

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 571**

51 Int. Cl.:

A61N 5/06 (2006.01)

A61B 18/20 (2006.01)

A61B 18/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2010 E 10774051 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 2398557**

54 Título: **Cartucho reemplazable para dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz**

30 Prioridad:

16.10.2009 US 252369 P

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

06.05.2013

73 Titular/es:

**SHASER, INC. (100.0%)
10 Maguire Rd, Building 1, Second Floor
Lexington, MA 02421, US**

72 Inventor/es:

**OWENS, WILLIAM;
AARON, ARTHUR;
ELY, DOUGLAS;
YONJAN, BIKRAM y
LAZAREV, VICTOR**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 402 571 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

Cartucho reemplazable para dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz

5 **Campo técnico**

La tecnología desvelada se refiere, en general, a diseños de fuentes de alimentación para dispositivos de tratamiento dermatológico basados en luz y, más específicamente, a circuitos de fuentes de alimentación conmutadas que pueden pulsar repetidamente una lámpara de destello para emitir una cantidad deseada de energía luminosa terapéutica en tales dispositivos de tratamiento sin que se proporcione ninguna energía eléctrica sustancial por un condensador cargado.

Antecedentes

15 La energía electromagnética se ha usado en una amplia gama de aplicaciones médicas durante muchos años. En el campo de la dermatología, se han usado láseres, lámparas de destello/sistemas de luz pulsada intensa (IPL) y otras fuentes de radiación electromagnética, particularmente en las bandas de onda de radiación óptica, en dispositivos de tratamiento dermatológico para eliminar permanentemente/temporalmente pelo, promover el crecimiento de pelo nuevo, tratar lesiones vasculares y pigmentadas, reducir la aparición de arrugas, tratar acné, quitar verrugas, reducir la aparición de cicatrices, estirar la piel, rejuvenecer la piel, reducir la celulitis, eliminar tatuajes y similares. Los dispositivos de tratamiento dermatológico basados en luz aplicados a tales tratamientos se diseñan normalmente para emitir niveles terapéuticos de energía luminosa de una manera controlada de forma que uno o más pulsos de luz aplicados a una región de la piel presentan niveles de fluencia, intervalos de longitud de onda, duraciones de pulsos y retrasos entre pulsos predeterminados para lograr un resultado terapéutico deseado. El fracaso en controlar apropiadamente los parámetros de la energía luminosa emitida puede dar como resultado una mala eficacia y/o excesiva lesión en el tejido diana/no diana.

Los dispositivos de tratamiento dermatológico basados en IPL normalmente emplean fuentes de alimentación conmutadas con circuitos formadores de pulsos (también denominados en el presente documento circuitos accionados por pulsos). Desafortunadamente, los circuitos formadores de pulsos de la técnica anterior normalmente se basan en uno o más condensadores grandes que, cuando descargan en una o más lámparas de destello, proporcionan la energía eléctrica primaria para pulsar las lámparas de destello para emitir una cantidad terapéuticamente eficaz de energía luminosa. El tamaño, peso y coste de estos condensadores relativamente grandes producen dispositivos de tratamiento difíciles de manejar y caros. Por consiguiente, se necesita una investigación y desarrollo continuos para desarrollar dispositivos de tratamiento dermatológico más pequeños, más ligeros y rentables, especialmente en el mercado de consumidores en el que tales asuntos son particularmente graves.

Sumario

40 La solicitud de patente WO 2008/012519 A1 desvela un cartucho de lámpara de destello reemplazable para un dispositivo de tratamiento con luz.

45 Las fuentes de alimentación conmutadas fabricadas según la tecnología desvelada pueden accionar/pulsar las lámparas de destello de dispositivos de tratamiento dermatológico basados en IPL a niveles suficientes para lograr un efecto terapéutico deseado sin incurrir en limitaciones de tamaño, peso y coste de elementos capacitivos relativamente grandes. Al accionar las lámparas de destello del dispositivo de tratamiento dermatológico para generar una secuencia de pulsos de luz relativamente pequeños ("pequeños" con respecto a la fluencia y/o duración del pulso) alineada con localizaciones particulares dentro de la forma de onda de la fuente de la línea de CA, la fuente de alimentación mejorada no sólo habilita suficiente energía luminosa en total para calentar terapéuticamente cromóforos diana (por ejemplo, melanina) en una región de la piel sin causar lesiones no deseadas en el tejido de alrededor, sino que también proporciona la ventaja añadida de que la energía eléctrica correspondiente no necesita extraerse sustancialmente de ningún condensador cargado. Por consiguiente, el tamaño, peso y coste de los dispositivos de tratamiento dermatológico que incorporan la tecnología desvelada pueden reducirse significativamente.

60 En una realización ilustrativa, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden incorporarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico configurado para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región diana de la piel, tal como eliminación de pelo permanente/temporal, reducción de arrugas, reducción de acné, eliminación de verrugas, aumento del crecimiento de pelo, reducción en lesiones pigmentadas o vasculares, reducción en la aparición de cicatrices, estiramiento de la piel, reducción de celulitis y similares. Este dispositivo mejorado puede incluir una o más lámparas de destello capaces de pulsar que pueden emitir suficiente energía luminosa para facilitar el logro del efecto cosmético deseado. Las(s) lámpara(s) de destello está(n) preferentemente presurizada(s) con un gas noble que presenta picos del espectro de emisión deseados tales como los pueden proporcionarse por xenón y/o criptón, y pueden proporcionarse, por ejemplo, a media atmósfera o más, a una atmósfera o más, etc. En algunas realizaciones, al menos algo de la energía luminosa emitida por la(s) lámpara(s)

de destello puede transmitirse a la región de la piel mediante un elemento de contacto con la piel ópticamente transparente que presenta una superficie de contacto con la piel de 2 centímetros cuadrados o mayor. El dispositivo incluye adicionalmente una fuente de alimentación conmutada con al menos un detector de voltaje de la línea de CA, un circuito accionado por pulsos y un circuito de control.

5 El detector de voltaje de la línea de CA está en comunicación eléctrica con una fuente de la línea de CA y genera dinámicamente una señal cuyo ciclo de trabajo es indicativo de cuándo el voltaje de la fuente de línea alcanza o supera un umbral de voltaje de operación mínimo. Este ciclo de trabajo es útil para determinar si la fuente de la línea de CA está proporcionando voltaje de CA de línea alta o de línea baja. La señal generada por el detector de voltaje
10 de la línea de CA también puede ser indicativa de la frecuencia de la fuente de la línea de CA.

15 El circuito accionado por pulsos está en comunicación eléctrica con la(s) lámpara(s) de destello y la fuente de la línea de CA y proporciona energía eléctrica suficiente para pulsar la(s) lámpara(s) de destello durante su estado de retención sin extraer una cantidad de energía eléctrica sustancial de un condensador cargado. Una o más características de la energía eléctrica (por ejemplo, nivel de corriente, duración del pulso de corriente y/o intervalo de retraso entre pulsos) proporcionadas por el circuito accionado por pulsos a la(s) lámpara(s) de destello se basan al menos en parte en el ciclo de trabajo de la señal generada por el detector de voltaje de la línea de CA. Por consiguiente, el ciclo de trabajo o la inversa del ciclo de trabajo pueden corresponderse sustancialmente con un ancho de pulso de la energía luminosa emitida. Por ejemplo, el ciclo de trabajo del voltaje de la línea de CA que
20 supera el umbral de voltaje de operación mínimo puede ser sustancialmente el mismo que o mayor que un ancho de pulso de la energía luminosa emitida. Además, el circuito accionado por pulsos puede incluir circuitos de filtro que mitigan el efecto de emisiones electromagnéticas generadas por el dispositivo sobre la fuente de la línea de CA, circuitos rectificadores que rectifican la energía eléctrica proporcionada por la fuente de la línea de CA, un sensor de corriente que proporciona una indicación de la corriente eléctrica en la(s) lámpara(s) de destello, circuitos reguladores Buck que reciben la energía rectificada y proporcionan la corriente eléctrica regulada correspondiente a la(s) lámpara(s) de destello bajo el control del circuito de control, y un conmutador en comunicación eléctrica con el
25 rectificador y regulador Buck que permite selectivamente la transmisión de la energía eléctrica rectificada al regulador Buck.

30 El circuito de control está en comunicación eléctrica con el circuito accionado por pulsos y el detector de voltaje de la línea de CA y habilita selectivamente la transmisión de energía eléctrica suficiente del circuito accionado por pulsos para pulsar la(s) lámpara(s) de destello para emitir una cantidad de energía luminosa terapéuticamente suficiente para facilitar el logro del efecto cosmético deseado. Estas transmisiones selectivas se basan al menos en parte en la señal generada por el detector de voltaje. Además, el circuito de control puede incluir un comparador en
35 comunicación eléctrica con el conmutador y sensor de corriente que genera una señal para controlar el conmutador basada en una comparación entre la indicación del sensor de corriente y un voltaje de referencia, y un microprocesador en comunicación eléctrica con el detector de voltaje de la línea de CA y comparador que determina el nivel del voltaje de referencia basado al menos en parte en el ciclo de trabajo de la señal generada por el detector de voltaje. El microprocesador modifica el voltaje de referencia para garantizar que la(s) lámpara(s) de destello emita(n) energía luminosa dentro de un intervalo de fluencia deseado. El microprocesador puede deshabilitar
40 adicionalmente el circuito accionado por pulsos en respuesta a un fallo del sistema de refrigeración en el dispositivo, un estado de temperatura alta, una entrada del usuario, un fallo para mantener el dispositivo en contacto físico con al menos una superficie de la región de la piel, un estado de configuración inapropiada y/o un estado de mantenimiento.

45 El dispositivo de tratamiento dermatológico también puede incluir un circuito de retención que proporciona una baja densidad de corriente a la(s) lámpara(s) de destello suficiente para permitir que la(s) lámpara(s) de destello mantenga(n) su estado de retención. Puede usarse un diodo en el circuito accionado por pulsos para impedir que cualquier energía eléctrica no deseada proporcionada durante el estado de retención entre y afecte indeseablemente a otros elementos del circuito accionado por pulsos. El dispositivo incluye adicionalmente un circuito de disparo que
50 proporciona energía eléctrica suficiente a la(s) lámpara(s) de destello para iniciar la ionización en la(s) lámpara(s) de destello al principio del estado de retención.

55 El dispositivo de tratamiento dermatológico está preferentemente configurado de forma que su circuito de control permita que el circuito accionado por pulsos pulse la(s) lámpara(s) de destello en una secuencia de pulsos de luz predeterminada. La secuencia de pulsos de luz puede incluir dos o más pulsos de luz (preferentemente al menos 3 pulsos de luz) con duraciones de pulsos individuales entre aproximadamente 1 microsegundo y 17 milisegundos (preferentemente entre aproximadamente 4 y 6 milisegundos para sistemas acoplados a fuentes de la línea de CA de 60 hertzios y entre aproximadamente 4 y 8 milisegundos para sistemas acoplados a fuentes de la línea de CA de
60 50 hertzios) separadas por, por ejemplo, un intervalo de retraso entre pulsos que es inferior al tiempo de relajación térmica de una diana dentro de la región de la piel, un intervalo de retraso entre pulsos que es al menos tan grande como el tiempo de relajación térmica de tejido no diana (por ejemplo, epidermis), y/o que está basado al menos en parte en un tipo de piel asociado a la región de la piel. En algunas realizaciones, la secuencia de pulsos de luz se repite una o más veces por segundo (preferentemente se repite cada 0,5 a 0,75 segundos). En otras realizaciones, la secuencia de pulsos de luz se repite a intervalos superiores a un segundo (por ejemplo, intervalos superiores a o
65 iguales a 2 segundos). En algunas realizaciones, la secuencia de pulsos de luz se repite a intervalos variables

basándose en, por ejemplo, una o más mediciones de temperatura dentro de una carcasa portátil que contiene la(s) lámpara(s) de destello.

5 Además, la secuencia de pulsos de luz se ajusta preferentemente para un efecto cosmético deseado en una región de la piel. En una operación ilustrativa en la que se desea la eliminación temporal de pelo, el dispositivo puede configurarse de forma que una secuencia de pulsos de luz proporcione una fluencia total de la secuencia de entre aproximadamente 5-10 J/cm² (preferentemente entre aproximadamente 6-8,5 J/cm²) a una región diana de la piel con anchos de pulso individuales entre aproximadamente 3-8 ms e intervalos de retraso entre pulsos entre aproximadamente 3-15 ms y que incluye longitudes de onda al menos en el intervalo de aproximadamente 850-1000 nm.

15 En otra realización ilustrativa, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello capaces de pulsar, un detector de voltaje de la línea de CA y un circuito de control. La(s) lámpara(s) de destello está(n) seleccionada(s) de forma que pueda(n) emitir energía luminosa suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. El detector de voltaje de la línea de CA genera dinámicamente una señal cuyo ciclo de trabajo es indicativo de cuándo un voltaje de la línea de CA supera un umbral de voltaje de operación mínimo. Este umbral de voltaje de operación mínimo se corresponde con un nivel de energía eléctrica suficiente para pulsar la(s) lámpara(s) de destello (aunque esté en un estado de retención) para emitir una cantidad terapéuticamente eficaz de energía luminosa a la región de la piel. El circuito de control está en comunicación eléctrica con el detector de voltaje de la línea de CA y permite selectivamente la transmisión de una corriente deseada por la(s) lámpara(s) de destello basada al menos en parte en la señal generada por el detector de voltaje de la línea de CA.

25 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello capaces de pulsar, una memoria y un circuito accionado por pulsos. La(s) lámpara(s) de destello está(n) seleccionada(s) de forma que pueda(n) emitir energía luminosa suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. La memoria guarda uno o más valores predeterminados que son indicativos de una o más características de la(s) lámpara(s) de destello. El circuito accionado por pulsos está en comunicación eléctrica con la(s) lámpara(s) de destello y pulsa repetidamente la(s) lámpara(s) de destello (aunque esté en un estado de retención) para emitir una cantidad terapéuticamente eficaz de energía luminosa a la región de la piel. La energía eléctrica proporcionada por el circuito accionado por pulsos a la(s) lámpara(s) de destello no incluye ninguna energía eléctrica sustancial de un condensador cargado y está basada al menos en parte en el (los) valor(es) predeterminado(s) guardado(s) en la memoria.

35 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello, una memoria y una fuente de alimentación conmutada. La memoria guarda uno o más valores predeterminados que son indicativos de una o más características de la(s) lámpara(s) de destello. La fuente de alimentación conmutada puede pulsar repetidamente la(s) lámpara(s) de destello, sin limitaciones por ninguna duración de recarga del condensador y sin basarse en ninguna energía sustancial de un condensador cargado, con energía eléctrica suficiente para accionar la(s) lámpara(s) de destello para emitir una secuencia de pulsos de luz suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. Además, la cantidad de energía eléctrica proporcionada por la fuente de alimentación conmutada se basa al menos en parte en los valor(es) predeterminado(s) guardado(s) en la memoria.

45 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello capaces de pulsar, un detector de voltaje de la línea de CA y un circuito accionado por pulsos. El detector de voltaje de la línea de CA está en comunicación eléctrica con una fuente de la línea de CA y genera dinámicamente una indicación de cuándo el voltaje de la línea de CA alcanza, supera o está por debajo de un umbral de voltaje de operación mínimo. El circuito accionado por pulsos proporciona energía eléctrica pulsada a la lámpara de destello, que acciona la lámpara para emitir energía luminosa pulsada suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. El ancho de pulso de la energía luminosa pulsada puede hacerse variable basándose en la indicación generada por el detector de voltaje de la línea de CA.

55 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una fuente de radiación óptica (por ejemplo, uno o más láseres, diodos emisores de luz, lámparas de destello y/u otros tipos de lámparas o elementos emisores de luz), una carcasa portátil que contiene la fuente de radiación óptica, un sensor de temperatura que detecta una o más temperaturas dentro de la carcasa (donde tales temperaturas están sustancialmente afectadas por el funcionamiento de la fuente de radiación óptica), un circuito de fuente de alimentación que acciona la fuente de radiación óptica y un circuito de control que controla la fuente de alimentación basado, al menos en parte, en la temperatura detectada. Más particularmente, el circuito de fuente de alimentación puede pulsar repetidamente la fuente de radiación óptica de forma que la fuente de radiación óptica emita una primera secuencia de pulsos de luz que son suficientes para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. Además, el circuito de control puede permitir selectivamente que el circuito de fuente de alimentación pulse la fuente de radiación óptica para emitir una

segunda secuencia de pulsos de luz, donde el intervalo de tiempo entre la primera y la segunda secuencias de pulsos de luz es variable basándose en una o más temperaturas detectadas dentro de la carcasa portátil por el sensor de temperatura.

- 5 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello, una memoria (por ejemplo, EEPROM) que guarda uno o más valores predeterminados indicativos de una o más características de la(s) lámpara(s) de destello, un cartucho reemplazable que contiene la(s) lámpara(s) de destello y memoria y facilita la sustitución periódica de la(s) lámpara(s) de destello, una fuente de alimentación que puede suministrar energía a la lámpara de destello para emitir radiación óptica suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel, y un circuito de control en comunicación con la fuente de alimentación y la memoria que hace que la fuente de alimentación aumente periódicamente la corriente eléctrica proporcionada a la(s) lámpara(s) de destello basándose al menos en parte en el valor predeterminado guardado en la memoria. Uno o más valores predeterminados guardados en la memoria pueden ser indicativos de una característica de envejecimiento (por ejemplo, reducción gradual en la salida de luz) de la(s) lámpara(s) de destello y/o de la eficacia de la(s) lámpara(s) de destello.

La invención se refiere a un cartucho reemplazable para un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz, donde tal cartucho reemplazable incluye una o más lámparas de destello y una memoria mecánicamente acoplada a la(s) lámpara(s) de destello (el acoplamiento mecánico puede lograrse, por ejemplo, usando una carcasa del cartucho que mantiene una posición relativa entre la(s) lámpara(s) de destello y la memoria). La memoria guarda uno o más valores predeterminados y/o dinámicamente generados que son indicativos de una o más características de la(s) lámpara(s) de destello, tal como una característica de envejecimiento, una eficacia, un intervalo de longitudes de onda filtradas emitidas por la(s) lámpara(s) de destello (en cuyo caso es preferible que el cartucho reemplazable se diseñe para un intervalo particular de colores de piel o tipos de piel), un recuento de destellos máximos de la(s) lámpara(s) de destello y/o una cantidad de corriente eléctrica inicial necesaria para accionar la(s) lámpara(s) de destello para emitir radiación óptica suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel. Un valor predeterminado guardado en la memoria también puede ser indicativo de que la(s) lámpara(s) de destello contenida(s) en el cartucho reemplazable está(n) autorizada(s) para su uso en tal cartucho reemplazable. La carcasa del cartucho reemplazable contiene la lámpara de destello y la memoria y adicionalmente incluye una porción de respiradero que presenta una sección transversal de rejilla o en espiga que facilita la refrigeración de la lámpara de destello a la vez que bloquea simultáneamente al menos algunas emisiones de luz que se filtran de los extremos del electrodo de la lámpara de destello.

35 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello capaces de pulsar que pueden emitir energía luminosa suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel, junto con una ventana adaptada para aislar una superficie de la piel en la región de la piel de al menos algo del calor no deseado generado durante el funcionamiento del dispositivo. La ventana incluye preferentemente un primer cristal y un segundo cristal de material ópticamente transparente con un espacio sellado definido entre ellos. El segundo cristal puede incluir recubrimientos reflectantes que reflejan al menos algunas de las emisiones de luz con longitudes de onda inferiores a aproximadamente 600 nanómetros a la lámpara de destello y comprende preferentemente un material ópticamente transparente que absorbe al menos algunas de las emisiones de infrarrojos de la lámpara de destello (por ejemplo, por encima de aproximadamente 2000 nanómetros). El primer cristal comprende preferentemente material ópticamente transparente con un componente de hidroxilo inferior a o igual a aproximadamente 5 partes por millón y está adaptado para disponerse sobre una superficie de la piel en la región de la piel que va a tratarse por el dispositivo. El espacio sellado entre los dos cristales puede encerrar un vacío o una cantidad de aire u otro gas.

50 En otra realización ilustrativa más, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incluye una o más lámparas de destello capaces de pulsar que pueden emitir energía luminosa suficiente durante un estado de pulso para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel, junto con un reflector, guía de onda óptica y ventana ópticamente transparente. El reflector está ópticamente acoplado a la(s) lámpara(s) de destello y está adaptado para reflejar al menos algo de la energía luminosa emitida por la(s) lámpara(s) de destello. La guía de onda óptica está ópticamente acoplada al reflector y está adaptada para transportar al menos algo de la energía luminosa reflejada por el reflector. La ventana ópticamente transparente está ópticamente acoplada a la guía de onda óptica y está adaptada para recibir al menos algo de la energía luminosa transportada por la guía de onda. La guía de onda óptica está normalmente separada del reflector y/o ventana por una distancia predeterminada cuando la lámpara de destello no está en su estado de pulso, pero esa distancia se reduce sustancialmente, y en algunas realizaciones se elimina sustancialmente, cuando la lámpara de destello está en su estado de pulso (por ejemplo, cuando emite una o más secuencias de luz pulsada intensa). El mantenimiento de la distancia a un valor predeterminado cuando la(s) lámpara(s) de destello no está(n) emitiendo una secuencia de pulsos de luz facilita la refrigeración del dispositivo, mientras que una reducción en la distancia durante la emisión de la secuencia de pulsos de luz mejora la eficacia óptica del dispositivo a costa de disminuir temporalmente la refrigeración de al menos parte del dispositivo.

Breve descripción de los dibujos

La siguiente discusión se entenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada de la tecnología desvelada, cuando se toma conjuntamente con los dibujos adjuntos, usándose números de referencia iguales o relacionados para elementos similares en los diversos dibujos, en los que:

- 5 La FIG. 1 proporciona una perspectiva tridimensional de un dispositivo de tratamiento dermatológico ilustrativo fabricado y que funciona según al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada;
- 10 las FIGs. 2A-2G proporcionan diversas vistas en perspectiva de un cartucho de luz reemplazable ilustrativo con lámparas de destello dobles que pueden usarse en el dispositivo de tratamiento dermatológico de la FIG. 1, donde las FIGs. 2A y 2B representan la parte delantera del cartucho, las FIGs. 2C-2E representan la parte trasera del cartucho junto con configuraciones de asignación de patillas ilustrativas, y las FIGs. 2F-2G representan vistas en sección transversal del cartucho con esquemas de respiradero con forma de rejilla o de espiga ilustrativos;
- 15 las FIGs. 3A-3E son sustancialmente idénticas a las FIGs. 2A-2E, excepto que ilustran una realización a modo de ejemplo en la que el cartucho de luz reemplazable contiene una única lámpara de destello;
- 20 la FIG. 4 proporciona un diagrama de sistema de alto nivel de un dispositivo de tratamiento dermatológico que incorpora una fuente de alimentación conmutada ilustrativa que opera según una realización de la tecnología desvelada;
- 25 la FIG. 5 proporciona un diagrama de flujo de una metodología ilustrativa para hacer funcionar el dispositivo de tratamiento dermatológico de la FIG. 4 según una realización de la tecnología desvelada;
- 30 la FIG. 6 es un diagrama de señales que ilustra condiciones de voltaje de CA de alta línea y de baja línea que pueden aparecer sobre una fuente de la línea de CA rectificadas con respecto a un umbral de voltaje de operación mínimo suficiente para operar el dispositivo de tratamiento dermatológico de la FIG. 4;
- 35 la FIG. 7 es un diagrama de señales de una señal ilustrativa generada por un detector de voltaje de la línea de CA que es indicativo de la frecuencia y condiciones de voltaje de CA de alta/baja línea de la fuente de la línea de CA rectificadas mostrada en la FIG. 6;
- 40 la FIG. 8 es un diagrama de señales que representa una forma de onda de voltaje ilustrativa aplicada a través de una o más lámparas de destello en un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz en respuesta al funcionamiento de los circuitos de retención, de disparo y accionado por pulsos de las FIGs. 13-15 bajo el control del circuito de control de la FIG. 16 y conforme a la metodología representada en la FIG. 5;
- 45 la FIG. 9 es un diagrama de señales que representa una forma de onda de corriente ilustrativa que pasa por una o más lámparas de destello y correspondiente a la forma de onda de voltaje mostrada en la FIG. 8;
- 50 la FIG. 10 es un diagrama de señales que representa la luz emitida por una o más lámparas de destello cuando tales lámparas de destello se someten al voltaje y formas de onda de corriente de las FIGs. 8 y 9;
- 55 la FIG. 11 proporciona un perfil térmico ilustrativo de tejido diana localizado en una región de la piel debajo de la epidermis cuando se somete a las emisiones de luz representadas en la FIG. 10;
- 60 la FIG. 12 proporciona un perfil térmico ilustrativo de tejido epidérmico no diana cuando se somete a las emisiones de luz representadas en la FIG. 10;
- 65 la FIG. 13 proporciona un esquema de un circuito de retención ilustrativo de una fuente de alimentación diseñada para hacer funcionar un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz según una realización de la tecnología desvelada;
- la FIG. 14 proporciona un esquema de un circuito de disparo ilustrativo de una fuente de alimentación diseñada para hacer funcionar un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz según una realización de la tecnología desvelada;
- la FIG. 15 proporciona un esquema de un circuito accionado por pulsos ilustrativo de una fuente de alimentación diseñada para hacer funcionar un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz según una realización de la tecnología desvelada; y
- la FIG. 16 proporciona un esquema de un circuito de control ilustrativo de una fuente de alimentación diseñada para hacer funcionar un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz según una realización de la tecnología desvelada.

Descripción detallada

A menos que se especifique de otro modo, puede considerarse que las realizaciones ilustradas proporcionan rasgos a modo de ejemplo de detalle variable de ciertas realizaciones y, por tanto, a menos que se especifique de otro modo, los rasgos, componentes, módulos, elementos, circuitos y/o aspectos de las ilustraciones pueden combinarse, interconectarse, secuenciarse, separarse, intercambiarse, posicionarse y/o reorganizarse de otro modo sin apartarse materialmente de los sistemas o métodos desvelados. Adicionalmente, los elementos ilustrados en los dibujos se proporcionan principalmente para facilitar el entendimiento de la tecnología desvelada y no están necesariamente dibujados a escala.

Para los fines de la presente divulgación, el término "circuito" se refiere a una interconexión de elementos eléctricos (analógicos o digitales), electrónicos, ópticos, acústicos, mecánicos, magnéticos, electromecánicos, electro-ópticos, optoelectrónicos, fotónicos, electromagnéticos y/o electro-acústicos o similares dispuestos en sustancialmente cualquier modo o combinación adecuada para realizar una o más funciones deseadas. Los expertos en la materia reconocerán que la funcionalidad descrita para un circuito particular puede incorporarse en uno o más circuitos distintos, que pueden compartirse elementos particulares en un circuito por diferentes circuitos, y/o que los propios circuitos pueden combinarse, interconectarse, separarse y/u organizarse de otro modo sin afectar adversamente al funcionamiento de la tecnología desvelada y, por tanto, están meramente previstos para fines ilustrativos.

Excepto cuando se establezca explícitamente lo contrario, el término "sustancialmente" puede interpretarse en sentido amplio para indicar una relación, condición, disposición, orientación precisa y/u otra característica precisa, además de desviaciones de las mismas como se entiende por un experto en la materia, hasta el punto de que tales desviaciones no afecten materialmente los métodos y sistemas desvelados.

Además, los términos "luz" y "radiación óptica" se usan indistintamente y las referencias a "longitudes de onda" se refieren a radiación óptica que presenta longitudes de onda del tipo descrito en ese contexto. Los términos "dispositivo" y "sistema" también se usan indistintamente, al igual que los términos "circuito" y "fuente".

Los dispositivos de tratamiento dermatológico basados en luz normalmente se basan en las emisiones espectrales de uno o más láseres, lámparas de destello y/o LED para proporcionar radiación óptica suficiente para tratar térmicamente una afección epidérmica o dérmica deseada. Las lámparas de destello, en particular, proporcionan un medio flexible y económico para generar luz pulsada intensa que presenta un intervalo de longitudes de onda deseadas que pueden ajustarse (por filtración y/o conversión de la longitud de onda) para facilitar un efecto cosmético o no cosmético deseado en una región diana de la piel.

Las lámparas de destello son dispositivos de descarga de gas que tienen una envoltura ópticamente transparente (hecha de, por ejemplo, cristal de cuarzo/sílice, borosilicato, o similares) que está sellada sobre cada extremo a un ensamblaje de electrodo y llena de un gas noble (por ejemplo, xenón, criptón, etc.) a una presión deseada (por ejemplo, media atmósfera, una atmósfera, etc.). Antes de emitir radiación óptica, la impedancia de la lámpara de destello es inicialmente relativamente alta debido a la resistividad del gas noble no ionizado entre el cátodo y el ánodo. Con el fin de emitir radiación óptica, el gas en la lámpara de destello debe ionizarse, lo cual también producirá una impedancia drásticamente reducida. Tal ionización puede instarse aplicando un pulso de disparo de alto voltaje (por ejemplo, 6-10 kilovoltios durante 200 nanosegundos a 1 milisegundo) al ensamblaje de electrodo de la lámpara de destello usando un esquema de disparo externo, de inyección en serie o de inyección en pseudo-serie, como se conoce por los expertos en la materia. Una vez se ha ionizado el gas, emite radiación óptica a través de un amplio espectro de longitudes de onda. La cantidad de radiación óptica emitida depende, al menos en parte, del grado de ionización del gas, que está afectado por la densidad de corriente eléctrica suministrada entre los electrodos tras el pulso de disparo. Mayores densidades de corriente producen emisiones de luz intensa (denominadas en el presente documento el "estado de pulso" de la lámpara de destello), mientras que menores densidades de corriente hacen que el gas ionizado aparezca como una delgada cinta de luz entre los electrodos de la lámpara de destello (denominado en el presente documento el "estado de retención" de la lámpara de destello). La vida útil de la lámpara de destello disminuye a medida que aumenta la duración y el pico de energía eléctrica proporcionada durante el estado de pulso, fallando finalmente la lámpara de destello mediante una explosión catastrófica, fractura de su envoltura ópticamente transparente, o por una reducción gradual en la luz emitida. Cuando se desea una secuencia de pulsos de luz intensa, la lámpara de destello se hace funcionar preferentemente en un estado de retención, o a un nivel de intensidad relativamente bajo en un estado de pulso, durante el periodo entre pulsos de manera que se reduzca el choque térmico y mecánico a la lámpara de destello, prolongándose así su vida útil.

Los diseñadores de dispositivos de tratamiento dermatológico basados en lámparas de destello hicieron un esfuerzo significativo para desarrollar fuentes de alimentación que pudieran accionar las lámparas de destello para emitir radiación óptica que presentaran un perfil de pulsos deseado y que al mismo tiempo mantuvieran simultáneamente un rendimiento sin fallos de la fuente de alimentación, una esperanza de vida comercialmente razonable de las lámparas de destello y un bajo coste del dispositivo/fuente de alimentación. Estos intereses competitivos son difíciles de conciliar y ha llevado a fabricantes de dispositivos de la técnica anterior a usar caras fuentes de alimentación basadas en condensadores que guardan grandes cantidades de energía eléctrica que accionan las lámparas de

destello bajo el control de un microprocesador – favoreciéndose así fuertemente la generación de un perfil de pulsos de luz deseado con respecto al coste del dispositivo/fuente de alimentación. Es importante observar que los dispositivos de la técnica anterior se han hecho funcionar tradicionalmente en un entorno clínico en el que el coste es un factor importante, pero secundario. Por el contrario, el éxito comercial de dispositivos que eligen como objetivo el mercado de consumidores depende de alcanzar la eficacia de tratamiento adecuada a un coste mucho menor.

Los inventores reconocen que hay varias secuencias de pulsos de luz disponibles para cualquier tratamiento dermatológico particular y que puede realizarse la selección acertada entre estas secuencias (y la elección cuidadosa del momento en el que se instan tales secuencias de pulsos de luz con respecto a la forma de onda de CA de entrada), de forma que la energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación para accionar la(s) lámpara(s) de destello durante su estado de pulso puede extraerse de forma sustancial directamente de la línea de CA y sin que se proporcione sustancialmente ninguna energía eléctrica de condensadores cargados (por ejemplo, proporcionando los condensadores menos de aproximadamente el 10% de la energía eléctrica requerida, y extrayéndose el resto de la línea de CA), obteniéndose de esta manera un dispositivo de tratamiento dermatológico de bajo coste y eficaz que es comercialmente viable para el mercado de consumidores. Por ejemplo, la tecnología desvelada puede incorporarse dentro de un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz ilustrativo que tiene como objetivo la eliminación temporal de pelo, donde la fuente de la línea de CA proporciona 120 voltios a 60 Hz (teniendo cada medio ciclo 8,3 milisegundos de duración), en cuyo caso el dispositivo puede configurarse para emitir una secuencia de pulsos de luz que tiene una pluralidad de pulsos (por ejemplo, 4 pulsos) que proporciona una fluencia total sobre una superficie de tratamiento de la piel de entre aproximadamente 6-8,5 julios por centímetro cuadrado, presentando cada pulso un ancho de pulso de hasta aproximadamente 5,8 milisegundos (que corresponde a esa porción de medio ciclo de CA de 8,3 milisegundos por encima de un umbral de voltaje de operación mínimo ilustrativo) y un retraso entre pulsos de aproximadamente 2,5 milisegundos (que corresponde a esa porción de medio ciclo de CA que cae por debajo del umbral de voltaje de operación mínimo después del pico del ciclo junto con la porción del siguiente medio ciclo de CA que sube hasta el umbral de voltaje de operación mínimo). La selección de esta secuencia de pulsos de luz ilustrativa permite que el grueso de la energía eléctrica suministrada a la lámpara de destello durante su estado de pulso se extraiga de forma sustancial directamente de una fuente de la línea de CA rectificadora, de onda completa, durante un periodo en el que el voltaje de la línea de CA es mayor que o igual a aproximadamente 107 voltios (que corresponde a un umbral de voltaje de operación mínimo ilustrativo). De forma similar, una secuencia de pulsos de luz ilustrativa (que comprende, por ejemplo, 3 pulsos) en la que cada pulso tiene una duración de hasta aproximadamente 7 milisegundos con un retraso entre pulsos de aproximadamente 3 milisegundos es adecuada en situaciones en las que la fuente de la línea de CA proporciona 240 voltios a 50 Hz (teniendo cada medio ciclo 10 milisegundos de duración).

Además, la tecnología desvelada puede configurarse para proporcionar un ancho de pulso fijo para cada uno de los pulsos individuales en la secuencia de pulsos de luz y/o un ancho de pulso total fijo para la propia secuencia de pulsos de luz para garantizar repetibilidad de los parámetros energéticos del tratamiento estrechamente controlados durante las mismas sesiones de tratamiento o sesiones de tratamiento diferentes. Por ejemplo, en un escenario en el que se desean anchos de pulso fijos, la tecnología desvelada determina inicialmente si esa porción de medio ciclo de CA por encima de un voltaje de operación mínimo es de suficiente duración para soportar el ancho de pulso de la energía eléctrica usada para pulsar una o más lámparas de destello en el dispositivo de tratamiento dermatológico. Si se encuentra duración suficiente en el medio ciclo de CA, la tecnología desvelada hace funcionar el dispositivo de tratamiento dermatológico de forma que accione la lámpara de destello para emitir niveles terapéuticos de radiación óptica durante el periodo de tiempo en el que el medio ciclo de CA está en o por encima del voltaje de operación mínimo. Si la duración del medio ciclo de CA es insuficiente para accionar las lámparas de destello como se desea, se identifica una condición de error y se informa al usuario del dispositivo de tratamiento dermatológico.

De forma similar, puede ser ventajoso tener alguna variabilidad en los anchos de pulso de pulsos individuales siempre que el ancho de pulso total de la secuencia de pulsos de luz permanezca fijo. Por ejemplo, el ancho de pulso del primer pulso en la secuencia de pulsos de luz puede ser algo más corto que los de los otros pulsos ya que el primer pulso se insta cerca del pico de un medio ciclo de CA (sustancialmente por encima del umbral de voltaje de operación mínimo) para facilitar el disparo de las lámparas de destello sin sacrificar la cantidad total de radiación óptica terapéutica aplicada a una región de tratamiento diana de la piel por la secuencia de pulsos de luz.

Como alternativa, la tecnología desvelada puede configurarse en una disposición más flexible para proporcionar anchos de pulso variables para pulsos individuales y/o para que la propia secuencia de pulsos de luz responda dinámicamente a condiciones de pandeo o “de baja línea” que pueden producirse en la fuente de la línea de CA, degradación de la lámpara de destello, tipos de piel variables entre regiones de tratamiento de la piel, o en otras situaciones en las que es probable que varíen las condiciones de operación o tratamiento. Por ejemplo, y con el fin de funcionar apropiadamente bajo las diferentes condiciones de línea alta o baja que pueden encontrarse en una fuente de la línea de CA, la tecnología desvelada puede incluir un detector de voltaje de la línea de CA que identifica dinámicamente qué porción de medio ciclo de CA supera un umbral de voltaje de operación mínimo independientemente de la condición específica de la energía eléctrica recibida mediante una fuente de la línea de CA y entonces usa un procesador para determinar (mediante cálculo, búsqueda en tablas o de otro modo) anchos de pulso, retrasos entre pulsos y/o secuencias de pulsos adecuadas que puedan accionar una o más lámparas de destello para emitir una cantidad terapéuticamente eficaz de energía luminosa a una región de la piel de interés.

Además, la tecnología desvelada puede modificar un umbral de voltaje de operación mínimo en respuesta a características de degradación/envejecimiento de las lámparas de destello de forma que el umbral aumente periódicamente para proporcionar más fácilmente mayor corriente eléctrica, accionando así las lámparas de destello más difíciles para proporcionar una salida de luz relativamente constante a medida que las lámparas de destello envejecen/se degradan. Esta funcionalidad puede facilitarse proporcionando una memoria que guarda índices referentes a las características de degradación/envejecimiento de las lámparas de destello junto con otra información útil (por ejemplo, eficacia de las lámparas de destello, máximo recuento de destellos, recuento de destellos actual, cantidad inicial de corriente eléctrica deseada para accionar la lámpara de destello para emitir niveles terapéuticos de radiación óptica, un intervalo de longitudes de onda filtradas emitidas por la lámpara de destello, información del lote de fabricación, índices referentes a otras porciones de un subsistema óptico, y/o similares). En realizaciones que incorporan tal memoria, es deseable incluir la(s) lámpara(s) de destello y la memoria dentro de un cartucho reemplazable que pueda insertarse fácilmente en o sacarse del dispositivo de tratamiento dermatológico.

La tecnología desvelada también puede variar la duración total de la propia secuencia de pulsos de luz (por ejemplo, insertando mayores retrasos entre pulsos entre los pulsos individuales que son algo más largos que múltiplos de la duración del medio ciclo de CA aplicable, o insertando más pulsos individuales) para acomodar diferentes tiempos de relajación térmica de tejido diana y no diana (por ejemplo, aumento de la duración de retrasos entre pulsos para tipos de piel más oscuros) y/o diferentes tratamientos dermatológicos. En algunas realizaciones, una única secuencia de pulsos de luz se aplica a una región de tratamiento de la piel durante una sesión de tratamiento, mientras que en otras realizaciones puede aplicarse más de una secuencia de pulsos de luz a toda o parte de la misma región de tratamiento de la piel durante la sesión de tratamiento.

La tasa a la que las secuencias de pulsos de luz se repiten durante el funcionamiento de un dispositivo de tratamiento dermatológico ilustrativo puede basarse al menos en parte en una presión momentánea de un botón que ocasiona la emisión de una única secuencia de pulsos de luz (particularmente útil cuando van a tratarse por puntos regiones de piel relativamente pequeñas/limitadas, por ejemplo, entre aproximadamente 1-6 centímetros cuadrados) o en una presión del botón momentánea/sostenida cuando los componentes del bloqueo de seguridad siguen engranados durante un periodo de tiempo prolongado ocasionando la emisión de secuencias de pulsos de luz repetidas (particularmente útil cuando se tratan áreas de piel mayores, por ejemplo, superiores a aproximadamente 6 centímetros cuadrados). Las secuencias de pulsos de luz repetidas pueden, en algunas realizaciones ilustrativas, producirse a niveles superiores a o iguales a aproximadamente 2,25 segundos, pero preferentemente se producen a intervalos más cortos tales como entre aproximadamente 0,4-1 segundos, y aún más preferentemente entre aproximadamente 0,5-0,75 segundos, de manera que la energía luminosa terapéutica puede aplicarse a regiones de tratamiento de la piel adyacentes en un modo de deslizamiento.

En una breve visión general, y con referencia ahora a la FIG. 1, al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada pueden encarnarse dentro de un dispositivo 100 de tratamiento dermatológico ilustrativo que tiene una base 102 y una pieza 104 de mano conectadas entre sí por un cable 106 flexible preferentemente de aproximadamente 5 pies (152,4 cm) o más de longitud. El dispositivo 100 también incluye un cable de alimentación (no mostrado) que conecta entre sí la base 102 con una fuente de la línea de CA (no mostrada). El dispositivo 100 está preferentemente dimensionado para facilitar el almacenamiento y transporte rápidos en un entorno de usuario final (por ejemplo, dentro de la casa de un usuario, una habitación de hotel, o similares) y en una realización ilustrativa presenta dimensiones de menos de aproximadamente 9,5 pulgadas (24,1 cm) de longitud, menos de aproximadamente 6,5 pulgadas (16,5 cm) de ancho y menos de aproximadamente 3,5 pulgadas (8,9 cm) de altura (o menos de aproximadamente 6 pulgadas (15,2 cm) de altura total cuando la pieza 104 de mano se inserta en su soporte 110 sobre la base 102).

La carcasa de la base 102 está hecha preferentemente de un material de plástico y encierra una fuente de alimentación conmutada (tratada con más detalle más adelante) adecuada para accionar una o más lámparas 112 de destello en la pieza 104 de mano para emitir un perfil de luz terapéutico deseado, además de una interfaz 108 de usuario que provee a un usuario de información del estado (por ejemplo, condiciones de operación normales/de error, índices de destellos restantes, modos de operación, índices referentes a la idoneidad del dispositivo 100 para el tipo de piel de un usuario, o similares), además de características de control que permiten o facilitan el control y funcionamiento del dispositivo 100 (por ejemplo, parámetros del nivel de potencia, selector del modo de operación, detector 111 del tipo de piel, o similares).

La carcasa de la pieza 104 de mano también está hecha preferentemente de un material de plástico y encierra un sistema de refrigeración (por ejemplo, un ventilador de velocidad variable), componentes de medición de la temperatura, componentes de interfaz de usuario (por ejemplo, botón 113 de iniciación de los destellos), componentes del bloqueo de seguridad (por ejemplo, elementos de contacto con la piel capacitivos o mecánicos), un sistema óptico (que incluye, por ejemplo, una o más lámparas 112 de destello, un reflector especular/difusivo curvo, angular o plano, una guía 105 de onda óptica y/o una ventana ópticamente transparente), y/o similares. Aunque la pieza 104 de mano puede configurarse de forma que no sea utilizable por un usuario final, es preferible configurar la pieza 104 de mano de forma que su mango 114, cartucho 116 de luz reemplazable y/o tapa 118 frontal puedan separarse para facilitar el mantenimiento y reparación periódicos. El mango 114 incluye preferentemente el sistema

de refrigeración, componentes de medición de la temperatura y componentes de interfaz de usuario. El cartucho 116 de luz reemplazable incluye preferentemente una o más lámparas 112 de destello (que pueden contener recubrimientos reflectantes particulares sobre las mismas para filtrar longitudes de onda no deseadas), un reflector y una memoria (no mostrada) que guarda una o más características de las lámparas 112 de destello. La tapa 118 frontal incluye preferentemente la guía 105 de onda óptica (por ejemplo, un tubo luminoso sustancialmente rectangular, hueco y especular que tiene preferentemente un recubrimiento de plata y una longitud de al menos aproximadamente 15 milímetros), ventana ópticamente transparente (que puede contener recubrimientos reflectantes sobre la misma) y componentes del bloqueo de seguridad. En algunas realizaciones, los componentes dentro del cartucho 116 de luz reemplazable pueden incorporarse en y ser una parte integral de la tapa 118 frontal, de forma que la tapa frontal integrada sirve de componente reemplazable para un único usuario, en vez de tener cartuchos de luz y tapas frontales reemplazables por separado.

Durante una sesión de tratamiento dermatológico, la porción de la carcasa exterior delantera de la tapa 118 frontal a través de la cual se pasa la radiación óptica está posicionada sustancialmente contra la piel de forma que los elementos de contacto con la piel detectan la proximidad de la carcasa a la región de tratamiento de la piel de interés y permiten con seguridad el funcionamiento del dispositivo 100. La luz emitida por la(s) lámpara(s) 112 de destello se filtra (pasando longitudes de onda, por ejemplo, superiores a aproximadamente 600 nanómetros, y preferentemente superiores a 650 nanómetros) y es transportada por la ventana ópticamente transparente de la tapa 118 frontal de manera que impacta con la región de tratamiento de la piel. El funcionamiento de la(s) lámpara(s) 112 de destello en un estado de pulso genera una cantidad significativa de calor que necesita disiparse por el sistema de refrigeración. Desafortunadamente, los dispositivos 100 enfriados por aire rentables adecuados para el mercado de consumidores no son muy eficaces para eliminar este calor y, por tanto, es posible que la ventana en la tapa frontal pueda alcanzar una temperatura que supere el umbral adecuado para disponerse sobre una superficie de la piel. Por consiguiente, los dispositivos 100 de tratamiento dermatológico enfriados por aire dirigidos al mercado de consumidores deben hacerse funcionar de un modo que prevenga el sobrecalentamiento si la ventana se coloca en contacto con la piel (por ejemplo, reducir la tasa de destellos de las lámparas 112 de destello aumentando el periodo de tiempo entre secuencias de pulsos de luz sucesivas de manera que el sistema de refrigeración tenga tiempo suficiente para refrigerar la ventana), empotrar la ventana dentro de la carcasa de la tapa 118 frontal (al menos, por ejemplo, 4 milímetros, para una ventana de aproximadamente 2 centímetros cuadrados) de manera que la ventana no entre en contacto con la piel durante la sesión de tratamiento, o proporcionar una configuración que aisle la ventana que entra en contacto con la piel de fuentes de calor (por ejemplo, la lámpara 112 de destello y/o tubo 105 luminoso metálico).

En este último escenario, la ventana puede configurarse como una ventana de doble cristal con un espacio sellado entre los dos cristales. Este espacio sellado puede encerrar un vacío parcial, un gas tal como xenón, o sólo aire. El cristal interno más próximo a la(s) lámpara(s) 112 de destello incluye preferentemente recubrimientos reflectantes para filtrar al menos algunas longitudes de onda no deseables (por ejemplo, longitudes de onda por debajo de aproximadamente 600 nanómetros y/o por encima de 1200 nanómetros, para un tratamiento dermatológico de eliminación/reducción de pelo) y está hecho de borosilicato con un componente de hidroxilo sustancial (por ejemplo, superior a aproximadamente 100 partes por millón), mientras que el cristal externo diseñado para colocarse sustancialmente contra la piel está hecho preferentemente de una composición especializada de cristal de cuarzo/sílice que presenta un componente de hidroxilo relativamente bajo (por ejemplo, inferior a aproximadamente 50 partes por millón y preferentemente inferior a o igual a aproximadamente 5 partes por millón). De este modo, la composición de hidroxilo relativamente alta del propio cristal interno complementa las capacidades de filtración de los recubrimientos reflectantes sobre el mismo absorbiendo algunas de las emisiones de infrarrojos no deseables superiores a 2000 nanómetros, a la vez que permite que algunas emisiones de infrarrojos de bajo nivel restantes (entre aproximadamente 2000-4000 nanómetros o superiores) pasen a través del cristal externo sustancialmente sin impedimentos y sin elevar excesivamente la temperatura del cristal externo. Las emisiones de infrarrojos no deseables restantes que pasan a través del cristal externo y sobre la piel tienen una fluencia significativamente reducida y no son perjudiciales para la piel y no afectan adversamente de otro modo a la eficacia del tratamiento dermatológico. Los expertos en la materia reconocerán que el número de cristales en la ventana puede ser superior a dos y/o que el espacio entre los cristales puede estar abierto (es decir, no sellado sobre al menos 2 caras) para permitir que pase entre ellos un flujo del aire de refrigeración, gas, o líquido.

Además de prevenir el sobrecalentamiento de la piel, los dispositivos 100 de tratamiento dermatológico refrigerados con aire deben mantener adicionalmente la temperatura de sus componentes dentro de un intervalo de operación seguro sin permitir una fuga de luz excesiva (por ejemplo, superior a aproximadamente 3 julios) que pueda proporcionar una experiencia negativa al usuario cuando hace funcionar el dispositivo 100. Uno o más sensores de temperatura dentro de la pieza 104 de mano y/o base 102 pueden generar señales indicativas de temperaturas excesivas o casi excesivas que pueden mitigarse, por ejemplo, entrando en un modo de enfriamiento en el que se previene que el dispositivo 100 accione su(s) lámpara(s) 112 de destello en un estado de pulso hasta que se logre una temperatura de seguridad predeterminada, aumentando la velocidad del ventilador en la pieza 104 de mano y/o base 102, y/o reduciendo la tasa a la que se repiten las secuencias de pulsos de luz.

Puede realizarse una selección juiciosa de la cantidad, orientación, localización y configuración de los respiraderos 120/122 de entrada/salida de aire en la pieza 104 de mano para garantizar un flujo de aire deseado, a la vez que se

previene simultáneamente la fuga excesiva de luz. Por ejemplo, los respiraderos 120 de entrada de aire pueden posicionarse sobre la tapa 118 frontal de la pieza 104 de mano, posicionándose los respiraderos 122 de salida de aire sustancialmente alrededor del extremo del cable de la pieza 104 de mano, descargando así aire de escape relativamente caliente en una dirección alejada de la región de tratamiento de la piel. Al menos algunos de los respiraderos con más probabilidad de estar sometidos a la energía luminosa que se ha fugado indeseablemente de los extremos del electrodo de la(s) lámpara(s) 112 de destello y/o del hueco entre la lámpara 112 de destello y la guía 105 de onda durante la operación del dispositivo 100 están preferentemente configurados para permitir el paso de aire de refrigeración a la vez que se reduce simultáneamente o se elimina sustancialmente la transmisión de esta energía luminosa fugada fuera de la pieza 104 de mano usando, por ejemplo, respiraderos con forma de rejilla o de espiga. Los respiraderos pueden estar hechos de un material reflectante (por ejemplo, teflón blanco, aluminio, etc.) para reflejar al menos algo de la luz fugada de nuevo al interior de la pieza 104 de mano o pueden estar hechos de un material absorbente (por ejemplo, plástico pigmentado) de forma que se absorba al menos una cantidad sustancial de la luz fugada que impacta contra el respiradero. Como alternativa o en combinación, los respiraderos que presentan tal configuración con forma de rejilla, de espiga u otra configuración de forma adecuada pueden formar parte del cartucho 116 reemplazable para atrapar sustancialmente la luz fugada antes de salir del cartucho. Las ventajas de incorporar tales respiraderos en el cartucho 116 reemplazable incluyen reducir la cantidad de calor transmitida a otros elementos de la pieza de mano debido a su absorción de la luz fugada y, en caso de que el respiradero esté hecho de un material reflectante, redirigir al menos algo de la luz fugada de nuevo a la trayectoria óptica deseada de forma que aumente la fluencia global sobre la región de tratamiento de la piel.

Las FIGs. 2A-2G proporcionan diversas vistas en perspectiva de un cartucho 116 de luz reemplazable ilustrativo con lámparas 112 de destello dobles que pueden usarse en el dispositivo 100 de tratamiento dermatológico, mientras que las FIGs. 3A-3E proporcionan vistas análogas de un cartucho 116 de luz reemplazable ilustrativo con una única lámpara 112 de destello. Más particularmente, las FIGs. 2A-2B y 3A-3B representan la carcasa frontal (es decir, cara emisora de luz) del cartucho 116 en la que está definida un área 202 sustancialmente abierta, correspondiente a la localización del arco de la(s) lámpara(s) de destello, que permite la transmisión de energía luminosa sustancialmente sin impedimentos a la guía 105 de onda óptica adyacente (FIG. 1). La configuración de respiradero de esta realización ilustrativa mejora el soporte estructural del cartucho 116 y permite que un flujo de aire deseado pase a su través, a la vez que previene simultáneamente que el usuario toque las lámpara(s) 112 de destello posiblemente calientes en la proximidad de sus electrodos.

Los respiraderos 204 de rejilla de la FIG. 2F están adicionalmente adaptados para bloquear (es decir, reflejar de nuevo y/o absorber) más cantidad de la energía luminosa que se fuga de manera indeseable de los extremos del electrodo de la(s) lámpara(s) 112 de destello sin restringir significativamente el flujo de aire que pasa sobre tales lámpara(s) 112 de destello. Similarmente, los respiraderos 206 con forma de espiga de la FIG. 2G están adaptados para bloquear incluso más luz fugada que los respiraderos de rejilla de la FIG. 2F, pero sacrificando algo del flujo de aire. Los respiraderos 204, 206 de rejilla y de espiga representados en la FIGs. 2F y 2G se muestran en relación con una configuración de lámpara de destello doble, pero también pueden incorporarse en las carcasas frontales de cartuchos 116 de luz reemplazables que tienen una única lámpara 112 de destello o más de dos lámparas 112 de destello. Aunque los respiraderos 204 de rejilla y los respiraderos 206 de espiga están representados en dirección horizontal a lo largo de la carcasa frontal del cartucho 116 de luz reemplazable, pueden orientarse verticalmente o formando sustancialmente cualquier ángulo en la carcasa frontal sin afectar adversamente el funcionamiento del dispositivo 100. Además, los respiraderos 204, 206 de rejilla y de espiga puede incluir más de tales respiraderos apilados los unos delante de los otros en el mismo alineamiento/configuración o en un alineamiento/configuración diferente para así crear un laberinto que impida sustancialmente el paso de luz fugada sin sacrificar excesivamente el flujo de aire necesario para refrigerar la(s) lámpara(s) 112 de destello y otros elementos del cartucho 116 reemplazable. Los respiraderos que bloquean la luz que permiten el paso de un flujo de aire deseado también pueden configurarse en una variedad de otras formas y configuraciones, tales como configuraciones onduladas, de malla, hexagonales o apanaladas, o similares.

Las FIGs. 2C-2E y 3C-3E ilustran una carcasa a modo de ejemplo en el lado trasero del cartucho 116 reemplazable mostrado en las FIGs. 2A-2B y 3A-3B. Esta porción de la carcasa define dos regiones 210 sustancialmente abiertas que facilitan el paso del aire de refrigeración sobre la(s) lámpara(s) de destello y otras partes del cartucho 116. La región 212 sustancialmente centrada de la carcasa posterior, entre las regiones 210 abiertas, posiciona un reflector 214 (FIG. 2G) en proximidad fija a la(s) lámpara(s) de destello. Aunque este reflector 214 se representa plano, puede asumir una variedad de formas/configuraciones curvas, angulares, con hoyuelos u otras y puede hacerse de un material difusor o especular. La carcasa trasera también incluye un pin 216 de disparo que se usa para transportar un pulso de disparo eléctrico suficiente para ionizar el gas en la(s) lámpara(s) 112 de destello, pines 218 de ánodo y cátodo que transportan una corriente eléctrica suficiente para mantener un estado de retención y estado de pulso en la(s) lámpara(s) 112 de destello, y pines 220 de entrada-salida de una memoria (no mostrados) que guardan datos de caracterización de lámparas de destello útiles en el funcionamiento de la(s) lámpara(s) 112 de destello y el dispositivo 100 (particularmente cuando la salida de luz de la(s) lámpara(s) 112 de destello se degrada con el tiempo). Los expertos en la materia reconocerán que la colocación particular de estos pines 216-220 es meramente ilustrativa y que es posible una variedad de colocaciones de pines; por ejemplo, los pines 218 de ánodo y cátodo pueden localizarse en proximidad entre sí como se muestra en las FIGs. 2C, 2E, 3C y 3E, o pueden localizarse en caras opuestas de la carcasa trasera como se muestra en las FIGs. 2D y 3D.

En más detalle, y con referencia ahora a las FIGs. 1 y 4, un dispositivo 100 de tratamiento dermatológico basado en lámparas de destello ilustrativo hecho según la tecnología desvelada incluye una interfaz 108 de usuario que permite que un usuario interactúe con el dispositivo 100, un sistema 404 óptico que genera y transporta una cantidad terapéutica de radiación óptica a una región de tratamiento de la piel, un sistema 406 de refrigeración que mantiene el funcionamiento del dispositivo 100 dentro de temperaturas de operación deseadas, un sistema 408 de medición de la temperatura que detecta condiciones de exceso de temperatura, un sistema 410 de bloqueo de seguridad que previene emisiones de radiación óptica involuntarias y otras manifestaciones peligrosas, un sistema 412 de caracterización de lámparas de destello que sirve de base para ajustar dinámicamente parámetros de operación eléctricos durante el funcionamiento del dispositivo 100 en respuesta a las propiedades de la lámpara de destello u otro sistema 406 óptico, y una fuente 414 de alimentación conmutada que extrae energía eléctrica de una fuente 426 de la línea de CA y condiciones tales como energía para accionar el sistema 404 óptico en un modo deseado.

La interfaz 108 de usuario presenta a un usuario del dispositivo 100 selecciones referentes al funcionamiento deseado del dispositivo 100 (por ejemplo, uno o más parámetros del nivel de potencia que afectan simultáneamente tanto a la eficacia del tratamiento dermatológico como a la sensación del usuario experimentada durante la realización de tal tratamiento; parámetros que hacen funcionar el dispositivo 100 en un modo de pulsos donde se emite una única secuencia de pulsos de luz o en modo estroboscópico donde se emiten una pluralidad de secuencias de pulsos de luz en un modo secuencial predeterminado; y/o similares), además de la capacidad para iniciar un tratamiento dermatológico (por ejemplo, el botón 113 de iniciación de destellos de la FIG. 1), y diversos mecanismos de retroalimentación visuales, auditivos, hápticos u otros mecanismos de retroalimentación sensoriales que informan al usuario de condiciones de operación o error (por ejemplo, si el dispositivo 100 es adecuado para tratar un tipo de piel de un usuario particular, si se ha superado un recuento de destellos máximo, si un cartucho 116 de luz reemplazable (FIG. 1) o tapa 118 frontal están apropiadamente instalados, si se ha producido una condición de exceso de temperatura, si se ha producido un fallo de una fuente de alimentación y/o similares). En la realización de estas funciones, la interfaz 108 de usuario interactúa, directa o indirectamente, con un circuito 424 de control de la fuente 414 de alimentación conmutada como se describe con más detalle más adelante.

El sistema 404 óptico incluye preferentemente una o más lámparas 112 de destello, un reflector, un filtro y una guía 105 de onda óptica, todo(s) contenido(s) dentro de una carcasa portátil. Como se ha mencionado previamente, la(s) lámpara(s) 112 de destello y el reflector (preferentemente montados dentro de aproximadamente 1 milímetro de las lámparas 112 de destello) está(n) adicionalmente contenido(s) dentro de un cartucho 116 de luz reemplazable que se inserta en la pieza 104 de mano, mientras que el filtro y la guía 105 de onda óptica están contenidos dentro de la carcasa de la tapa 118 frontal de la pieza 104 de mano. En algunas realizaciones, uno o más recubrimientos reflectantes pueden aplicarse directamente al exterior de la(s) lámpara(s) 112 de destello para proporcionar la filtración de longitudes de onda deseadas y/o para prevenir fuga de luz no deseada en los extremos del electrodo de la(s) lámpara(s) 112 de destello. Aunque estos recubrimientos directamente aplicados aumentan el coste y la complejidad de fabricación del sistema 404 óptico, las emisiones ópticas globales a través de la porción de arco de la(s) lámpara(s) 112 de destello aumentan debido a la recirculación de luz y recuperación de luz (es decir, la luz que de otro modo se habría fugado de los extremos del electrodo de la(s) lámpara(s) 112 de destello se refleja de nuevo en la trayectoria óptica deseada), permitiendo así que una menor cantidad de corriente eléctrica proporcione una cantidad dada de energía óptica. En otras realizaciones, los recubrimientos reflectantes se incorporan en un filtro separado de manera que el calor adicional generado como resultado de cualquier filtración no aumente adicionalmente la carga térmica de la(s) lámpara(s) 112 de destello - particularmente beneficioso cuando las lámparas 112 de destello están hechas de borosilicato en vez de cuarzo o zafiro. Además, la guía 105 de onda óptica puede estar hecha de un material ópticamente transparente sólido tal como PMMA o puede configurarse como tubo luminoso especular hueco con paredes reflectantes interiores recubiertas con plata (que presentan, por ejemplo, una reflectancia superior al 98% para longitudes de onda entre aproximadamente 600-1200 nanómetros). Cuando se configura como un tubo luminoso hueco, la guía 105 de onda óptica incluye preferentemente paredes paralelas reflectantes para minimizar de nuevo las reflexiones, además de secciones de corte en dos de sus paredes laterales de manera que la guía de onda encierre sustancialmente la porción de arco de la lámpara 112 de destello (a modo de ejemplo, la separación entre la guía 105 de onda y la envoltura de la(s) lámpara(s) de destello es preferentemente aproximadamente 0,5 milímetros), a la vez que se facilita la refrigeración de los extremos del electrodo de la lámpara 112 de destello.

El sistema 406 de refrigeración incluye al menos un ventilador junto con respiraderos apropiadamente dimensionados y posicionados (por ejemplo, como se muestra en las FIGs. 1-3) para proporcionar suficiente refrigeración para el dispositivo 100 durante su intervalo de operación previsto. Aunque puede proporcionarse un ventilador dentro de la carcasa de la base 102 con el fin de refrigerar la fuente 414 de alimentación conmutada, es preferible diseñar el dispositivo 100 de manera que la fuente 414 de alimentación conmutada se enfríe pasivamente y que el ventilador se dedique principalmente a la refrigeración de las lámparas 112 de destello y otros elementos en la pieza 104 de mano. En tales configuraciones preferidas, el ventilador puede configurarse para soplar aire sobre las lámparas 112 de destello o succionar aire sobre las lámparas 112 de destello. El ventilador también puede ser un ventilador de una única velocidad que opera a velocidad completa tras encender el dispositivo 100 o un ventilador de velocidad variable que aumenta su flujo de aire basándose en las mediciones de temperatura dentro de la pieza 104 de mano. El ventilador de velocidad variable se prefiere en situaciones en las que vaya a tratarse una región relativamente pequeña de piel (por ejemplo, hasta aproximadamente 60 centímetros cuadrados de una superficie de

piel), ya que produce un funcionamiento relativamente silencioso del dispositivo 100 que se tolera más fácilmente por su usuario. A medida que aumenta el tamaño de la región de tratamiento, y aumenta la temperatura dentro de la pieza 104 de mano, el ventilador puede accionarse a una mayor velocidad para mantener el funcionamiento seguro del dispositivo 100. Por ejemplo, el ventilador puede hacerse funcionar a una velocidad relativamente alta cuando la temperatura en la pieza 104 de mano supere aproximadamente 40 grados Celsius y a una velocidad más lenta cuando la temperatura caiga por debajo de aproximadamente 35 grados Celsius.

Además, el sistema 404 óptico puede configurarse para facilitar la refrigeración de la pieza 104 de mano sin perder una cantidad excesiva de energía debido a la fuga de luz. Por ejemplo, un primer extremo de la guía 105 de onda óptica puede posicionarse aproximadamente a 1 milímetro del reflector y un segundo extremo puede posicionarse aproximadamente a 1 milímetro de una ventana de salida, permitiendo así que algo del flujo de aire refrigere una superficie de la ventana, además de refrigerar el interior de la guía 105 de onda hueca y el reflector y la porción de arco de la(s) lámpara(s) 112 de destello, pero con alguna pérdida en energía luminosa. En una realización, la distancia entre uno o más de tales elementos puede hacerse variable basándose en si la(s) lámpara(s) 112 de destello está(n) siendo accionada(s) en un estado de pulso en ese momento. Por ejemplo, la distancia entre la guía 105 de onda óptica y el reflector y/o ventana puede disminuirse (por ejemplo, a aproximadamente 0,5 milímetros) o eliminarse completamente cuando la(s) lámpara(s) 112 de destello se acciona(n) en un estado de pulso y de otro modo siguen en sus posiciones de 1 milímetro originales, minimizándose así la fuga de luz durante emisiones de luz intensa (por ejemplo, durante la emisión de un único pulso de luz o durante la emisión de una secuencia de pulsos de luz) y facilitando la refrigeración durante estados de retención u otros estados de operación.

El sistema 408 de medición de la temperatura incluye uno o más sensores de temperatura que pueden posicionarse en la base 102 para medir la temperatura de operación de la fuente 414 de alimentación conmutada y/o en la pieza 104 de mano para medir la temperatura de operación del sistema 404 óptico. Cuando está posicionado dentro de la pieza 104 de mano, el (los) sensor(es) de temperatura está(n) preferentemente localizado(s) en la trayectoria del aire de escape emitido por el sistema 406 de refrigeración y que está adicionalmente protegida de cualquier emisión de luz sustancial del sistema 404 óptico. Tras detectar una condición de exceso de temperatura (por ejemplo, a o por encima de 50 grados Celsius), el sistema 408 de medición de la temperatura puede generar una señal que hace que el dispositivo 100 entre en un modo de refrigeración en el que la fuente 414 de alimentación conmutada se inhibe de accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello en un estado de pulso, aumenta un intervalo de tiempo entre secuencias de pulsos de luz sucesivas, y/o suspende de otro modo el funcionamiento normal hasta que la temperatura medida se encuentre dentro de un intervalo de temperatura seguro, que probablemente sería varios grados Celsius por debajo del umbral de exceso de temperatura (por ejemplo, 45 grados Celsius).

El sistema 410 de bloqueo de seguridad detecta si el dispositivo 100 está apropiadamente posicionado cuando se trata una región de tratamiento de la piel y si está apropiadamente ensamblado para prevenir la exposición involuntaria a energía eléctrica peligrosa dentro de la pieza 104 de mano. Por ejemplo, el sistema 410 de bloqueo de seguridad puede incluir tipos capacitivos, ópticos, mecánicos, de bioimpedancia y/u otros tipos de sensores en la proximidad de esa porción de la tapa 118 frontal del dispositivo 100 que está prevista para disponerse sustancialmente sobre o adyacente a la superficie de la piel de una región de la piel que va a tratarse. Cuando se desea un movimiento de deslizamiento durante una sesión de tratamiento, es preferible acoplar una pluralidad de sensores mecánicos a un marco que forma parte de la tapa 118 frontal que rodea sustancialmente la apertura óptica del dispositivo 100 (por ejemplo, marco que soporta la ventana de salida en la(s) posición (posiciones) deseada(s) dentro de la trayectoria óptica), lo cual facilita el movimiento de deslizamiento de la tapa 118 frontal cuando se transita entre regiones de tratamiento de la piel adyacentes durante un tratamiento dermatológico, en vez de usar sensores/émbolos individuales que son más aceptados para el movimiento de tratamiento tipo estampado y que no son tan adecuados para movimientos de tratamiento deslizantes. En una realización en la que el sensor mecánico se incorpora al menos en parte en el marco que soporta la ventana, la distancia de hundimiento de tal sensor mecánico se corresponde preferentemente con la cantidad de disminución de distancia entre la ventana y la guía 105 de onda óptica como se ha tratado anteriormente a propósito de mejorar la eficiencia óptica del dispositivo 100 durante el estado de pulso de la(s) lámpara(s) 112 de destello. El sistema 410 de bloqueo de seguridad también puede incluir un resistor (u otro medio de identificación) dentro de la tapa 118 frontal que proporciona la base para identificar únicamente tapas frontales autorizadas y asegurar que ninguna de tales tapas 118 frontales se inserte apropiadamente en el mango 114 de la pieza 104 de mano antes de que la fuente 414 de alimentación conmutada aplique energía eléctrica al sistema 404 óptico, asegurándose así el apropiado funcionamiento del dispositivo 100 y reduciéndose el riesgo de peligros de choque y ópticos para un usuario.

El sistema 412 de caracterización de lámparas de destello se incorpora, al menos en parte, en el cartucho 116 de luz reemplazable e incluye una memoria 413 que guarda una o más características de la(s) lámpara(s) 112 de destello para garantizar que el dispositivo 100 emita la cantidad deseada de radiación óptica durante una sesión de tratamiento dermatológico. La memoria 413 es preferentemente un elemento de EEPROM que proporciona el acceso de memoria aleatoria no volátil a características de la lámpara de destello guardadas tales como un número máximo de destellos disponibles para la(s) lámpara(s) 112 de destello, un recuento de destellos actual para tal(es) lámpara(s) 112 de destello, un intervalo de longitudes de onda emitidas por la(s) lámpara(s) 112 de destello (particularmente útil cuando la(s) lámpara(s) 112 de destello incluyen recubrimientos de filtro sobre su exterior), una cantidad inicial de energía eléctrica deseada para accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello en un estado de pulso,

un primer factor de compensación eléctrica para ajustar con respecto a la salida de luz reducida de la(s) lámpara(s) 112 de destello como resultado del envejecimiento, un segundo factor de compensación eléctrica para ajustar con respecto a las eficacias de conversión eléctrica a óptica de lámpara(s) 112 de destello particular(es), o tipos de lámparas de destello, información de fabricación de la lámpara 112 de destello y cartucho (por ejemplo, fecha, número de pieza, etc.), un código de autorización para el cartucho 116 de luz reemplazable, y/o similares.

La fuente 414 de alimentación conmutada incluye un detector 416 de voltaje de la línea de CA que detecta localizaciones dentro de los medios ciclos de CA extraídos de una fuente 426 de la línea de CA que son suficientes para proporcionar la energía eléctrica requerida para accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello para emitir niveles de energía deseables de luz terapéutica, un circuito 420 de potencia de disparo que insta la ionización del gas dentro de la(s) lámpara(s) 112 de destello, un circuito 422 accionado por pulsos que proporciona la energía eléctrica requerida para accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello para emitir una o más secuencias de pulsos de luz deseables que facilitan el logro de un efecto cosmético dermatológico deseado en una región de tratamiento de la piel, un circuito 418 de potencia de retención que mantiene la ionización del gas dentro de la(s) lámpara(s) 112 de destello con una baja densidad de corriente entre pulsos de luz, y un circuito 424 de control que controla y/o interacciona de otro modo con circuitos, sistemas y elementos del dispositivo 100 durante el funcionamiento del dispositivo 100.

El detector 416 de voltaje de la línea de CA compara niveles de voltaje de la energía eléctrica proporcionada por la fuente 426 de la línea de CA con uno o más voltajes de referencia (los voltajes de referencia pueden estar a un nivel predeterminado o generarse dinámicamente por el circuito 424 de control), lo cual es indicativo de un umbral de voltaje de operación mínimo. El detector 416 de voltaje de la línea de CA genera una señal que se transmite al circuito 424 de control y es indicativa de cuándo medio ciclo de CA alcanza o supera el umbral de voltaje de operación mínimo. Por ejemplo, el ciclo de trabajo de esta señal puede indicar cuándo el umbral de voltaje de operación mínimo se alcanza o se supera por ser "alto" durante el periodo de medio ciclo de CA que está en/por encima de este umbral. Como alternativa, la señal puede ser "baja" durante el periodo de medio ciclo de CA que está en/por encima del umbral y "alta" sólo durante periodos de transición entre medios ciclos de CA adyacentes donde el voltaje de línea está por debajo del umbral. Por consiguiente, el ciclo de trabajo o la inversa del ciclo de trabajo de la señal generada por el detector 416 de voltaje de la línea de CA se genera dinámicamente basándose en las condiciones entonces existentes de la fuente 426 de la línea de CA y proporciona información oportuna al circuito 424 de control, que posteriormente se usa para cronometrar emisiones de lámparas de destello durante esa porción de medio ciclo de CA en la que puede extraerse suficiente corriente eléctrica de la fuente 426 de la línea de CA para hacer funcionar apropiadamente la(s) lámpara(s) 112 de destello según se desee. El dispositivo 100 puede configurarse para realizar tales comparaciones de voltaje tras el encendido inicial y/o tras intervalos periódicos de manera que se determinen dinámicamente cambios en la fuente 426 de la línea de CA que pueden producirse por pandeo, picos de tensión u otras fluctuaciones relacionadas con la potencia que puedan afectar al funcionamiento del dispositivo 100 y para los que tal funcionamiento puede adaptarse dinámicamente para compensar tales fluctuaciones. Un circuito ilustrativo para un detector 416 de voltaje de la línea de CA adecuado se proporciona en la FIG. 16 y se trata adicionalmente más adelante.

El circuito 420 de potencia de disparo está bajo el control del circuito 424 de control e incluye un transformador que aumenta el voltaje de entrada de la energía eléctrica a aproximadamente 6-10 kilovoltios, que es de magnitud suficiente para disparar/instar la ionización del gas dentro de la(s) lámpara(s) 112 de destello. Por ejemplo, el circuito 424 de control puede permitir que el circuito 420 de potencia de disparo inste la ionización aplicando un pulso de 10 kilovoltios entre aproximadamente 200 nanosegundos-1 milisegundo de duración a recubrimientos eléctricamente conductores ópticamente transparentes sobre al menos parte de un exterior de la(s) lámpara(s) 112 de destello para acoplar capacitivamente este pulso de alto voltaje a la(s) lámpara(s) 112 de destello produciendo la ionización del gas. En algunas realizaciones, la energía de entrada proporcionada al circuito 420 de potencia de disparo se extrae de forma sustancial directamente de la fuente 426 de la línea de CA. En otra realización, el circuito 420 de potencia de disparo comparte componentes con el circuito 418 de potencia de retención de manera que la energía eléctrica de entrada se extrae sustancialmente del circuito 418 de potencia de retención y se aplica a componentes dedicados al disparador para generar el pulso de alto voltaje. Un circuito 420 de potencia de disparo ilustrativo fabricado según tal realización se representa en la FIG. 14 y se trata con más detalle más adelante.

El circuito 422 accionado por pulsos se hace funcionar bajo el control del circuito 424 de control e incluye un regulador Buck que aplica corriente eléctrica regulada de alta densidad de, por ejemplo, entre aproximadamente 30-80 amperios (más preferentemente entre aproximadamente 40-65 amperios) a los electrodos de la(s) lámpara(s) 112 de destello mientras que el gas en su interior se ioniza, produciendo emisiones de luz intensa que son adecuadas para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de tratamiento de la piel. La corriente eléctrica regulada suministrada a la(s) lámpara(s) 112 de destello presenta sustancialmente el mismo perfil que el deseado para las secuencias de pulsos de luz y se cronometra para coincidir con la porción de medio ciclo de CA que está por encima de un umbral de voltaje de operación mínimo como se ha determinado por el detector 416 de voltaje de la línea de CA. De este modo, puede extraerse suficiente corriente eléctrica de pico de la fuente 426 de la línea de CA para soportar la realización del tratamiento dermatológico deseado sin someter a excesiva tensión circuitos de potencia externos o requerir componentes de circuitos capacitivos caros.

El circuito 418 de potencia de retención también se hace funcionar bajo el control del circuito 424 de control e incluye elementos de transformador y condensador que aplican una baja densidad de corriente (por ejemplo, 50-100 miliamperios) a la(s) lámpara(s) 112 de destello entre emisiones de pulso de luz intensa. El transformador del circuito 418 de potencia de retención aumenta el voltaje de entrada de la fuente 426 de la línea de CA a aproximadamente 750 voltios para un dispositivo de lámpara de destello doble (aproximadamente 375 voltios para un dispositivo de una única lámpara de destello) y aplica esta energía de "retención" a la(s) lámpara(s) de destello antes, durante y/o después del estado de pulso de la lámpara de destello. Por ejemplo, en realizaciones en las que se comparten componentes del circuito 418 de potencia de retención y el circuito 420 de potencia de disparo, la energía de retención se aplica a la(s) lámpara(s) 112 de destello antes del pulso de alto voltaje proporcionado por el circuito de disparo, ya que la combinación de los voltajes de retención y de disparo es suficiente para ionizar el gas en la(s) lámpara(s) 112 de destello. Tras la ionización, la energía de retención puede aplicarse a diversos tiempos durante el funcionamiento del dispositivo, tal como continuamente durante secuencias de pulsos de luz individuales, durante y entre múltiples secuencias de pulsos de luz, durante los intervalos de retraso entre pulsos entre los pulsos individuales en una secuencia de pulsos de luz, y/o similares. Los expertos en la materia reconocerán que un circuito 418 de potencia de retención no es un requisito para el correcto funcionamiento del dispositivo 100 de tratamiento dermatológico, sino que más bien proporciona un mecanismo para reducir las cargas de choque térmico y mecánico sobre la(s) lámpara(s) de destello. Un circuito 418 de potencia de retención ilustrativo se representa en la FIG. 13 y se trata con más detalle más adelante.

Un circuito 424 de control ilustrativo incluye un procesador para monitorizar y controlar el funcionamiento del dispositivo 100, junto con circuitos de regulación de la corriente para soportar el funcionamiento del circuito 422 accionado por pulsos, circuitos de control de retención para soportar el funcionamiento del circuito 418 de potencia de retención, circuitos de control de disparo para soportar el funcionamiento del circuito 420 de potencia de disparo y circuitos de protección de la duración del pulso para proporcionar un mecanismo de seguridad que deshabilita el dispositivo 100 en caso de que un fallo de componentes dentro de la fuente 414 de alimentación conmutada produzca involuntariamente excesiva energía eléctrica que se proporciona a la(s) lámpara(s) 112 de destello, lo cual podría hacer que éstas realizaran emisiones de luz no deseables. En una breve visión general, el circuito 424 de control determina si el dispositivo 100 está apropiadamente configurado y puede funcionar como está diseñado cuando se conecta a una fuente 426 de la línea de CA particular, y adicionalmente hace funcionar el dispositivo 100 según una o más preferencias de usuario para proporcionar una cantidad terapéuticamente eficaz de radiación óptica a una o más regiones de tratamiento de la piel durante una sesión de tratamiento dermatológico. El procesador del circuito 424 de control ejecuta algoritmos y opera en datos, variables y otros componentes de tiempo ejecutado que están al menos parcialmente guardados dentro de tal memoria del procesador y pueden describirse mejor con referencia a la metodología ilustrativa representada en la FIG. 5. Los elementos de hardware de soporte de un circuito 424 de control ilustrativo se entienden mejor con referencia a la FIG. 16 y su descripción adjunta proporcionada más adelante.

En un funcionamiento ilustrativo, y con referencia ahora también a la FIG. 5, un dispositivo 100 de tratamiento dermatológico a modo de ejemplo, fabricado y que se ha hecho funcionar según al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada, incluye un circuito 424 de control con un procesador (por ejemplo, el microcontrolador PIC16F883, un producto de Microchip Technology, Inc.) que ejecuta instrucciones guardadas en un modo de multitarea preferente en el que tareas no críticas para el tiempo son ejecutadas en una máquina de estado en el segundo plano y las tareas críticas para el tiempo se ejecutan bajo prioridad de interrupciones en el primer plano. Tras encenderse, el procesador inicializa su reloj interno, configura e inicializa sus puertos de entrada/salida, inicializa los controladores del sistema, inicializa los valores de estado, permite interrupciones, establece el estado de diodos emisores de luz y otros elementos en la interfaz 108 de usuario, y aparte de eso inicializa el dispositivo 100 (502).

Entonces, el procesador realiza autopruebas en el dispositivo 100 para determinar si está en condición de trabajo apropiada (504). Por ejemplo, el procesador puede evaluar señales u otros indicios de i) el sistema 406 de refrigeración para garantizar que su ventilador está funcionando a la velocidad apropiada, ii) el sistema 408 de medición de la temperatura para garantizar que el dispositivo 100 puede funcionar con seguridad a su temperatura actual, iii) circuitos de protección de la duración del pulso en el circuito 424 de control que determinan si existe una o más condiciones dentro del circuito 422 accionado por pulsos u otros elementos de la fuente 414 de alimentación conmutada que podrían ocasionar el accionamiento del sistema 404 óptico con energía eléctrica excesiva, lo cual podría ser peligroso para un usuario y/o confirmar que los circuitos de seguridad diseñados para prevenir tales condiciones peligrosas en caso de un fallo de hardware está funcionando apropiadamente, iv) el sistema 412 de caracterización de lámparas de destello para garantizar que el cartucho 116 de luz reemplazable y la(s) lámpara(s) 112 de destello está(n) autorizada(s) por el fabricante del dispositivo 100 y, por tanto, debería(n) funcionar según está previsto y está(n) apropiadamente instalada(s) dentro del dispositivo 100, v) la tapa 118 frontal para garantizar que también está autorizada por el fabricante y contiene elementos apropiados del sistema 404 óptico para un tratamiento dermatológico particular y también está apropiadamente instalada dentro del dispositivo 100, y/o vi) el sistema 410 de bloqueo de seguridad para garantizar que el dispositivo 100 está apropiadamente ensamblado/configurado y que los elementos de seguridad están en la condición de trabajo apropiada de forma que un usuario no esté expuesto a condiciones eléctricas u ópticas peligrosas (que pueden producirse, por ejemplo, cuando sensores de contacto de la piel erróneos están apilados en una posición engranada, indicando así

erróneamente que es seguro emitir emisiones de pulsos de luz intensa desde el sistema 404 óptico).

5 El procesador del circuito 424 de control determina las características (por ejemplo, frecuencia, condiciones de alta o
baja línea, condiciones de pandeo, etc.) de la energía de CA proporcionada por la fuente 426 de la línea de CA, por
ejemplo, al recibir una o más señales del detector 416 de voltaje de la línea de CA representativo de tales
características (506). En una realización ilustrativa, la señal generada por tal detector 416 incluye al menos dos
10 pulsos, donde el flanco ascendente del primer pulso está sustancialmente alineado con la porción de un primer
medio ciclo de CA que está en el umbral de voltaje de operación mínimo después del pico del medio ciclo y el flanco
descendente del primer pulso está sustancialmente alineado con esa porción del siguiente medio ciclo de CA
rectificado adyacente (es decir, el segundo medio ciclo de CA) que está en el umbral de voltaje de operación mínimo
antes del pico de ese medio ciclo. De manera similar, el flanco ascendente del segundo pulso está alineado con la
15 posición del umbral de voltaje de operación mínimo sobre la pendiente descendente del segundo medio ciclo y el
flanco descendente del segundo pulso está alineado con la posición del umbral de voltaje de operación mínimo
sobre la pendiente creciente del tercer medio ciclo de CA, y así sucesivamente. La diferencia de tiempo entre los
flancos ascendentes del primer y segundo pulsos es indicativa de la frecuencia de la energía de CA proporcionada
por la fuente 426 de la línea de CA, mientras que el ancho de pulso de cada pulso (es decir, la diferencia de tiempo
20 entre los flancos ascendente y descendente de un pulso dado) es indicativo de condiciones de potencia de alta
línea, de baja línea, o de pandeo. Por ejemplo, una condición de baja línea sobre una línea de CA de 50 Hz
produciría una diferencia de tiempo de 10 milisegundos entre flancos ascendentes en pulsos adyacentes (diferencia
de tiempo de 8,3 milisegundos para una línea de CA de 60 Hz) y siendo cada duración de pulso algo más larga que
en las condiciones normales o de alta línea. En la determinación de las características de la línea de CA, el
procesador del circuito 424 de control promedia preferentemente las diferencias de tiempo anteriores y las
duraciones de pulso para múltiples pulsos adyacentes (por ejemplo, 32 pulsos adyacentes) para garantizar que
ningún valor atípico o medición errónea afecte excesivamente los parámetros de potencia y de funcionamiento del
25 dispositivo 100.

El procesador también accede a información de recuentos de destellos máximos y recuentos de destellos actuales
guardada dentro de una memoria 413 del sistema 412 de caracterización de lámparas de destello para determinar si
la(s) lámpara(s) 112 de destello todavía está/n operativas (es decir, todavía no han excedido el recuento de destellos
30 máximo) (508). Si la(s) lámpara(s) 112 de destello no está/n operativa/s, el procesador hace que la interfaz 108 de
usuario pida al usuario del dispositivo 100 que sustituya tales lámparas de destello (510). Por ejemplo, la interfaz de
usuario puede hacer destellar uno o más diodos emisores de luz, pitar y/o indicar de otro modo al usuario que un
cartucho 116 de luz reemplazable que contiene tal(es) lámpara(s) 112 de destello necesita sustituirse. La interfaz
108 de usuario también puede hacer que el usuario se dé cuenta de cuándo el recuento de destellos de corriente
35 está aproximándose al recuento de destellos máximo de manera que el usuario pueda comprar otro cartucho de luz
reemplazable antes del final de la vida del cartucho instalado. Si la(s) lámpara(s) 112 de destello está/n operativas,
el procesador evalúa señales u otros índices de la interfaz 108 de usuario para detectar selecciones hechas por o en
nombre del usuario del dispositivo 100, tal como tipo de tratamiento dermatológico, parámetros del nivel de potencia,
modos de operación estroboscópicos frente a de pulsos, parámetros de tipo de piel/pelo y/o similares (512).

40 El procesador determina la compensación de potencia y los parámetros de la forma de onda del pulso que son
deseables para un tratamiento dermatológico particular basándose al menos en parte en las selecciones del usuario,
características de la energía de CA proporcionadas por la fuente 426 de la línea de CA y características de las
lámparas de destello (514). Más particularmente, el procesador usa información referente al tipo de tratamiento
45 dermatológico, parámetros del nivel de potencia y/o parámetros del tipo de piel/pelo para determinar (basándose en
cálculo y/o búsqueda de la estructura de datos) la fluencia, duraciones de pulso y/o retrasos entre pulsos/entre
secuencias de uno o más pulsos de luz y/o secuencias de pulsos de luz que son deseables para facilitar el logro del
tratamiento dermatológico deseado. El procesador usa adicionalmente la línea de CA y características de la lámpara
de destello para determinar los parámetros correspondientes de la energía eléctrica que va a ser suministrada por la
50 fuente 414 de alimentación conmutada al sistema 404 óptico para lograr el perfil de luz deseado. Por ejemplo,
condiciones de pandeo o de entrada de CA de baja línea que presentan periodos de tiempo en los que los niveles de
voltaje son bajos con respecto a voltajes nominales requieren la aplicación de mayores corrientes eléctricas para
compensar tales voltajes bajos y mantener una potencia sustancialmente constante en la(s) lámpara(s) 112 de
destello y también pueden producir duraciones de pulso más cortas (en realizaciones de pulso variable) para cada
55 pulso eléctrico en la secuencia de pulsos eléctricos (que se corresponden con los pulsos de luz en la secuencia de
pulsos de luz). De manera similar, las condiciones de entrada de CA de alta línea proporcionan mayores voltajes que
requieren menores corrientes para compensar tales altos voltajes con el fin de mantener una potencia
sustancialmente constante en las lámparas de destello(s) 112. Además, el envejecimiento y las características de
conversión eléctrica en luz de la(s) lámpara(s) 112 de destello pueden necesitar modificaciones adicionales en la
60 corriente eléctrica proporcionada a tal(es) lámpara(s) 112 de destello. Por ejemplo, las características de
envejecimiento/degradación de las lámparas de destello para la(s) lámpara(s) de destello, que se almacenan en la
memoria 413 del sistema 412 de caracterización de lámparas de destello, incluyen preferentemente un porcentaje
predeterminado de pérdida de luz por algún número de pulsos de luz o secuencias de pulsos de luz (por ejemplo, un
5% de pérdida en fluencia óptica por cada 1000 secuencias de pulsos de luz) que puede usarse para calcular un
65 valor de compensación eléctrica que aumenta la corriente eléctrica a la(s) lámpara(s) 112 de destello en una
cantidad suficiente para compensar esta degradación, logrando así la fluencia óptica deseada, y sustancialmente

estable, durante la misma sesión de tratamiento dermatológico o una sesión de tratamiento dermatológico posterior. De manera similar, la(s) lámpara(s) 112 de destello particular(es) instalada(s) dentro de un cartucho 116 de luz reemplazable pueden variar de un cartucho a otro de forma que puede haber una diferencia en la eficacia de conversión eléctrica a óptica en tales lámparas 112 de destello, en cuyo caso un factor de compensación guardado dentro de la memoria 413 del sistema 412 de caracterización de lámparas de destello proporciona un mecanismo por el cual el procesador puede ajustar la salida eléctrica de la fuente 414 de alimentación conmutada para acomodar la secuencia de pulsos de luz deseada durante el tratamiento dermatológico.

Cuando un usuario del dispositivo 100 presiona el botón 113 de iniciación de destellos de la interfaz 108 de usuario, el procesador del circuito 424 de control detecta tal selección y, preferentemente mientras que el botón 113 se está presionando, monitoriza el sistema 410 de bloqueo de seguridad para detectar una señal del mismo indicativa de cuándo los sensores de contacto con la piel del sistema 410 de bloqueo de seguridad están engranados, que significa que al menos la porción de la pieza 104 de mano de la que va a emitirse radiación óptica está sustancialmente en contacto con o rodea sustancialmente la región de la piel que va a tratarse (516). Entonces, el procesador accede preferentemente al sistema 408 de medición de la temperatura y determina si la temperatura dentro de la pieza 104 de mano y/u otras localizaciones dentro del dispositivo 100 están dentro de un intervalo de operación de temperatura razonable (518). Si la temperatura está por debajo de un primer umbral de temperatura, que significa una temperatura de operación segura, el procesador puede instruir a los circuitos de control de retención dentro del circuito 424 de control para habilitar el circuito 418 de potencia de retención (520). Si la temperatura está dentro del intervalo de operación de temperatura razonable, entre el primer umbral de temperatura y un segundo umbral de temperatura, el procesador puede opcionalmente decidir si modificar el funcionamiento del sistema 406 de refrigeración (por ejemplo, aumentar la velocidad de un ventilador de velocidad variable dentro de la pieza 104 de mano o en cualquier parte en el dispositivo 100) y/o modificar parámetros asociados a las secuencias de pulsos de luz y/o pulsos eléctricos asociados (por ejemplo, aumentar el intervalo de tiempo entre secuencias de pulsos de luz sucesivas, disminuyendo así al menos temporalmente la tasa de destellos global del dispositivo 100) de manera que la temperatura dentro del dispositivo permanezca dentro de límites de temperatura deseados durante y/o inmediatamente después de la siguiente secuencia de pulsos de luz (522). Si la temperatura medida supera el mayor de los dos umbrales de temperatura, que significa una condición de operación no segura, el procesador puede emitir una señal a la fuente 414 de alimentación conmutada que apaga el dispositivo 100 (524).

En una realización, se necesitan aproximadamente 125 milisegundos después de que el circuito 418 de potencia de retención sea activado para que el circuito 418 alcance su voltaje de salida completo (de aproximadamente 750 voltios para un dispositivo de lámpara de destello doble), en cuyo caso el procesador usa su reloj interno para medir este periodo de tiempo y suspende cualquier actividad adicional relacionada con la potencia hasta que pase este periodo de tiempo. Una vez el circuito 418 de potencia de retención alcanza su voltaje de salida deseado, el procesador puede opcionalmente comprobar si los bloqueos de seguridad siguen engranados (526) o seguir enviando una señal para disparar el circuito de control del circuito 424 de control para habilitar el circuito 420 de potencia de disparo (528). Si el procesador detecta que los bloqueos de seguridad ya no están engranados, puede emitir una señal al circuito de control de retención que deshabilita el circuito 418 de potencia de retención (530).

Como se ha mencionado previamente, es preferible que el circuito 418 de potencia de retención y el circuito 420 de potencia de disparo compartan componentes de forma que el voltaje de salida de retención se añada a/transforme en el voltaje de potencia de disparo (por ejemplo, entre aproximadamente 6-10 kilovoltios) para alcanzar una magnitud suficiente en total para disparar/instalar la ionización del gas dentro de la(s) lámpara(s) 112 de destello, lo cual marca el comienzo del estado de retención de las lámparas de destello (532). Tras la ionización, el estado de retención puede mantenerse continuando la aplicación de entre aproximadamente 50-100 miliamperios de corriente eléctrica a la(s) lámpara(s) de destello del circuito 418 de potencia de retención. El procesador puede entonces comprobar opcionalmente si los bloqueos de seguridad siguen engranados (534) o seguir enviando una señal a los circuitos reguladores de corriente del circuito 424 de control para habilitar el circuito 422 accionado por pulsos (536). Si los bloqueos de seguridad ya no están engranados, el procesador puede emitir una señal a los circuitos de control de retención que deshabilita el circuito 418 de potencia de retención, que terminaría eficazmente el estado de retención de la(s) lámpara(s) 112 de destello.

El procesador emite señales y proporciona voltajes de referencia al circuito regulador de corriente que accionan el circuito 422 accionado por pulsos de la fuente 414 de alimentación conmutada para generar pulsos de energía eléctrica, que sustancialmente reflejan la forma y otros atributos de las secuencias de pulsos de luz, y que energizan la(s) lámpara(s) 112 de destello mientras está(n) en un estado de retención para realizar emisiones de luz pulsada intensa durante el estado de pulso de la lámpara (538). Como se ha tratado previamente, la energía eléctrica proporcionada por el circuito 422 accionado por pulsos para energizar la(s) lámpara(s) 112 de destello desde un estado de retención a su estado de pulso se extrae sustancialmente de la fuente 426 de la línea de CA durante periodos dentro de medio ciclo de CA que están por encima de un umbral de voltaje de operación mínimo. Esta porción del medio ciclo de CA también puede proporcionar los niveles de corriente pico deseados necesarios para accionar la(s) lámpara(s) de destello durante su estado de pulso sin extraer ninguna energía sustancial de ningún condensador cargado. La forma (por ejemplo, duración de pulsos, intervalos de retraso entre pulsos, oscilación del grado de corriente eléctrica alrededor de un valor de corriente nominal y dentro de límites superiores e inferiores) y tamaño (por ejemplo, corriente eléctrica pico y promedio) de los pulsos eléctricos y secuencias de pulsos eléctricos

generadas por el circuito 422 accionado por pulsos pueden mantenerse dentro de un perfil de pulsos deseado determinado por el procesador. Más particularmente, el procesador emite señales a los circuitos reguladores de corriente que habilitan selectivamente un transistor de efecto campo u otro elemento de conmutación de potencia en el circuito regulador Buck de la fuente 414 de alimentación conmutada para conducir energía eléctrica a la(s) lámpara(s) 112 de destello. Como muchos tratamientos dermatológicos se realizan preferentemente con perfiles de luz sustancialmente cuadrados, el procesador puede controlar el elemento de conmutación de potencia para conducir o inhibir selectivamente transmisiones de energía eléctrica, de forma que la energía eléctrica proporcionada a la(s) lámpara(s) de destello oscile (por ejemplo, a entre una tasa de 50-100 kilohercios y más preferentemente a aproximadamente una tasa de 80 kilohercios) alrededor de un nivel de corriente deseado y dentro de límites de corriente superiores e inferiores de manera que la corriente se regule sustancialmente. El procesador habilita o deshabilita el elemento de conmutación de potencia basándose al menos en parte en la cantidad de corriente que pasa por la(s) lámpara(s) 112 de destello en un momento dado durante el estado de pulso (determinado, por ejemplo, por un resistor de detección de corriente), que afecta a la magnitud de la oscilación de corriente alrededor del nivel deseado (por ejemplo, entre aproximadamente 35-80 amperios, y más preferentemente entre aproximadamente 47-65 amperios +/- 10 amperios), y en el ciclo de trabajo o la inversa del ciclo de trabajo de la señal generada por el detector de voltaje de la línea de CA durante periodos dentro de los medios ciclos de CA que están en o por encima de los umbrales de voltaje de operación mínimos (usados para la transición entre estados de pulso y de retención de la(s) lámpara(s) 112 de destello durante y después de secuencias de pulsos eléctricos/de luz).

El circuito 424 de control de la fuente 414 de alimentación conmutada puede detectar uno o más fallos críticos que pueden producirse como resultado de un mal funcionamiento del hardware o software durante o después de la emisión de una secuencia de pulsos de luz (540). Por ejemplo, un fallo del elemento de conmutación de potencia que produce un cortocircuito del elemento en un estado de conducción continuo podría producir energía eléctrica excesiva no regulada que acciona la(s) lámpara(s) de destello, lo cual podría producir emisiones de luz no deseables durante el estado de pulso de la lámpara. Si se produce un fallo crítico (es decir, condición de fallo irrecuperable), el procesador, circuitos de protección de la duración del pulso y/u otros circuitos dentro del circuito 424 de control pueden usar un IGBT u otro elemento conmutador para deshabilitar permanentemente o temporalmente el dispositivo 100 (542). En una realización, el dispositivo 100 se deshabilita permanentemente después de que una condición de fallo crítico se repita varias veces dentro de un periodo de tiempo dado. Si no se produce una condición de fallo crítico y la secuencia de pulsos de luz se emite satisfactoriamente, entonces el procesador puede instruir al circuito 424 de control para deshabilitar los circuitos de retención, de disparo y accionados por pulsos 418-422 (544) y para actualizar el recuento de destellos de corriente u otras características de las lámparas de destello guardadas en la memoria 413 del sistema 412 de caracterización de lámparas de destello (546) en la preparación para los posteriores funcionamientos del dispositivo 100.

Es importante observar que la metodología ilustrativa representada en la FIG. 5 y descrita anteriormente puede modificarse de diversas formas sin apartarse materialmente de los beneficios de la tecnología desvelada. A modo de ejemplo no limitante, la metodología descrita en los bloques 502-518 puede combinarse por completo o en parte o realizarse en diferentes secuencias; no es necesario realizar determinaciones de cuándo los bloqueos de seguridad están engranados en el periodo de tiempo que empieza con el estado de retención y que termina tras la terminación del estado de pulso de la(s) lámpara(s) 112 de destello; el estado de retención puede evitarse completamente haciendo funcionar la(s) lámpara(s) de destello en su estado de pulso sustancialmente inmediatamente después de la emisión del pulso de disparo; y/o el estado de retención de la(s) lámpara(s) de destello puede continuar más allá de la terminación del estado de pulso y, por tanto, durante el periodo de tiempo entre secuencias de pulsos de luz adyacentes.

Con referencia ahora también a las FIGs. 6-12 se muestran formas de onda eléctricas, ópticas y térmicas ilustrativas, que pueden encontrarse en una sesión de tratamiento dermatológico ilustrativa dirigida a la eliminación temporal de pelo usando un dispositivo 100 de tratamiento dermatológico a modo de ejemplo fabricado y que funciona según al menos algunos aspectos de la tecnología desvelada. Más particularmente, la FIG. 6 representa una señal de potencia de CA rectificadas de onda completa (con una frecuencia de 50 Hz y un periodo de 10 milisegundos correspondiente) que presenta tanto una condición 602 de alta línea como una condición 604 de baja línea. La condición de voltaje de CA nominal no se muestra para evitar llenar excesivamente la figura, pero los expertos en la materia reconocerán que tal forma de onda de voltaje nominal se localizaría entre las formas 602, 604 de onda de alta y de baja línea. También se representa un umbral 606 de voltaje de operación mínimo ilustrativo y la intersección de tal umbral 606 con las formas 602 de onda de alta línea muestra que la duración de esa porción de medio ciclo de CA por encima del umbral 606 es mayor que la duración correspondiente de la forma 604 de onda de baja línea. Por consiguiente, las condiciones de CA de alta línea pueden acomodar anchos de pulso eléctrico y de luz más largos y menores corrientes de pico requeridas para un tratamiento dermatológico particular que las condiciones de CA de baja línea.

La FIG. 7 representa una señal 702 ilustrativa que puede formarse por el detector 416 de voltaje de la línea de CA para ayudar al procesador del circuito 424 de control en su determinación de la frecuencia de la línea de CA y de las duraciones dentro de los medios ciclos de CA que alcanzan o superan el umbral 606 de voltaje de operación mínimo. En la realización ilustrada, cada pulso en la señal 702 es indicativo de cuándo los voltajes de los medios

ciclos de CA están por debajo del umbral 606 de voltaje de operación mínimo. Obsérvese que la duración de tales pulsos es más corta para las condiciones de CA de alta línea AC que para las condiciones de CA de baja línea, en cuyo caso la inversa del ciclo de trabajo representado identifica esa porción del medio ciclo de CA que puede proporcionar suficiente energía eléctrica para accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello (de un estado de retención a un estado de pulso) del dispositivo 100 de tratamiento dermatológico durante una sesión de tratamiento sin extraer ninguna energía eléctrica sustancial de un condensador cargado. En otra realización, el detector 416 de voltaje de la línea de CA puede generar una señal que es la inversa de la señal 702 representada, en cuyo caso su ciclo de trabajo reflejaría de forma sustancial directamente esa porción de los medios ciclos de CA que puede accionar la(s) lámpara(s) 112 de destello en el modo desvelado.

La FIG. 8 proporciona un diagrama de señales de una forma 802 de onda de voltaje ilustrativa que puede aplicarse a través de lámparas de destello dobles de un dispositivo de tratamiento dermatológico durante una sesión de tratamiento de eliminación temporal de pelo donde existe una condición de AC de alta línea. En esta realización, el circuito 418 de potencia de retención aplica inicialmente aproximadamente 750 voltios a las lámparas de destello, que posteriormente se combina con el voltaje proporcionado por el circuito 420 de potencia de disparo para lograr una señal de disparo de 10 kilovoltios en total que es suficiente para disparar/instar capacitivamente la ionización del gas en las lámparas de destello. El circuito 424 de control hace luego que el circuito 422 accionado por pulsos transporte pulsos de voltaje a las lámparas de destello sustancialmente durante la duración del medio ciclo de CA por encima del umbral 606 de voltaje de operación mínimo (en este caso, durante una duración de aproximadamente 7 milisegundos), donde tales pulsos de voltaje se separan aproximadamente 3 milisegundos durante los cuales se mantiene un voltaje de retención a través de las lámparas de destello. Como se muestra, los pulsos de voltaje pueden presentar un perfil sustancialmente cuadrado con una oscilación de aproximadamente +/- 25 voltios alrededor del voltaje promedio de 100 voltios.

La FIG. 9 proporciona un diagrama de señales de una forma 902 de onda de corriente eléctrica ilustrativa correspondiente a la forma 802 de onda de voltaje de la FIG. 8. En esta realización, una corriente de bajo nivel de aproximadamente 100 miliamperios empieza a circular a través de la(s) lámpara(s) de destello después de que se haya instado la ionización del gas en la(s) lámpara(s) de destello y tal corriente de bajo nivel continúa circulando en el periodo entre pulsos para garantizar que el gas siga ionizado al menos hasta que se complete la secuencia de pulsos de luz correspondiente. Durante el estado de pulso de la(s) lámpara(s) de destello, la corriente aumenta a aproximadamente 50 amperios y se mantiene dentro de aproximadamente +/- 10 amperios de ese nivel como resultado de la acción de conmutación de 80 kilohercios del circuito 422 accionado por pulsos como se ha descrito previamente. En una realización relacionada que reduce adicionalmente choques térmicos y mecánicos en la(s) lámpara(s) de destello, el ancho de pulso total de la forma 902 de onda de corriente puede extenderse (por ejemplo, a entre aproximadamente 50-250 ms, preferentemente entre aproximadamente 60-130 ms, y aún más preferentemente a aproximadamente 110 ms en total) de forma que la corriente regulada adicional a un nivel de intensidad moderada (por ejemplo, entre aproximadamente 1-25 amperios, preferentemente entre aproximadamente 1-15 amperios) se aplique continuamente a la(s) lámpara(s) de destello durante un periodo tras la ionización de la(s) lámpara(s) de destello y hasta las emisiones de luz intensa que se producen al nivel de corriente de 50 amperios. Este nivel de corriente moderado no sólo estabiliza la temperatura y reduce las tensiones mecánicas de la(s) lámpara(s) de destello, sino que también sirve para precalentar tejido diana en una región de tratamiento de la piel sin causar ninguna lesión sustancial al tejido no diana de alrededor.

La FIG. 10 proporciona un diagrama de señales de una secuencia 1002 de pulsos de luz ilustrativa correspondiente a la forma 902 de onda de corriente de la FIG. 9. En esta realización, las emisiones de luz intensa que se producen durante el estado de pulso de las lámparas de destello están sustancialmente alineadas con las duraciones de pulso de la forma 902 de onda de corriente eléctrica y presentan oscilaciones correspondientes en la salida de luz. En una sesión de tratamiento de eliminación temporal de pelo, cada uno de los cuatro pulsos de luz representados (que presentan longitudes de onda de interés) pueden emitir aproximadamente 3,75 julios de radiación óptica para un total de 15 julios, que pueden aplicarse mediante una apertura de 2 centímetros cuadrados a la piel produciendo una fluencia de aproximadamente 7,5 julios por centímetro cuadrado. Por supuesto, el número de pulsos, energía por pulso, periodo entre pulsos y otros aspectos de esta forma 1002 de onda ilustrativa y los de sus formas 802, 902 de onda eléctricas relacionadas pueden modificarse fácilmente sin apartarse materialmente de las enseñanzas de la tecnología desvelada, siempre que las emisiones de luz intensa durante los estados de pulso de la lámpara y pulsos de corriente eléctrica y de voltaje correspondientes se produzcan sustancialmente dentro del periodo de tiempo en el que los medios ciclos de CA están en o por encima del umbral 606 de voltaje de operación mínimo.

La FIG. 11 proporciona un perfil 1102 térmico ilustrativo de tejido diana (por ejemplo, folículo piloso, protuberancia pilosa, etc.) cuando se somete a la secuencia 1002 de pulsos de luz de la FIG. 10 durante una sesión de tratamiento de eliminación temporal de pelo. Como se muestra, la temperatura del tejido diana aumenta sustancialmente durante cada pulso de luz y sigue sustancialmente a la misma temperatura o disminuye ligeramente durante el periodo entre pulsos entre tales pulsos de luz. El efecto total de tales pulsos de luz es aumentar la temperatura del tejido diana a un nivel al que se conseguirá la eliminación temporal de pelo.

De forma similar, la FIG. 12 proporciona un perfil 1202 térmico ilustrativo de tejido no diana, tal como la epidermis, cuando se somete a la secuencia 1002 de pulsos de luz de la FIG. 10 durante una sesión de tratamiento de

eliminación temporal de pelo. Al igual que con el perfil 1102 de temperatura de tejido diana, la temperatura de la epidermis aumenta durante cada pulso de luz, pero disminuye más rápidamente que el tejido diana durante el periodo entre pulsos. Por consiguiente, la temperatura de la epidermis durante la sesión de tratamiento dermatológico puede mantenerse por debajo de cualquier umbral de lesión significativo, mientras que el protocolo térmico deseado se aplica al tejido diana.

La FIG. 13 representa los componentes del circuito y las interconexiones de un circuito 418 de potencia de retención ilustrativo que puede fabricarse y funcionar según la tecnología desvelada. Como se muestra, y bajo el control del procesador, el circuito de control de retención, y/o el circuito de protección de la duración de pulsos del circuito 424 de control, el circuito 418 de potencia de retención incluye un transformador que aumenta el nivel de voltaje de corriente continua formada a partir de la corriente alterna de la fuente 426 de la línea de CA a un nivel deseado (750 voltios para un dispositivo de lámpara de destello doble). El circuito 418 de potencia de retención también incluye una variedad de condensadores que suavizan la potencia de retención que posteriormente se aplica a las lámparas 112 de destello antes y durante su estado de retención.

La FIG. 14 representa los componentes del circuito y las interconexiones de un circuito 420 de potencia de disparo ilustrativo que puede fabricarse y funcionar según la tecnología desvelada. Como se muestra, y bajo el control del procesador y circuitos de control de disparo del circuito 424 de control, el circuito 420 de potencia de disparo obtiene algo de la energía de mayor voltaje del transformador del circuito 418 de potencia de retención y adicionalmente aumenta su voltaje a aproximadamente 10 kilovoltios usando su propio transformador. El pulso de disparo resultante puede luego usarse para disparar capacitivamente las lámparas 112 de destello para instar su estado de retención como se ha descrito previamente.

La FIG. 15 representa los componentes del circuito y las interconexiones de un circuito 422 accionado por pulsos ilustrativo que puede fabricarse y funcionar según la tecnología desvelada. El circuito 422 accionado por pulsos incluye circuitos 1502 de filtro EMI, circuitos 1504 rectificadores y circuitos 1506 reguladores Buck. El circuito 1502 de filtro EMI incluye uno o más chokes y elementos capacitivos que filtran eficazmente la energía eléctrica a/de la fuente 426 de la línea de CA de interferencia electromagnética. La energía eléctrica filtrada puede luego aplicarse a través de un puente de diodos del circuito 1504 rectificador para que la onda completa rectifique la corriente alterna y la energía rectificadora se aplica luego a elementos capacitivos dentro del circuito 1504 para suavizar la CA rectificadora en una forma de onda de corriente continua de alto voltaje. Esta corriente continua de alto voltaje puede luego aplicarse a un transistor de efecto campo u otro elemento 1508 de conmutación de potencia, que se acciona selectivamente en estados conductores y no conductores bajo el control del procesador, circuitos de regulación de la corriente y/o circuitos de protección de la duración del pulso del circuito 424 de control como se ha descrito previamente. Puede usarse un circuito 1510 amortiguador a través del elemento 1508 de conmutación de potencia para prevenir la oscilación en el conmutador durante el funcionamiento del dispositivo 100. Cuando el conmutador 1508 está en un estado conductor, la energía eléctrica se pasa por un inductor y circuito de diodos y se aplica a los electrodos de las lámparas 112 de destello. El diodo 1512 inhibe la entrada de cualquier energía eléctrica sustancial en el circuito 422 accionado por pulsos del circuito 418 de potencia de retención cuando el circuito de retención está engranado y, por tanto, previene el posible daño a componentes del circuito del circuito 422 accionado por pulsos. Un resistor 1514 de detección de corriente en la trayectoria conductora proporciona índices al procesador y/o regulador de corriente de la corriente eléctrica que está circulando por las lámparas 112 de destello en cualquier momento dado y, por tanto, sirve de base para que el circuito 424 de control habilite/deshabilite selectivamente el conmutador 1508, controlando así las emisiones de energía eléctrica a las lámparas 112 de destello que accionan las emisiones de la secuencia de pulsos de luz.

La FIG. 16 representa los componentes del circuito, interconexiones e interfaces de un circuito 424 de control ilustrativo y detector 416 de voltaje de la línea de CA que puede fabricarse y funcionar según la tecnología desvelada. El circuito 424 de control incluye un procesador 1602, un circuito 1604 de control de retención, un circuito 1606 de control de disparo, un regulador 1608 de corriente y un circuito 1610 de protección de la duración de pulsos, todos los cuales están diseñados y configurados para hacer funcionar el dispositivo 100 según las realizaciones desveladas.

Aunque anteriormente se han descrito varias realizaciones y variaciones en las mismas, se pretende que estas realizaciones sean sólo para fines de ilustración y que sean posibles otras numerosas variaciones siempre que se pongan en práctica las enseñanzas de la tecnología desvelada. Por ejemplo, la tecnología desvelada se ha descrito ampliamente a propósito de las aplicaciones de control/eliminación del crecimiento de pelo, pero puede aplicarse a una amplia variedad de tratamientos dermatológicos médicos o cosméticos. Las configuraciones de circuitos particulares y funcionalidad relacionada también son ilustrativas y pueden modificarse fácilmente sin apartarse materialmente de las enseñanzas de la presente divulgación. Por tanto, aunque la invención se ha mostrado particularmente y se ha descrito anteriormente con referencia a realizaciones preferidas, pueden realizarse cambios en lo anterior y otros cambios en forma y detalle por un experto en la materia sin apartarse del alcance de la invención que va a definirse sólo por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un cartucho (116) reemplazable para un dispositivo de tratamiento dermatológico basado en luz, comprendiendo el cartucho (116) reemplazable:

5 al menos una lámpara (112) de destello; y
un sistema (412) de caracterización de lámparas de destello, comprendiendo el sistema (412) de
caracterización de lámparas de destello: una memoria (413) configurada para guardar una o más características
10 de la lámpara (112) de destello
caracterizado por que la memoria (413) está adicionalmente configurada para garantizar que la lámpara de
destello emite la cantidad deseada de radiación óptica durante una sesión de tratamiento dermatológico; donde
la característica de la lámpara de destello guardada es un factor de compensación eléctrico para ajustar salida
de luz reducida de lámpara (112) de destello como resultado del envejecimiento de la lámpara y donde una
15 cantidad de energía eléctrica proporcionada a al menos una lámpara (112) de destello está basada al menos en
parte en la respuesta a la al menos una característica guardada en la memoria (413).

2. El cartucho reemplazable de la reivindicación 1, donde la característica de la lámpara de destello también es al
menos una de un recuento de destellos máximo de la lámpara (112) de destello, un recuento de destellos actual,
20 una cantidad de corriente eléctrica inicial necesaria para accionar la lámpara (112) de destello para emitir radiación
óptica suficiente para facilitar el logro de un efecto cosmético deseado en una región de la piel, y un intervalo de
longitudes de onda filtradas emitidas por la lámpara (112) de destello.

3. El cartucho reemplazable de la reivindicación 1, donde la característica de la lámpara (112) de destello también es
un intervalo de longitudes de onda filtradas emitidas por la lámpara de destello y donde el cartucho (116)
25 reemplazable está diseñado para un intervalo particular de colores de piel.

4. El cartucho reemplazable de la reivindicación 1, donde la característica de la lámpara (112) de destello también es
indicativa de una lámpara de destello autorizada.

30 5. El cartucho reemplazable de la reivindicación 1, que comprende además:

una carcasa que contiene la lámpara (112) de destello y memoria (413), teniendo la carcasa una porción de
respiradero que presenta al menos una de sección transversal de rejilla y espiga, donde la porción de
respiradero facilita la refrigeración de la lámpara (112) de destello, a la vez que bloquea simultáneamente al
35 menos algunas emisiones de luz que se filtran de los extremos del electrodo de la lámpara (112) de destello.

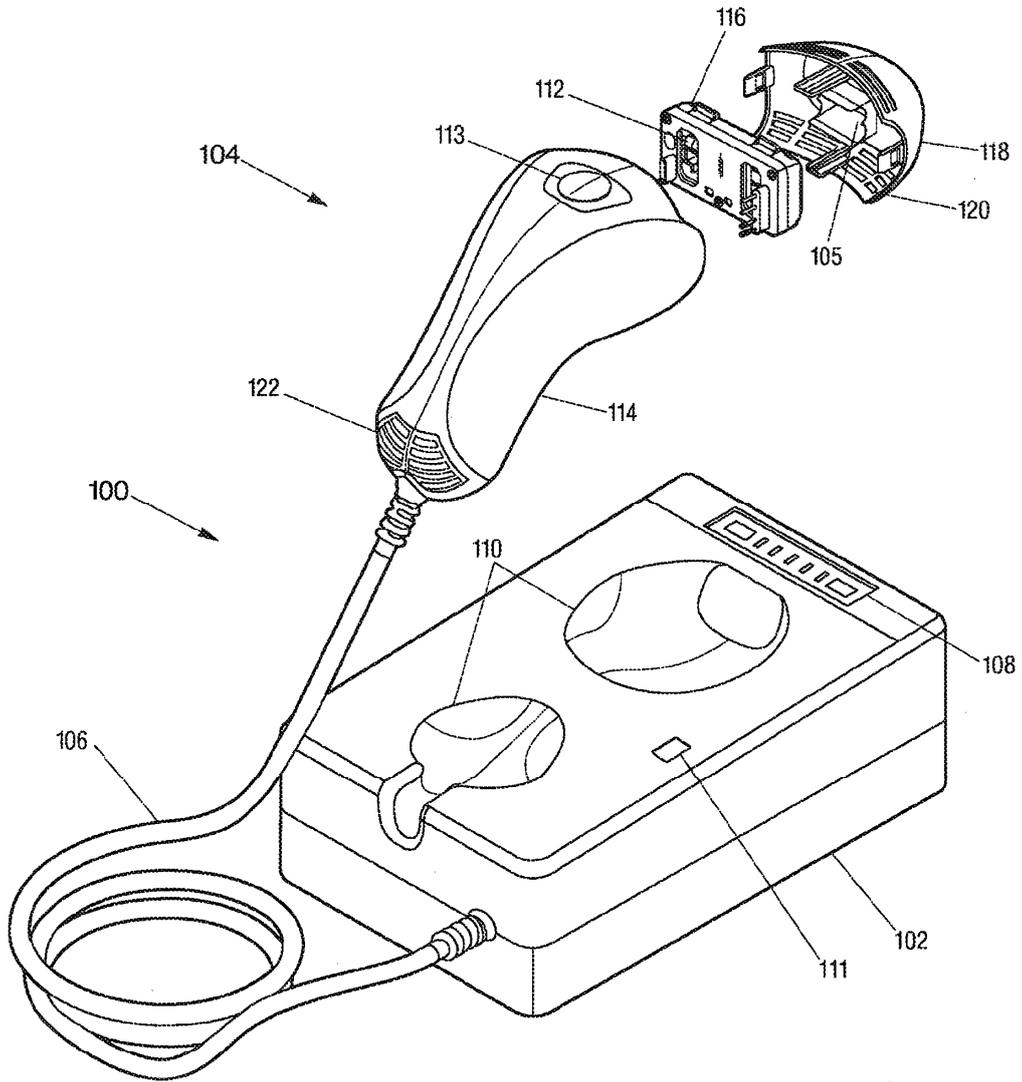


Fig. 1

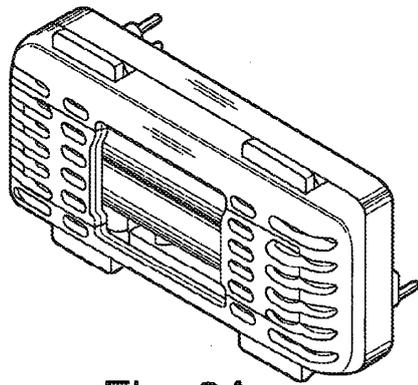


Fig. 2A

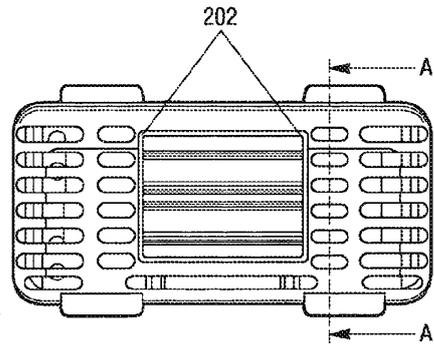


Fig. 2B

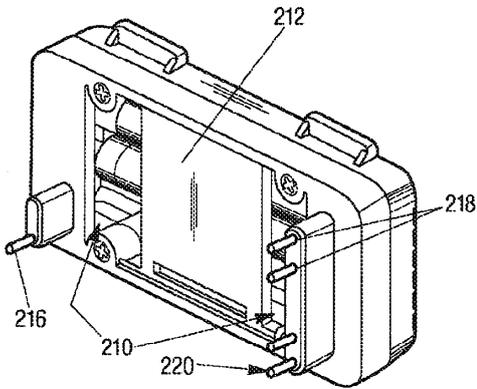


Fig. 2C

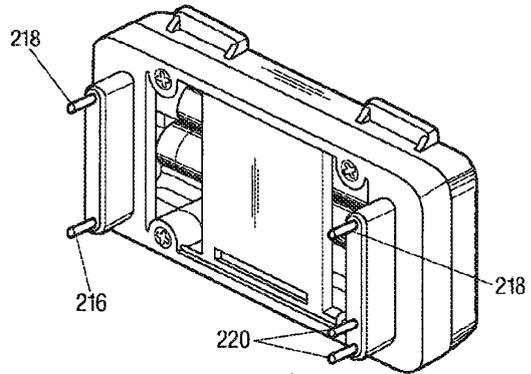


Fig. 2D

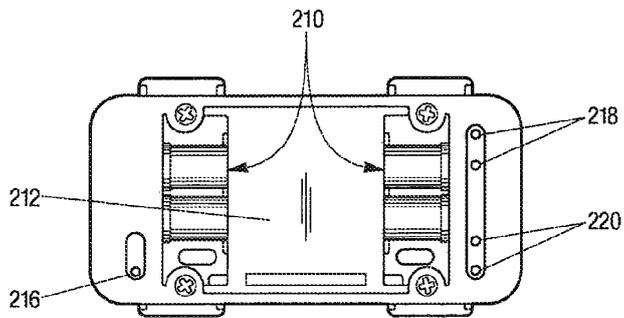


Fig. 2E

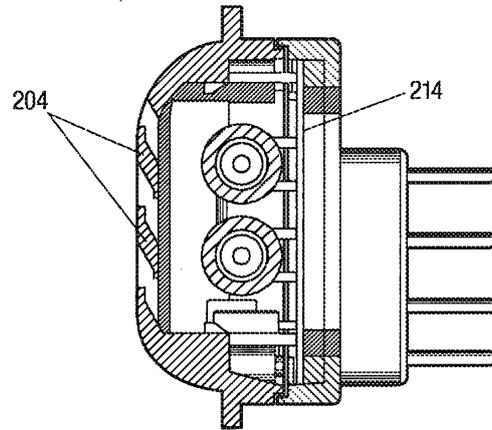


Fig. 2F

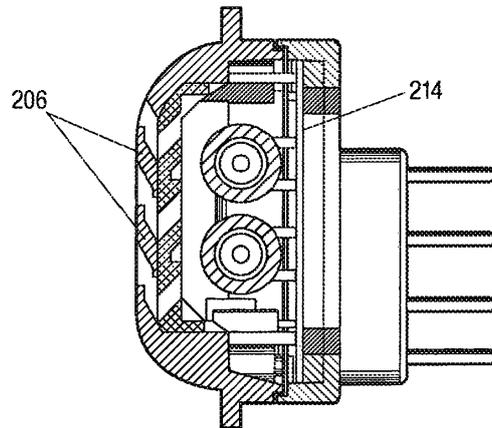


Fig. 2G

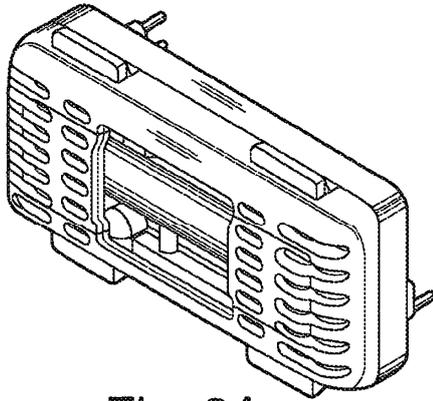


Fig. 3A

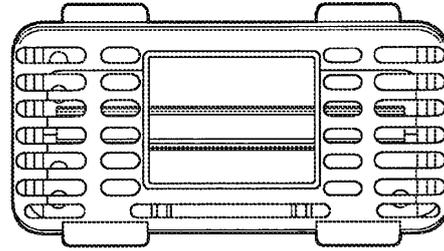


Fig. 3B

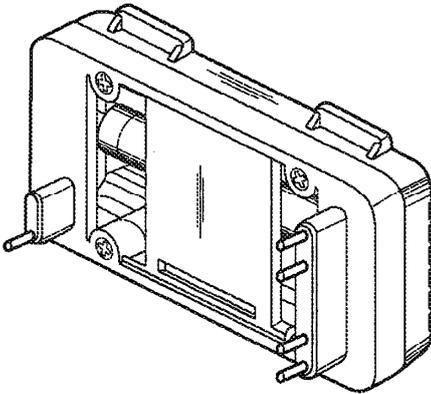


Fig. 3C

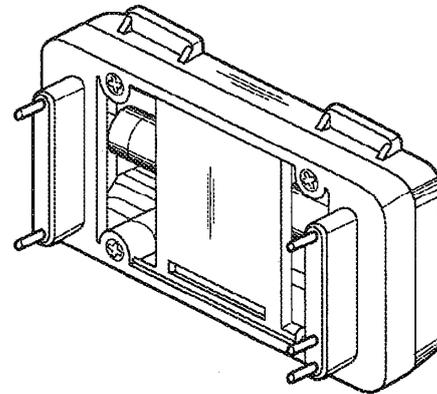


Fig. 3D

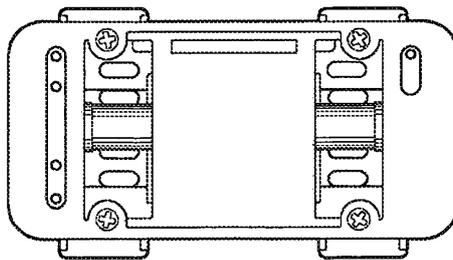


Fig. 3E

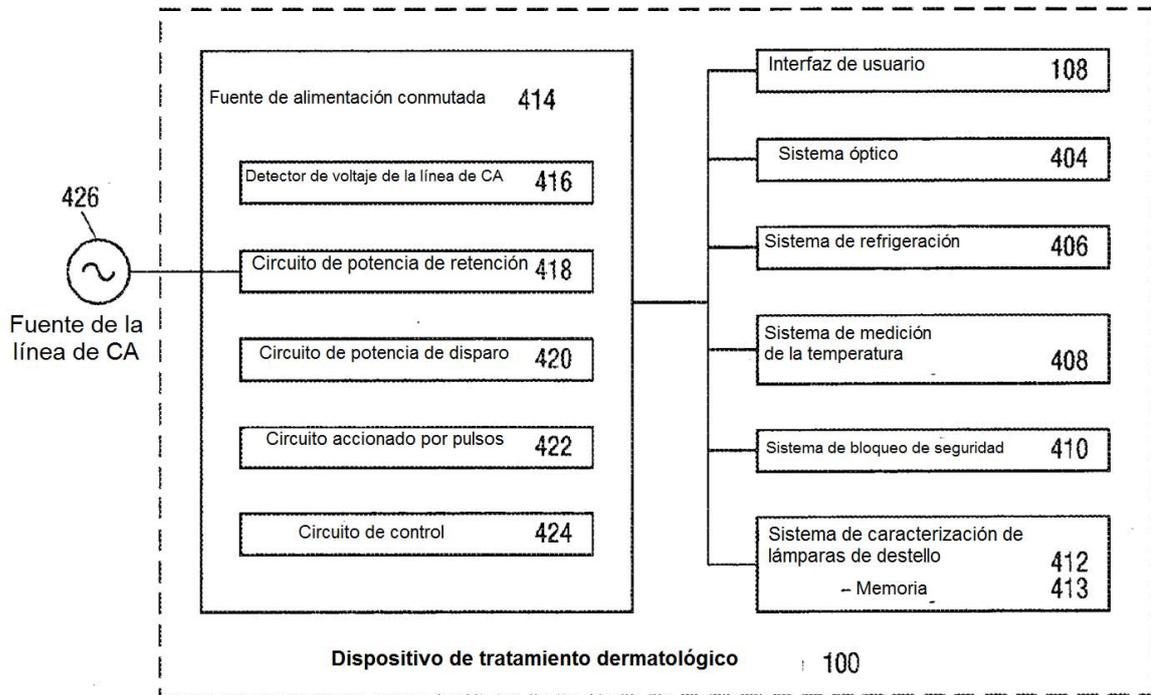


Fig. 4

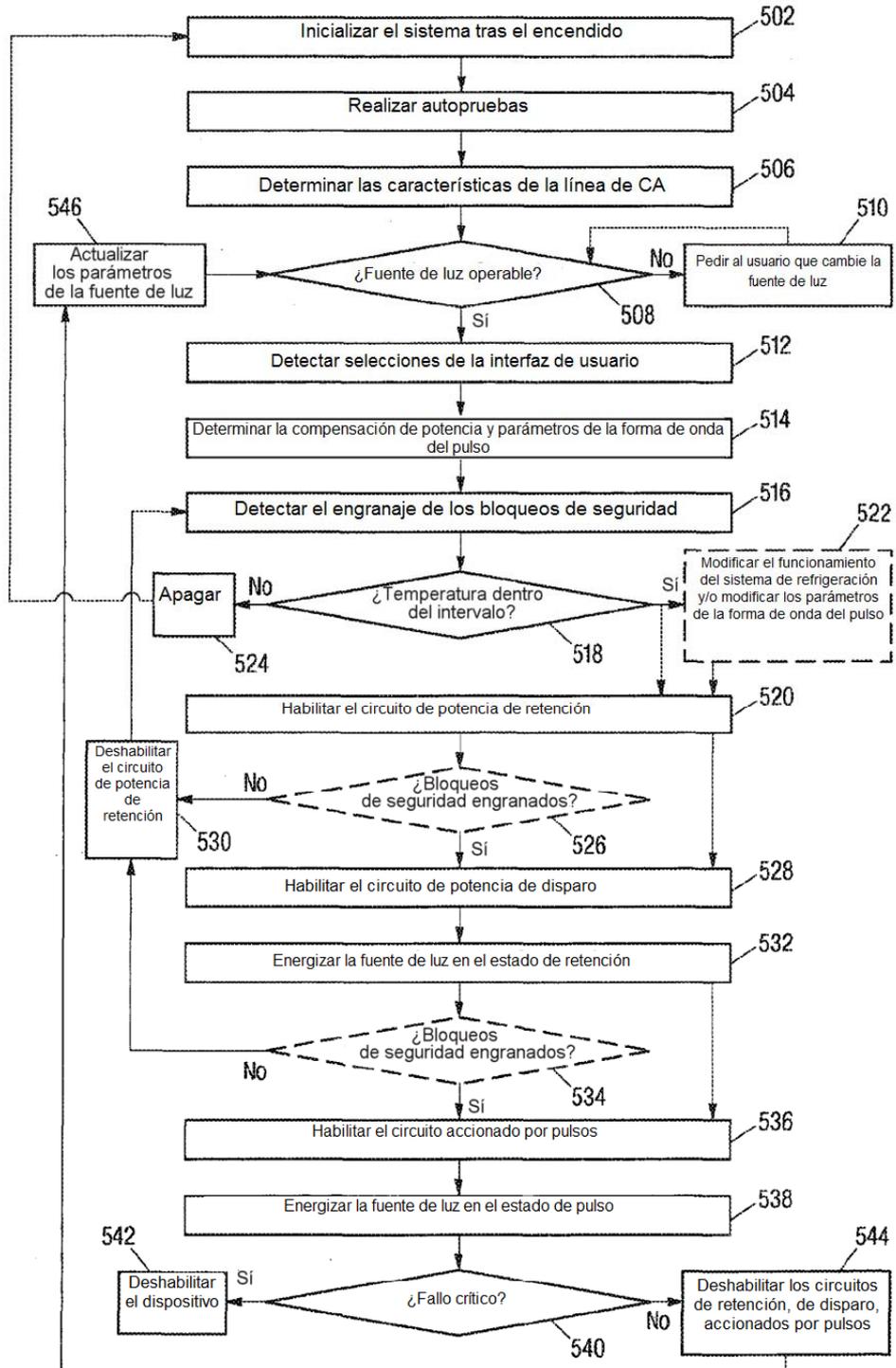
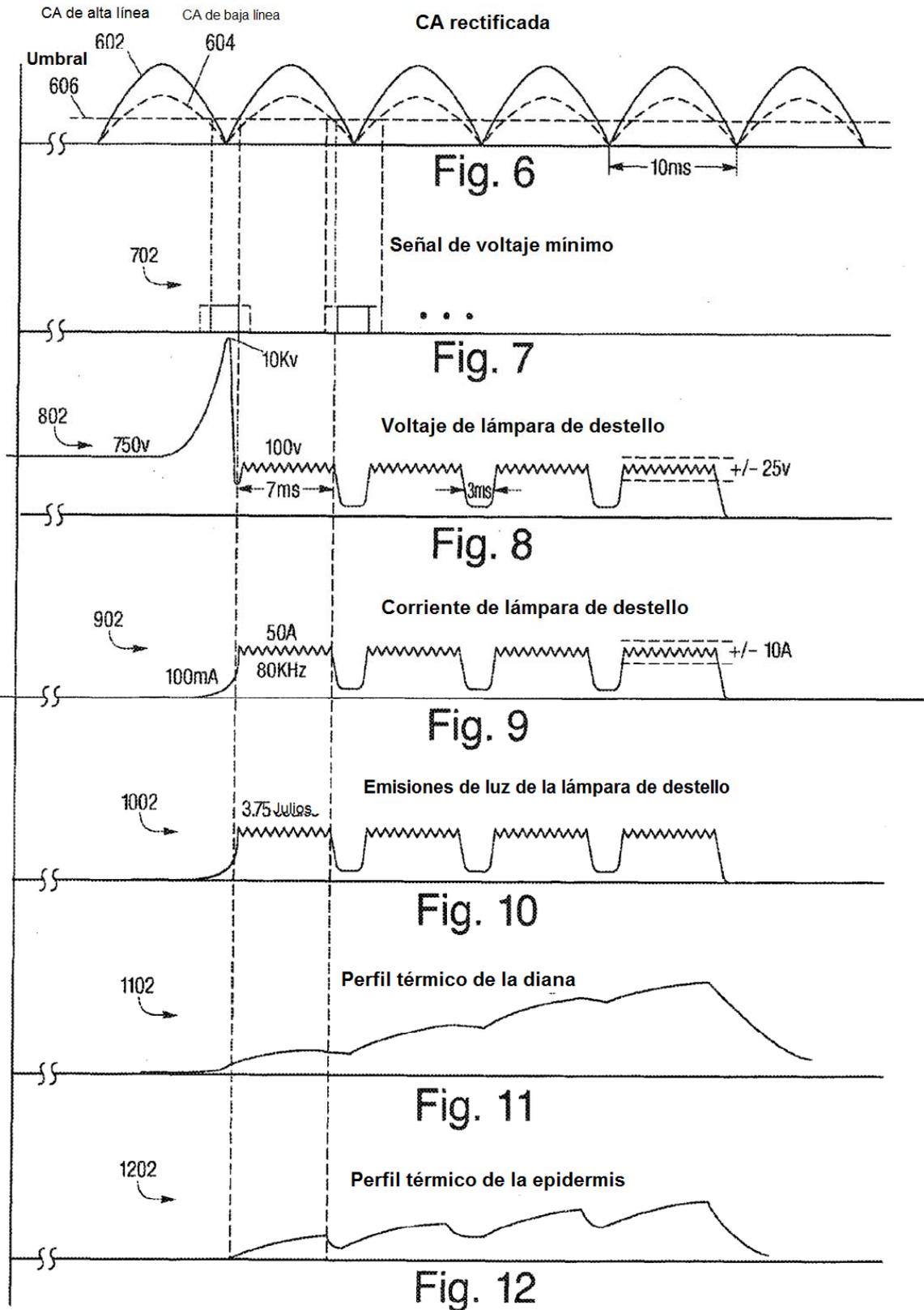


Fig. 5



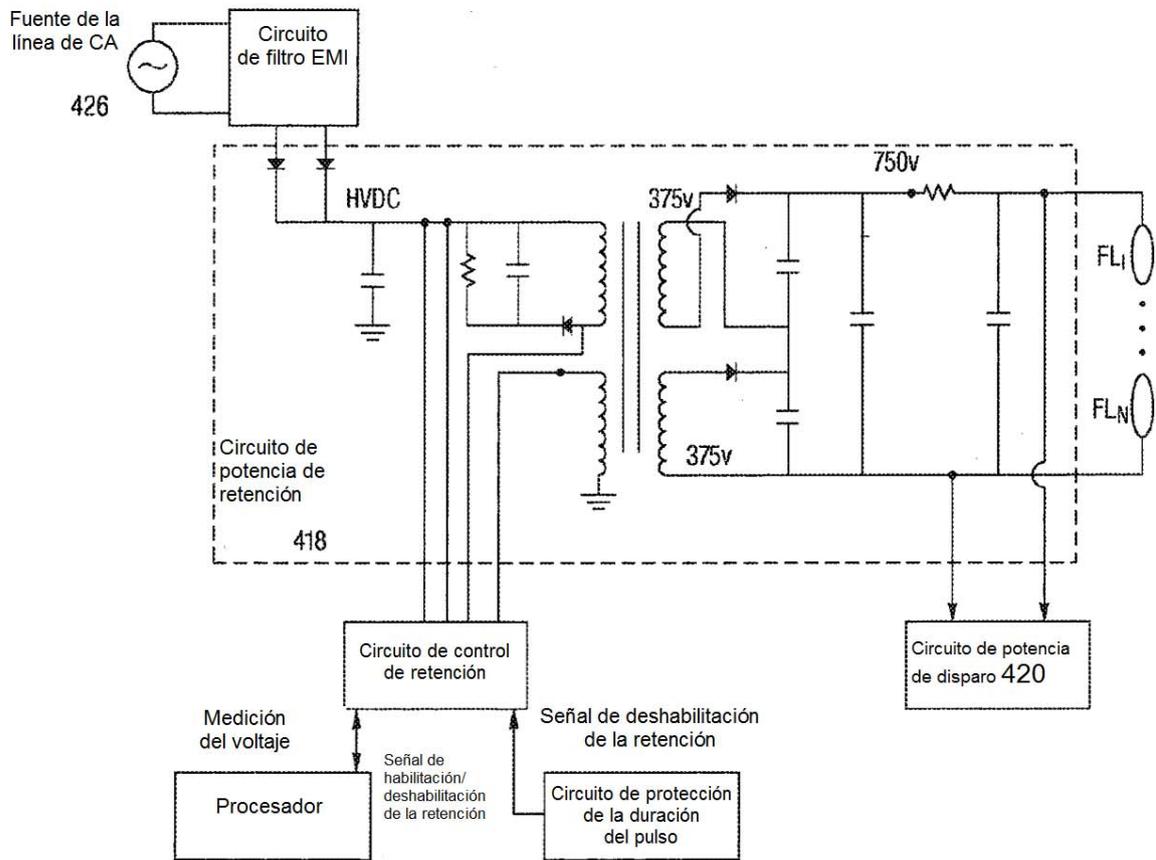


Fig. 13

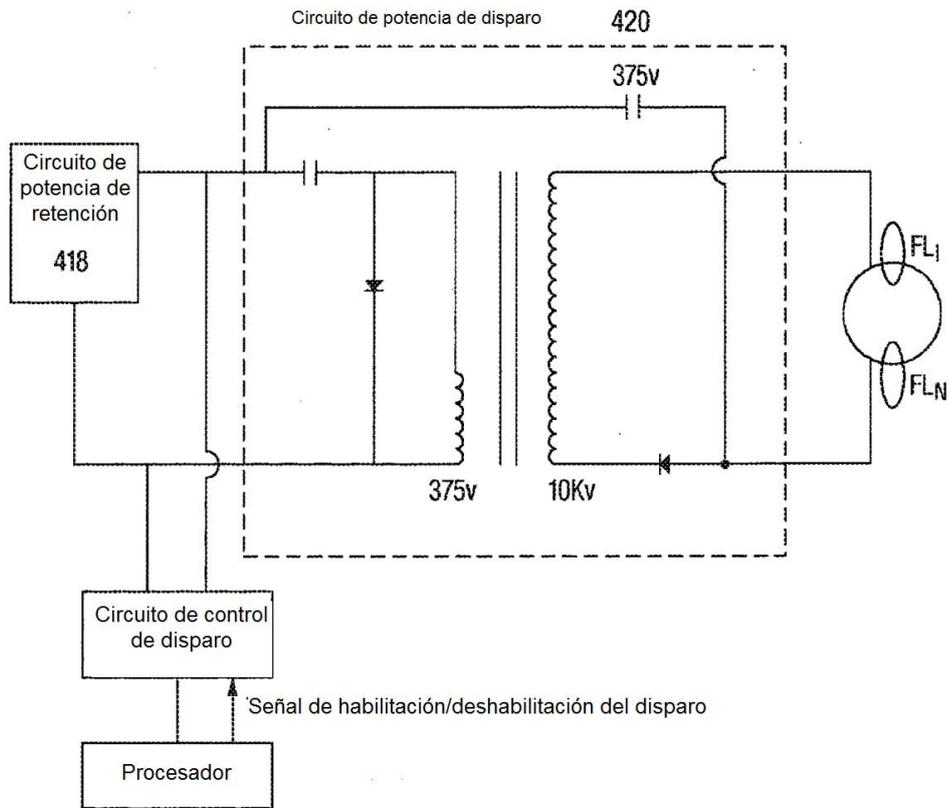


Fig. 14

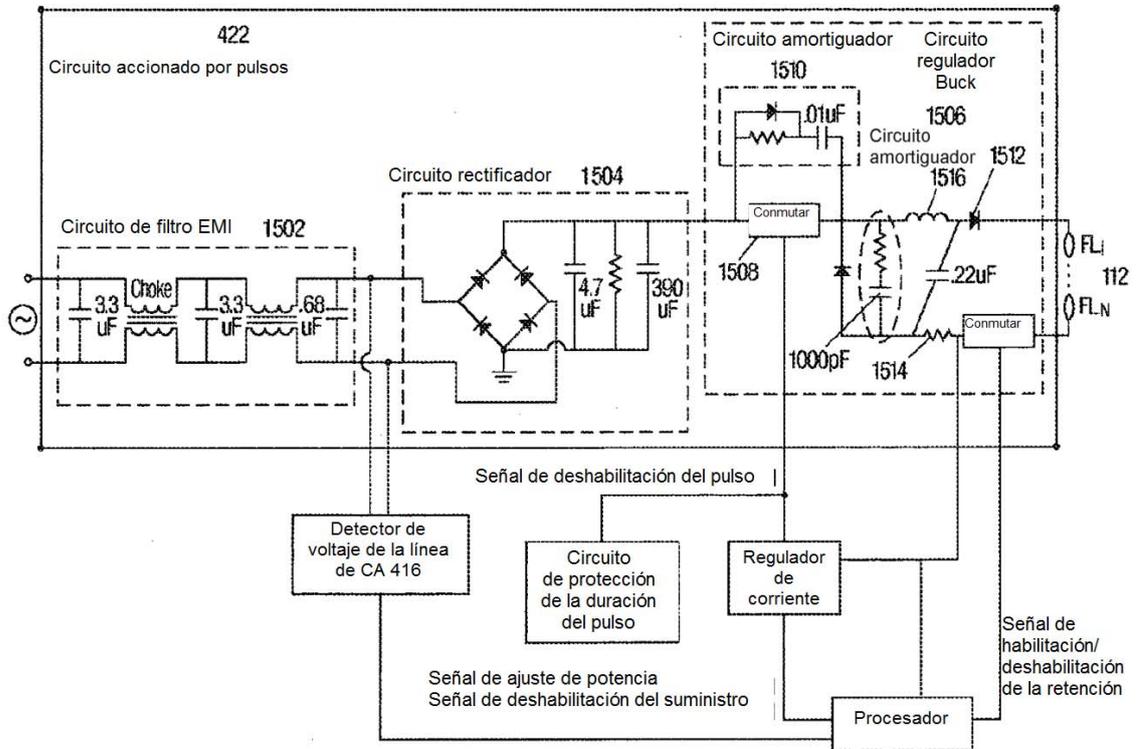


Fig. 15

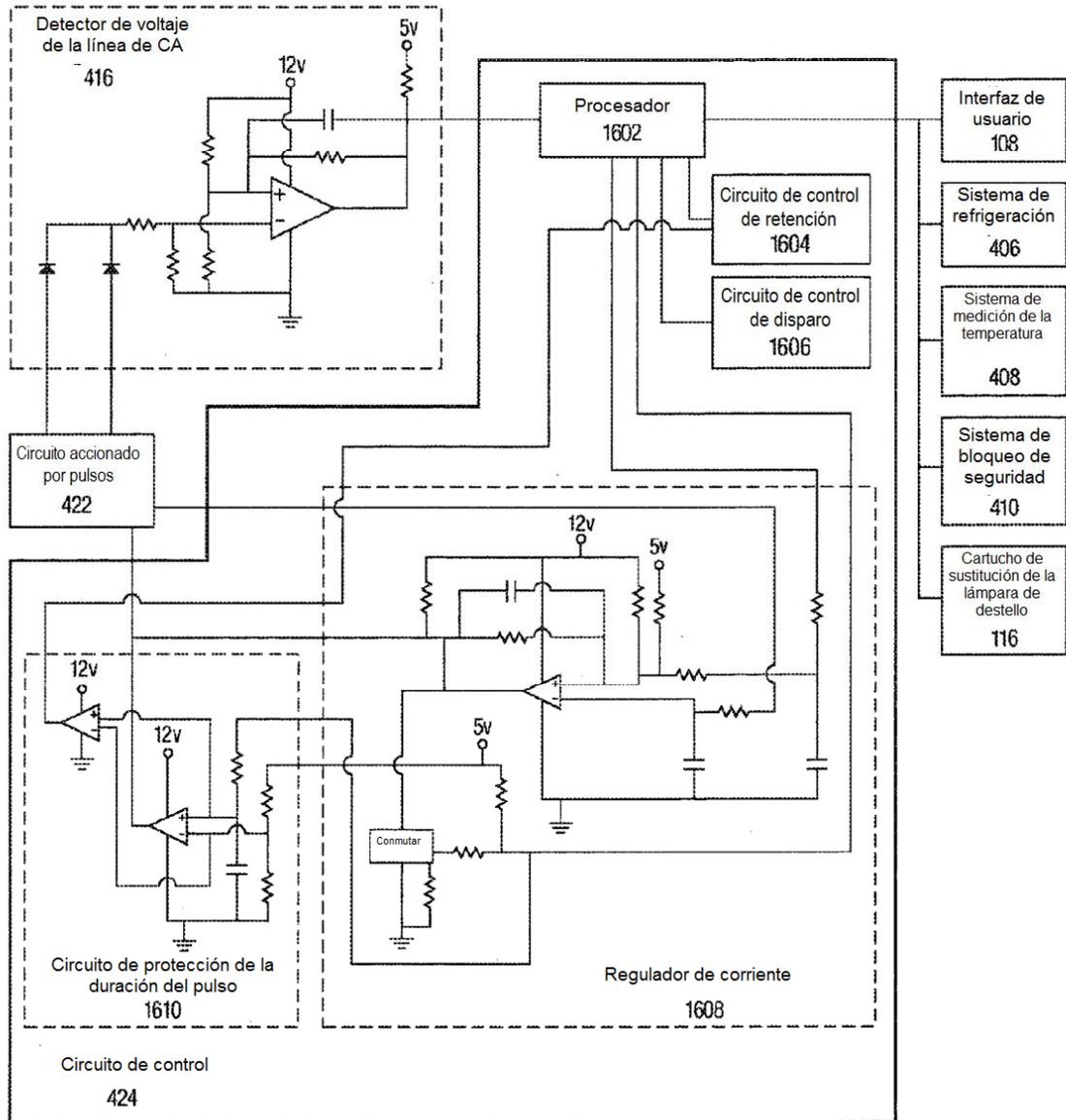


Fig. 16