(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 353 658**

(51) Int. Cl.:
H01J 65/04 (2006.01)
H05B 41/24 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **07405189 .7**
(96) Fecha de presentación : **02.07.2007**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1876633**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **09.01.2008**

(54) Título: **Bombilla de plasma con medios para generar en su ampolla una onda resonante ultrasónica.**

(30) Prioridad: **05.07.2006 CH 1077/06**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.03.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.03.2011

(73) Titular/es: **SOLARONIX S.A.**
rue de l'Ouriette 129
1170 Aubonne, CH
LUMARTIX S.A.

(72) Inventor/es: **Meyer, Andreas;**
Courret, Gilles y
Croci, Mirko

(74) Agente: **Toro Gordillo, Francisco Javier**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Bombilla de plasma con medios para generar en su ampolla una onda resonante ultrasónica.

Campo técnico

La presente invención se refiere a una bombilla de plasma que comprende una ampolla de cuarzo que contiene al menos un elemento de la columna del azufre de la tabla de clasificación periódica de los elementos químicos y medios dispuestos para generar y mantener un plasma en esta ampolla mediante el envío de ondas electromagnéticas de hiperfrecuencia en dicha ampolla.

Técnica anterior

Entre las bombillas con una buena reproducción cromática, las bombillas de descarga, fluorescentes, halógenas o incluso de halogenuros metálicos, tienen todas una eficacia lumínica muy superior a la de las bombillas de incandescencia. Este es el motivo por el que han acaparado una gran parte del mercado aunque contienen sustancias tóxicas, concretamente mercurio en la mayoría de los casos. El riesgo de residuo tóxico a gran escala resultado de esto se reconoce como una amenaza medioambiental de primera importancia. En la Comunidad Europea, los aparatos que contienen mercurio son objeto de una reglamentación estricta orientada a limitarlos, incluso a prohibirlos, efectiva desde el 1 de julio de 2006 (Directiva CE 2002/95 del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de enero de 2003, Decisión de la Comisión del 18 de agosto de 2005, Decisión de la Comisión del 13 de octubre de 2005). En lo que se refiere a los sistemas de iluminación, su retirada progresiva del mercado se realiza a condición de que surja una tecnología de sustitución exenta de productos tóxicos. Esta disposición legal genera, por tanto, un mercado potencial de tamaño considerable.

Una nueva tecnología de iluminación, exenta de contaminantes, basada en la emisión lumínica de vapores diatómicos de ciertos elementos de la columna denominada VIA de la tabla de Mendeleïev, es decir de la tabla periódica de los elementos químicos, está desarrollándose en diversos países tales como Alemania, Corea del Sur, Japón, los Países Bajos, Rusia, Suiza y los EE.UU. La relajación de las moléculas recompuestas tras la disociación produce una radiación lumínica importante. A una presión de varios bares, el espectro de la emisión se extiende de manera continua de 370 a 900 terahercios y su máximo se encuentra en el campo visible. La energía se aporta por inducción electromagnética, generalmente con un magnetrón que irradia aproximadamente a 2,45 gigahercios, con el fin de evitar el contacto con los electrodos y así prolongar la vida útil de la ampolla. Obteniéndose así la disociación molecular por calentamiento, se constata además la emisión de una radiación de Planck en el infrarrojo. La sustancia activa, que se condensa en frío, se coloca en una ampolla llena de un gas neutro. Con la resonancia, se forma una descarga eléctrica, lo que permite evaporar la sustancia activa. Entonces, se forma el plasma molecular luminiscente. Cuanto mayor es su temperatura, mayor es su eficacia lumínica. La resistencia a la temperatura de la ampolla determina por tanto la eficacia del sistema. Por ello la ampolla es de cuarzo fundido. La primera bombilla comercializada, denominada SOLAR-1000 (patente US 5.404.076), está dotada además de un dispositivo que mantiene su ampolla en rotación a aproximadamente 2500 t/min. La sustancia activa empleada es azufre o selenio. La eficacia lumínica de esta bombilla supera 110 Lm/W a plena potencia (1400 W). Pero, si la rotación de la ampolla se detiene, su eficacia lumínica disminuye netamente. En ausencia de ventilación, la potencia inyectada debe además reducirse a la mitad en el caso del azufre, si no la ampolla se funde. La observación indica que la facultad que tiene el plasma de absorber las microondas aumenta con la temperatura, en todo caso hasta un cierto límite. Esta retroacción positiva conlleva un riesgo de avalancha térmica. Puede formarse una bolsa de sobrecalentamiento que al entrar en contacto con la ampolla provoca su rotura. La rotación de la ampolla permite evitar esto agitando el plasma a alta temperatura por convección térmica, siendo la aceleración centrípeta desarrollada, en efecto, ampliamente superior a la gravitación en la mayor parte de la ampolla, para la bombilla SOLAR-1000.

No obstante, esta solución es demasiado limitante puesto que la parte mecánica disminuye la relación entre vida útil y sobrecoste. Numerosas publicaciones describen invenciones con objeto de paliar este defecto. Sin embargo, todos los lanzamientos comerciales a gran escala han fracasado hasta ahora. Estos avances tecnológicos todavía no son suficientes puesto que, o bien el dispositivo comprende aún un movimiento, por ejemplo, para forzar el paso del aire alrededor de la ampolla, o bien la ampolla contiene aditivos contaminantes (patentes US 6.157.141, DE 101.27.961 A1), o bien la ampolla es estática y el campo eléctrico giratorio (patentes US 5.227.698, US 6.476.557 B2, US 6.476.557 B1, US 6.873.119 B2, US 5.36T226) aunque este campo polarizado se obtiene a cuenta de un aumento de la complejidad de la estructura de la cavidad resonante y la imposibilidad de colocar la ampolla en el exterior de dicha cavidad a través de un acoplamiento electromagnético. Además, en las bombillas de descarga conocidas, se prevén medios para evitar los fenómenos de resonancia que tienden a limitar de manera perjudicial la vida útil de estas bombillas.

Se conoce, por la publicación internacional WO 01/82332, un dispositivo de alumbrado de filamento para una bombilla sin electrodos. La presente invención, aunque basada en el mismo tipo de bombilla sin electrodos que la descrita en esta publicación, difiere porque esta bombilla no utiliza una onda ultrasónica resonante para influir sobre las características del plasma, lo que permite por tanto evitar la rotación de la ampolla.

Una bombilla sin electrodos también se describe en la publicación europea EP 0 897 190. No obstante, esta bombilla, aunque con una composición del medio activo de la misma naturaleza o de naturaleza diferente que la de la presente invención, presenta la particularidad de que su ampolla se enfría mediante un chorro de aire y que el plasma también se estabiliza a través de su geometría. En la bombilla de esta invención la ampolla, que es de forma esférica o de forma oblonga con un estrechamiento en la parte central, recurre a una resonancia acústica para el mantenimiento de la estabilidad de la descarga eléctrica, estando acoplada la alimentación de energía mediante una fuente de alta frecuencia modulada.

La patente US 4 170 746 describe una bombilla de electrodos con campos de funcionamiento fuera de las bandas de resonancia acústica del plasma de vapores de mercurio y halogenuros metálicos. La presente

invención difiere de la bombilla objeto de esta patente porque es sin electrodos y porque funciona en el campo de la resonancia acústica, campo en el que esta otra bombilla es inestable. Esta inestabilidad puede conducir a la destrucción de la ampolla, si ésta está diseñada según las características enunciadas en esta patente.

La patente US 5 136 170 recurre a una bombilla o fuente UV excitada por electrodos situados en el exterior de la ampolla y que utilizan el principio de la descarga silenciosa. Se aplica una tensión alternativa que puede tener una frecuencia elevada para permitir la transmisión de energía a través de las capas dieléctricas. La presente invención no recurre a este tipo de descarga silenciosa, el modo de acoplamiento es diferente por el uso de una cavidad de microondas y, además, en esta patente, no menciona el uso de una resonancia acústica que, es, por su parte, favorable a la estabilización del plasma de la descarga eléctrica.

La invención objeto de la publicación internacional WO 02/101790 se refiere a una bombilla dotada de electrodos que reciben una tensión alternativa con una frecuencia inferior o igual a 50 Mhz y que recurre a una antena con acoplamiento capacitivo situada próxima a la zona de descarga. Esta antena permite estabilizar la descarga lumínica, pero son obligatorios materiales con una resistencia a las altas temperaturas, puesto que la descarga está en contacto con dicha antena dieléctrica. La bombilla de la presente invención recurre a una antena de acoplamiento alejada, puesto que no hay dispositivo en la proximidad de la zona de descarga lo que favorece por tanto la estabilidad del arco eléctrico. Esta antena puede estar distante de la ampolla y, por tanto, no hay problemas de resistencia al calor. Por otro lado, en esta publicación, se utiliza una fuente de alta frecuencia situada en los megahercios para excitar la descarga y no se ilustra la resonancia acústica descrita por la presente solicitud.

Exposición de la invención

La presente invención tiene por objeto paliar los inconvenientes de los sistemas conocidos. Más precisamente, se refiere a una bombilla sin electrodos que permite evitar recurrir a un movimiento mecánico sin, no obstante, necesitar aditivos, ni colocar la ampolla en el interior de una cavidad resonante.

Para ello, la bombilla de plasma según la invención, tal como se define en el preámbulo, está caracterizada porque comprende además medios dispuestos para generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla a partir de una vibración ultrasónica generada en el plasma, según la reivindicación 1.

De manera ventajosa, dichos medios dispuestos para generar ondas electromagnéticas y mantener el plasma comprenden un magnetrón.

Preferiblemente, el magnetrón se alimenta por una alimentación de alta tensión continua conectada al sector eléctrico.

En una primera forma preferida de realización de la bombilla según la invención, los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla pueden comprender un circuito eléctrico pasivo resonante empalmado entre el magnetrón y la alimentación de alta tensión continua de dicho magnetrón, teniendo dicho circuito pasivo resonante al menos una frecuencia de resonancia comprendida entre 15 kilohercios y 200 megahercios.

Según una variante de esta forma de realización, los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla pueden comprender un modulador activo dispuesto para inyectar una oscilación eléctrica, cuya potencia espectral ocupa al menos una banda entre 15 kilohercios y 200 megahercios, entre el magnetrón y la alimentación de alta tensión continua de dicho magnetrón.

Dicho modulador puede alimentarse mediante la alimentación de alta tensión continua del magnetrón por medio de un puente divisor de resistencias, o alimentarse directamente mediante el sector eléctrico.

Preferiblemente, dicho modulador se acopla a la alta tensión entre el magnetrón y la alimentación de alta tensión continua de dicho magnetrón por medio de un transformador de alto aislamiento. También puede acoplarse por medio de una derivación capacitiva de alto aislamiento.

Según otra variante de realización, los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla pueden comprender un conmutador optoacoplado dispuesto para introducir una oscilación eléctrica, cuya potencia espectral ocupa al menos una banda entre 15 kilohercios y 200 megahercios, entre el magnetrón y la alimentación de alta tensión continua de dicho magnetrón.

Preferiblemente, el conmutador optoacoplado está colocado en serie en una derivación resonante empalmada entre el magnetrón y la alimentación de alta tensión continua de dicho magnetrón.

Según aún otra variante de realización, los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla comprenden un elevador de frecuencia dispuesto para producir una onda de radiofrecuencia, conectada al sector eléctrico, y dispuesta entre dicho sector eléctrico y un transformador de radiofrecuencia elevador de tensión que alimenta dicho magnetrón.

Según otra forma de realización preferida de la bombilla de plasma, los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla de dicha bombilla comprenden una fuente estroboscópica cuya frecuencia de batimiento se encuentra entre 15 kilohercios y 200 megahercios.

Dicha fuente estroboscópica está dotada ventajosamente de una óptica de colimación reflectiva o refractiva para focalizar su flujo en el interior de dicha ampolla, estando dicha óptica de colimación reflectiva o refractiva preferiblemente integrada en el reflector de la bombilla.

En una forma de realización de la bombilla de plasma según la invención, dicha ampolla está encerrada en una jaula de Faraday, estando formada dicha jaula de Faraday por un reflector cerrado mediante un conductor eléctrico, y el conductor eléctrico comprende al menos una ventana constituida por una hoja de material transparente recubierta por una capa delgada de material eléctricamente conductor.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se comprenderá mejor en referencia a la descripción de diversos modos de realización y a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 representa una vista esquemática de un primer modo de realización de la bombilla de plasma

según la invención,

la figura 2 representa una vista esquemática de una primera variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 3 representa una vista esquemática de una segunda variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 4 representa una vista esquemática de una tercera variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 5 representa una vista esquemática de una cuarta variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 6 representa una vista esquemática de una quinta variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 7 representa una vista esquemática de una sexta variante del primer modo de realización tal como se representa mediante la figura 1,

la figura 8 representa, en perspectiva seccionada, un segundo modo de realización de la bombilla de plasma según la invención,

las figuras 9, 10 y 11 representan respectivamente en sección y en proyección la ampolla de una bombilla de plasma y

la figura 12 representa en un gráfico de las mediciones de la potencia espectral de la radiación de una bombilla de microondas de plasma de azufre, dividida entre la potencia absorbida por el magnetrón, para la bombilla según el modo de realización de la figura 3, y en el caso en que el plasma no está modulado.

Modo(s) de realizar la invención

En referencia a la figura 1, la bombilla 10 de plasma, según un primer modo de realización de la invención, comprende una ampolla 11 y una alimentación 12 de alta tensión continua (A.T.C), conectada al sector 13 eléctrico, y que suministra una tensión que es bastante elevada para alimentar un magnetrón 14. Éste está acoplado a un resonador 15 de hiperfrecuencia. La ampolla 11 de la bombilla 10 comprende una varilla 16 de cuarzo, para sujetarla, que está montada en un sistema de acoplamiento en el exterior del resonador 15 de hiperfrecuencia. El acoplamiento del magnetrón 14 al resonador 15 se realiza mediante un iris o una antena 17. La bombilla 10 comprende un reflector 18, concretamente un reflector metálico, que rodea la ampolla 11 y que está cerrado por un conductor 19 eléctrico que deja pasar la luz en forma al menos de una ventana constituida por una hoja de material transparente recubierta por una capa delgada de material eléctricamente conductor tal como una cerámica dopada, por ejemplo ITO o FTO. Esta disposición forma una jaula de Faraday y tiene como función evitar la fuga de la radiación de microondas.

Un circuito 20 pasivo resonante de radiofrecuencia, de tipo LC por ejemplo, se inserta entre la alimentación 12 y el magnetrón 14. Así, cuando el circuito 20 pasivo resonante de radiofrecuencia se excita por la inestabilidad del magnetrón 14, añade a la alta tensión continua (A.T.C) una onda eléctrica, cuya potencia espectral se encuentra mayoritariamente entre 15 kilohercios y 200 megahercios, para formar una alta tensión modulada (A.T.M). Estando el ánodo 14a del magnetrón 14 conectado a tierra, la modulación debe empalmarse en el cátodo 14b del magnetrón 14, en la rama de alta tensión del circuito. Esta disposición obliga a aislar fuertemente el modulador, lo que hace ventajoso el empleo de un circuito pasivo en cuanto a la construcción. En contrapartida, esta solución no permite controlar la modulación. El cátodo 14b del magnetrón 14 se acopla a un circuito 21 de calentamiento que se alimenta por el sector 13 eléctrico a través de un primer filtro 22 antiparásitos. Un segundo filtro 23 antiparásitos se monta, por otro lado, entre el sector 13 eléctrico y la alimentación 12 de alta tensión. Una autoinductancia 24 de estabilización de la corriente se monta entre la alimentación 12 de alta tensión y el circuito 20 pasivo resonante.

En referencia a la figura 2, la bombilla 30 de plasma representada, que es una variante de realización de la ilustrada mediante la bombilla 10 de plasma de la figura 1, comprende un cierto número de componentes que son idénticos a los de la bombilla 10 de plasma y que llevan los mismos números de referencia. Un modulador 31 activo de radiofrecuencia se inserta entre la alimentación 12 y el magnetrón 14 con objeto de añadir a la alta tensión continua (A.T.C) una componente ondulante y formar así la alta tensión modulada (A.T.M). La mayor parte de la energía de la onda producida por el modulador 31 de radiofrecuencia se sitúa en una o varias bandas situadas entre 15 kilohercios y 200 megahercios, determinadas por un oscilador 32, del tipo Hartley por ejemplo. El modulador 31 se alimenta con baja tensión continua. Esta alimentación se toma sobre la alta tensión mediante un puente 34 divisor, realizado con dos resistencias, respectivamente R1 y R2. Un regulador 33 de tensión se inserta además entre el puente 34 divisor y el modulador 31.

La bombilla 40 de plasma, ilustrada mediante la figura 3, es una variante de realización de las bombillas 10 y 30 ilustradas mediante las figuras 1 y 2, y comprende un cierto número de componentes que son idénticos a los de estas bombillas y que llevan los mismos números de referencia. En esta realización, la ampolla 11 se dispone en el interior de la cavidad del resonador 15 de hiperfrecuencia acoplado al magnetrón 14. En esta variante, el modulador 31 de radiofrecuencia no se pone al potencial de la alta tensión continua (A.T.C), se alimenta mediante el sector 13 eléctrico. El modulador 31 se acopla a la alta tensión continua (A.T.C) mediante un transformador 41 ó 42 de alto aislamiento colocado o bien directamente en la línea de alimentación del magnetrón 14, o bien en una derivación 43 capacitiva. En esta alternativa, una resistencia 44 de seguridad de valor elevado puede añadirse en paralelo a la derivación. Esté el transformador en una u otra de las posiciones 41 ó 42, puede ser provechoso añadirle un condensador de conexión en paralelo, respectivamente 45 ó 46.

La bombilla 50 de plasma, representada mediante la figura 4, que es una variante de realización de la ilustrada mediante la figura 3, comprende un cierto número de componentes que son idénticos a los de esta bombilla y que llevan los mismos números de referencia. En esta variante, el modulador 31 se acopla a la alta tensión continua (A.T.C) mediante una autoinductancia 51 de acoplamiento de baja tensión empalmada en serie en la parte de baja tensión de un condensador 52 que forma una derivación capacitiva. Entre la autoinductancia 51 de acoplamiento de baja tensión y el condensador 52 se inyecta la corriente alterna de radiofrecuencia que alimenta el modulador 31. Para que ésta pase por la línea de alta tensión, el producto de la resistencia dinámica del magnetrón 14 por la capacidad del condensador 52 debe ser superior a la inversa de la frecuencia de modulación.

Las figuras 5 y 6 representan respectivamente dos variantes de bombillas 60 y 70 de plasma correspondientes a la primera forma de realización de la invención. No obstante ciertos componentes siguen siendo idénticos a los componentes de las variantes descritas anteriormente y llevan por consiguiente los mismos números de referencia. En estas realizaciones, se suprime el modulador 31, pero la alta tensión continua (A.T.C.) se interrumpe por un conmutador 61 optoacoplado controlado por un oscilador 32. Éste produce una onda eléctrica cuya energía se sitúa en gran parte entre 15 kilohercios y 200 megahercios.

En la variante según la figura 5, toda la alta tensión continua (A.T.C) está interrumpida, el conmutador 61 optoacoplado está colocado en serie aguas abajo de la alimentación 12 de alta tensión continua.

En la versión ilustrada mediante la figura 6, el conmutador 61 optoacoplado está colocado en serie en una derivación 71 resonante, un circuito LC por ejemplo, empalmado aguas abajo de la alimentación 12. Sólo se interrumpe la parte de la alta tensión continua (A.T.C) que se extrae mediante un puente divisor capacitivo formado por dos capacidades, respectivamente 72 y 73. Preferiblemente, se empalma un chispómetro 74 en paralelo con el condensador 72 para protegerlo.

En las cinco variantes ilustradas por las figuras 1, 3, 4, 5 y 6, puede ser útil insertar en serie una autoinductancia de estabilización de la corriente 24 a la salida de la alimentación 12 de alta tensión para estabilizar la corriente alimentada. En las seis formas de realización según las figuras 1 a 6, la alta tensión modulada o interrumpida (A.T.M) se conecta al cátodo del magnetrón 14 para alimentarlo. La alimentación 12 de alta tensión continua puede comprender una regulación de recorte para controlar la potencia de la bombilla. En este caso, es preferible insertar un filtro 23 antiparásitos aguas arriba de la alimentación 12.

En referencia a la figura 7, la bombilla 80 de plasma representada comprende un cierto número de componentes que son idénticos a los de las bombillas descritas anteriormente y que llevan los mismos números de referencia. La bombilla 80 comprende concretamente un elevador 81 de frecuencia que produce una onda de radiofrecuencia. El amplificador de este elevador 81 de frecuencia, que se alimenta mediante el sector 13 eléctrico monofásico, transfiere la mayor parte de la potencia eléctrica absorbida en una o varias bandas situadas entre 15 kilohercios y 200 megahercios, determinadas por el oscilador 32 de radiofrecuencia. La onda de radiofrecuencia (R.F.) así producida atraviesa un transformador 82 de radiofrecuencia elevador de tensión para producir una alta tensión de radiofrecuencia (A.T.R.F.). Ésta se conecta al cátodo del magnetrón 14. La tensión es bastante elevada para alimentar el magnetrón 14 tras haber sido semirrectificada por un diodo 83 de radiofrecuencia de alta tensión. El elevador 81 de frecuencia puede comprender una regulación de recorte para controlar la potencia de la bombilla. En este caso, es preferible insertar un filtro 23 antiparásitos aguas arriba del elevador 81 de frecuencia.

En todas las variantes descritas anteriormente, el flujo electromagnético de microondas que inyecta el magnetrón 14 en el resonador 15 de hiperfrecuencia se interrumpe o modula con objeto de generar una vibración ultrasónica del plasma, lo que genera una onda resonante ultrasónica en la ampolla 11. Si el cátodo 14b del magnetrón 14 necesita un calentamiento 21, un filtro 22 antiparásitos se empalma preferiblemente aguas arriba de éste para evitar parasitar el sector 13 eléctrico.

La figura 8 ilustra un segundo modo de realización de la bombilla de plasma según la invención que es independiente de la alimentación eléctrica del generador de las ondas electromagnéticas. En este caso, la bombilla 90 de plasma comprende una fuente 91 auxiliar estroboscópica de radiación óptica dirigida a la ampolla 11. Entonces el magnetrón 14 puede alimentarse mediante una simple alimentación 12 de alta tensión continua, obteniéndose la vibración ultrasónica del plasma por absorción de la radiación emitida por la fuente 91 estroboscópica. Ésta está constituida por una ampolla de descarga o por uno o varios diodos LED o LÁSER alimentados por una alimentación 92 por impulsos, cuya potencia espectral ocupa al menos una banda aproximadamente entre 15 kilohercios y 200 megahercios, determinada por el oscilador 32. Preferiblemente, la fuente 91 estroboscópica está dotada de una óptica de colimación reflectiva 93 o refractiva 94 que focaliza su flujo en el interior de la ampolla 11. Preferiblemente, esta óptica se integra en el reflector de la luminaria 18.

Las figuras 9, 10 y 11 ilustran la ampolla 11 de una bombilla de plasma que es, tal como se ha descrito en referencia a la figura 8, independiente de la alimentación eléctrica del generador de las ondas electromagnéticas. En esta variante, el plasma es autooscilante y no es necesario modular el flujo de energía que permite mantenerlo. La vibración ultrasónica del plasma se obtiene empleando una ampolla 11 con dos volúmenes 11a y 11b comunicantes idénticos de radio R. Esta ampolla 11 de cuarzo se dispone en el extremo de la varilla 16 de cuarzo. Un collarín 110 de cuarzo está soldado alrededor del cuello de paso o canal 112 dispuesto entre los dos volúmenes 11a y 11b, teniendo dicho cuello preferiblemente un ancho inferior o igual a tres cuartos del radio R de los volúmenes 11a y 11b. El collarín 110 está recubierto por una capa delgada de cerámica, por ejemplo óxido de aluminio, permitiendo reducir el acoplamiento óptico entre los dos volúmenes 11a y 11b. Éstos son preferiblemente simétricos entre sí y la longitud del canal 112 de paso de un volumen al otro se elige un poco inferior a su radio medio (R) con objeto de que haya una interferencia constructiva entre las vibraciones acústicas que se desarrollan en uno y otro de los volúmenes 11a y 11b en resonancia. Con volúmenes 11a y 11b de un centímetro de diámetro medio, la frecuencia de resonancia se establece aproximadamente en 50 kilohercios en el caso en que la sustancia activa es azufre.

La figura 12 es un gráfico que representa la potencia espectral de la radiación de una bombilla de microondas de plasma de azufre, dividida entre la potencia absorbida por el magnetrón. Para estos ensayos, se ha utilizado un magnetrón modelo Panasonic 2M244-M1. Las mediciones se han realizado en régimen estacionario para una potencia absorbida de 660 W incluido el calentamiento del cátodo. La ampolla utilizada es esférica, su volumen interior es de 11 cm^3 y se llena con azufre a 1,47 mg/cm^3. Además, es estática y funciona en ausencia de cualquier enfriamiento forzado. El espectro 121 se obtiene sin forzar la vibración ultrasónica del plasma. Su potencia espectral es máxima a aproximadamente 680 THz (longitud de onda en el aire a 440 nm), la luz por tanto es azulada.

El espectro 122 se obtiene con el dispositivo según el primer modo de realización de la invención descrito en referencia a la figura 3, por tanto, con la misma ampolla. Su potencia espectral es máxima a 581 THz (longitud de onda en el aire a 516 nm), la luz es blanca. La curva 123 representa la función de eficacia lumínica relativa espectral en visión fotópica, tal como se define por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), multiplicada por el máximo del espectro obtenido con el dispositivo 122 según la invención. Se observa que el desfase espectral se aproxima al máximo de la emisión del de la sensibilidad del ojo. El dispositivo según la invención aumenta la eficacia lumínica de 41 a 84 Lm/W, atribuyéndose el consumo de energía a los bornes del magnetrón. El índice de reproducción cromática definido por la CIE pasa de 89 a 81. La bombilla por tanto es adecuada para los empleos más diversos, tanto en interiores como en exteriores.

Sea cual sea el modo de realización de la bombilla según la invención, la vibración ultrasónica del plasma genera una onda resonante ultrasónica en la ampolla, lo que genera los fenómenos siguientes:

- Expansión del plasma. La gravitación ya no imprime prácticamente ningún efecto en la forma del plasma y éste se extiende a la mayor parte del volumen de la ampolla. Así, la excitación de la ampolla se uniformiza, lo que es favorable para la eficacia de la luminaria.

- Agitación del plasma a alta temperatura. Mediante esto, la onda acústica eleva el umbral de temperatura a partir del cual aparece la avalancha térmica.

- Desfase espectral de la emisión óptica. El desfase espectral procede de que la emisión óptica se debe al retorno de las moléculas biatómicas de un cierto estado electrónico excitado al nivel electrónico fundamental y que cada nivel de energía electrónica es una función distinta de la distancia interatómica. En el presente caso, la desviación entre los dos niveles electrónicos es una función decreciente de la energía vibratoria de las moléculas diatómicas. Según el principio de Franck-Condon, la energía vibratoria no cambia durante una transición. La energía del fotón, que es igual al salto de energía electrónica, disminuye por tanto con la energía vibratoria de las moléculas. Ahora bien, la absorción de la onda acústica en un gas es el hecho de la excitación de las vibraciones en las moléculas poliatómicas. Por tanto, en virtud de lo anterior, la absorción de la onda acústica desfasa la emisión óptica en el sentido decreciente de la energía de los fotones, es decir, en el sentido decreciente de la frecuencia.

- Aumento del rendimiento termodinámico del plasma, que es la relación de la radiación óptica respecto al flujo de energía de microondas absorbida, y, por consiguiente, aumento también de la eficacia lumínica de la bombilla. El efecto de este fenómeno es visible en las mediciones representadas en la figura 12. Sabiendo que el rendimiento del magnetrón era del 70%, se constata que el rendimiento termodinámico pasa del 41% al 63% gracias al dispositivo según la invención. Este fenómeno está ligado al hecho de que la relajación de las vibraciones en una molécula poliatómica es netamente más lenta que la relajación de los otros modos de energía interna, la rotación y la traslación. El tiempo de relajación vibracional es del orden de 10 microsegundos. Por tanto, cuando el periodo de la onda resonante acústica es próximo a este valor, la absorción acústica introduce un desfase importante de la energía vibratoria de las moléculas, es decir, una desviación entre su nivel de energía efectivo y el que tendrían en el equilibrio termodinámico local. La absorción acústica es máxima en la oposición de fase, así como la velocidad de variación de la energía interna de las moléculas diatómicas en la ampolla. Resulta un aumento de la disociación molecular, del doblamiento del estado electrónico excitado y, por tanto, también de la producción de fotones ópticos.

- Confinamiento acústico del plasma. Una puesta en resonancia acústica de la ampolla puede generar impulsos de temperatura más fuertes en el núcleo del plasma que en la periferia, en las capas en contacto con la ampolla. La energía reflejada en las paredes converge, en efecto, en el centro de la ampolla. Así, la resonancia acentúa la modulación térmica del plasma en su núcleo.

REIVINDICACIONES

1. Bombilla de plasma que comprende una ampolla (11) de cuarzo llena de al menos un elemento de la columna del azufre de la tabla de clasificación periódica de los elementos químicos y medios dispuestos para generar y mantener un plasma en esta ampolla mediante el envío de ondas electromagnéticas de hiperfrecuencia en dicha ampolla (11), **caracterizada** porque comprende además medios dispuestos para generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla a partir de una vibración ultrasónica generada en el plasma, en la que dichos medios destinados a la creación de una onda resonante ultrasónica en dicha ampolla (11) no comprenden una ampolla (11) dotada de dos volúmenes (11a,11b) idénticos comunicantes conectados por un canal.

2. Bombilla de plasma según la reivindicación 1, **caracterizada** porque dichos medios dispuestos para generar ondas electromagnéticas y mantener el plasma comprenden un magnetrón (14).

3. Bombilla de plasma según la reivindicación 2, **caracterizada** porque el magnetrón (14) se alimenta mediante una alimentación (12) de alta tensión continua conectada al sector (13) eléctrico.

4. Bombilla de plasma según las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizada** porque los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla comprenden un circuito (20) eléctrico pasivo resonante empalmado entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón (14).

5. Bombilla de plasma según la reivindicación 4, **caracterizada** porque dicho circuito (20) pasivo resonante tiene al menos una frecuencia de resonancia comprendida entre 15 kilohercios y 200 megahercios.

6. Bombilla de plasma según las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizada** porque los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla comprenden un modulador (31) activo dispuesto para inyectar una oscilación eléctrica, cuya potencia espectral ocupa al menos una banda entre 15 kilohercios y 200 megahercios, entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón (14).

7. Bombilla de plasma según la reivindicación 6, **caracterizada** porque dicho modulador (31) se alimenta mediante la alimentación (12) de alta tensión continua del magnetrón (14) por medio de un puente (34) divisor de resistencias.

8. Bombilla de plasma según la reivindicación 6, **caracterizada** porque dicho modulador (31) se alimenta directamente mediante el sector (13) eléctrico.

9. Bombilla de plasma según la reivindicación 6, **caracterizada** porque dicho modulador (31) está acoplado a la alta tensión entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón por medio de un transformador (41) de alto aislamiento.

10. Bombilla de plasma según la reivindicación 6, **caracterizada** porque el modulador (31) está acoplado a la alta tensión entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón por medio de una derivación (52) capacitiva de alto aislamiento.

11. Bombilla de plasma según las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizada** porque los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla comprenden un conmutador (61) optoacoplado dispuesto para introducir una oscilación eléctrica, cuya potencia espectral ocupa al menos una banda entre 15 kilohercios y 200 megahercios, entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón (14).

12. Bombilla de plasma según la reivindicación 11, **caracterizada** porque el conmutador (61) optoacoplado está colocado en serie en una derivación (71) resonante empalmada entre el magnetrón (14) y la alimentación (12) de alta tensión continua de dicho magnetrón.

13. Bombilla de plasma según la reivindicación 3, **caracterizada** porque los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla comprenden un elevador (81) de frecuencia dispuesto para producir una onda de radiofrecuencia, conectado al sector (13) eléctrico, y dispuesto entre dicho sector (13) eléctrico y un transformador (82) de radiofrecuencia elevador de tensión que alimenta dicho magnetrón (14).

14. Bombilla de plasma según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque los medios dispuestos para generar una vibración ultrasónica en el plasma y generar una onda resonante ultrasónica en la ampolla (11) de dicha bombilla comprenden una fuente (91) estroboscópica cuya frecuencia de batimiento se encuentra entre 15 kilohercios y 200 megahercios.

15. Bombilla de plasma según la reivindicación 14, **caracterizada** porque dicha fuente (91) estroboscópica está dotada de una óptica de colimación reflectiva (93) o refractiva (94) para focalizar su flujo en el interior de dicha ampolla (11).

16. Bombilla de plasma según la reivindicación 15, **caracterizada** porque dicha óptica de colimación reflectiva (93) o refractiva (94) está integrada en el reflector (18) de la bombilla.

17. Bombilla de plasma según la reivindicación 1, **caracterizada** porque dicha ampolla (11) está encerrada en una jaula de Faraday, estando formada dicha jaula de Faraday por un reflector (18) cerrado por un conductor (19) eléctrico, y porque el conductor (19) eléctrico comprende al menos una ventana constituida por una hoja de material transparente recubierta por una capa delgada de material eléctricamente conductor.

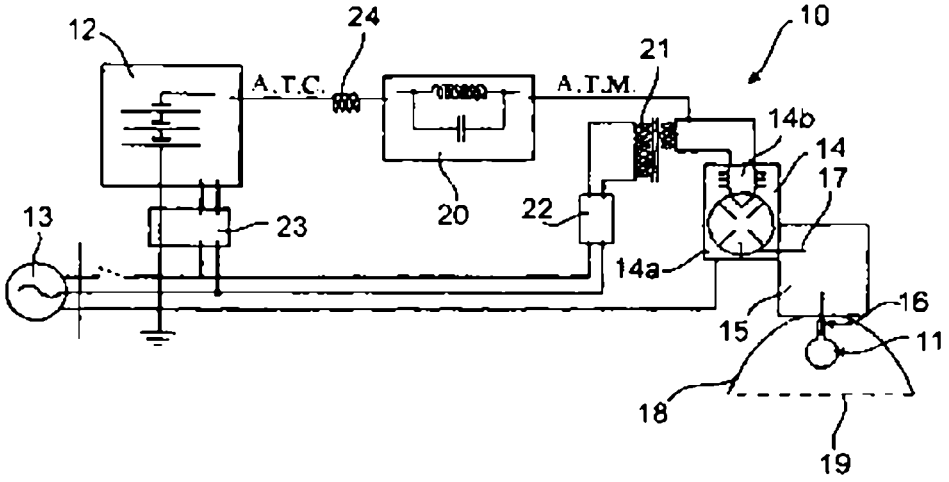
12
24
10
21
A.T.C.
A.T.M.
14b
14
17
13
23
20
22
14a
16
15
11
18
19

FIG. 1

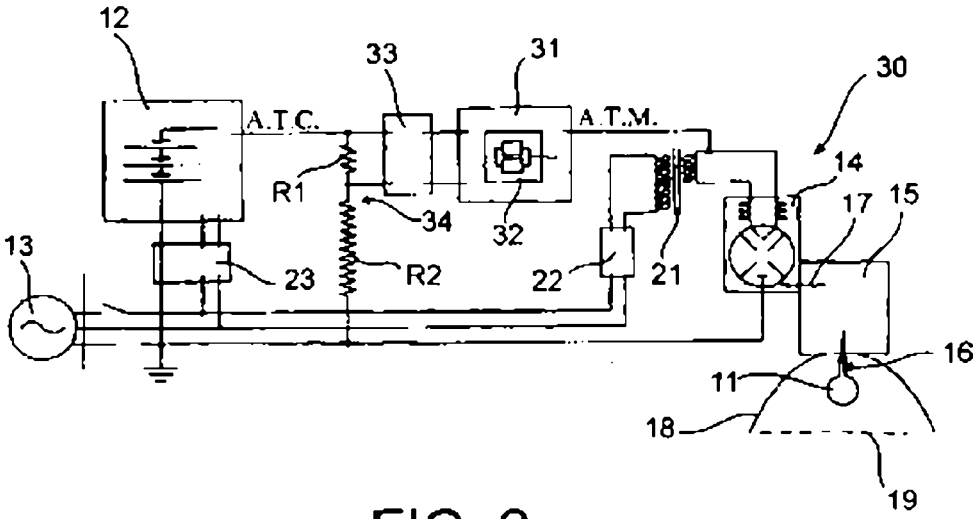
12
33
31
30
A.T.C.
A.T.M.
14
R1
17
15
34
32
13
23
R2
22
21
16
11
18
19

FIG. 2

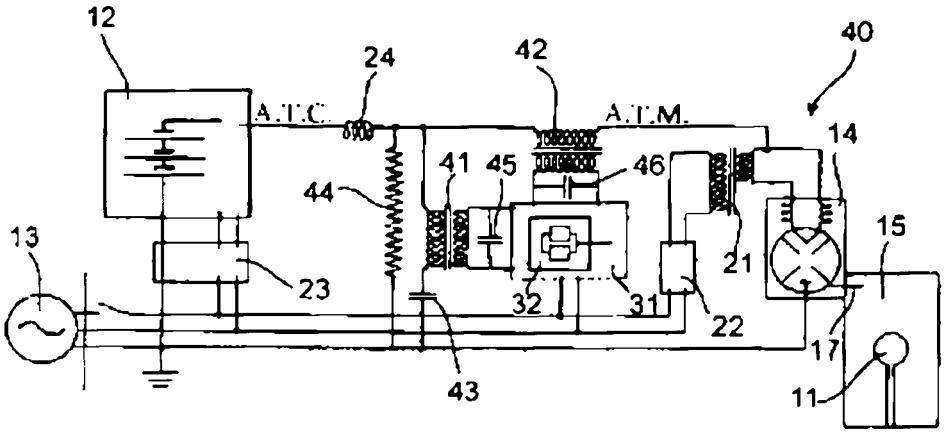
12
24
42
40
A.T.C.
A.T.M.
14
41
45
46
44
15
13
21
23
32
31
22
17
43
11

FIG. 3

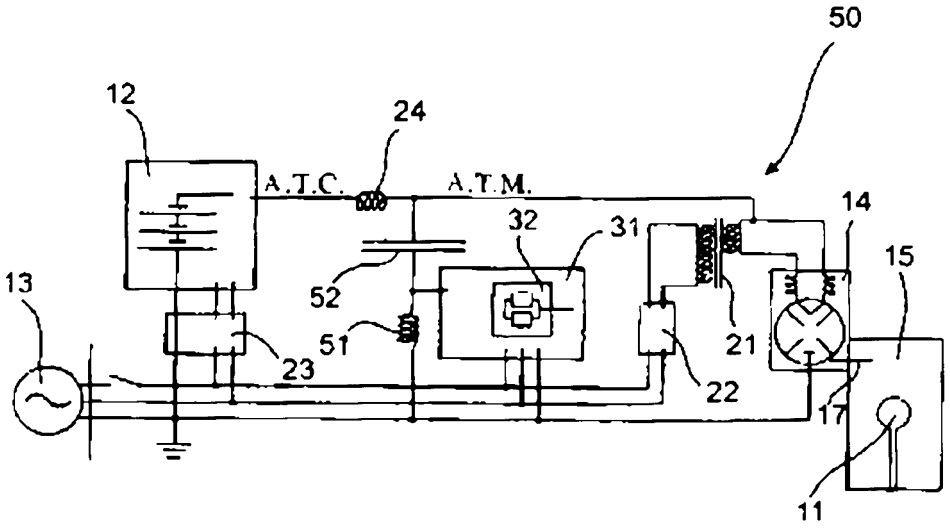
50
12
24
A.T.C.
A.T.M.
14
32
31
15
13
52
21
51
23
22
17
11

FIG. 4

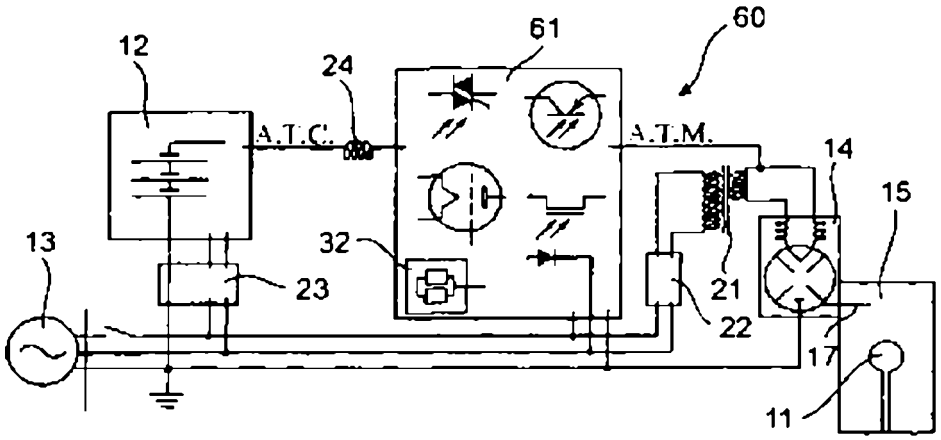
12
24
61
60
A.T.C.
A.T.M.
14
15
13
32
23
21
22
17
11

FIG. 5

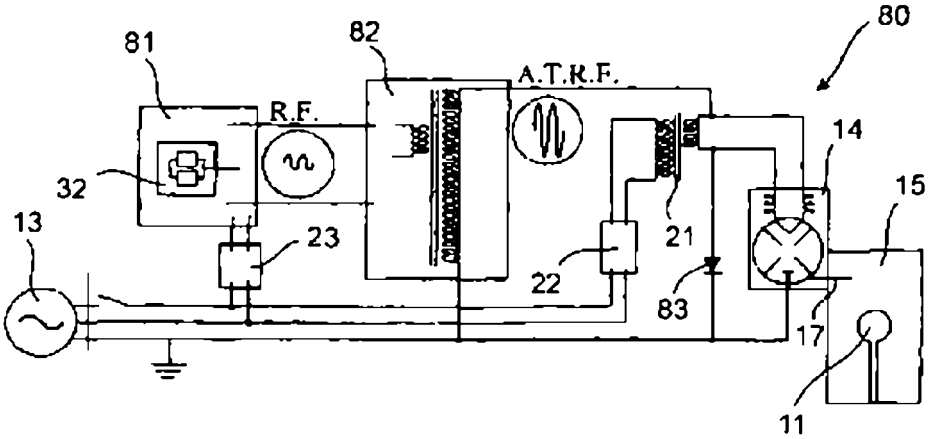
81
82
80
A.T.R.F.
R.F.
14
32
15
13
23
21
22
83
17
11

FIG. 7

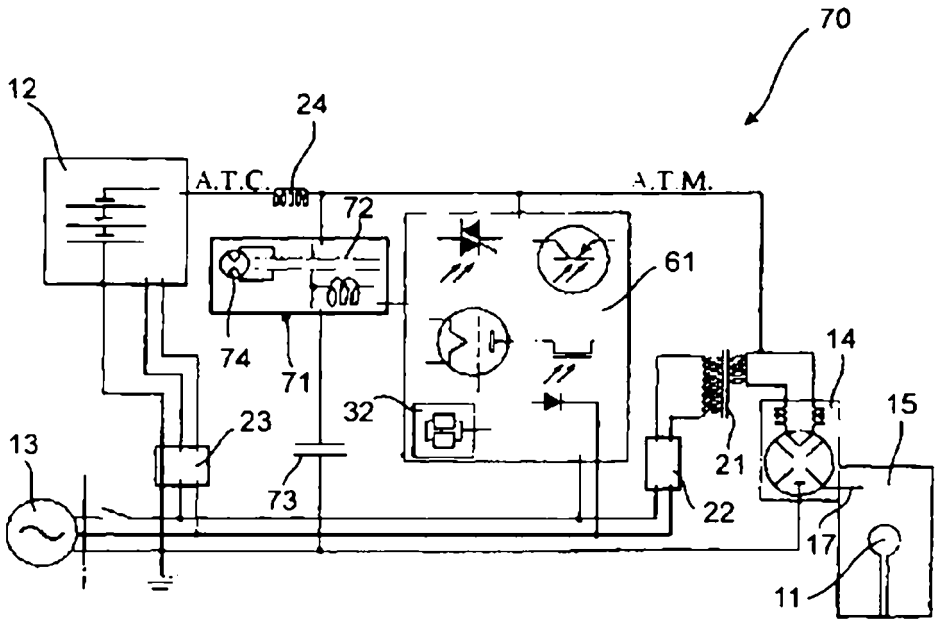

FIG. 6

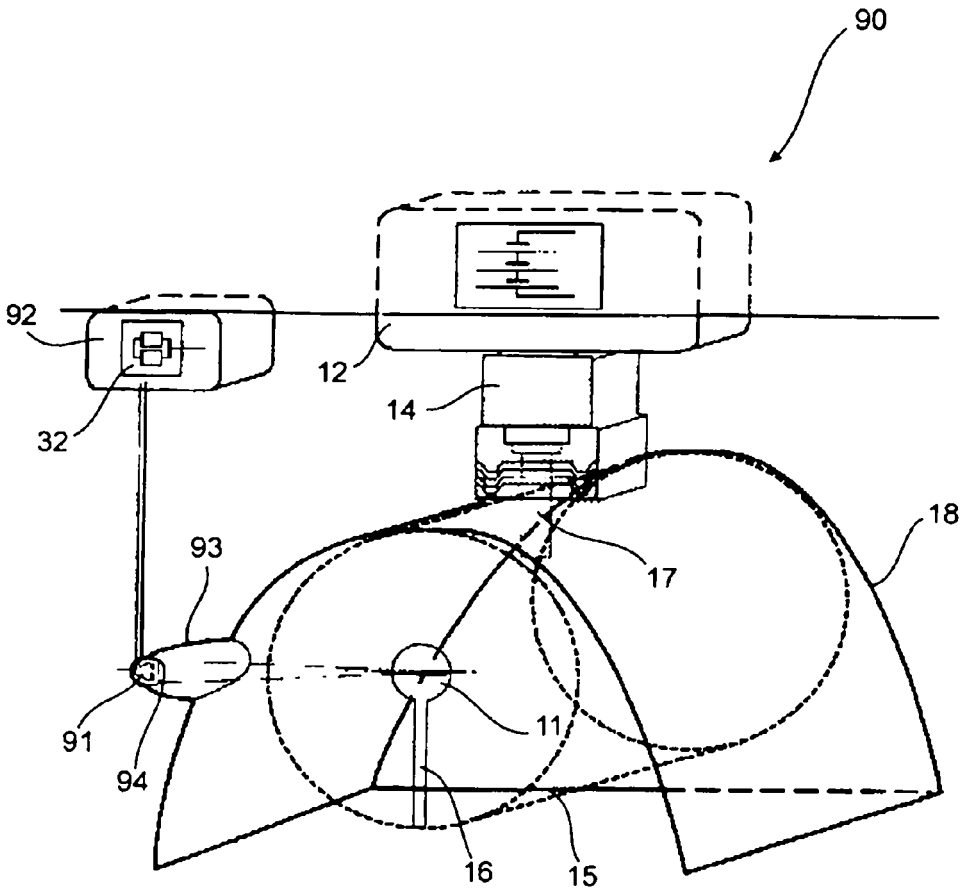

FIG. 8

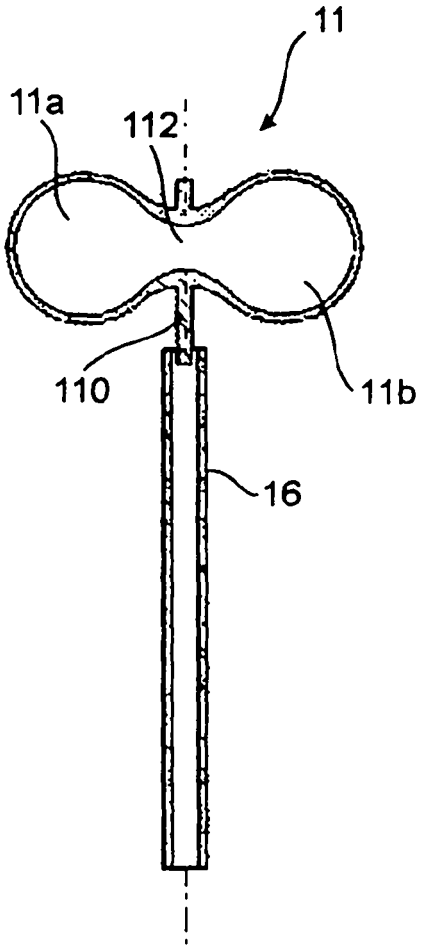

FIG. 9

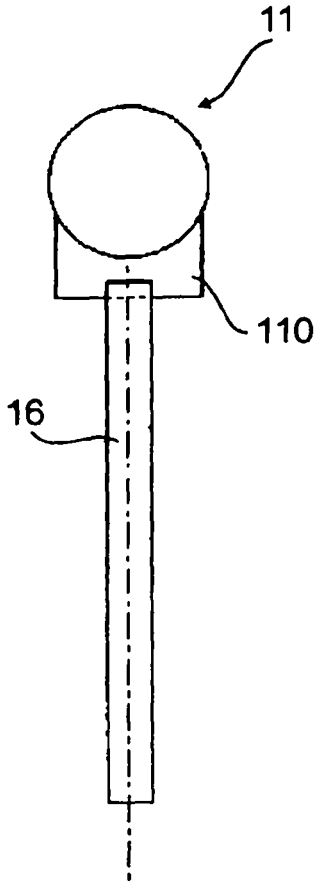

FIG. 10

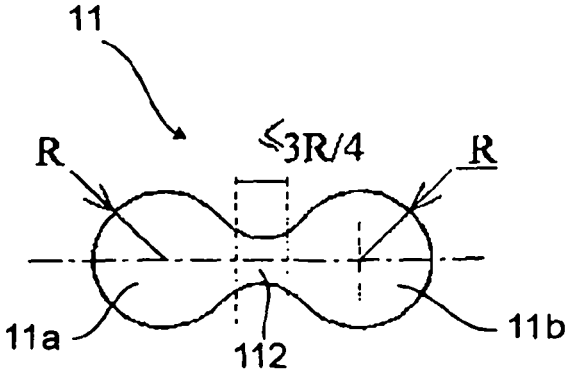

FIG. 11

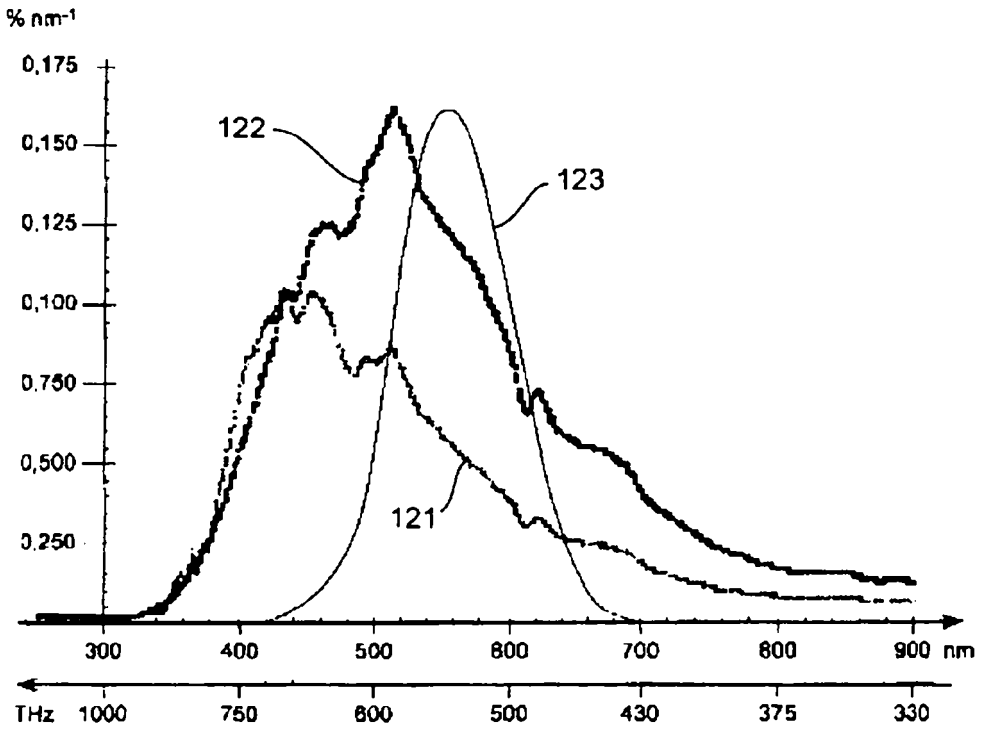
% nm-1
0,175
0,150
0,125
0,100
0,750
0,500
0,250
122
123
121
300
400
500
600
700
800
900 nm
THz
1000
750
600
500
430
375
330

FIG. 12