad de control. Ésta está preparada o configurada para, por ejemplo mediante cableado o programación, controlar las antenas en cuanto a la activación y la posición de fase de su componente de pulso respectiva de modo que para al menos uno de los grupos las componentes de pulso de las antenas se superpongan para formar el pulso HPEM, pudiendo seleccionarse su dirección de radiación actual en un intervalo angular determinado alrededor de la dirección principal, siendo el intervalo angular menor de 360°. A este respecto, las antenas pueden controlarse de modo que se radien dos o más pulsos HPEM por, en particular, grupos/antenas diferentes.

La fuente presenta en particular 3, 4 u 8 grupos. En particular están previstas 3, 4, 5, 6 o 7 antenas por cada grupo. El número de antenas puede ser diferente para grupos individuales, es decir, no todos los grupos tienen que presentar el mismo número de antenas.

La unidad de control está configurada en particular para que siempre esté activo solo un grupo seleccionado, es decir, que incluya al menos una antena controlada mediante una señal de antena activa. En particular también se controlan antenas de dos, tres o más grupos para generar un pulso de suma más fuerte o también dos o más pulsos de suma separados. Dentro de al menos un grupo se controlan al menos dos o más o todas las antenas activamente. A este respecto, el control de la "activación" de una antena significa conectar la antena a tierra, hacerla funcionar en circuito abierto (en ambos casos se trata de una no activación) o suministrarle una señal de transmisión de una amplitud mayor de cero y en este caso también influir en la amplitud de señal. Por tanto, las antenas no activas y en circuito abierto pueden favorecer la conformación del haz (conformación del pulso HPEM) como "reflectores pasivos".

El intervalo angular presenta en particular una magnitud de 360° dividida entre el número de grupos. En particular, partiendo de esto, el intervalo angular está aumentado por una superposición con los intervalos angulares de otros grupos de, en particular, el 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40% o 50% de su magnitud.

La invención se basa en la constatación de que los conceptos de protección HPEM deben realizarse para su uso móvil, por ejemplo, en vehículos con un espacio de instalación limitado, un peso total posible limitado y, en consecuencia, grandes exigencias con respecto al alcance y la capacidad de integración del sistema.

Así, según la invención se obtiene una amplificación, alineación, enfoque y seguimiento de haces/impulsos HPEM implementando una cobertura de 360° sin el uso de una plataforma giratoria compleja. Es posible una integración de la tecnología y las antenas HPEM en plataformas móviles para implementar una protección integral a muy corta distancia, que ahorra peso y espacio, es discreta y se ajusta a la superficie.

Las componentes de pulso o el pulso HPEM presentan en particular una forma de onda o patrón DS (*damped sinusoidal*, sinusoidal amortiguado). Según la invención, así se obtiene un sistema de antenas direccionales HPEM DS. Las antenas son, en particular, antenas de resonador/antenas dipolo/monopolo/varillas de antena/antenas cortas.

Durante el funcionamiento de la fuente HPEM son posibles diferentes formas de pulso (DS, UWB banda ultra ancha, WB banda ancha, banda estrecha), son posibles diferentes realizaciones de antena (monopolo, dipolo, varilla, ...), es posible la combinación de antenas individuales/grupos de antenas. La dirección principal o la dirección de haz principal (hacia adelante/hacia atrás) depende de la posición de fase/sincronización y de la distancia de las varillas de antena/los resonadores entre sí. El patrón direccional depende del diseño, el ajuste y el control en el tiempo de la activación y la posición de fase. Una longitud efectiva de la antena puede ascender a $l \approx \lambda/4$, $\lambda/2$, $\lambda 5/8$, ... (optimizado para el comportamiento de radiación deseado). En cuanto a las distancias entre las antenas, es posible una distribución uniforme o desigual. Son posibles diferentes disposiciones geométricas y/o agrupaciones.

La excitación, la radiación y el patrón direccional de las antenas o grupos y así de la fuente HPEM dependen de las posiciones de fase, la frecuencia, la distancia entre las antenas y el control en el tiempo de los dipolos/ antenas/varillas.

La radiación direccional de los pulsos HPEM puede lograrse controlando las filas/grupos de antenas en la fase correcta. Así, el seguimiento del haz es posible simplemente conmutando entre filas/grupos de antenas.

Por tanto, en particular la fuente HPEM no incluye estructuras de bocina para la conformación del haz, sino solo las antenas en forma de varillas resonadoras etc. Solo una placa base metálica, en particular en forma de soporte, podría estar presente.

En una forma de realización preferida todas las antenas están dispuestas en un plano común. A este respecto, las antenas con una extensión longitudinal (varillas, antenas cortas, ...) están alineadas en particular perpendiculares al

plano. En particular para direcciones de radiación paralelas al plano, las relaciones de fase necesarias, etc. entre antenas individuales para conseguir un patrón de pulso deseado (forma, alcance) pueden determinarse de manera sencilla.

5 Según la invención para al menos uno de los grupos todas las antenas del grupo están dispuestas a lo largo de una recta, siendo la recta la dirección principal. En este caso, las relaciones de fase necesarias etc. entre antenas individuales para conseguir un patrón de pulso deseado (forma, alcance) pueden determinarse de manera particularmente sencilla. En el caso de cuatro antenas en serie pueden implementarse por ejemplo las relaciones
10 siguientes: solo una antena externa se suministra activamente con una señal, las demás se mantienen en circuito abierto para emitir un pulso en solo una dirección principal. Alternativamente las antenas se hacen funcionar en serie con fases de 0° , 90° , 90° y 0° , para emitir dos pulsos en direcciones opuestas simétricamente en la dirección principal. Alternativamente las antenas se hacen funcionar con 0° , 90° , 180° y 270° para emitir un pulso amplificado a un lado en la dirección principal.

15 Según la invención están presentes al menos dos grupos como acaba de describirse (disposición en línea recta). Al menos dos de las rectas respectivas son diferentes líneas de diámetro de un círculo imaginario. Las antenas de un grupo respectivo están distribuidas con respecto al círculo sobre un radio o todo el diámetro a lo largo de la recta. Las rectas correspondientes de las líneas de diámetro se cruzan en el centro del círculo y lo atraviesan. En particular existe una antena en el centro del círculo o no. Una antena existente en el mismo tiene en particular dos o más grupos en
20 común. Mediante disposiciones correspondientes de antenas o grupos en forma de círculo o haz puede implementarse de manera particularmente sencilla una cobertura de 360° .

En una forma de realización preferida para al menos uno de los grupos todas las antenas del grupo están dispuestas dentro de un segmento circular con un ángulo de apertura no mayor de 180° . Una disposición de antenas de este tipo
25 puede combinarse en particular con la disposición de diámetro o radio mencionada anteriormente de las fuentes. En particular existen segmentos circulares suficientes para formar en conjunto un círculo de 360° . En particular todos los segmentos circulares son igual de grandes. A este respecto, también son posibles superposiciones. Por ejemplo, tres segmentos de 120° (dado el caso, con superposición, es decir, por ejemplo también 130° , 140° , 150° por cada segmento) pueden formar un círculo completo. Así, de manera particularmente sencilla puede obtenerse una cobertura
30 total.

En una forma de realización preferida las antenas están dispuestas exclusivamente a lo largo de dos rectas, que representan los radios de limitación del segmento circular. Así, el segmento circular correspondiente se "define" por dos rectas o líneas de antenas de limitación. Así pueden hallarse de nuevo relaciones de fase particularmente sencillas
35 entre las antenas para, por ejemplo, hacer pivotar la dirección de radiación dentro del segmento circular.

En una forma de realización preferida para al menos uno de los grupos tres o cuatro o varias o todas las antenas del grupo adyacentes en cada caso presentan las mismas distancias entre sí. Esto se aplica en particular para antenas sobre las rectas mencionadas anteriormente. Entonces, en este caso las antenas están distribuidas a lo largo de las
40 rectas de manera equidistante. También en este caso la determinación de relaciones de fase entre antenas individuales para conseguir patrones deseados de un pulso HPEM es particularmente sencilla.

En una forma de realización preferida la unidad de control está configurada para mantener en circuito abierto al menos una de las antenas como antena de reflector pasiva. Que una antena esté en circuito abierto hace que ésta actúe
45 como reflector y así puede utilizarse para una conformación del haz del pulso HPEM particularmente eficaz.

En una forma de realización preferida la fuente HPEM incluye un soporte. Entonces, todas las antenas están montadas de manera fija sobre el soporte. El soporte puede pivotar con respecto a una base dentro de un intervalo de pivotado menor de 360° . El control está configurado para controlar un ángulo de pivotado actual del soporte dentro del intervalo
50 de pivotado con respecto a la base. Mediante el soporte queda asegurada la posición relativa fija de las antenas entre sí. Así, el soporte puede realizarse en particular como plataforma giratoria para la base, por ejemplo una carrocería de vehículo. Como la dirección de radiación de la disposición de antenas puede cambiarse ya de manera meramente electrónica, es decir, mediante un control cambiado de las antenas, el intervalo de pivotado puede realizarse menor de 360° , sin tener que prescindir de una protección integral.

55 En una variante preferida de esta forma de realización el ángulo de pivotado asciende a la mitad del mayor de los intervalos angulares. Esto lleva a una combinación particularmente conveniente de pivotado mecánico y electrónico de la dirección de radiación. También en este caso el ángulo de pivotado puede realizarse de nuevo alternativamente algo mayor, es decir, en particular como se explicó anteriormente más el 5% - 50% del intervalo angular.

60 En una variante preferida de esta forma de realización el soporte presenta una forma básica de una figura de N lados o de una estrella con N puntas, en cada caso con $N > 2$, o de un segmento circular. Las formas correspondientes son particularmente adecuadas para acomodar de manera eficaz determinadas disposiciones de antenas, por ejemplo los segmentos circulares mencionados anteriormente con una distribución de las antenas en los radios de limitación.

65

El objetivo de la invención también se alcanza mediante un vehículo según la reivindicación 10 con al menos una fuente HPEM sin soporte, estando montadas las antenas de manera fija en el vehículo. El vehículo y al menos una parte de sus formas de realización así como las respectivas ventajas ya se han explicado de forma análoga en relación con la fuente HPEM según la invención.

El objetivo de la invención también se alcanza mediante un vehículo según la reivindicación 11 con al menos una fuente HPEM con soporte, formando el vehículo la base y estando montado el soporte de manera pivotante en el vehículo. El vehículo y al menos una parte de sus formas de realización así como las respectivas ventajas ya se han explicado de forma análoga en relación con la fuente HPEM según la invención, en particular el pivotado con respecto al vehículo como base.

En una forma de realización preferida en el vehículo están previstas al menos dos fuentes HPEM y las direcciones principales incluidos los intervalos angulares cubren en cada una de las fuentes solo un respectivo ángulo total menor de 360°. En particular cubren un ángulo total de 360° dividido entre el número de fuentes. Posiblemente en este caso de nuevo está prevista la superposición mencionada anteriormente repetidas veces de entre el 5% y el 50%. Cada una de las fuentes HPEM asume así la cobertura de un determinado segmento del entorno del vehículo. Así, cada una de las fuentes puede realizarse de manera más sencilla, ya que solo tiene que proteger un ángulo total más pequeño y no tiene que ofrecer una protección integral.

El objetivo también se alcanza mediante un procedimiento según la reivindicación 13 para emitir un pulso HPEM en una dirección de radiación deseada. En el procedimiento se proporcionan al menos tres antenas colocadas en una posición relativa fija entre sí para la emisión respectiva de una componente de pulso. En cada caso al menos dos de las antenas forman un grupo, y se proporcionan al menos dos grupos de antenas, que se distinguen en al menos una antena. A cada uno de los grupos se le asigna una dirección principal y se proporcionan al menos dos direcciones principales diferentes. Todas las antenas se controlan en cuanto a la activación y la posición de fase de su componente de pulso respectiva de modo que para uno de los grupos se superponen las componentes de pulso de las antenas para formar el pulso HPEM, seleccionándose su dirección de radiación actual en un intervalo angular determinado alrededor de la dirección principal, siendo el intervalo angular menor de 360°.

El procedimiento y al menos una parte de sus formas de realización así como las respectivas ventajas ya se han explicado de forma análoga en relación con la fuente HPEM según la invención y el vehículo.

La invención se basa en las siguientes constataciones, observaciones y consideraciones y también presenta las siguientes formas de realización. En aras de la simplicidad, las formas de realización también se denominan en parte "la invención". Las formas de realización también pueden contener o corresponder a partes o combinaciones de las formas de realización mencionadas anteriormente y/o también pueden incluir formas de realización no mencionadas anteriormente.

La invención se basa en la idea básica de colocar un número ($N \geq 2$) de varillas de antenas/antenas monopolo/dipolo/antenas de resonador HPEM DS unas detrás de otras en una dirección preferida en serie o línea. A este respecto, esta dirección/línea forma preferiblemente la dirección de radiación principal deseada de los impulsos/radiación HPEM. Las antenas/resonadores individuales se hacen funcionar en cada caso entre sí con una relación de fase fija o también controlable. A este respecto, las relaciones de fase de los impulsos/ondas radiados de los resonadores individuales entre sí se seleccionan de modo que se obtiene la dirección de radiación principal a lo largo de los resonadores individuales dispuestos en serie. En función de las relaciones de fase de los impulsos/ondas en los resonadores individuales así como las distancias de los resonadores a lo largo de la línea entre sí, se obtiene la dirección de radiación principal a lo largo de la línea geométrica a lo largo de la fila de resonadores en la dirección hacia delante o hacia atrás.

Son posibles diferentes formas de configuración del control de los resonadores individuales o de los grupos de resonadores individuales para diferentes relaciones de fase de los pulsos/antenas entre sí. Un ejemplo de las relaciones de fase entre sí: 0, 90, 180, 270 grados permite el enfoque de la radiación en la dirección hacia delante ("hacia delante"); una relación de fase de 270, 180, 90, 0 grados permite un enfoque de la radiación en la dirección hacia atrás ("hacia atrás"). Para la implementación de una cobertura de 360 grados los resonadores y las antenas pueden disponerse y controlarse de manera diferente. Así, por ejemplo, también son posibles disposiciones circulares o en forma de estrella o disposiciones completamente diferentes, útiles desde el punto de vista geométrico y funcional, por ejemplo alrededor del punto central/centro de una placa base (*ground plane*) o del objeto a proteger (por ejemplo vehículo).

Para la radiación dirigida son esenciales además de la disposición geométrica sobre todo las relaciones de fase a implementar entre las antenas/varillas de antena/resonadores/antenas cortas individuales, o de los impulsos radiados entre sí, para garantizar una radiación dirigida amplificada en la dirección deseada. Mediante el control en serie con retardo de fase, controlado/desplazado en el tiempo, de las varillas de antena individuales, que se encuentran en una fila, es posible enfocar el haz HPEM en una dirección. En función de la distancia de las varillas de antena individuales entre sí los resonadores se controlan con un retardo de fase correspondiente de modo que los frentes de onda se superponen de manera constructiva esencialmente en la dirección deseada (dirección de haz principal a lo largo de

una "fila de antenas"). Mediante un control de fase adecuado de las antenas individuales el haz HPEM puede dirigirse o enfocarse sobre el objetivo en la dirección de haz principal. Cambiando las relaciones de fase en una fila y/o activando más resonadores/varillas de antena individuales u otra u otras filas o grupos o subgrupos de resonadores o antenas/varillas de antena, el haz HPEM puede distribuirse espacialmente por un ángulo sólido mayor o específicamente hacerse pivotar espacialmente hacia el objetivo y seguirse. A este respecto, los resonadores o las varillas de antena no activados pueden utilizarse ingeniosamente como "reflectores" para la conformación del haz. Debido al efecto espacial de los impulsos HPEM, no es necesaria una asignación muy precisa del objetivo. Esto depende principalmente de la directividad de los grupos/la configuración de resonadores y también de la banda de ondas utilizada. Mediante el control eléctrico específico, basado en el tiempo y relacionado con la fase, de las varillas/resonadores individuales de las antenas o de los grupos de antenas, es posible realizar una protección integral de 360 grados para HPEM con un sistema de antenas instalado de manera fija, sin necesidad de una plataforma giratoria. Por la sencillez del concepto del sistema, sin necesidad de una plataforma giratoria extremadamente potente y sensible, también es posible una integración sencilla en plataformas móviles, como por ejemplo vehículos. Al mismo tiempo, el sistema puede integrarse en la plataforma de soporte o adaptarse a la forma de la superficie de forma muy discreta y ahorrando espacio. También es posible el uso de una plataforma giratoria adicional "simple" para apoyar el seguimiento del objetivo y aumentar la precisión del mismo (por ejemplo, una plataforma giratoria con una velocidad de giro considerablemente menor, un rango de ángulos de giro fuertemente limitado y una carga útil significativamente menor debido a una distribución de peso más favorable, por ejemplo, separando las antenas de resonadores HPEM de los generadores de alta tensión). El seguimiento aproximado del haz HPEM puede realizarse entonces electrónicamente conmutando a las filas de resonadores/grupos de antenas correspondientes. Mientras el ajuste fino del seguimiento del objetivo se realiza a través del componente mecánico/eléctrico de la plataforma giratoria. Ambas cosas también son posibles a la inversa y requieren una coordinación precisa de las diferentes áreas de cobertura con respecto a los componentes electrónicos y mecánicos.

También es posible el uso de este principio en subsegmentos, distribuidos por la plataforma de soporte para la implementación de la cobertura angular deseada hasta 360 grados. En caso necesario, adicionalmente puede prescindirse de determinados intervalos angulares. La cobertura hacia arriba puede garantizarse mediante la selección de configuraciones de antenas y una posición angular (elevación) adecuadas o también mediante el uso de sistemas adicionales.

La invención proporciona una alineación/seguimiento totalmente controlados electrónicamente, sin distorsiones, de la antena HPEM o del lóbulo sobre el objetivo y la implementación de una cobertura de 360 grados. La alineación/seguimiento puede producirse de manera meramente electrónica, sin el uso de piezas de movimiento mecánico o de una plataforma giratoria. A este respecto, el seguimiento se produce casi a la velocidad de la luz. Sólo los tiempos de propagación de la señal en las líneas de control y la fluctuación/retraso temporal en el comportamiento de conmutación de los componentes electrónicos/eléctricos deben considerarse retrasos temporales. No se requieren piezas de movimiento mecánico y, por tanto, no es necesario mover masas extremadamente pesadas (varios 100 kg) con sus correspondientes pares de giro elevados. También son posibles formas mixtas de mecánica/electrónica/eléctrica (por ejemplo, complementando el pivotado electrónico con un componente de pivotado mecánico mediante una simple plataforma giratoria con un intervalo de pivotado muy limitado, por ejemplo, 10 grados o 90 grados, no limitante). Combinando el pivotado electrónico y el mecánico/eléctrico, puede implementarse, por ejemplo, el pivotado hacia dentro del haz HPEM y el seguimiento del objetivo con mayor precisión y mejor efecto. El funcionamiento de varios resonadores/antenas/varillas en una fila con el desplazamiento de fase correspondiente permite la amplificación y la alineación del haz HPEM sobre el objetivo. Además, los resonadores/antenas individuales/múltiples, las filas de antenas o los grupos de antenas pueden combinarse entre sí de manera útil y hacerse funcionar para adaptar la dirección de radiación, el enfoque, el ángulo de apertura y el efecto/alcance según las exigencias. Esto también es posible durante el funcionamiento.

La invención o el procedimiento permiten la integración de sistemas HPEM sobre plataformas móviles implementando al mismo tiempo alcances mayores y una cobertura de 360 grados.

A este respecto, no es necesario un componente mecánico para girar el sistema (dirección de radiación) o en combinación con el giro/seguimiento electrónico puede limitarse a un intervalo angular claramente menor, por ejemplo uno o varios subsegmentos/segmentos angulares (ángulos entre cada una de las disposiciones/agrupaciones de antenas/resonadores "en serie"). Esto permite reducir considerablemente los requisitos (índice de ángulo de giro, par de giro, peso total máximo admisible, etc.) de una plataforma giratoria. El control y la adaptación se realizan mediante un sistema de control de fuego específico.

Según la invención se obtiene un procedimiento y un sistema para la alineación, el enfoque y el seguimiento de haces/impulsos HPEM mediante el funcionamiento en serie, relacionado con la fase, de varios resonadores/antenas/varillas/grupos de resonadores/antenas HPEM para la implementación de una cobertura de 360 grados controlada de manera completamente electrónica sin la necesidad de una plataforma giratoria. Es posible una cobertura de 360 grados casi con "velocidad de la luz" aumentando al mismo tiempo el alcance/rendimiento y la capacidad de integración de HPEM en y la protección HPEM para diferentes plataformas incluso más pequeñas y móviles, por ejemplo, vehículos por tierra, aire y mar. Es posible controlar y adaptar la potencia, el alcance, la dirección, el ángulo de apertura o el área efectiva mediante la combinación y el control de diferentes resonadores/antenas/varillas

incluso durante el funcionamiento. Se obtiene una combinación de alineación, enfoque y seguimiento controlados electrónicamente y mecánicos para reducir los requisitos de la plataforma giratoria y aumentar la capacidad de integración de las antenas y los sistemas HPEM en plataformas móviles.

Las posibilidades de aplicación concretas son: sistema HPEM estacionario o sobre un remolque para diversas aplicaciones (por ejemplo, para la lucha contra los UAS (sistemas aéreos no tripulados) como protección de vehículos, protección de campos de C-UAS, etc.); sistema HPEM para aplicación terrestre integrado en un vehículo para la autoprotección para diversas aplicaciones (por ejemplo, lucha contra los UAS, C-IED (dispositivos explosivos no improvisados), protección de convoyes, etc.); sistema HPEM móvil para aplicación aérea y marítima integrado en una aeronave, dron o barco para autoprotección para diversas aplicaciones (por ejemplo, lucha contra los UAS, C-IED, etc.).

A partir de la siguiente descripción de un ejemplo de realización preferido de la invención así como de las figuras adjuntas se obtienen características, efectos y ventajas adicionales de la invención. A este respecto muestran, en cada caso en un diagrama esquemático:

la figura 1, un grupo con cuatro antenas en a) vista en planta y b) vista lateral,

la figura 2, una antena del grupo de la figura 1 en detalle,

la figura 3, el grupo de la figura 1 en funcionamiento con a) una antena activa y cuatro antenas activas para la generación de b) dos pulsos HPEM y c) de un pulso HPEM,

la figura 4, una fuente HPEM con cuatro grupos en funcionamiento,

la figura 5, una fuente HPEM con ocho grupos con en cada caso a) siete y b) cinco antenas en funcionamiento,

la figura 6, la fuente HPEM de la figura 5a en una combinación de seguimiento electrónico y mecánico,

la figura 7, diferentes formas de placas base,

la figura 8, diferentes disposiciones de antenas,

la figura 9, un vehículo con a) cuatro y b) una fuente HPEM en una vista en planta,

la figura 10, el vehículo de la figura 9b en una vista en perspectiva,

la figura 11, un vehículo alternativo con una fuente HPEM en funcionamiento.

La figura 1 muestra una parte de una fuente HPEM 2 en forma de sistema de antenas direccionales HPEM DS, concretamente N, en este caso a modo de ejemplo N=4, antenas 4a-d. Cada antena 4a-d es una antena de resonador HPEM. Las cuatro antenas 4a-d forman un grupo 6 y están fijadas en una posición relativa fija entre sí. En este caso las antenas 4a-d forman una fila a lo largo de una recta 16. Todas las antenas 4a-d se encuentran además en un plano 7 común. Al grupo 6 está asignada una dirección principal 8 (también denominada "dirección de haz principal"). En este sentido, la dirección principal 8 presenta una dirección hacia delante 10a y una dirección hacia atrás 10b. Las antenas 4ad presentan entre sí las distancias d o d1 ... dn. En conjunto, en este caso, se trata por tanto de resonadores DS en una disposición en serie en una línea.

La figura 2 muestra la imagen detallada de una de las mismas antenas de resonador DS 4 (dipolo/monopolo) de la figura 1. Esta incluye una varilla de resonador 12, a la que puede suministrarse una alta tensión HV, y se aloja aproximadamente en la mitad de una cubeta de tierra 14 conectada a tierra GND, de modo que un segmento de la longitud l (longitud efectiva de la antena) de la varilla de resonador 12 sobresale de la cubeta de tierra 14. La cubeta de tierra 14 tiene un radio r.

En un ejemplo de diseño se aplica lo siguiente

$$d, l \approx n * \frac{\lambda}{4}$$

$$2 * r \leq d_n \geq m * \frac{\lambda}{4}$$

con m,n = 1,2,...N, d1 = d2 =...= dn y/o d1 ≠ d2 ≠...≠ dn.

Las figuras 3a-c muestran el acoplamiento direccional de diferentes configuraciones. En la figura 3a las antenas 4a-c se mantienen en circuito abierto como elementos reflectores pasivos. Solo la antena 4d se controla con una fase de 0° (un resonador). Esta emite una componente de pulso 17d, que en sí misma forma un pulso HPEM 18. Así se obtiene el pulso HPEM 18 indicado solo simbólicamente mediante líneas discontinuas. El control de todas las antenas 4a-d se produce mediante una unidad de control 15 indicada en este caso solo simbólicamente en la figura 3b.

La figura 3b (vista lateral y vista en planta) muestra un funcionamiento alternativo del grupo 6, en el que las antenas 4a-d se controlan en este orden con fases de 0° , 90° , 90° y 0° (cuatro resonadores) y por tanto emiten cuatro componentes de pulso 17a-d, que se superponen. Por tanto, en conjunto, se obtienen dos pulsos HPEM 18, de los cuales uno se radia en la dirección hacia delante 10a, el otro en la dirección hacia atrás 10b.

La figura 3c muestra finalmente el control o la excitación/radiación de las antenas 4a-d en este orden con las fases 0° , 90° , 180° y 270° . De este modo se obtiene un patrón direccional del pulso HPEM 18 en la dirección hacia atrás.

La figura 4 muestra una fuente HPEM 2 total con en conjunto nueve antenas 4a-i, que están organizadas en cuatro grupos 6a-d, en cada caso indicados con un marco con líneas discontinuas. Las antenas 4a-i están montadas de manera fija sobre un soporte 22 en este caso circular. En todos los grupos 6a-d las antenas están dispuestas de nuevo de manera equidistante a lo largo de una recta 16 respectiva, que forma la dirección principal 8 respectiva (solo se muestra para el grupo 6a). En cada uno de los grupos 6a-d alternativamente de nuevo puede estar activa una, dos o tres de las antenas 4, el resto se mantienen en circuito abierto como resonadores.

Mediante las flechas 19 se ilustra cómo simplemente conmutando de manera electrónica el funcionamiento de los grupos 6a a 6c por un lado y 6c a 6b puede emitirse un pulso HPEM 18 respectivo en diferentes direcciones. Mediante el uso de los cuatro grupos 6a-d y su funcionamiento respectivo en la dirección hacia delante 10a o la dirección hacia atrás 10b puede producirse una cobertura total dentro del perímetro 20 con líneas discontinuas de la fuente HPEM 2. El perímetro 20 forma así el área de cobertura 28 de la fuente HPEM 2.

Mediante el control alternativo de las antenas 4 el pulso HPEM puede emitirse en una dirección de radiación 9, que difiere de la dirección principal 8 en un intervalo angular 11 (en este caso $\pm 45^\circ$). El área o los límites se simbolizan mediante una doble flecha y líneas discontinuas. Esto se produce mediante un cambio meramente electrónico/eléctrico del control de las antenas 4, es decir, de las amplitudes y/o las relaciones de fase entre las antenas 4 implicadas.

La figura 5a muestra una fuente HPEM 2 alternativa con 25 antenas 4a-"N" (el índice se entenderá de manera simbólica, $N=25$), de las cuales solo se designan las antenas 4a-j. Las antenas 4 están organizadas en conjunto en ocho grupos 6a-h. Cada grupo 6a-h incluye siete antenas 4. La antena 4d es común para todos los grupos. Los grupos 6a, b tienen las antenas 4e-g en común, los grupos 6b, c las antenas 4h-j en común, etc. Los grupos 6h y 6a tienen las antenas 4a-c en común. Por tanto, en este ejemplo se produce una combinación de, en cada caso, dos grupos lineales de antenas para ampliar el área de radiación o el patrón direccional. La antena 6d puede hacerse funcionar en este caso como elemento activo o como elemento reflector pasivo. También en este caso el seguimiento del haz se produce conmutando entre filas o grupos de antenas 6 o mediante el control variable de las antenas 4. Los grupos están dispuestos dentro de segmentos circulares con un ángulo de apertura de 45° , y a este respecto, en cada caso, en los radios (externos) o la recta 16 del segmento, que producen una limitación en la dirección circunferencial.

La figura 5b muestra una variante simplificada de la figura 5a con, en cada caso, solo tres en lugar de cuatro antenas 4 por cada fila radial. Sin embargo, la organización de grupos corresponde en principio a la de la figura 5a, aunque, en este caso, con cinco antenas 4 por cada grupo 6. La figura 5b ilustra de nuevo cómo una conmutación entre los grupos 6a, b también hace pivotar la respectiva dirección de radiación 9 de la dirección principal 8a a la dirección principal 8b por un ángulo α de, en este caso, 45° . Esto corresponde también al desplazamiento angular entre dos grupos radiales adyacentes de antenas 4, como se representa en la figura 5b.

La figura 6 muestra de nuevo la disposición principal de la figura 5a, pudiendo girar en este caso el soporte 22 con respecto a una base 24 sobre un eje de giro 26 en el lugar de la antena 4d. La posibilidad de pivotado se extiende en este caso a un intervalo de pivotado 27 de 45° . Las antenas 4 están organizadas además en ocho grupos 6a-j alternativos con cuatro antenas en cada caso. Así es posible una combinación de un seguimiento controlado de manera electrónica y mecánica de la dirección (de haz) principal 8 para una mejor adquisición del objetivo. En el ejemplo la dirección principal 8 pivotará por el ángulo de giro A de 120° .

Mediante la conmutación del grupo 6a al grupo 6c se produce un cambio de ángulo de dos veces 45° (α_1 y α_2). Adicionalmente se produce una torsión mecánica del soporte 22 sobre el eje de giro 26 por el ángulo de pivotado β , en este caso 30° . Se aplican las relaciones siguientes: $N=8$ es el número de grupos 6 y así de los segmentos angulares de los ángulos $\alpha_1, 2, \dots$ $K=3$ es el número de diferentes radios de las antenas 4 con respecto al eje de giro 26. En este caso se aplica que $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_N$. Alternativamente también serían posibles formas de realización no representadas con $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \dots \neq \alpha_N$, pudiendo aplicarse que $\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_N$. Para el ángulo de giro β se aplica $1/2 \alpha_n \leq \beta \leq \alpha_n$ con $n = 1 \dots N$. Para los radios r_k con $k=1 \dots K$ se aplica $r_k = k * r_1$ con $r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_K$. El ángulo de giro A de la dirección principal 8 o del haz principal para $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_N$ y $r_k = k * r_1$ se obtiene con $n=1 \dots (N-1)$ con

$$A = (n - 1) * \alpha_1 \pm \beta$$

5 A este respecto, el primer sumando forma la componente electrónica y el segundo sumando (β) la componente mecánica.

La figura 7 muestra ocho polígonos diferentes con 3, 4, 5, 8, 10 y 12 lados, dos segmentos circulares y cinco estrellas con 4, 5, 6, 7 y 8 lados o puntas. Todas estas formas pueden servir de formas para los soportes 22 para colocar sobre los mismos cualquier disposición de antenas 4.

10 La figura 8 muestra tres disposiciones posibles de antenas 4, concretamente a) la disposición de las figuras 5a y 6 así como b) una disposición en forma de segmento circular de tres rectas con diez antenas y c) una disposición comparable con nueve antenas, en la que se ha eliminado la antena central común. La disposición a) es adecuada, como se ha mostrado anteriormente, para la cobertura total, las variantes b) y c) para la cobertura de un segmento de aproximadamente 90° (indicado mediante dobles flechas) mediante un pivotado meramente electrónico de la dirección principal 8.

20 La figura 8 ilustra por tanto cómo son posibles realizaciones angulares u otras, convenientes desde el punto de vista de la tecnología de radiación, de la placa base y de las configuraciones de antena. Solo se muestran ejemplos de algunos posibles subsegmentos y grupos de antenas. El control de los subsegmentos y grupos de antenas individuales depende de los requisitos del área de cobertura y puede ser muy diferente.

25 La figura 9 muestra ejemplos de integración para la implementación de una cobertura de 360°. Las respectivas áreas de cobertura 28 se indican con líneas discontinuas. La figura 9a muestra un vehículo 30 en una vista en planta con, en conjunto, cuatro fuentes HPEM 2, que en cada caso están montadas de manera fija en el techo del vehículo. Este es un ejemplo de una cobertura de 360° en un vehículo 30 con varios, en este caso, cuatro sistemas (fuentes HPEM 2). Mediante una limitación de las áreas efectivas de los sistemas individuales (fuentes HPEM 2) pueden suprimirse determinadas áreas o potenciar su efecto mediante superposición.

30 La figura 9b muestra por el contrario un sistema individual (una única fuente HPEM 2) con una cobertura de 360°. A este respecto, el soporte 22 está montado de manera pivotante sobre el vehículo 30, que por tanto forma la base 24 mencionada anteriormente.

35 La figura 10 muestra el vehículo 30 de la figura 9b en perspectiva. La representación "X" muestra la fuente HPEM del vehículo 30 ampliada en detalle en sección transversal. Las antenas 4 (varillas de resonador/antena) están protegidas bajo una cubierta protectora 32.

40 La figura 11 muestra un vehículo 30 alternativo con la fuente HPEM 2 como sistema de antenas direccionales HPEM. Se ilustra la protección integral del vehículo 30 mediante las flechas representadas. Cualquier amenaza 34 (en este caso minidrones) puede ser rechazada dirigiendo los pulsos HPEM 18 o la dirección de radiación 9 actual hacia las zonas objetivo 36 detectadas. El vehículo 30 está así protegido contra los minidrones.

Lista de números de referencia

- 45 2 fuente HPEM
- 4,4a-n antena
- 6,6a-d grupo
- 50 7 plano
- 8 dirección principal
- 55 9 dirección de radiación
- 10a, b dirección hacia delante/ hacia atrás
- 11 intervalo angular
- 60 12 varilla de resonador
- 14 cubeta de tierra
- 65 15 unidad de control

	16 recta
5	17,17a-d componente de pulso
	18 pulso HPEM
	19 flecha
10	20 perímetro
	22 soporte
	24 base
15	26 eje de giro
	27 intervalo de pivotado
20	28 área de cobertura
	30 vehículo
	32 cubierta protectora
25	34 amenaza
	36 zona objetivo
30	HV alta tensión
	GND tierra
	l longitud
35	d,d1-n distancia
	r radio
40	α ángulo
	β ángulo de pivotado
45	A ángulo de giro

REIVINDICACIONES

1. Fuente HPEM (2) para emitir un pulso HPEM (18) en una dirección de radiación (9) deseada,
 - 5 - con al menos tres antenas (4) colocadas en una posición relativa fija entre sí para la emisión respectiva de una componente de pulso (17),
 - formando en cada caso al menos dos de las antenas (4) un grupo (6), y existiendo al menos dos grupos (6) de antenas (4), que se distinguen en al menos una antena (4),
 - 10 - estando asignada a cada uno de los grupos (6) una dirección principal (8) y existiendo al menos dos direcciones principales (8) diferentes, y
 - estando dispuestas para al menos dos de los grupos (6) todas las antenas (4) del grupo (6) a lo largo de una recta (16), siendo la recta (16) la dirección principal (8) respectiva, siendo al menos dos de las rectas (16) respectivas diferentes líneas de diámetro de un círculo imaginario, estando distribuidas las antenas (4) de un grupo (6) respectivo sobre un radio o todo el diámetro a lo largo de las rectas (16),
 - 15 - con una unidad de control (15) que está configurada para controlar las antenas (4) en cuanto a la activación y la posición de fase de su componente de pulso (17) respectiva de modo que para al menos uno de los grupos (6) al menos dos antenas (4) del grupo se controlen de manera activa, superponiéndose las componentes de pulso (17) de las antenas (4) controladas de manera activa para formar el pulso HPEM (18), cuya dirección de radiación (9) actual está en un intervalo angular (11) determinado alrededor de la dirección principal (8) respectiva, siendo el intervalo angular (11) menor de 360° .
 - 25 2. Fuente HPEM (2) según la reivindicación 1, caracterizada por que todas las antenas (4) están dispuestas en un plano (7) común.
 - 30 3. Fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que para al menos uno de los grupos (6) todas las antenas (4) del grupo (6) están dispuestas dentro de un segmento circular con un ángulo de apertura no mayor de 180° .
 - 35 4. Fuente HPEM (2) según la reivindicación 3, caracterizada por que las antenas (4) están dispuestas exclusivamente a lo largo de dos rectas (16), que representan los radios de limitación del segmento circular.
 5. Fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que para al menos uno de los grupos (6) las antenas (4) adyacentes del grupo (6) presentan las mismas distancias (d) entre sí.
 - 40 6. Fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la unidad de control (15) está configurada para mantener en circuito abierto al menos una de las antenas (4) como antena de reflector pasiva.
 7. Fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la fuente HPEM (2) incluye un soporte (22), estando montadas todas las antenas (4) de manera fija sobre el soporte (22) y pudiendo pivotar el soporte (22) con respecto a una base (24) dentro de un intervalo de pivotado (27) menor de 360° y estando configurado el control (15) para controlar un ángulo de pivotado (β) actual del soporte (22) con respecto a la base (24).
 - 45 8. Fuente HPEM (2) según la reivindicación 7, caracterizada por que el ángulo de pivotado (β) asciende a la mitad del mayor de los intervalos angulares (11).
 - 50 9. Fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones 7 a 8, caracterizada por que el soporte (22) presenta una forma básica de una figura de N lados o de una estrella con N puntas, en cada caso con $N > 2$, o de un segmento circular.
 10. Vehículo (30), con al menos una fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones 1 a 6, estando montadas las antenas (4) de manera fija en el vehículo.
 - 55 11. Vehículo (30), con al menos una fuente HPEM (2) según una de las reivindicaciones 7 a 9, formando el vehículo (30) la base (24) y estando montado el soporte (22) de manera pivotante en el vehículo (30).
 12. Vehículo (30) según una de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado por que en el vehículo (30) están previstas al menos dos fuentes HPEM (2) y las direcciones principales (8) incluidos los intervalos angulares (11) en cada una de las fuentes solo cubren un respectivo ángulo total menor de 360° .
 - 60 13. Procedimiento para emitir un pulso HPEM (18) en una dirección de radiación (9) deseada, en el que
 - 65 - se proporcionan al menos tres antenas (4) colocadas en una posición relativa fija entre sí para la emisión respectiva de una componente de pulso (17),

- en cada caso al menos dos de las antenas (4) forman un grupo (6), y se proporcionan al menos dos grupos (6) de antenas (4), que se distinguen en al menos una antena (4),

5 - asignándose a cada uno de los grupos (6) una dirección principal (8) y proporcionándose al menos dos direcciones principales (8) diferentes, y

10 - disponiéndose para al menos dos de los grupos (6) todas las antenas (4) del grupo (6) a lo largo de una recta (16), siendo la recta (16) la dirección principal (8) respectiva, siendo al menos dos de las rectas (16) respectivas diferentes líneas de diámetro de un círculo imaginario, distribuyéndose las antenas (4) de un grupo (6) respectivo sobre un radio o todo el diámetro a lo largo de las rectas (16),

15 - controlándose todas las antenas (4) en cuanto a la activación y la posición de fase de su componente de pulso (17) respectiva de modo que para al menos uno de los grupos (6) se controlan activamente al menos dos antenas (4) del grupo (6), superponiéndose las componentes de pulso (17) de las antenas (4) controladas de manera activa para formar el pulso HPEM (2), seleccionándose su dirección de radiación (9) actual en un intervalo angular (11) determinado alrededor de la dirección principal (8), siendo el intervalo angular (11) menor de 360°.

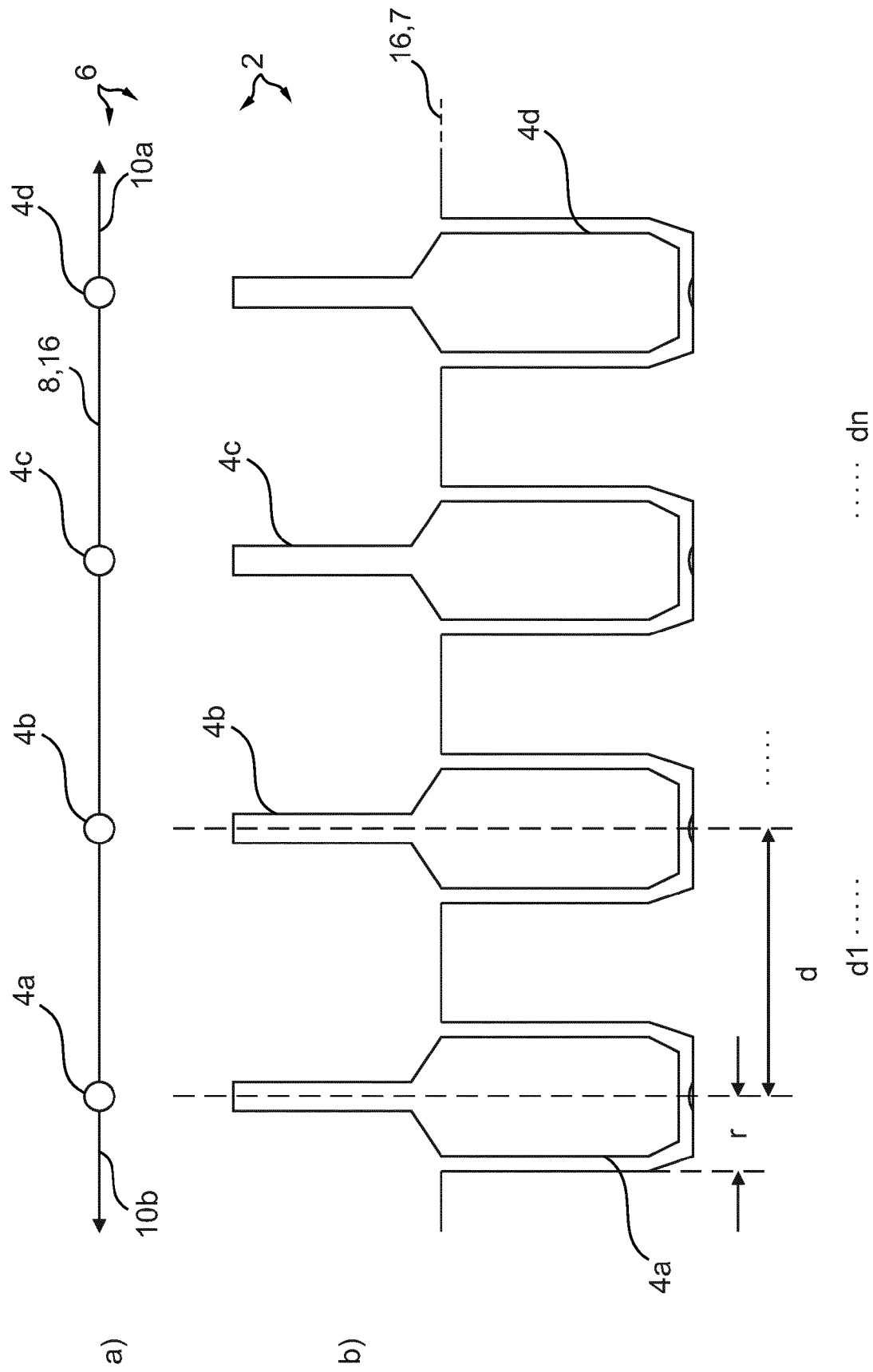


Fig. 1

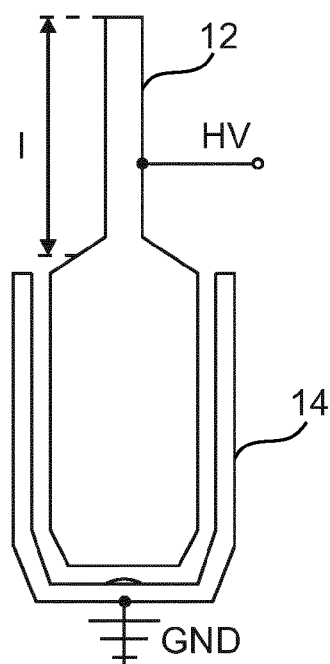


Fig. 2

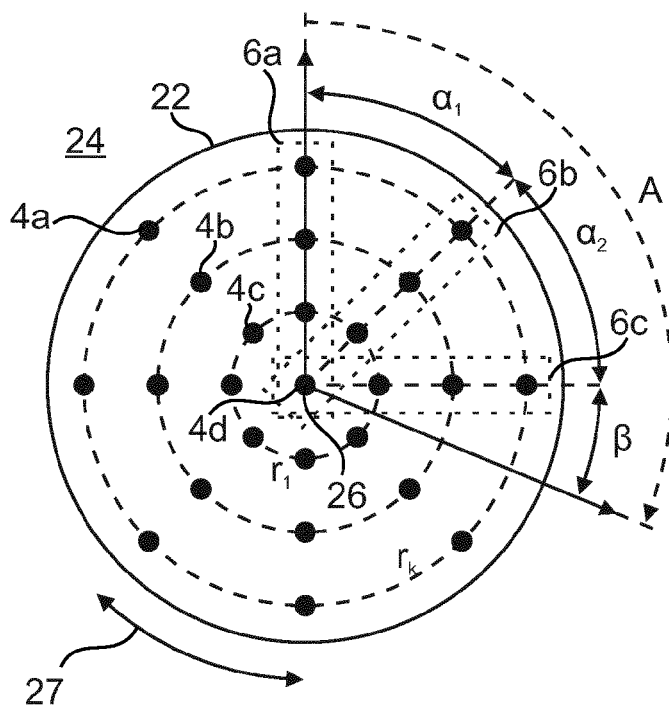


Fig. 6

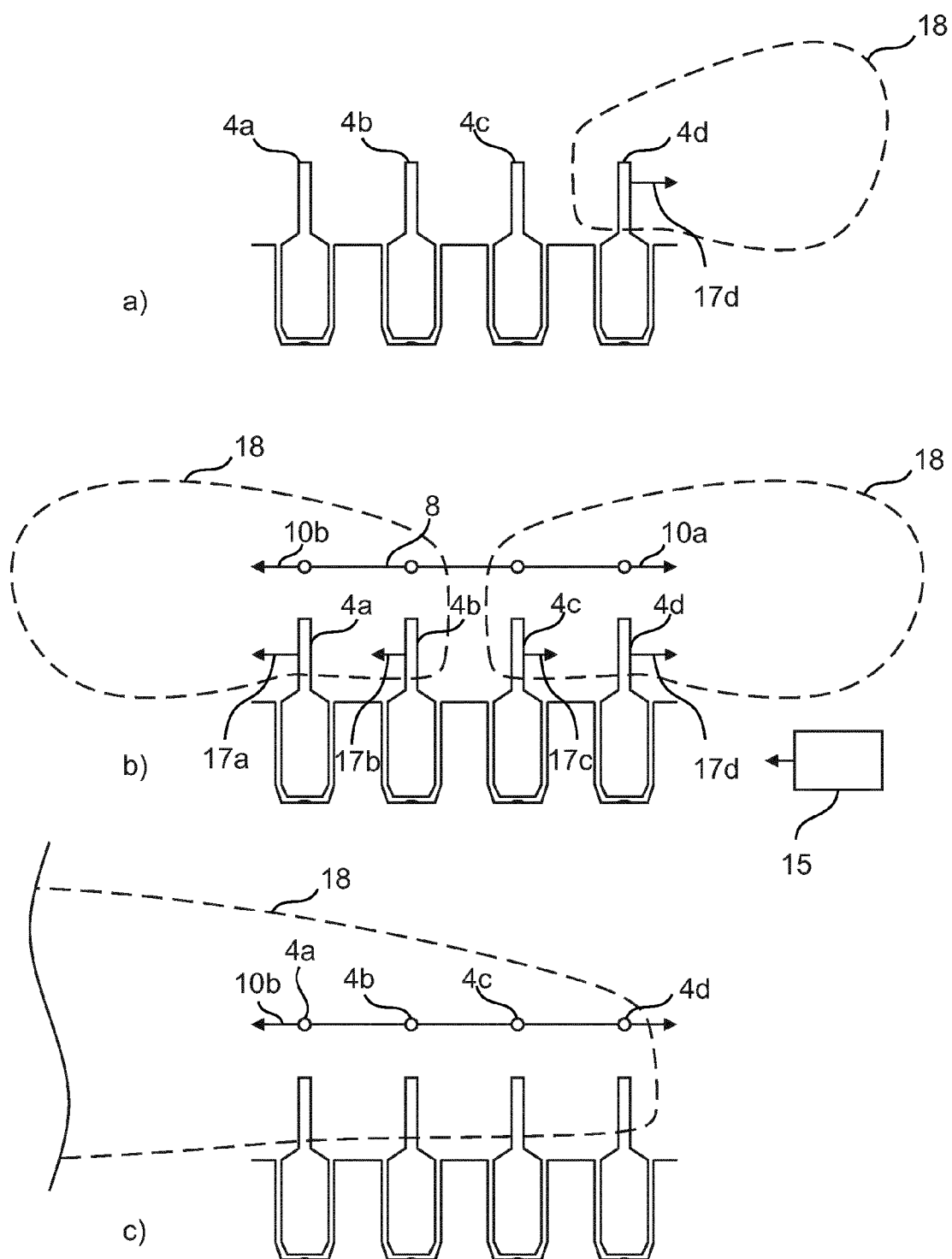


Fig. 3

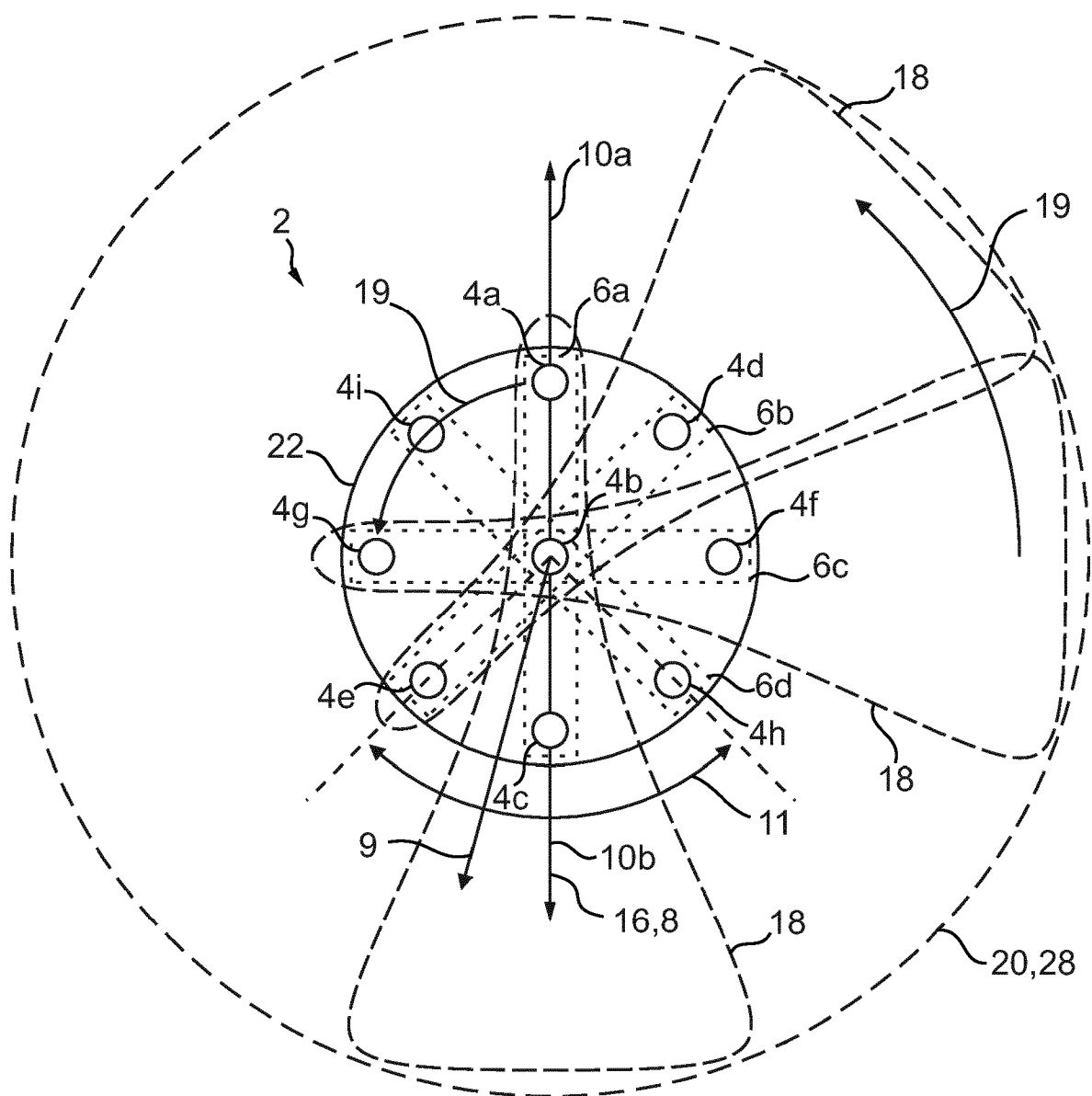


Fig. 4

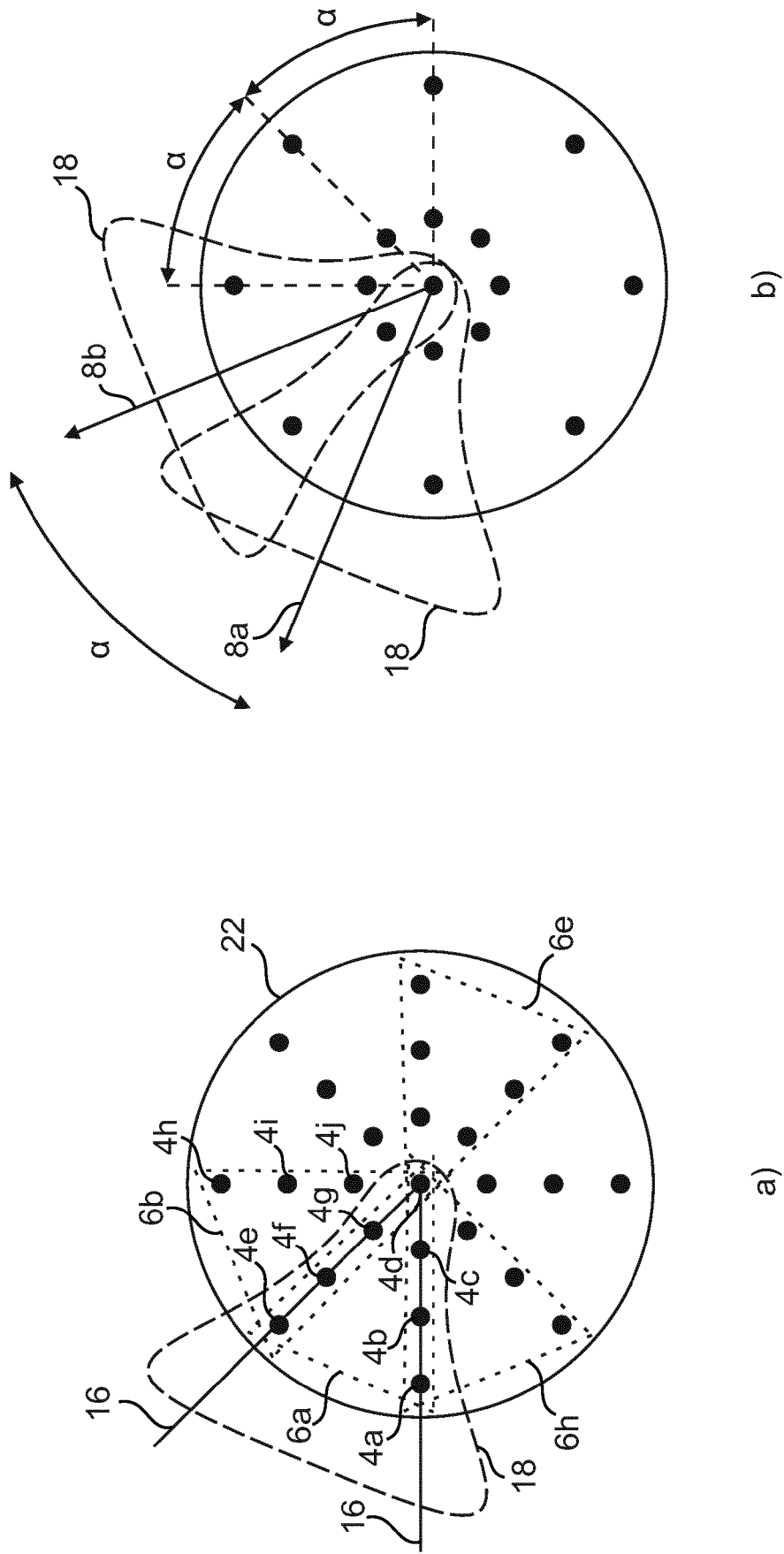
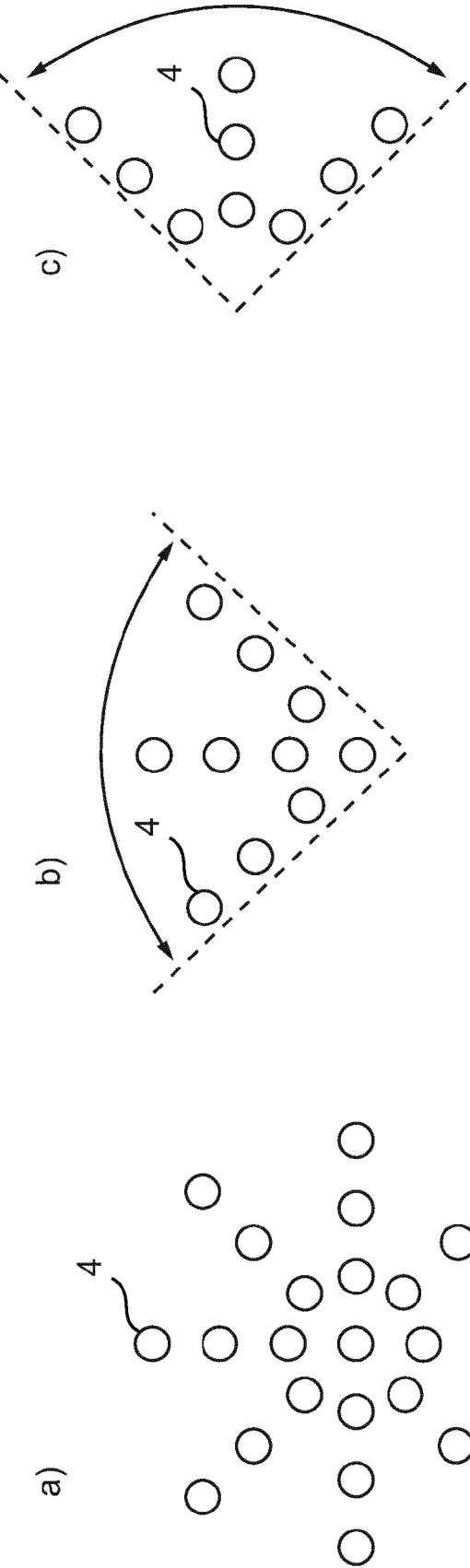
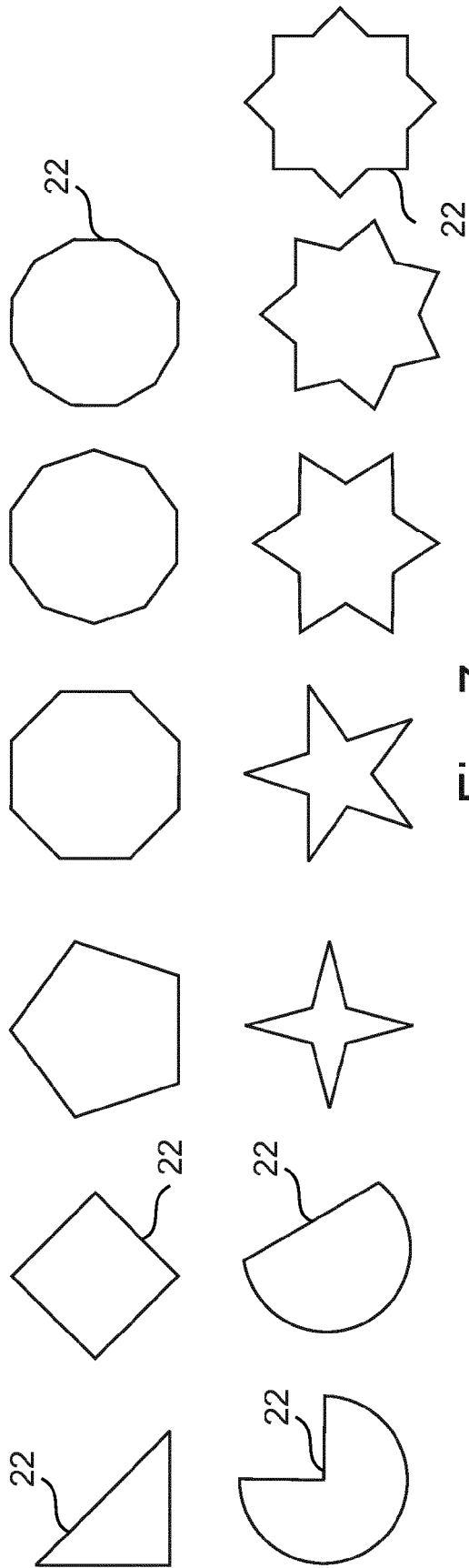


Fig. 5



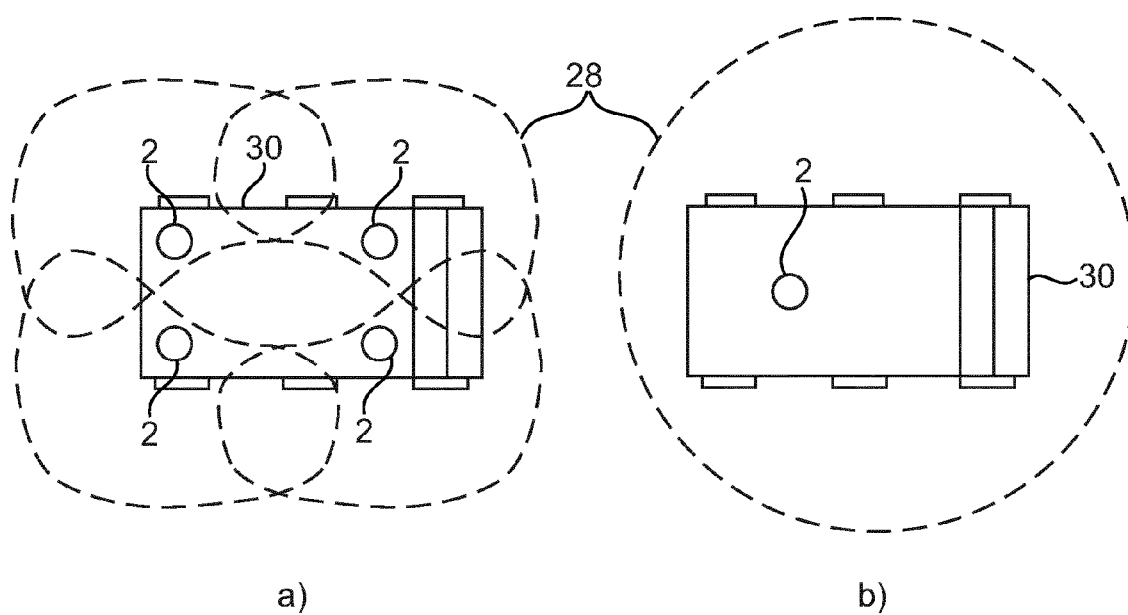


Fig. 9

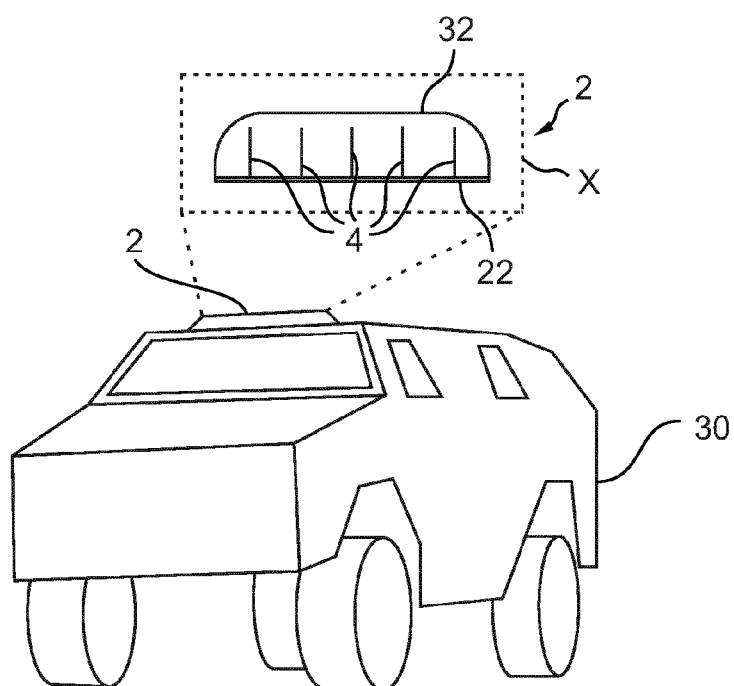


Fig. 10

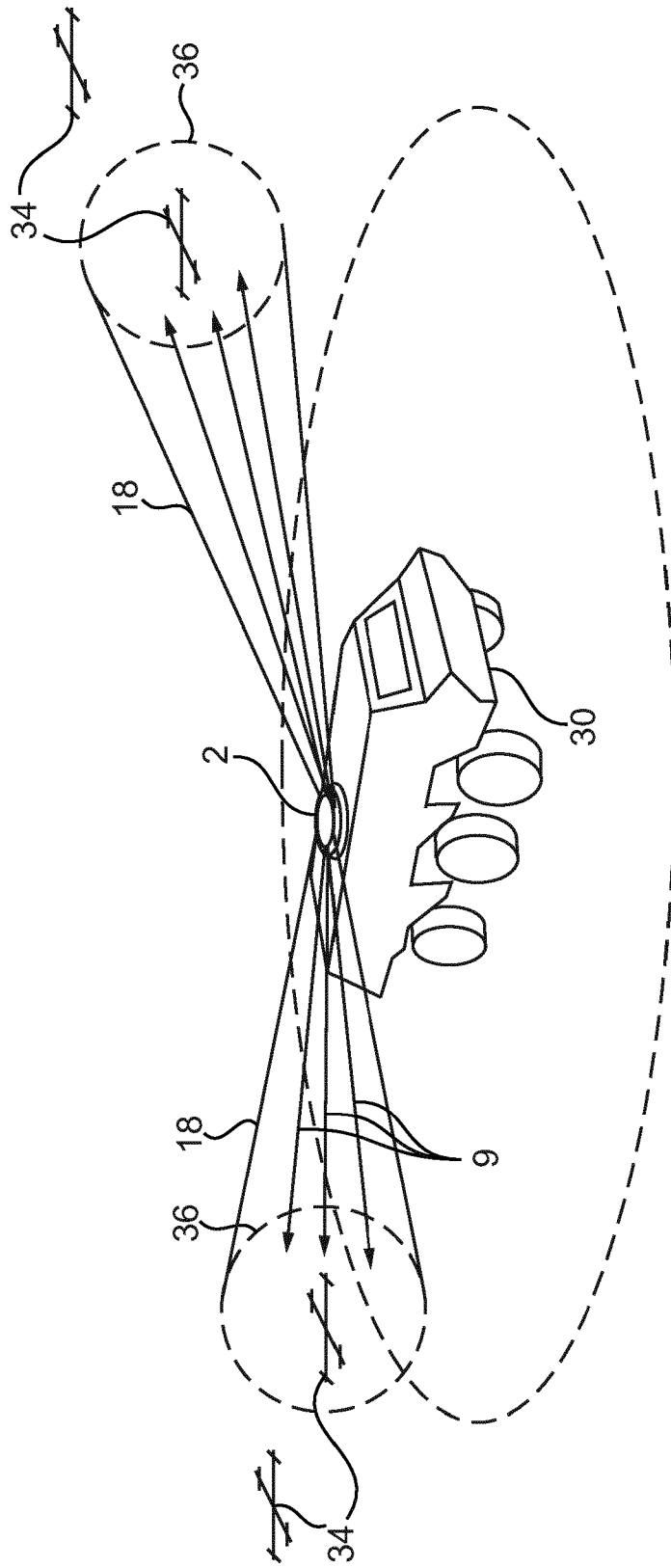


Fig. 11