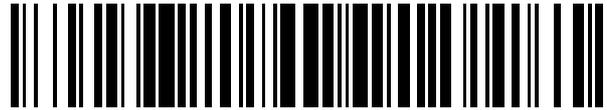


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 771**

51 Int. Cl.:

G01S 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2009 E 09745062 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2344903**

54 Título: **Procedimiento de estimación de la elipticidad de polarización de una señal de respuesta de antena a una onda electromagnética incidente**

30 Prioridad:

07.11.2008 FR 0806235

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

07.09.2016

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**LECCA, ARNAUD;
MERLET, ERIC;
MESNAGE, JEAN-CHRISTOPHE y
ROGIER, JEAN-LUC**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 581 771 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

Procedimiento de estimación de la elipticidad de polarización de una señal de respuesta de antena a una onda electromagnética incidente

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de estimación de la elipticidad de polarización de una señal de respuesta de antena a una onda electromagnética incidente. La invención se aplica particularmente a la discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar, particularmente en el marco de un sistema de vigilancia, de escucha o de goniometría sobre unas señales en la banda de AF.

10 Un gran número de sistemas de vigilancia, de escucha, de goniometría o más generalmente los sistemas que detectan y tratan unas señales electromagnéticas se emplean para tratar unas ondas que proceden directamente de emisores en tierra. Ahora bien, a veces, unas ondas ionosféricas llegan a perturbar su funcionamiento, pudiendo ser estas ondas confundidas con unas señales procedentes de un emisor en tierra.

15 Las ondas ionosféricas pueden propagarse en una gran distancia, del orden de varios millares de kilómetros. Por otro lado, cuando las ondas radioeléctricas producidas por un emisor penetran en la atmósfera hasta la ionosfera, sufren continuamente unos fenómenos de refracción que conducen una parte de la energía de dichas ondas de vuelta hacia tierra. Una parte de esta energía puede captarse entonces por un receptor incluso aunque este esté muy alejado del emisor inicial. Si, por ejemplo, este receptor se utiliza para una goniometría para determinar la dirección de las señales procedentes de emisores próximos, las ondas ionosféricas recibidas pueden alterar por interferencia las medidas de ángulos obtenidas. Además, independientemente de cualquier fenómeno de interferencia, una onda de polarización inicial vertical se transforma después de una propagación de tipo ionosférico en onda de polarización cualquiera, por tanto susceptible de dispersar un eco de cualquier dispositivo de radiogoniometría concebido para funcionar de manera óptima frente a unas ondas incidentes de elevación cero y de polarización vertical. Este es por ejemplo el caso de la goniometría denominada "Watson-Watt".

20 Es deseable entonces distinguir las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra. Por otro lado, se desea, en el caso de medidas de goniometría, evaluar la validez de dichas medidas en función del tipo de onda recibido por la antena del goniómetro (onda ionosférica u onda de tierra/mar).

25 Un objetivo de la invención es distinguir las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra. El documento DE 27 40 389 A1 describe un procedimiento de estimación de la elipticidad de polarización de una señal de respuesta de antena de cuadros cruzados o de una red de antenas del tipo Adcock a una onda electromagnética incidente recibida en dicha antena. El problema que la presente invención se propone es proporcionar un método alternativo para determinar la elipticidad de la polarización de una señal de respuesta de antena de cuadros cruzados y utilizarla para distinguir las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra.

30 Con este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de estimación de la elipticidad τ de polarización de una señal de respuesta de antena de cuadros cruzados o de una red de antenas de tipo Adcock a una onda electromagnética incidente recibida en dicha antena, caracterizado porque incluye al menos las etapas siguientes:

- 35 medir el desfase $\Delta\varphi$ entre las señales adquiridas respectivamente en la vía coseno y seno de la antena;
- medir la relación R entre las amplitudes de las señales adquiridas respectivamente en la vía coseno y seno de la antena;
- determinar el ángulo de elipticidad τ en función del desfase $\Delta\varphi$ y de la relación R.

Según una implementación del procedimiento, dicho ángulo de elipticidad τ se determina por la relación siguiente:

40
$$\text{sen}(2 \cdot \tau) = \frac{2}{R + \frac{1}{R}} \cdot \text{sen}(\Delta\varphi)$$

en la que $R = \frac{\|\bar{a}_c\|}{\|\bar{a}_s\|}$, siendo $\|\bar{a}_c\|$ la amplitud de la señal recibida en el cuadro coseno, y siendo $\|\bar{a}_s\|$ la amplitud de la señal recibida en el cuadro seno.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra que comprende al menos las etapas siguientes:

- 45 detectar una onda electromagnética sobre una antena de cuadros cruzados o una red de antenas de tipo Adcock;
- determinar el ángulo de elipticidad τ de polarización de la señal de respuesta de antena a la onda recibida ejecutando las etapas del procedimiento descrito más arriba;
- 50 comprobar el valor del ángulo de elipticidad τ : si su valor es superior a un valor de umbral elegido, entonces clasificar dicha onda como una onda ionosférica.

Según una implementación del procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra, como resultado de la comprobación del valor del ángulo de elipticidad τ , si el valor de elipticidad es inferior al valor de umbral elegido, entonces clasificar dicha onda como una onda de tierra y/o de mar.

5 Según una implementación del procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra, como resultado de la comprobación del valor del ángulo de elipticidad τ , si este valor de elipticidad es inferior al valor de umbral elegido, entonces reiterar la etapa de detección y comprobar de manera recurrente con el transcurso del tiempo el valor de la excursión del ángulo de elipticidad τ : si esta excursión es superior a un segundo valor de umbral elegido, entonces clasificar la onda como una onda ionosférica.

10 La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo colocado en tierra o en el mar que comprende una antena de recepción de cuadros cruzados o una red de antenas de tipo Adcock y un módulo de tratamiento que implementa el procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ tal como se ha descrito más arriba con el fin de determinar el ángulo de elipticidad τ de polarización de una señal de respuesta de la antena a una onda electromagnética recibida por la antena de recepción o la red de antenas.

15 Surgirán otras características con la lectura de la descripción detallada dada a título de ejemplo y no limitativa que se realiza en relación a unos dibujos adjuntos que representan:

- las figuras 1a y 1b, una vista en perspectiva y desde la parte superior de un primer ejemplo de antena de cuadros cruzados que recibe las señales tratadas mediante el procedimiento según la invención,
- las figuras 2a y 2b, una vista en perspectiva y desde la parte superior de un segundo ejemplo de antena de cuadros cruzados que recibe las señales tratadas por el procedimiento según la invención,
- 20 - la figura 3a, un gráfico que ilustra un desfase entre una señal recibida en los cuadros de la antena cuando la onda portadora de dichas señales está polarizada verticalmente,
- la figura 3b, un gráfico que ilustra un desfase entre una señal recibida en los cuadros de la antena cuando la onda portadora de dichas señales no está polarizada verticalmente,
- la figura 4, un sinóptico que presenta las etapas de un primer modo de implementación del procedimiento según la invención,
- 25 - la figura 5, un sinóptico que presenta un primer procedimiento que utiliza el procedimiento según la invención para discriminar las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar,
- la figura 6, un sinóptico que presenta un segundo procedimiento, derivado del primer procedimiento presentado en la figura 5 para discriminar las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar,
- 30 - la figura 7, una ilustración de un dispositivo que implementa el procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ según la invención.

Por razones de claridad, las mismas referencias en unas figuras diferentes designan los mismos objetos.

35 Las figuras 1a y 1b presentan un primer ejemplo de antena de cuadros cruzados que recibe las señales tratadas mediante el procedimiento de medición del ángulo según la invención. La figura 1a es una vista en perspectiva de la antena, la figura 1b muestra la antena vista desde la parte superior.

40 La antena 100 comprende un primer cuadro 111 ortogonal a un segundo cuadro 112, estando los dos cuadros 111, 112, en el ejemplo, formados por unos rectángulos metálicos mantenidos por un soporte 115 e inscritos en unos planos sustancialmente verticales. El primer cuadro 111 se califica a veces como "cuadro seno", calificándose el segundo cuadro 112 como "cuadro coseno". La antena 100 incluye una tercera vía de recepción en la forma, en el ejemplo, de un monopolo realizado con unas varillas metálicas verticales 116, 117, 118, 119 colocadas bajo los cuadros 111, 112.

Las figuras 2a y 2b presentan un segundo ejemplo de antena de cuadros cruzados que recibe las señales tratadas por el procedimiento de medición del ángulo según la invención. La figura 2a es una vista en perspectiva de la antena, mostrando la figura 2b la antena vista desde arriba.

45 La antena 200 incluye dos pares 210, 220 de cuadros mantenidos mediante un soporte 230, siendo los cuadros de cada par 210, 220 paralelos entre sí, siendo los cuadros 211, 212 del primer par 210 ortogonales a los cuadros 221, 222 del segundo par 220, siendo todos los cuadros 211, 212, 221, 222 de la antena, en el ejemplo, unos rectángulos metálicos inscritos en unos planos sustancialmente verticales. En el ejemplo, los pares 210, 220 de cuadros se mantienen alrededor del soporte 230 de tal manera que forman sustancialmente un cuadrado visto desde la parte superior. En el ejemplo, la antena incluye igualmente, bajo cada cuadro 211, 212, 221, 222, una varilla metálica 216, 217, 226, 227, sustancialmente vertical, formando el conjunto de las varillas 216, 217, 226, 227 la vía monopolo de la antena. Esta antena es, desde un punto de vista teórico, equivalente a la antena presentada en las figuras 1a, 1b. En lo que sigue, se hablará de "cuadro seno" y de "cuadro coseno" en referencia al primer modelo de antena presentado en las figuras 1a, 1b, aplicándose este vocabulario a los pares 210, 220 de los cuadros 211, 212, 221, 222 cuando se implementa el procedimiento en el segundo modelo de antena presentado en las figuras 2a, 2b.

Según otro modo de implementación del procedimiento según la invención, la antena de cuadros cruzados es sustituida por una red de antenas de tipo Adcock, pudiendo modelizarse este tipo de red de antenas de manera análoga a las antenas de cuadros cruzados, es decir al menos por un cuadro seno y un cuadro coseno.

Por otro lado, el monopolo de la antena puede sustituirse por un dipolo o cualquier otra antena que sirva de guía de referencia.

5 La figura 3a ilustra, mediante un gráfico, el desfase entre unas señales recibidas en los cuadros de la antena cuando la onda portadora de dichas señales está polarizada verticalmente. La tensión recibida por el cuadro seno se representa sobre el eje 301 de las ordenadas, mientras que la tensión recibida por el cuadro coseno se representa sobre el eje 302 de las abscisas. El desfase entre las señales recibidas se representa por una recta 304.

Cuando la onda portadora de la señal está polarizada no verticalmente o ha sufrido la influencia de los reflectores en la proximidad de la antena receptora, las señales recibidas sobre las vías seno y coseno están afectadas por un desfase suplementario que induce una respuesta elíptica de los cuadros, como lo ilustra la figura 3b.

10 La figura 3b ilustra, mediante un gráfico, el desfase entre unas señales recibidas en los cuadros de la antena cuando la onda portadora de dichas señales está polarizada elípticamente. La tensión recibida por el cuadro seno se representa sobre el eje 311 de las ordenadas, mientras que la tensión recibida por el cuadro coseno se representa sobre el eje 312 de las abscisas. El desfase entre las señales recibidas se representa mediante una elipse 310.

15 La señal recibida en el monopolo y los dos cuadros coseno y seno de una antena pueden expresarse entonces como sigue:

$$\begin{cases} U_0(t) = \text{Re}(\beta \cdot s(t) \cdot e^{j\omega t}) = \text{Re}(\bar{a}_0(t) \cdot e^{j\omega t}) \\ U_c(t) = \text{Re}(\alpha \cdot s(t) \cdot \cos(\theta) \cdot e^{j\omega t}) = \text{Re}(\bar{a}_c(t) \cdot e^{j(\omega t + \varphi_0 + \Delta\varphi)}) \\ U_s(t) = \text{Re}(\alpha \cdot s(t) \cdot \sin(\theta) \cdot e^{j\omega t}) = \text{Re}(\bar{a}_s(t) \cdot e^{j(\omega t + \varphi_0)}) \end{cases}$$

20 en la que U_0 , U_c y U_s designan las tensiones en la salida de la antena respectivamente en el monopolo, en el cuadro coseno y en el cuadro seno, designando $s(t)$ la señal modulante, designando ω la pulsación de la onda portadora, siendo los términos complejos α y β respectivamente dependientes de la altura eficaz de un cuadro y del monopolo, designando los términos \bar{a}_0 , \bar{a}_c y \bar{a}_s las envolventes complejas de las señales, designando φ_0 la diferencia de fase entre el cuadro seno y el monopolo, designando $\Delta\varphi$ el desfase entre la señal recibida en el cuadro seno y el cuadro coseno, siendo el desfase $\Delta\varphi$ nulo cuando la onda está polarizada verticalmente. Los coeficientes α y β se determinan durante la calibración de la antena en su entorno de utilización por medio de una onda polarizada verticalmente y de elevación cero comparando la respuesta de la antena con la respuesta teórica de la antena (en $\cos(\theta)$ y $\sin(\theta)$ con α y β iguales a 1).

La figura 4, presenta, a través del sinóptico, las etapas de un primer modo de implementación del procedimiento según la invención. El procedimiento según la invención estima el ángulo de elipticidad τ de polarización de la señal de respuesta de antena a la onda portadora recibida.

30 En un primer tiempo 401, se mide el desfase $\Delta\varphi$ entre la señal de respuesta sobre el cuadro seno y el cuadro coseno. Paralelamente 402, se determina la relación entre la amplitud $\|\bar{a}_c\|$ de la señal de respuesta en el cuadro coseno y la amplitud $\|\bar{a}_s\|$ de la señal de respuesta en el cuadro seno. En un segundo tiempo 403, se determina el ángulo de demora de llegada de la onda portadora de las señales a partir del desfase $\Delta\varphi$ y de la relación R entre $\|\bar{a}_c\|$ y $\|\bar{a}_s\|$. El ángulo de demora de llegada τ puede en efecto expresarse en función de estos dos valores $\Delta\varphi$ y R como sigue:

35
$$\sin(2 \cdot \tau) = \frac{2 \cdot \|\bar{a}_c\| \cdot \|\bar{a}_s\|}{\|\bar{a}_c\|^2 + \|\bar{a}_s\|^2} \cdot \sin(\Delta\varphi) = \frac{2}{\frac{\|\bar{a}_c\|}{\|\bar{a}_s\|} + \frac{\|\bar{a}_s\|}{\|\bar{a}_c\|}} \cdot \sin(\Delta\varphi)$$

El valor del ángulo de elipticidad τ así calculado puede permitir, por ejemplo, distinguir las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra, como lo ilustra la figura 5.

La figura 5 presenta, a través de un sinóptico, un procedimiento que utiliza el procedimiento según la invención para discriminar las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar.

40 Una primera etapa 501 de estimación del ángulo de elipticidad τ es seguida por una etapa de prueba 502 que compara el ángulo τ estimado con un umbral fijado por adelantado. Si el valor τ del ángulo sobrepasa el umbral, entonces la onda se considera como una onda ionosférica 511. Si el valor τ de ángulo no sobrepasa el umbral fijado, la onda se considera como una onda de mar y/o de tierra 512.

45 De ese modo, gracias al procedimiento según la invención, se hace fácil evitar efectuar unos tratamientos sobre las ondas ionosféricas recibidas por una antena cuando, por ejemplo, estas ondas se consideran como parásitas y

engendran unas mediciones incoherentes.

La figura 6 ilustra un segundo procedimiento, derivado del primer procedimiento presentado en la figura 5 para discriminar las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar.

5 Una primera etapa 501 de estimación del ángulo de elipticidad τ es seguida por una primera etapa de prueba 502 que compara el ángulo τ estimado con un primer umbral. Si el valor del ángulo sobrepasa este primer umbral, entonces la onda se considera como una onda ionosférica 511. Si no, se ejecuta una etapa de rastreo 603.

10 Esta etapa de rastreo 603 permite seguir el valor del ángulo de elipticidad τ en el tiempo. Una segunda etapa de prueba 604 permite a continuación determinar, en función de la excursión del valor del ángulo de elipticidad, si la onda es una onda ionosférica 511. En el ejemplo, esta segunda etapa de prueba 604 considera la onda como una onda ionosférica 511 si la excursión en el tiempo del valor del ángulo de elipticidad τ sobrepasa un segundo umbral. Si no, la onda se considera como una onda de tierra y/o de mar 512.

15 Como lo ilustra la figura 7, el procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ según la invención puede implementarse en un dispositivo colocado en tierra o mar. El dispositivo 700 comprende un módulo de tratamiento 701 que permite, a partir de las señales recibidas por una antena 702, estimar dicho ángulo de elipticidad τ . El dispositivo pueda utilizarse de ese modo, por ejemplo, para discriminar las ondas ionosféricas de las ondas de tierra y/o de mar.

20 El procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ según la invención puede permitir igualmente atribuir una nota de calidad a la medición de goniometría. En efecto, cuando se desea efectuar unas mediciones de goniometría de las señales procedentes de emisores en tierra, la recepción de una onda ionosférica puede perturbar las mediciones. También, se puede atribuir una nota de calidad decreciente en función del valor de elipticidad τ de respuesta de antena. Entonces pueden descartarse las mediciones de goniometría realizadas sobre unas emisiones consideradas como ionosféricas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación de la elipticidad τ de polarización de una señal de respuesta de antena de cuadros cruzados o de una red de antenas de tipo Adcock a una onda electromagnética incidente recibida en dicha antena, **caracterizado porque** incluye al menos las etapas siguientes:

- 5 ○ medir el desfase $\Delta\varphi$ entre las señales adquiridas respectivamente en la vía coseno y seno de la antena (401);
- medir la relación R entre las amplitudes de las señales adquiridas respectivamente en la vía coseno y seno de la antena (402);
- determinar el ángulo de elipticidad τ en función del desfase $\Delta\varphi$ y de la relación R (403).

10 2. Procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ de polarización según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho ángulo de elipticidad τ se determina por la relación siguiente:

$$\text{sen}(2 \cdot \tau) = \frac{2}{R + \frac{1}{R}} \cdot \text{sen}(\Delta\varphi)$$

en la que $R = \frac{\|\bar{a}_c\|}{\|\bar{a}_s\|}$, siendo $\|\bar{a}_c\|$ la amplitud de la señal recibida en el cuadro coseno, y siendo $\|\bar{a}_s\|$ la amplitud de la señal recibida en el cuadro seno.

15 3. Procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra, **caracterizado porque** comprende al menos las etapas siguientes:

- detectar una onda electromagnética sobre una antena de cuadros cruzados o una red de antenas de tipo Adcock;
- determinar (501) el ángulo de elipticidad τ de polarización de la señal de respuesta de antena a la onda recibida ejecutando las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2;
- 20 ○ comprobar (502) el valor del ángulo de elipticidad τ : si su valor es superior a un valor de umbral elegido, entonces clasificar dicha onda como una onda ionosférica (511).

25 4. Procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra según la reivindicación 3, **caracterizado porque** como resultado de la comprobación (502) del valor del ángulo de elipticidad τ , si el valor de elipticidad es inferior al valor de umbral elegido, entonces clasificar dicha onda como una onda de tierra y/o de mar (512).

30 5. Procedimiento de discriminación de las ondas ionosféricas de las ondas de mar y/o de tierra según la reivindicación 3, **caracterizado porque** como resultado de la comprobación del valor del ángulo de elipticidad τ , si este valor de elipticidad es inferior al valor de umbral elegido, entonces reiterar la etapa de detección y comprobar (604) de manera recurrente con el transcurso del tiempo el valor de la excursión del ángulo de elipticidad τ : si esta excursión es superior a un segundo valor de umbral elegido, entonces clasificar la onda como una onda ionosférica.

35 6. Dispositivo colocado en el terreno o en el mar que comprende una antena de recepción (702) de cuadros cruzados o una red de antenas de tipo Adcock y un módulo de tratamiento (701) que implementa el procedimiento de estimación del ángulo de elipticidad τ según una de las reivindicaciones 1 y 2 con el fin de determinar el ángulo de elipticidad τ de polarización de una señal de respuesta de la antena a una onda electromagnética recibida por la antena de recepción o la red de antenas.

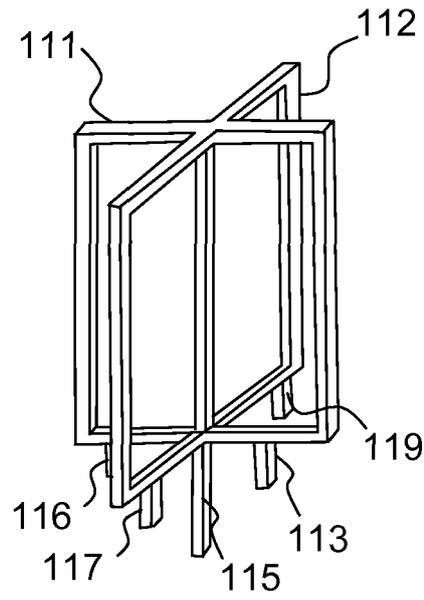


FIG. 1a

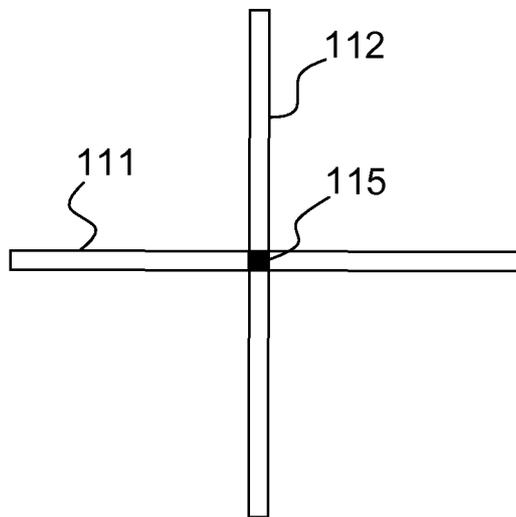


FIG. 1b

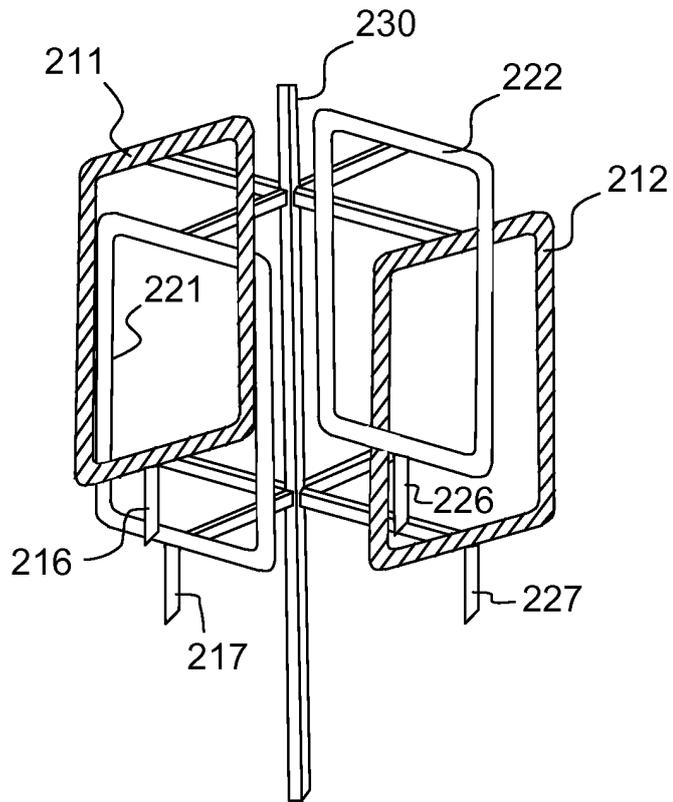


FIG. 2a

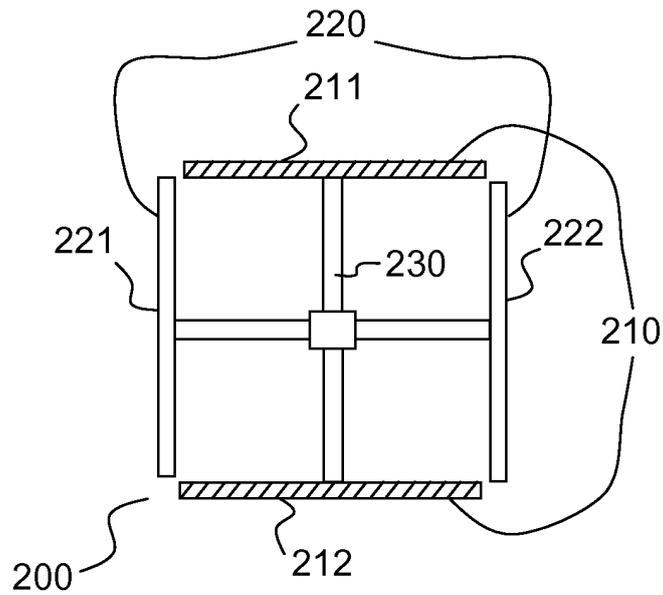


FIG. 2b

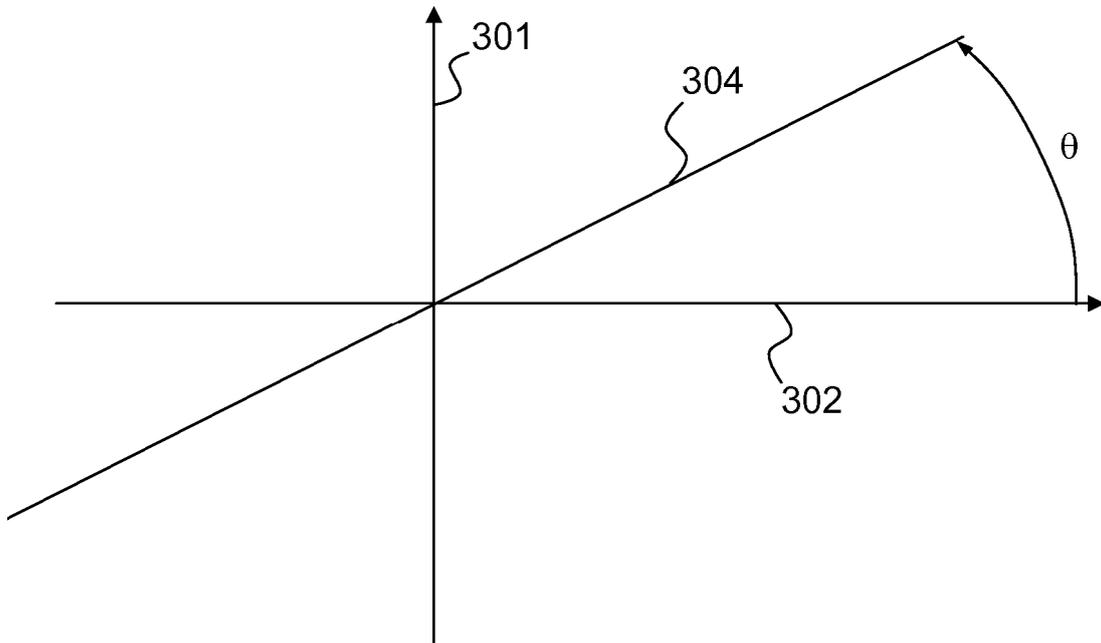


FIG.3a

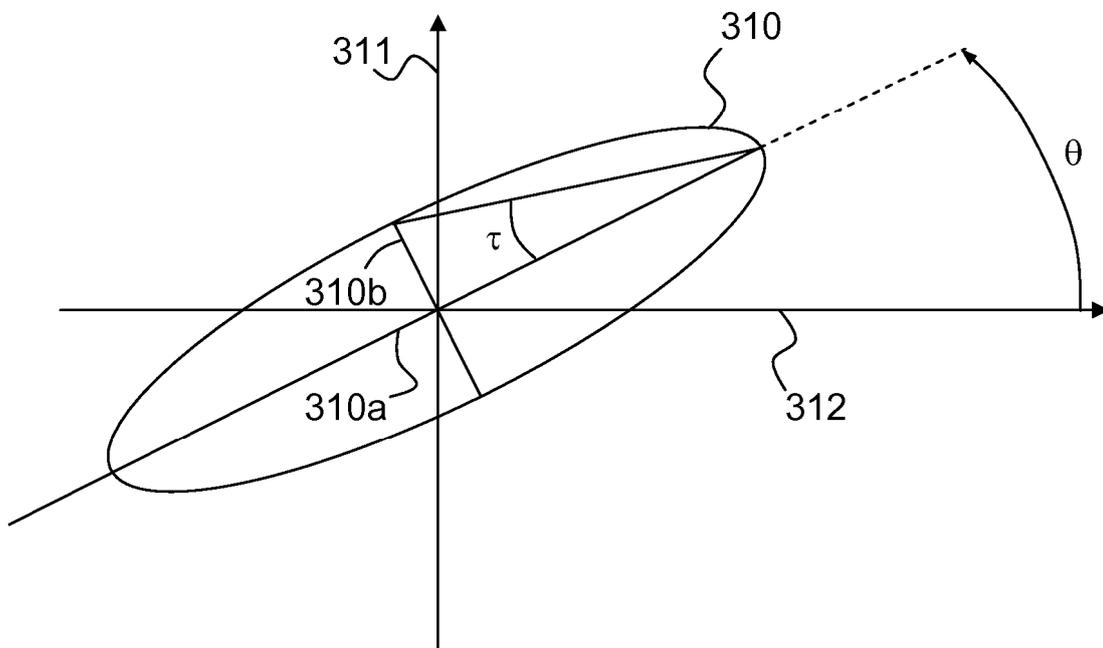


FIG.3b

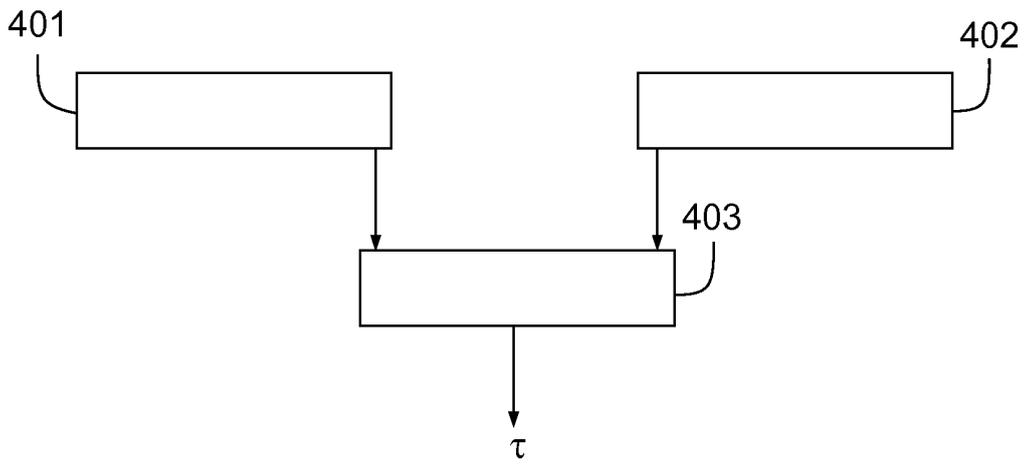


FIG.4

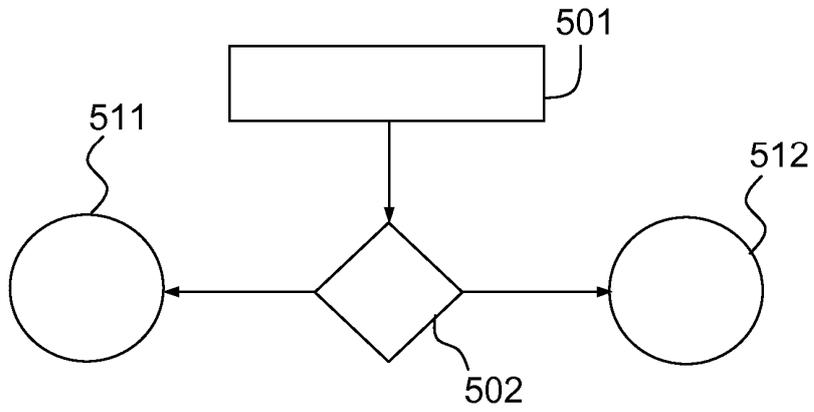


FIG.5

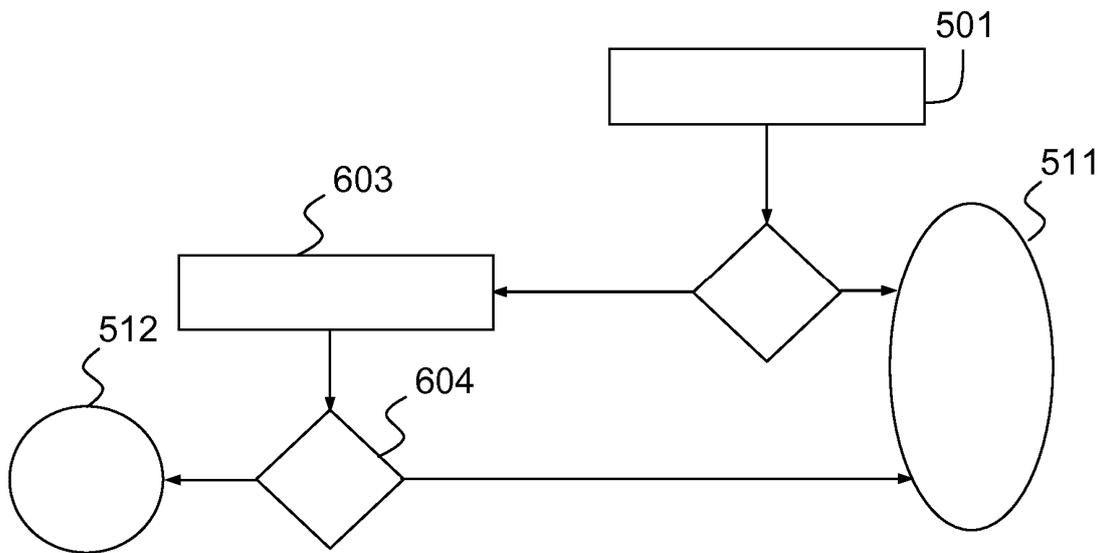


FIG.6

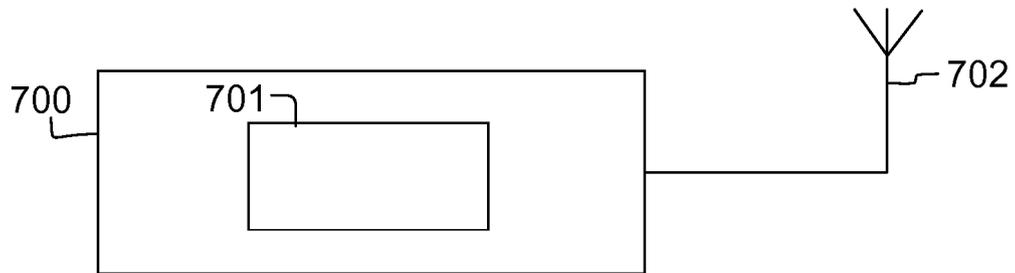


FIG.7