

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 927**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/04 (2006.01)

H01Q 13/28 (2006.01)

H01Q 19/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2013 PCT/FR2013/051953**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO14029947**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2013 E 13762177 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 2888784**

54 Título: **Elemento de superficie inductivo**

30 Prioridad:

22.08.2012 FR 1202272

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2016

73 Titular/es:

**OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE
RECHERCHES AÉROSPATIALES (ONERA)**
(50.0%)

**29 avenue de la Division Leclerc
92320 Chatillon, FR y
UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS 6)**
(50.0%)

72 Inventor/es:

**JANGAL, FLORENT;
PETRILLO, LUCA;
DARCES, MURIEL;
HELIER, MARC y
MONTMAGNON, JEAN-LOUIS**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 588 927 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

Elemento de superficie inductivo

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un elemento de superficie inductivo, que está adaptado para modificar condiciones de propagación de una radiación electromagnética. Se refiere también a un conjunto de producción de ondas de superficie y a un conjunto de detección de ondas de superficie que comprenden cada uno un elemento de superficie inductivo de este tipo.

Estado de la técnica

15 Una onda de superficie es un modo de propagación de la radiación electromagnética, que está juntado con una interfaz de separación entre dos medios diferentes. Los dos medios pueden diferir el uno del otro por sus valores respectivos de permitividad dieléctrica y/o de conductividad eléctrica. Una onda de superficie presenta las características siguientes:

- 20 - su dirección de propagación es paralela a la interfaz entre los dos medios; y
- presenta una atenuación exponencial según la dirección perpendicular a la interfaz entre los dos medios.

Además, el vector de onda que caracteriza la propagación paralela a la interfaz está unido al coeficiente de atenuación según la dirección perpendicular y a la impedancia electromagnética de la interfaz. Un modo de propagación en superficie de este tipo está opuesto al modo de propagación en espacio libre, que se llama a veces propagación en onda de cielo.

30 Se usan ondas de superficie en aplicaciones variadas, entre las que sistemas radar o sistemas de comunicación para los que las ondas transmitidas implementadas son ondas de superficie. Para estos sistemas, la interfaz que se usa es el límite entre el suelo y el medio aéreo por encima del suelo. Una ventaja de estos sistemas resulta de la reducción de la potencia de radiación electromagnética que se pierde en dirección al cielo, ya que las ondas transmitidas permanecen concentradas cerca del suelo.

35 Muchas fuentes de radiación electromagnética que son disponibles producen ondas de propagación en espacio libre. Se puede producir por tanto una onda de superficie usando un elemento de conversión que acopla algunas de las ondas de propagación en espacio libre, tales como producidas por la fuente, con ondas de superficie. No obstante, las dificultades siguientes afectan los elementos de conversión existentes:

- 40 - unas ondas de propagación en espacio libre subsisten a pesar del elemento de conversión, lo que constituye una pérdida de eficacia, entre la potencia que se emite por la fuente y la potencia que se difunde realmente en forma de ondas de superficie; y
- 45 - las ondas de superficie que se producen por el elemento de conversión poseen direcciones de propagación dispersas paralelas al suelo, de modo que solo una parte de la energía que se transporta por estas ondas de superficie se transmite en una dirección deseada.

50 Por otra parte, cuando se usa un elemento de conversión en asociación con un detector para la recepción de una comunicación por transmisión de ondas de superficie, el elemento de conversión transmite también al detector ondas de propagación en espacio libre, además de la onda de superficie recibida. La detección de la señal que se transporta por la onda de superficie se interfiere y se perturba por tanto por las ondas de propagación en espacio libre que se transmiten involuntariamente.

55 El documento GB 788.824 describe un elemento de antena que está adaptado para transmitir una onda que se centra perpendicularmente a una placa de base de este elemento, según el modo de propagación en espacio libre.

60 El documento EP 1 594 186 describe una antena que está formada por un bucle abierto por encima de un plano de masa, estando este último diseñado para enterrarse. Se forman dos ondas confinadas entre el bucle y el plano de masa, y el borde periférico del plano de masa produce una radiación de onda de superficie hacia el exterior. No obstante, este sistema produce también una onda de propagación en espacio libre.

65 El documento WO 03/007426 describe una antena con un elemento de radiación con un factor de forma bajo, que está dispuesto por encima de una superficie de alta impedancia que a su vez está situada en un plano de masa metálico. Pero unas ondas de superficie de polarización horizontal del campo eléctrico aparecen en la superficie de alta impedancia y se transforman a continuación en ondas de propagación en espacio libre.

Por último, los documentos WO 2010/142946 y EP 1 608 037 describen antenas que tienen estructuras diferentes, y

que aumentan el rendimiento de emisión de ondas cuyas direcciones de propagación tienen valores de ángulos de elevación por encima del nivel del suelo que son bajos. Pero no se tratan de ondas de superficie cuya propagación es realmente paralela al suelo y cuya potencia transportada permanece concentrada cerca del suelo.

5 **Objeto de la invención**

En estas condiciones, un primer objetivo de la presente invención consiste en producir ondas de superficie con una cantidad mínima de potencia que se emita en forma de ondas de propagación en espacio libre.

10 Un segundo objetivo de la invención consiste en producir ondas de superficie que se concentren en acimut alrededor de una dirección de propagación deseada, paralela a la superficie del suelo.

Un tercer objetivo de la invención consiste en proponer un sistema de producción de ondas de superficie, que pueda usar las fuentes de radiación disponibles para producir ondas de propagación en espacio libre, en concreto las
15 antenas alámbricas.

Un cuarto objetivo de la invención consiste en proponer un sistema de producción de ondas de superficie que sea compacto, económico y fácil de implementar.

20 Por último, un quinto objetivo de la invención consiste en proponer un sistema de producción de ondas de superficie que esté adaptado para funcionar en el campo de frecuencia comprendida entre 0,2 MHz (megahercio) y 3.000 MHz, y en concreto en la banda de las altas frecuencias, llamada banda AF, comprendida aproximadamente entre 3 MHz y 30 MHz.

25 Para alcanzar estos objetivos y otros, la presente invención propone un elemento de superficie inductivo para una radiación electromagnética, comprendiendo este elemento:

- una placa de base conductora eléctricamente, que se extiende en un plano no paralelo al componente de campo
30 eléctrico de la radiación electromagnética; y
- una serie de placas secundarias conductoras eléctricamente que se extienden perpendicularmente a la placa de base, en un mismo semiespacio en un lado de la placa de base, y de manera simétrica con respecto a un plano perpendicular a la placa de base según una dirección llamada sensible.

35 Según una primera característica de la invención, las placas secundarias tienen una misma altura a $\pm 10\%$ aproximadamente, estando esta altura comprendida entre $0,035 \times \lambda$ y $0,35 \times \lambda$, donde λ es un parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo.

40 Según una segunda característica de la invención, la distancia entre la placa de base y los bordes de las placas secundarias enfrentadas está comprendida entre un valor nulo y la mitad de la altura de las placas secundarias en cuestión.

45 Según una tercera característica de la invención, las placas secundarias están dispuestas paralelamente entre sí según un periodo tal que el producto de la altura de las placas secundarias por el periodo esté comprendido entre $0,001 \times \lambda^2$ y $0,15 \times \lambda^2$ a $\pm 10\%$ de precisión.

Según una cuarta característica de la invención, las placas secundarias se extienden cada una en una longitud total de al menos $0,0003 \times \lambda$ perpendicularmente a la dirección sensible.

50 Un elemento de superficie de este tipo está adaptado por tanto para modificar condiciones de propagación, en el semiespacio, de una proyección del componente de campo eléctrico que es perpendicular a la placa de base, cuando una longitud de onda de la radiación electromagnética está comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$. La longitud de onda de la radiación electromagnética que se considera es la que está asociada a la propagación en el medio donde está situado el elemento de superficie inductivo, y que es igual a la velocidad de la luz en este medio
55 dividido por la frecuencia de la radiación. De esta manera, el elemento de superficie inductivo permite producir o detectar ondas de superficie que se concentran en acimut alrededor de una dirección de propagación paralela a una superficie de suelo, cuando este elemento se pone en el suelo o se semientierra cerca de la superficie del suelo, siendo la placa de base paralela a una superficie media de límite entre el suelo y el semiespacio aéreo.

60 El elemento de superficie inductivo de la invención es por tanto un elemento de conversión electromagnética, que es apta para acoplar modos de propagación en espacio libre con ondas de superficie. Este acoplamiento es particularmente eficaz gracias a la geometría y a las características de dimensionado del elemento que se introducen por la invención. En otros términos, el elemento permite transferir eficazmente una parte de la potencia emitida de ondas de propagación en espacio libre que llegan hasta el elemento, a ondas de superficie. Puede usarse por tanto
65 con fuentes de radiación electromagnética que son disponibles, en concreto fuentes alámbricas cuyo coste y uso es fácil para producir ondas del cielo. A continuación se transforman estas ondas de propagación en espacio libre, al

menos parcialmente, en ondas de superficie por el elemento de superficie inductivo de la invención.

En particular, el elemento de superficie inductivo de la invención es eficaz en el campo de frecuencia de radiación electromagnética que está comprendida entre 0,2 MHz y 3.000 MHz, y en concreto en la banda AF entre 3 MHz y 30 MHz.

Recíprocamente, el elemento de superficie inductivo de la invención permite acoplar también eficazmente ondas de superficie que llegan hasta este elemento, con ondas de propagación en espacio libre que pueden detectarse a continuación.

Además, las ondas de superficie que se producen por el elemento de superficie inductivo de la invención tienen direcciones de propagación que se concentran en acimut alrededor de la dirección sensible del elemento. Al tal efecto, las placas secundarias no son necesariamente planas. Se pueden adaptar para modificar la directividad en acimut del elemento de superficie inductivo. Por ejemplo, permaneciendo al mismo tiempo perpendiculares a la placa de base, pueden presentar una curvatura circular a un lado y a otro de la dirección sensible.

Por último, el elemento de superficie inductivo de la invención es simple, poco económico y fácil de implementar. En concreto, se puede fabricar por separado de la fuente o del detector de radiación electromagnética con la que (el que) está diseñado para usarse, lo que simplifica su modo de fabricación.

En modos preferidos de realización de la invención, se pueden usar algunos perfeccionamientos siguientes, por separado o en combinación con varios de ellos:

- cada serie de placas secundarias puede comprender al menos seis placas secundarias;
- una anchura de una al menos de las placas secundarias puede estar comprendida entre $\lambda/2$ y λ , medida paralela a la placa de base y perpendicularmente a la dirección sensible;
- la altura de las placas secundarias puede estar comprendida entre $\lambda/20$ y $\lambda/5$, medida perpendicularmente a la placa de base y a partir de la misma;
- el elemento de superficie inductivo puede comprender una serie de placas secundarias de las que cada placa secundaria está constituida por un par de placas ternarias. En este caso, las dos placas ternarias constitutivas de una placa secundaria están separadas por una distancia que está comprendida entre $\lambda/100$ y $\lambda/50$, medida según la dirección sensible;
- una al menos de las placas entre la placa de base y las placas secundarias o ternarias puede comprender una porción de chapa o de rejilla metálica, o una combinación de al menos una porción de chapa y de al menos una porción de rejilla metálica. Eventualmente, una (unas) porción (porciones) de chapa perforada o con aberturas puede (pueden) usarse, para reducir el peso del elemento y la cantidad de materia consumida; y
- algunas al menos de las placas secundarias o ternarias pueden conectarse eléctricamente a la placa de base.

La invención propone también un conjunto de producción de ondas de superficie, que comprende:

- una fuente de radiación, que está adaptada para producir al menos una radiación electromagnética que tiene un modo de propagación en espacio libre; y
- al menos un elemento de superficie inductivo tal como se ha descrito anteriormente, que se pone en el suelo o se semientierra o se entierra cerca de la superficie del suelo, de modo que la placa de base sea paralela a una superficie media de límite entre el suelo y un semiespacio aéreo.

La fuente de radiación se orienta de modo que un componente de campo eléctrico de la radiación electromagnética en la ubicación del elemento de superficie inductivo no sea paralelo a la placa de base.

Además, la fuente de radiación está adaptada de modo que una longitud de onda de la radiación electromagnética esté comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$, donde λ es el parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo.

En el marco de la presente invención, se considera que el elemento de superficie inductivo se entierra cerca de la superficie del suelo cuando la distancia entre la placa de base y la superficie media de límite entre el suelo y el semiespacio aéreo es inferior a λ .

La fuente de radiación puede adaptarse en concreto para producir la radiación electromagnética entre una frecuencia de radiación que está comprendida entre 0,2 MHz y 3.000 MHz, y más particularmente entre 3 MHz y 30 MHz.

La fuente de radiación puede comprender una antena alámbrica, siendo el rendimiento de emisión de este tipo de antena particularmente elevado. En el caso de una antena alámbrica monopolo o dipolo, el ramal se orienta preferentemente de modo que un segmento de antena rectilíneo de la misma perpendicular a la placa de base. Además, la antena alámbrica puede posicionarse ventajosamente con respecto al elemento de superficie inductivo conforme a una al menos de las características siguientes de habilitación:

- el segmento de antena rectilíneo está separado de la de las placas secundarias del elemento de superficie inductivo que es la más cercana del segmento de antena rectilíneo, por una distancia que es inferior o igual a $0,5 \times \lambda$, medida según la dirección sensible; y
- un punto del segmento de antena rectilíneo que es el más cercano de la placa de base está situado a una altura que es inferior a 1,5 veces la altura de las placas secundarias, midiéndose estas alturas a partir de la placa de base según una dirección perpendicular a esta última y en el lado de las placas secundarias.

La fuente de radiación puede constar de una antena alámbrica de tipo bucle, el bucle plano se orienta preferentemente de manera paralela a la placa de base. La condición exigida para que la invención funcione es que la radiación electromagnética procedente de la fuente presenta un componente de campo eléctrico no paralelo a la placa de base.

Por último, la invención propone igualmente un conjunto de detección de ondas de superficie, que comprende:

- un detector de radiación, que está adaptado para detectar al menos una radiación electromagnética; y
- al menos un elemento de superficie inductivo tal como se ha descrito anteriormente, que se pone en el suelo o se semientierra o se entierra cerca de la superficie del suelo, de modo que la placa de base sea paralela a una superficie media de límite entre el suelo y un semiespacio aéreo.

El detector de radiación se orienta para detectar la radiación electromagnética cuando un componente de campo eléctrico de esta radiación es no paralelo a la placa de base, y es eficaz para detectar la radiación electromagnética cuando una longitud de onda de esta radiación está comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$, donde λ es el parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo.

La característica según la que el elemento de superficie inductivo se entierra cerca de la superficie del suelo significa igualmente que la distancia entre la placa de base y la superficie media de límite entre el suelo y el semiespacio aéreo es inferior a λ .

El detector de radiación puede colocarse por tanto en el seno del conjunto de detección de ondas de superficie, en una posición relativa con respecto al elemento de superficie inductivo que es idéntica a la de la fuente de radiación en el seno del conjunto de producción de onda de superficie.

Descripción de las figuras

Otras particularidades y ventajas de la presente invención aparecerán en la descripción a continuación de ejemplos de realización no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1a es una vista en perspectiva que ilustra una implementación de un elemento de superficie inductivo según un primer modo de realización de la invención, en un conjunto de producción de ondas de superficie;
- las figuras 1b y 1c son respectivamente una vista de plano y una vista lateral del elemento de superficie inductivo de la figura 1a;
- las figuras 2a a 2c corresponden respectivamente a las figuras 1a a 1c para un segundo modo de realización de la invención;
- las figuras 3a a 3c ilustran respectivamente tres instalaciones posibles del elemento de superficie inductivo según la invención; y
- las figuras 4a y 4b son diagramas de incremento en transmisión y de modificación del coeficiente de reflexión, respectivamente, en función de la frecuencia de la radiación electromagnética, para un elemento de superficie inductivo según la invención.

Descripción detallada de la invención

Por cuestión de claridad, las dimensiones de los elementos o de las partes de elementos que se representan en estas figuras no corresponden ni a dimensiones reales ni a relaciones de dimensiones reales. Además, unas

referencias idénticas que se indican en figuras diferentes designan elementos idénticos o que tienen funciones idénticas.

5 Las figuras 1a a 1c muestran un elemento de superficie inductivo conforme a la invención que consta de una serie de placas secundarias, y el elemento de las figuras 2a a 2c constan de una serie de placas secundarias constituidas cada una por un par de placas ternarias. Las referencias que se mencionan en las figuras tienen las significaciones siguientes:

10	1	placa de base
	2	placas secundarias
	2a, 2b	placas ternarias
15	LS	línea mediana de la placa de base, preferentemente según su dimensión longitudinal
	Lopm	longitud de la placa de base medida paralela a la línea mediana LS
	Apm	anchura de la placa de base medida perpendicularmente a la línea mediana LS
20	A, Adl	anchura de cada placa secundaria o ternaria medida perpendicularmente a la línea mediana LS
	H, Hdl	altura de cada placa secundaria o ternaria medida perpendicularmente a la placa de base
25	Nbl, Nbdl	número de placas secundarias en cada serie, preferentemente superior o igual a seis
	P	espaciamiento entre las placas secundarias medido según la línea mediana LS, y que constituye un periodo de habilitación de las placas secundarias
30	D	desfase entre dos placas ternarias de una pareja que constituye una placa secundaria, medida según la línea mediana LS
	3	antena de emisión de radiación electromagnética
35	4	fuelle de señal AF, anotada GEN. AF
	Hant	altura de colocación de la antena 3 por encima del plano de la placa de base, medida para un punto inferior de la antena 3
40	Dant	distancia entre la antena 3 y la placa secundaria más cercana
	z	eje perpendicular a la placa de base
45	OL	onda electromagnética con modo de propagación en espacio libre, producida por la antena 3 en dirección del elemento de superficie inductivo
	E	campo eléctrico de la onda electromagnética OL, que es perpendicular a la dirección de propagación de la onda OL
50	E _z	componente del campo eléctrico de la onda electromagnética OL según el eje z
	θ	ángulo de disminución o de elevación de la dirección de propagación de la onda electromagnética OL con respecto a un plano paralelo a la placa de base
55	OS	onda de superficie producida por el elemento de superficie inductivo a partir de la onda electromagnética OL

60 Todas las placas secundarias 2 o ternarias 2a, 2b pueden tener dimensiones que son idénticas. Son todas perpendiculares a la línea mediana LS, y por tanto todas paralelas entre sí. Además, están todas centradas en la línea mediana LS, y el periodo P de las placas secundarias es constante. Cuando el elemento de superficie inductivo comprende una serie de placas secundarias de las que cada placa secundaria está constituida por un par de placas ternarias, el periodo T es idéntico entre las placas ternarias de dos parejas adyacentes.

65 A modo de ilustración, la placa de base 1 puede ser rectangular, al igual que cada placa secundaria 2 o ternaria 2a, 2b.

En estas condiciones, la línea mediana LS es la dirección de emisión de la onda de superficie OS que se produce por el elemento de superficie inductivo de superficie a partir de la onda electromagnética OL, cuando la antena 3 se coloca a su vez en el recto de la línea mediana LS. Cuando el elemento de superficie inductivo produce un haz de ondas de superficie, este haz se centra en acimut alrededor de la línea mediana LS, en un plano que es paralelo a la placa de base 1. Por esta razón, la línea mediana LS se llama dirección sensible en la parte general de la presente invención.

Se forma un conjunto de producción de ondas de superficie asociando el elemento de superficie inductivo de las figuras 1a-1c o 2a-2c con una fuente de radiación electromagnética. Una fuente de radiación de este tipo comprende la antena de emisión 3 y la fuente de señal 4, que se conecta para alimentar la antena 3 en señal de emisión. La antena 3 puede ser del tipo antena alámbrica, y en concreto una antena de tipo monopolo cuarto de onda. Una antena de este tipo se conoce por el experto en la materia. Comprende un segmento de antena rectilíneo capaz de producir una radiación electromagnética que se propaga inicialmente en espacio libre, a partir del segmento de antena. La antena 3 y la fuente 4 pueden adaptarse para que la radiación electromagnética tenga una frecuencia f en la banda AF comprendida entre 3 MHz y 30 MHz. La longitud de onda de la onda OL que se produce por la antena 3 es por tanto $\lambda=C/f$, donde C es la velocidad de la luz en el medio, igual a C_0/N donde N es el índice de refracción del medio y C_0 la velocidad de la luz en el vacío. La longitud de onda está comprendida por tanto entre 10 m (metro) y 100 m para la banda AF mencionada anteriormente en el aire.

Para producir la onda de superficie OS que está diseñado para propagarse a la superficie del suelo, a partir de la onda OL con un buen rendimiento de transferencia de potencia entre las dos ondas, la habilitación del conjunto de producción de ondas de superficie verifica las condiciones siguientes:

- el elemento de superficie inductivo está colocado cerca de la superficie del suelo;
- unas dimensiones del elemento de superficie inductivo están seleccionadas de manera apropiada con respecto a la longitud de onda de la radiación electromagnética que se produce por la antena 3; y
- el segmento rectilíneo de la antena 3 está colocado y orientado de manera apropiada con respecto al elemento de superficie inductivo.

El elemento de superficie inductivo puede o ponerse en el suelo (figura 3a), o semienterrarse, o bien enterrarse por completo (figura 3c). En todos los casos, la placa de base 1 es paralela o sustancialmente paralela a una superficie media S de límite entre el suelo y el semiespacio aéreo superior. La superficie real del suelo puede ser irregular, pero la superficie media S de límite del suelo es plana. El elemento de superficie inductivo se orienta además con sus placas secundarias 2 que son verticales, y hacia arriba por encima de la placa de base 1. La profundidad K de la placa de base 1 por debajo de la superficie media S de límite del suelo es preferentemente inferior a λ , incluso inferior a $\lambda/2$. Cuando el elemento de superficie inductivo se semienterra, los bordes superiores de algunas al menos de las placas secundarias 2 desbordan por encima del suelo, en el semiespacio aéreo. En el uso de la invención que se indica a continuación, el elemento de superficie inductivo se pone en el suelo (figura 3a).

A modo de ilustración, el elemento de superficie inductivo usado es conforme a las figuras 1a-1c con las características precisas siguientes: el número Nbl de placas secundarias 2 es igual a 21, el espaciamiento P entre dos placas secundarias 2 que son sucesivas, es constante e igual a $0,0697 \times \lambda$, la altura H de cada placa secundaria 2 es igual a $0,1651 \times \lambda$, la anchura A de cada placa secundaria 2 es igual a $0,0678 \times \lambda$, la anchura Apm de la placa de base 1 es igual a la anchura A de las placas secundarias 2 aumentada de $0,5 \times \lambda$, y la longitud Lopm de la placa de base 1 es igual a $1,931 \times \lambda$. Se pueden adoptar diferencias de $\pm 10\%$ con respecto a estas dimensiones, sin que se altere el funcionamiento del conjunto de producción de ondas de superficie significativamente, para la misma frecuencia de la radiación que se produce por la antena 3. Dadas las grandes dimensiones que pueda tener el conjunto de superficie inductivo, algunas al menos de las placas que lo componen pueden ser ventajosamente de rejilla o de chapa perforada, para reducir de ello el peso y la cantidad de materia prima consumida. El espesor de las placas no tiene efecto significativo, siempre que las placas puedan considerarse como superficies conductoras bidimensionales. Cada placa secundaria se mantiene fija con respecto a la placa de base 1, pero es necesario que se una eléctricamente a la placa de base 1. De este modo cada placa secundaria puede aislarse eléctricamente con respecto a la placa de base 1.

La antena 3 se orienta preferentemente de modo que el segmento de antena rectilíneo sea vertical, y por tanto perpendicular a la placa de base 1. La distancia Dant puede ser igual a $0,5 \times \lambda$, y la altura Hant del segmento de antena por encima de la placa de base 1 puede ser nula.

Una condición de funcionamiento del conjunto de producción de ondas de superficie es que el componente E_z del campo eléctrica E de la onda electromagnética OL que se produce por la antena 3, no sea nulo. En otros términos, el campo eléctrico E de onda OL no es paralelo a la placa de base 1. El elemento de superficie inductivo modifica por tanto las condiciones de propagación de la componente E_z , convirtiendo una parte de la onda OL en onda de superficie OS. Cuando la antena 3 se coloca a la verticalidad de la línea mediana LS de un lado del elemento de superficie inductivo, por tanto la onda emerge por encima del elemento de superficie inductivo, con una dirección de

propagación que es paralela a la línea mediana LS. La onda OS tiene una estructura de onda de superficie, con una amplitud de campo eléctrico que decrece exponencialmente en la dirección Z en el semiespacio aéreo, a partir de la superficie media SI de límite del elemento de superficie inductivo.

5 Las figuras 4a y 4b corresponden a un elemento de superficie inductivo tal como se ha descrito anteriormente, que se ha dimensionado para un valor de longitud de onda de la onda OL igual a 27,3 cm (centímetro) aproximadamente. En otros términos, el parámetro de dimensionado X es igual a 27,3 cm. Este valor de longitud de onda corresponde a una frecuencia f de radiación electromagnética que es igual a 1,1 GHz (Gigahercio).

10 En el diagrama de la figura 4a, la curva de trazo continuo caracteriza una eficacia de transmisión entre la fuente de radiación y un detector alejado, usando el elemento de superficie inductivo en combinación con la fuente de radiación. La curva de trazo continuo caracteriza la misma eficacia de transmisión, pero en ausencia de elemento de superficie inductivo. El uso del elemento de superficie inductivo permite un incremento de transmisión de 20 dB aproximadamente para la frecuencia de la radiación de 1,1 GHz.

15 El diámetro de la figura 4b muestra la modificación del coeficiente de reflexión energética de la antena 3, comparando sus funcionamientos con (curva de trazo continuo), y sin el elemento de superficie inductivo (curva de trazo interrumpido). Una disminución de la reflexión que puede alcanzar 10 dB se obtiene a 1,1 GHz usando el elemento de superficie inductivo.

20 Por otra parte, se han efectuado medidas de potencia de radiación electromagnética cerca del extremo del elemento de superficie inductivo desde donde emerge la onda de superficie OS, por el procedimiento de medida de calentamiento. Estas medidas se han efectuado para la frecuencia de radiación de 1,1 GHz, con el elemento de superficie inductivo que está dimensionada para esta frecuencia. Revelan que el elemento de superficie inductivo produce una gran concentración de la energía electromagnética que se transmite, cerca de la superficie del suelo y alrededor de la línea mediana LS. Unas medidas precisas confirman que la densidad de energía electromagnética a la salida del elemento de superficie inductivo, decrece exponencialmente cuando el ángulo de elevación con respecto al suelo aumenta. De este modo se verifica la naturaleza de la onda de superficie de la onda OS.

25 Un dimensionado posible para el elemento de superficie inductivo de las figuras 2a-2c puede ser: el número Nbdl de las placas ternarias 2a y el de las placas ternarias 2b son también iguales a 21, el espaciamiento P entre dos placas ternarias 2a que son sucesivas, o entre dos placas ternarias 2b sucesivas, es igual a $0,0953 \times \lambda$, el desfase D entre las placas ternarias 2a y 2b es de $0,0229 \times \lambda$, la altura Hdl de cada placa ternaria 2a o 2b es igual a $0,1074 \times \lambda$, y la anchura Apm de la placa de base 1 es al menos igual a la anchura Adl de cada placa 2a o 2b, a su vez igual a $0,6678 \times \lambda$. Sin embargo, se pueden adoptar diferencias de $\pm 20\%$ con respecto a estas dimensiones precisas sin modificar la frecuencia de la radiación de la fuente que se usa con el elemento de superficie inductivo.

30 La habilitación de un elemento de superficie de este tipo con dos series de placas ternarias, con respecto a la antena 3 en el seno del conjunto de producción de onda de superficie, puede ser idéntica a la que se ha descrito para el elemento de superficie inductivo de las figuras 1a - 1c.

35 Un elemento de superficie inductivo según la invención puede usarse también en el seno de un conjunto de detección de onda de superficie. Por ello, el elemento de superficie inductivo se pone igualmente en el suelo, se semienterra o se entierra de la misma manera, pero con su línea mediana LS, o dirección sensible, que se orienta según una dirección de recepción de ondas de superficie. Un detector de radiación puede colocarse por tanto sustancialmente a la misma ubicación que la antena 3 con respecto al elemento de superficie inductivo. En estas condiciones, el elemento de superficie inductivo transforma parcialmente la onda de superficie recibida en una estructura de onda que converge en el detector de radiación. La onda de superficie que se recibe puede detectarse de este modo con una sensibilidad elevada.

40 Se entiende que la invención puede reproducirse modificando algunas de las características que se han descrito a modo de ejemplo. Se recuerda que un elemento de superficie inductivo que es conforme a la invención puede dimensionarse simplemente para cualquiera frecuencia de radiación, usando las reglas de dimensionado que se han dado.

45 Por último, varios elementos de superficie inductivos según la invención alrededor de una misma fuente de radiación electromagnética, con el fin de transmitir simultáneamente ondas de superficie en varias direcciones.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de superficie inductivo para una radiación electromagnética, comprendiendo dicho elemento:

- 5 - una placa de base (1) conductora eléctricamente que se extiende en un plano no paralelo a un componente de campo eléctrico de la radiación electromagnética; y
 - una serie de placas secundarias conductoras eléctricamente (2), extendiéndose las placas secundarias perpendicularmente a la placa de base, y en un mismo semiespacio en un lado de dicha placa de base, de manera simétrica con respecto a un plano perpendicular a dicha placa de base según una dirección llamada
 10 sensible,

teniendo dichas placas secundarias (2) una misma altura (H; Hdl) a $\pm 10\%$ de precisión, estando dicha altura comprendida entre $0,035 \times \lambda$ et $0,35 \times \lambda$, donde λ es un parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo;

- 15 la distancia entre la placa de base y los bordes de las placas secundarias enfrentadas está comprendida entre un valor nulo y la mitad de la altura de las placas secundarias en cuestión;
 estando dichas placas secundarias (2) dispuestas paralelamente entre sí según un periodo tal que el producto de la altura de las placas secundarias por el periodo esté comprendido entre $0,001 \times \lambda^2$ y $0,15 \times \lambda^2$ a $\pm 10\%$ de precisión;
 20 extendiéndose dichas placas secundarias (2) cada una en una longitud total de al menos $0,0003 \times \lambda$ perpendicularmente a la dirección sensible;
 estando dicho elemento de superficie inductivo adaptado para modificar unas condiciones de propagación en dicho semiespacio, de una proyección del componente de campo eléctrico perpendicular a la placa de base (1) cuando una longitud de onda de la radiación electromagnética está comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$,
 25 para permitir producir o detectar ondas de superficie concentradas en acimut alrededor de una dirección de propagación que es paralela a una superficie de suelo, cuando dicho elemento de superficie inductivo se pone en el suelo o semienterrado cerca de la superficie del suelo, de modo que la placa de base (1) sea paralela a una superficie media de límite entre el suelo y el semiespacio aéreo.

2. Elemento de superficie inductivo según la reivindicación 1, en el que la serie de placas secundarias (2) comprende al menos seis placas secundarias.

3. Elemento de superficie inductivo según la reivindicación 1 o 2, en el que una anchura (A ; Adl) de una al menos de las placas secundarias (2) está comprendida entre $\lambda/2$ y λ , medida paralelamente a la placa de base (1) y perpendicularmente a la línea sensible.

4. Elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la altura (H; Hdl) de las placas secundarias (2) está comprendida entre $\lambda/20$ y $\lambda/5$, medida perpendicularmente a la placa de base (1) y a partir de dicha placa de base.

5. Elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada placa secundaria está constituida por un par de placas ternarias (2a, 2b).

6. Elemento de superficie inductivo según la reivindicación 5, en el que las placas ternarias de cada par (2a, 2b) están separadas por una distancia comprendida entre $\lambda/100$ y $\lambda/50$, medida según la dirección sensible.

7. Elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una al menos de las placas entre la placa de base (1) y las placas secundarias (2) o ternarias (2a, 2b) comprende una porción de chapa o de rejilla metálica, o una combinación de al menos una porción de chapa y de al menos una porción de rejilla metálica.

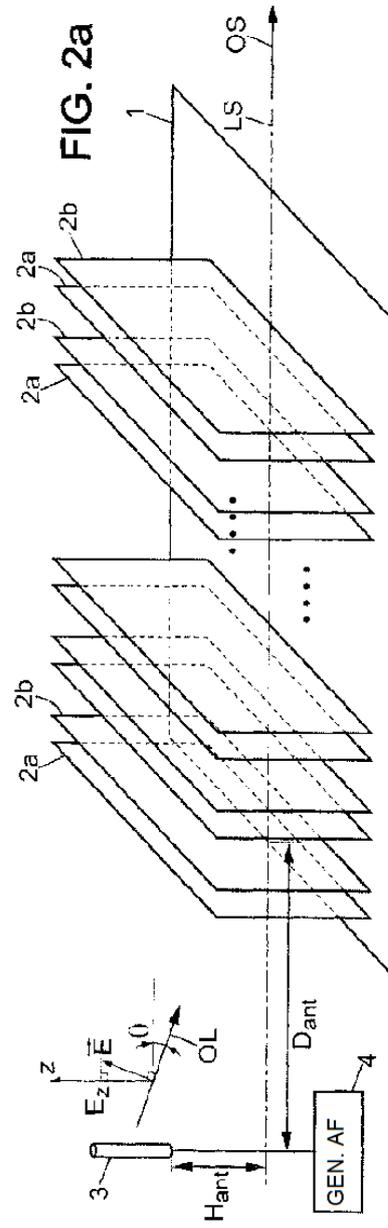
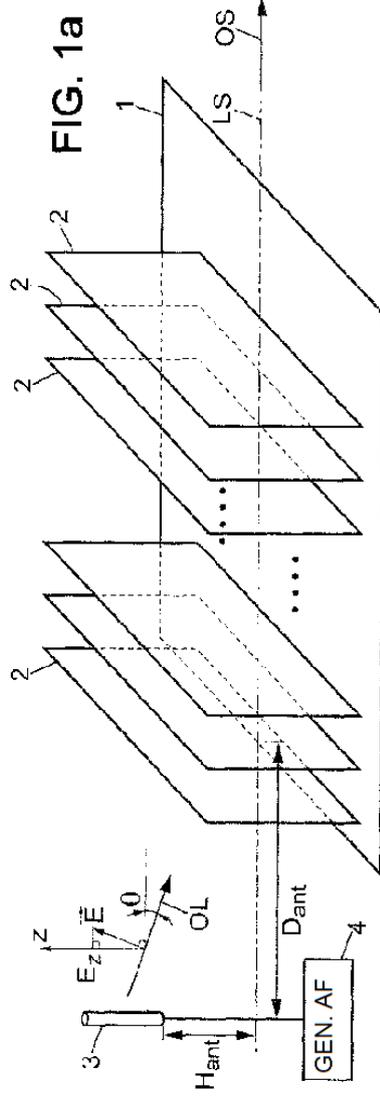
8. Elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que algunas al menos de las placas secundarias (2) o ternarias (2a, 2b) están conectadas eléctricamente a la placa de base (1).

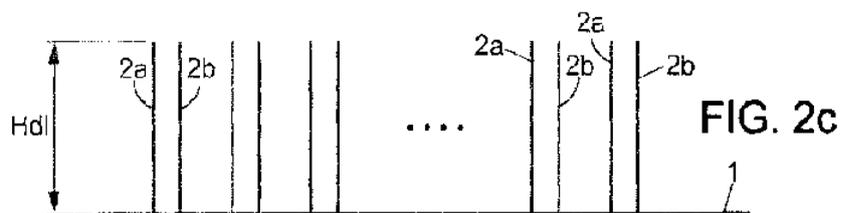
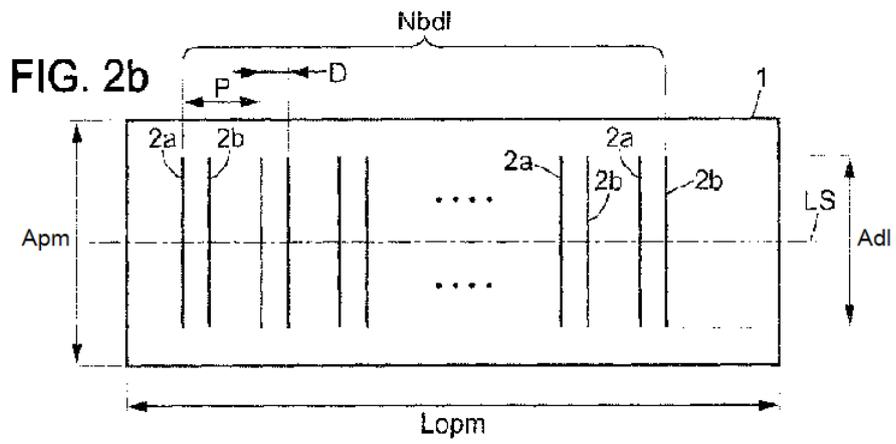
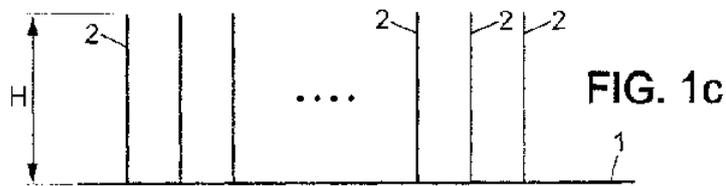
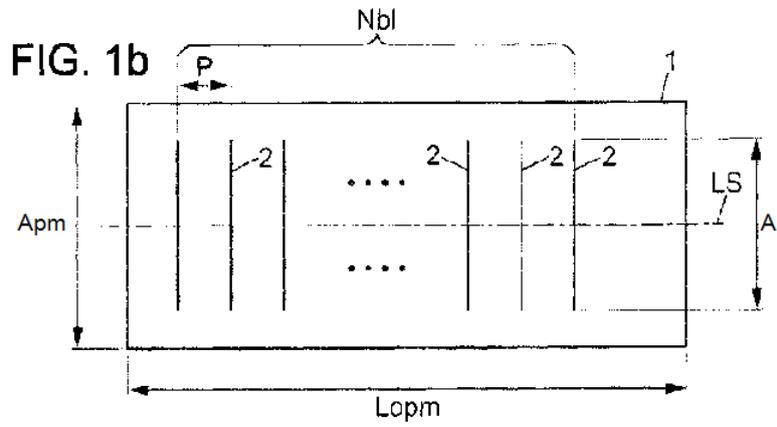
9. Conjunto de producción de onda de superficie, que comprende:

- 55 - una fuente de radiación (3), adaptada para producir al menos una radiación electromagnética que tiene un modo de propagación en espacio libre; y
 - al menos un elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, puesto en el suelo o semienterrado o enterrado cerca de la superficie del suelo, de modo que la placa de base (1) sea
 60 paralela a una superficie media de límite entre el suelo y un semiespacio aéreo;

orientándose la fuente de radiación (3) de modo que un componente de campo eléctrico de la radiación en la ubicación del elemento de superficie inductivo no sea paralelo a la placa de base (1); y estando la fuente de radiación (3) adaptada de modo que una longitud de onda de la radiación electromagnética esté comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$, donde λ es el parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo.

10. Conjunto de producción de ondas de superficie según la reivindicación 9, en el que la fuente de radiación (3) está adaptada para producir la radiación electromagnética con una frecuencia de radiación comprendida entre 0,2 MHz y 3.000 MHz.
- 5 11. Conjunto de producción de ondas de superficie según la reivindicación 9 o 10, en el que la fuente de radiación (3) comprende una antena alámbrica.
- 10 12. Conjunto de producción de ondas de superficie según la reivindicación 11, en el que la antena alámbrica comprende un segmento de antena rectilíneo, y dicha antena alámbrica se orienta de modo que el segmento de antena rectilíneo sea perpendicular a la placa de base (1).
- 15 13. Conjunto de producción de ondas de superficie según la reivindicación 12, en el que la antena alámbrica se posiciona de modo que el segmento de antena rectilíneo esté separado de una de las placas secundarias (2; 2a, 2b) del elemento de superficie inductivo más cercana de dicho segmento de antena rectilíneo, por una distancia (Dant) inferior o igual a $0,5 \times \lambda$, medida según la dirección sensible.
- 20 14. Conjunto de producción de ondas de superficie según la reivindicación 12 o 13, en el que la antena alámbrica se posiciona de modo que un punto del segmento de antena rectilíneo más cercano de la placa de base (1) esté situado a una altura (Hant) inferior a 1,5 veces la altura (H; Hdl) de las placas secundarias (2; 2a, 2b), midiéndose dichas alturas a partir de la placa de base (1) según una dirección perpendicular a dicha placa de base y en el lado de las placas secundarias.
15. Conjunto de detección de ondas de superficie, que comprende:
- 25 - un detector de radiación, adaptado para detectar al menos una radiación electromagnética; y
- al menos un elemento de superficie inductivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, puesto en el suelo o semienterrado o enterrado cerca de la superficie del suelo, de modo que la placa de base (1) sea paralela a una superficie media de límite entre el suelo y un semiespacio aéreo;
- 30 orientándose el detector de radiación para detectar la radiación electromagnética cuando un componente de campo eléctrico de dicha radiación es no paralelo a la placa de base (1), y siendo eficaz para detectar la radiación electromagnética cuando una longitud de onda de dicha radiación está comprendida entre $\lambda - 10\%$ y $\lambda + 10\%$, donde λ es el parámetro de dimensionado del elemento de superficie inductivo.





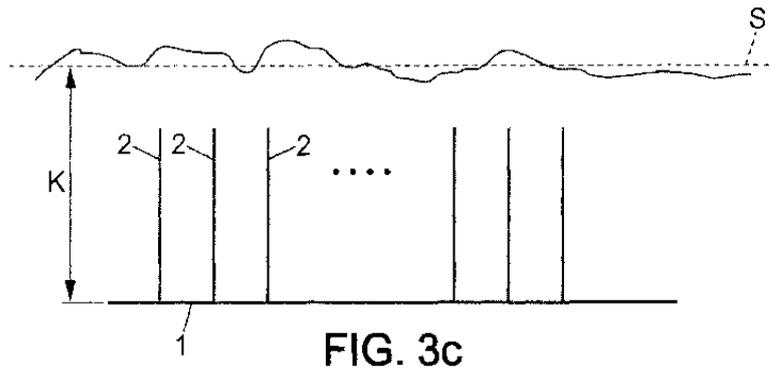
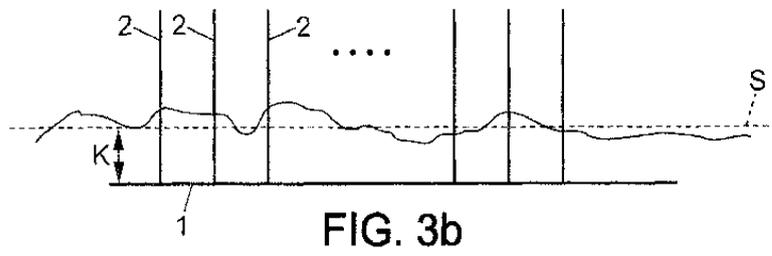
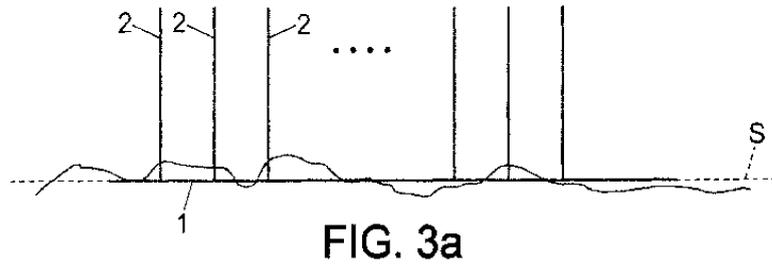


FIG. 4a

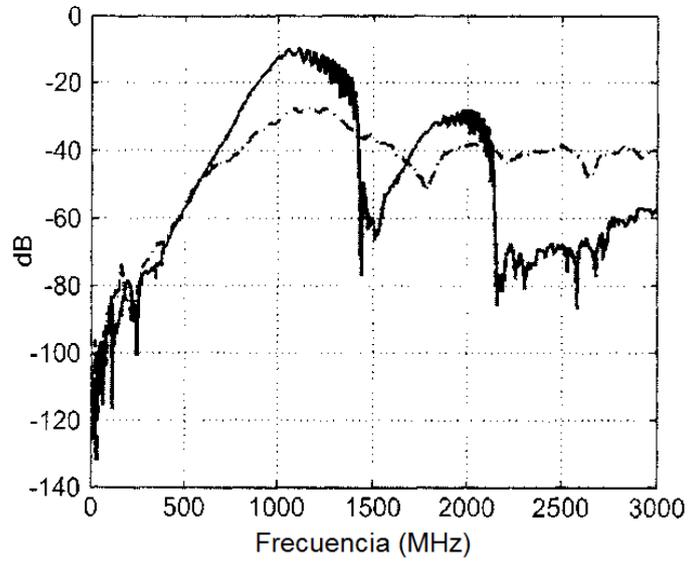


FIG. 4b

