



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 774**

51 Int. Cl.:  
**A61N 5/06** (2006.01)  
**A61B 18/20** (2006.01)  
**H05B 41/19** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04805446 .4**  
96 Fecha de presentación : **12.11.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1684625**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.08.2006**

54 Título: **Aparato de depilación y procedimiento de puesta en práctica de un aparato de este tipo.**

30 Prioridad: **13.11.2003 FR 03 13263**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.10.2011**

73 Titular/es: **Yves Vincent Brottier**  
**2, rue de Buzenval, Hall A**  
**92210 Saint Cloud, FR**

72 Inventor/es: **Brottier, Yves, Vincent y**  
**Hugueny, Alain, Marie**

74 Agente: **Veiga Serrano, Mikel**

ES 2 365 774 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

Aparato de depilación y procedimiento de puesta en práctica de un aparato de este tipo.

### Sector de la técnica

La presente invención se refiere a los aparatos de depilación para aplicaciones cutáneas y locales, adaptados para emitir al menos un impulso luminoso generado por un impulso de corriente eléctrica que atraviesa una lámpara de flash formando en la misma un arco eléctrico, procediendo esa corriente de la descarga de al menos un condensador y estando controlada por un interruptor electrónico todo o nada de conmutación rápida, estando esos tres elementos dispuestos en un bucle principal. Por impulso luminoso se entiende un impulso de radiación visible y/o infrarroja V/IR, generalmente generado por una lámpara de flash de xenón.

### Estado de la técnica

Todos estos aparatos producen impulsos cuya duración está comprendida entre 5 y 50 ms (milisegundos), lo que es excepcionalmente largo para un flash, y presentan, por ese motivo, problemas específicos de regulación.

Se sabe por experiencia que la respuesta cutánea es la mejor si los impulsos luminosos V/IR presentan una forma lo bastante cuadrada, con una potencia instantánea lo bastante estable durante toda su duración. Entre los aparatos existentes y que se aproximan bien a esas características, pueden citarse los aparatos de descargas trapezoidales que comprenden en bucle: un condensador, un interruptor y una lámpara de flash. El documento FR 2 838 042 describe un aparato según el preámbulo de la reivindicación 1.

Los dos inconvenientes principales de los aparatos de descargas trapezoidales son la fuerte sollicitación de la lámpara de flash y el sobredimensionamiento del condensador. Frente a la fuerte sollicitación de la lámpara, o bien es de fabricación habitual, económica de borosilicato (también denominado habitualmente PYREX) y se desgasta rápidamente y debe remplazarse con frecuencia, o bien se fabrica de cuarzo para ofrecer una mejor vida útil, pero a un precio mucho más elevado. En cuanto al condensador, su sobredimensionamiento es necesario en los aparatos actuales para limitar la disminución de potencia en el transcurso del impulso. Este sobredimensionamiento presenta el inconveniente de aumentar sensiblemente el precio de fabricación de los aparatos, así como su volumen y su masa.

La presente invención pretende reducir la sollicitación de la lámpara de flash, y mejorar sensiblemente la tasa de uso del condensador, con respecto a una potencia instantánea bastante estable durante el impulso luminoso V/IR.

### Objeto de la invención

Para ello, la presente invención tiene por objeto un aparato de depilación del tipo mencionado anteriormente, caracterizado porque durante cada descarga del condensador, la corriente que atraviesa la lámpara genera una señal de medición representativa de dicha corriente que atraviesa la lámpara, y porque dicha señal de medición se compara con un valor de referencia mediante un dispositivo de comparación de histéresis para controlar el estado abierto o cerrado de dicho interruptor y regular dicha corriente que atraviesa la lámpara mediante su corte a alta frecuencia alrededor de una intensidad determinada durante sensiblemente

toda la duración de dicho impulso de corriente.

Por tanto, se realiza una regulación activa de la intensidad en el transcurso del breve momento durante el cual dura el impulso de corriente, lo que permite entregar un impulso luminoso de potencia sensiblemente constante y adaptada para obtener una buena respuesta cutánea. Al contrario que los dispositivos de la técnica anterior, no es necesario sobredimensionar el condensador para que la tensión en sus bornes varíe poco. Además, esta regulación limita la intensidad máxima de la corriente que atraviesa la lámpara, y por consiguiente el diámetro del arco eléctrico, lo que protege la lámpara.

En formas de realización preferidas de la invención, se recurre, además, a una y/u otra de las siguientes disposiciones:

- la señal de medición es una tensión de medición proporcional a la corriente que atraviesa la lámpara, que se proporciona por un transductor de corriente-tensión, siendo dicho transductor de corriente-tensión preferiblemente una resistencia montada en serie en el bucle principal, por tanto la señal de medición se proporciona de manera directa y simple;

- se incorpora un diodo de rueda libre en un bucle adicional que comprende, en común con el bucle principal, la lámpara de flash y el transductor de corriente-tensión, lo que evita la aparición de sobretensión que pueda dañar el interruptor electrónico;

- el bucle principal comprende además una inductancia, que atenúa la rapidez de las variaciones de corriente y facilita la regulación de la misma;

- el dispositivo de comparación de histéresis y el valor de referencia se eligen de manera que se regula la corriente que atraviesa la lámpara a un valor sensiblemente inferior al valor de la corriente para el que la expansión del arco eléctrico alcanza las paredes interiores de la lámpara, para proteger la vida útil de la misma;

- dicho al menos un condensador se elige de manera que la razón entre la tensión inicial en sus bornes antes de la descarga y la tensión final al final del impulso de corriente, esté comprendida entre 2 y 6, y preferiblemente del orden de 4, de manera que se optimiza la tasa de uso del condensador y por consiguiente se limita su capacidad;

- dicho al menos un condensador presenta una capacidad como máximo igual a 13.000 microfaradios y una tensión nominal como máximo igual a 400 voltios, siendo dicho al menos condensador preferiblemente un condensador electrolítico;

- la capacidad del condensador se elige de manera que el valor medio de la intensidad de la corriente que atraviesa la lámpara medida a lo largo de un periodo de un milisegundo al final del impulso de corriente, esté comprendido entre el 90% y el 100% del valor medio de la intensidad medida a lo largo de un mismo periodo al comienzo del impulso de corriente, de manera que se obtiene una depilación eficaz y sin dolor;

- el interruptor electrónico se elige de manera que presenta un tiempo de conmutación netamente inferior a un microsegundo, siendo dicho conmutador preferiblemente un IGBT;

- un módulo de control electrónico está adaptado para proporcionar el valor de referencia al dispositivo de comparación de histéresis, y adaptado para controlar la entrega de un impulso de corriente en el bucle principal durante una duración de impulso determina-

da, estando dicha duración de impulso comprendida entre 20 ms y 45 ms, y preferiblemente igual a aproximadamente 35 ms para obtener un buen compromiso entre la depilación y la protección de los tejidos cutáneos;

- el módulo de control está adaptado para proporcionar al interruptor de conmutación rápida, una temporización de duración determinada en cada apertura de ese interruptor, durante la cual le está prohibido bascular de nuevo al estado cerrado, siendo la duración determinada significativamente mayor que el tiempo de conmutación del interruptor pero inferior al tiempo necesario para que la lámpara se apague; y evitar así un calentamiento excesivo del interruptor;

- el módulo de control está adaptado para ordenar la emisión de un nuevo impulso de corriente antes de que transcurra un tiempo determinado, denominado de reposo, desde el impulso de corriente anterior, estando el tiempo de reposo comprendido entre un segundo y diez segundos, y preferiblemente aproximadamente igual a siete segundos, lo que tiene una influencia favorable sobre el dimensionamiento del aparato y su alimentación eléctrica;

- dicho al menos un condensador, el interruptor electrónico y el dispositivo de comparación de histéresis, están alojados en una misma carcasa, presentando dicha carcasa un volumen inferior a cinco litros; y

- el peso del conjunto del aparato es como máximo igual a dos kilos, para que pueda transportarse fácilmente.

La presente invención también tiene por objeto un procedimiento de puesta en práctica de un aparato de depilación tal como se definió anteriormente, caracterizado porque comprende, en el transcurso de la generación del impulso de corriente eléctrica, las etapas de:

- generación de una señal de medición representativa de la corriente que atraviesa la lámpara;

- comparación con histéresis entre la señal de medición y un valor de referencia;

- control del cierre del interruptor electrónico si la comparación entre la señal de medición y el valor de referencia indica que la corriente que atraviesa la lámpara es inferior a una intensidad determinada; o

- control de la apertura del interruptor electrónico si la comparación entre la señal de medición y el valor de referencia indica que la corriente que atraviesa la lámpara es superior a la intensidad determinada, para regular dicha corriente que atraviesa la lámpara mediante corte de la misma a alta frecuencia alrededor de la intensidad determinada.

En un modo de puesta en práctica preferido del procedimiento se prevé, en cada apertura del interruptor, una etapa de temporización de duración determinada, durante la cual le está prohibido al interruptor bascular de nuevo al estado cerrado, siendo el tiempo determinado significativamente mayor que el tiempo de conmutación del interruptor, pero inferior al tiempo necesario para que la lámpara se apague.

#### Descripción de las figuras

Además de la descripción anterior, la presente invención se comprenderá mejor con ayuda de la siguiente descripción, facilitada a modo puramente ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos en los que:

- la figura 1 representa un esquema de base de un aparato de impulsos trapezoidales de la técnica anterior,

- la figura 2 muestra un diagrama de tensión/tiempo, es decir  $u/t$ , de la tensión en los bornes del condensador de un aparato según la figura 1 durante un impulso de tipo trapezoidal,

- la figura 3 muestra un diagrama de potencia instantánea/tiempo, es decir  $P_{imp}/t$ , de la lámpara de flash de un aparato según la figura 1 durante un impulso de tipo trapezoidal,

- la figura 4 representa un esquema de un modo de realización preferido de un aparato según la presente invención,

- la figura 5 muestra un diagrama de tensión/tiempo, es decir  $u/t$ , de la tensión en los bornes del condensador de la figura 4 durante un impulso,

- la figura 6 muestra un diagrama de potencia instantánea/tiempo, es decir  $P_{imp}/t$ , de la lámpara de flash de un aparato según la figura 4 durante un impulso,

- la figura 7 es una vista en perspectiva de un aparato para depilar según la invención.

#### Descripción detallada de la invención

A continuación, los términos y abreviaturas usados tienen los siguientes significados:

- condensador "CE", significa uno o varios condensadores electrolíticos, dispuestos en serie o en paralelo o en serie-paralelo y destinados a almacenar energía eléctrica con vistas a su restitución, total o parcial, a la lámpara de flash,

- por impulso "V/IR" se designa el impulso visible y/o infrarrojo destinado a producir sobre la piel el efecto de depilación,

- por interruptor "SW" se designa un interruptor electrónico que puede realizar conmutaciones rápidas,

- lámpara "LF" significa la o las lámparas de flash, dispuestas en serie o en paralelo o en serie-paralelo,

- $U_i$  representa la tensión en los bornes de CE al comienzo de un impulso ( $U_i$  para tensión inicial),

- $U_f$  representa la tensión en los bornes de CE al final de un impulso ( $U_f$  para tensión final).

La figura 1 muestra una lámpara (LF), un condensador (CE) y un interruptor (SW) dispuestos en bucle. El interruptor (SW) se controla en el estado abierto o cerrado por un impulso rectangular procedente de un módulo de control electrónico (COMM) clásico.

Según las figuras 2 y 3, el funcionamiento de este aparato de la técnica anterior se descompone en tres fases:

1º) Encendido de la lámpara mientras que el condensador (CE) está cargado a una tensión ( $U_i$ ). Durante esta fase de encendido, el arco eléctrico en principio capilar, y que consume poca corriente, aumenta naturalmente de diámetro hasta entrar en contacto con la pared interna de la lámpara. Este aumento de diámetro, o expansión, genera una reducción correspondiente de la impedancia de la lámpara y por tanto un aumento de la corriente. El orden de magnitud de tiempo de este fenómeno se encuentra en aproximadamente 100  $\mu s$ .

2º) Mantenimiento del estado encendido de la lámpara, gracias al mantenimiento del estado cerrado del interruptor (SW). Durante toda esta fase se prohíbe la tendencia natural a la expansión del arco ya que ya hace tope contra la pared interna de la lámpara; se dice que el arco está confinado. Debido a ello, ya no hay crecimiento de la corriente, e incluso hay una disminución debido a la bajada de tensión en los bornes del condensador (CE) que está en transcurso

de descarga. El contacto físico entre el arco eléctrico y la pared de la lámpara es un elemento principal de envejecimiento de la misma. Pero este contacto es necesario para imponer que el arco eléctrico conserve, durante toda la duración del impulso deseado, una sección pequeña, y por tanto una impedancia relativamente elevada y una potencia instantánea en los límites deseados a pesar de la tensión elevada necesaria para el funcionamiento de cualquier lámpara de flash. El orden de magnitud de potencia desarrollada en la lámpara durante esta fase es de 10 kW, para una duración de algunas decenas de milisegundos.

3°) Interrupción del funcionamiento de la lámpara mediante apertura del interruptor (SW) en el momento en el que el impulso luminoso V/IR ha durado el tiempo deseado. En este momento la tensión en los bornes del condensador (CE) es ( $U_f$ ). La tensión ( $U_f$ ) es inferior a ( $U_i$ ) debido a la energía que el condensador (CE) ha restituido a la lámpara. Rápidamente tras la apertura del interruptor (SW), el arco eléctrico, que ya no se alimenta, se contrae sobre sí mismo, su diámetro disminuye y termina por apagarse. Este fenómeno cuyo orden de magnitud de tiempo se encuentra en aproximadamente 100  $\mu$ s, se encuentra prolongado por la inductancia del cableado, o por una inductancia eventualmente integrada en el circuito.

Los parámetros teóricos y empíricos que dominan la potencia desarrollada en una lámpara de flash que funciona en modo confinado son tales que el aparato de la técnica anterior está equipado con lámparas que presentan una razón LA/DA (con LA para longitud del arco, y DA para el diámetro del arco) grande, generalmente comprendida entre 10 y 50.

También debe saberse que la potencia instantánea de emisión de una lámpara de flash que contiene un arco confinado es proporcional a la tensión (U) en sus bornes de potencia 2,5; siendo (U) la tensión en los bornes de la lámpara (determinadas fórmulas proporcionan incluso una (U) de potencia 3, pero a continuación en el documento, se tomará 2,5 para los valores en cifras mencionados a modo de ejemplos). Debido a esta relación entre la potencia y la tensión, y para garantizar una diferencia razonablemente pequeña entre la potencia instantánea al comienzo del impulso luminoso V/IR y la potencia instantánea al final del impulso, la diferencia entre ( $U_i$ ) y ( $U_f$ ), debe ser muy pequeña, y sólo se usa una pequeña parte de la energía inicialmente almacenada en el condensador para el impulso con el fin de limitar la bajada de tensión en sus bornes. El condensador se encuentra infrutilizado y por tanto debe tener un gran valor capacitivo. Por ejemplo, para que la potencia instantánea permanezca en el intervalo de + o - 10% de su valor nominal, debe tenerse  $U_f = 0,92 \times U_i$ , y en ese caso, únicamente se usa el 16% de la energía inicialmente almacenada en el condensador (CE). Por tanto, para poder entregar 100 J, en las condiciones anteriormente descritas, el condensador (CE) debe almacenar 625 J antes del comienzo de un impulso. Esto representa un sobredimensionamiento en un factor de 6.

Tal como se representa en las figuras 4, 5 y 6, la presente invención consiste en introducir una regulación de corriente en el aparato (1) de depilación representado en la figura 7, concretamente de manera que el arco eléctrico conserva una sección inferior a la sección interna de la lámpara al tiempo que se entrega la potencia necesaria.

De este modo, al no ejercer el arco eléctrico pre-

sión intensa sobre la pared interna de la lámpara de flash (LF), envejece menos rápidamente, y por otro lado, con la regulación de la corriente, la lámpara puede permanecer a una potencia sensiblemente constante durante toda la duración del impulso luminoso V/IR, aunque la diferencia de tensión entre el comienzo ( $U_i$ ) y el final ( $U_f$ ) del impulso sea grande. Esta diferencia lleva a una tasa de uso elevada del condensador (CE) que por tanto ya no necesita sobredimensionarse.

Se elige la regulación por la corriente ya que, para una lámpara de flash dada, con un arco confinado o no confinado, a corriente constante corresponde una potencia muy estable; mientras que a tensión constante corresponde una potencia más o menos variable.

Tal como se representa en la figura 7, el aparato (1) comprende una carcasa (2) dotada de botones (3) de encendido/apagado y de botones (4) de ajustes en su cara superior, una pieza (5) manual y un cable (6) eléctrico que se extiende de la carcasa a la pieza manual. La pieza (5) manual contiene una lámpara de flash de xenón y presenta una guía (7) de salida de luz, así como un botón (8) de activación del impulso luminoso.

Según la figura 4, un modo de realización preferido del dispositivo según la presente invención se dispone de la siguiente manera: el bucle principal del circuito de potencia del dispositivo, designado por el bucle (CE-SW-Rm-INDUC-LF), comprende el condensador (CE), un interruptor (SW), una resistencia de medición (Rm), una inductancia (INDUC) y la lámpara de flash (LF).

El condensador (CE) formado por uno o varios condensadores electrolíticos dispuestos en paralelo, en serie o en serie-paralelo, cuya capacidad nominal total es preferiblemente inferior o igual a aproximadamente 13.000 microfaradios en el caso en el que se desea realizar un aparato fácilmente transportable. Pero la capacidad nominal puede ser mucho más elevada para un aparato de tipo profesional. Asimismo, la tensión nominal de uso del o de los condensadores es como máximo de 400 voltios para limitar su coste. Además, tensiones más elevadas aumentarían el aislamiento eléctrico necesario, lo que iría contra la reducción de volumen del aparato. Los valores indicados anteriormente para modos particulares de realización representan máximos, es posible disminuir la capacidad o la tensión del condensador cuando respectivamente la tensión o la capacidad nominal se aproximan a esos máximos.

El interruptor (SW) es un interruptor electrónico de conmutación rápida, del orden de 50 a 300 nanosegundos, y preferiblemente netamente inferior a un microsegundo. Para ello, se elige un interruptor de tipo transistor bipolar de puerta aislada IGBT ("Insulated Gate Bipolar Transistor"), y eventualmente pueden montarse varios interruptores de este tipo en paralelo.

La resistencia de medición (Rm) es una resistencia de bajo valor óhmico que puede soportar intensidades importantes. Permite proporcionar de manera inmediata una señal de medición en forma de una tensión ( $U_{Rm}$ ), que es directamente proporcional a la intensidad que la atraviesa. Pero la presente invención no excluye el uso de cualquier otro transductor de corriente-tensión analógico o digital, ni incluso de cualquier dispositivo que proporcione directamente una medición de la intensidad que atraviesa la lámpara de flash (LF).

La inductancia (INDUC) no es indispensable, pero debido al corte a alta frecuencia que tiene lugar en el circuito para controlar la transferencia de energía, se prefiere incorporar una inductancia de suavización (INDUC) en el bucle (CE-SW-Rm-LF), por ejemplo entre la resistencia (Rm) y la lámpara (LF).

Un diodo de rueda libre (D) está dispuesto en un bucle adicional (Rm-INDUC-LF-D). El diodo (D) cumple dos funciones:

- garantizar la transferencia de energía desde la inductancia (INDUC) hacia la lámpara (LF) cuando el interruptor (SW) está abierto y se almacena energía eléctrica en la inductancia (INDUC),

- limitar las puntas de tensión en los bornes del interruptor (SW) durante su apertura, puntas de tensión que se generan por la inductancia (INDUC), así como por las inductancias parásitas del cableado que son relativamente importantes debido a la corriente del orden de 250 amperios que circula en el bucle principal.

Los elementos de regulación comprenden al menos un comparador de tensión de histéresis (COMP) y una puerta lógica.

El comparador (COMP) recibe en la entrada un valor de tensión de referencia (Uref) proporcionado por un módulo de control electrónico (COMM), y la tensión de medición (URm) generada en los bornes de la resistencia (Rm). El comparador funciona con histéresis, es decir que cuando la tensión crece proporciona una señal que indica una superación de la tensión de referencia (Uref) cuando la tensión medida (URm) supera el valor de referencia más una desviación determinada, y a la inversa, cuando la tensión disminuye, la señal bascula cuando la tensión medida se vuelve inferior a la tensión de referencia menos una desviación determinada.

La tensión de referencia (Uref) se ajusta en función de la corriente media a la que se desea hacer trabajar a la lámpara (LF), concretamente en función del tipo de piel, por ejemplo accionando uno de los botones (4) de ajuste asociados al módulo de control (COMM) que contiene varias tensiones de referencias memorizadas.

La puerta lógica presenta una entrada conectada al comparador (COMP) y una entrada conectada al módulo de control (COMM) de manera que transmite un control de cierre del interruptor (SW) sólo durante la duración de impulso. Para ello, el módulo de control (COMM) está adaptado para entregar una señal (Timp) durante una duración determinada que corresponde a la duración del impulso de corriente, tras el accionamiento del botón (8) de activación.

La duración de impulso podrá ser ajustable, no obstante las pruebas muestran que una duración constante comprendida entre 20 y 45 ms, y de manera preferible aproximadamente igual a 35 ms, permite una depilación eficaz de todos los tipos de piel.

Aunque la presente invención no excluye el envío mediante el módulo de control de una serie de señales de impulso de manera que se produzca una serie de impulsos luminosos distintos, en un modo de realización particular se prefiere prohibir la emisión de un nuevo impulso luminoso antes de que haya transcurrido un tiempo determinado, denominado de reposo, muy netamente superior a la duración de un impulso. El tiempo de reposo programado en el módulo de control (COMM) es del orden de algunos segundos, entre uno y diez segundos, y preferiblemente de aproximadamente siete segundos. Este tiempo de reposo rela-

tivamente largo permite asegurar que el condensador ha alcanzado su carga inicial, es decir la tensión (Ui), sin que sea necesario prever una alimentación eléctrica de recarga del condensador de fuerte potencia. Además, este tiempo de reposo puede aprovecharse para enfriar la lámpara de flash (LF) y el interruptor (SW) mediante convección natural, o eventualmente mediante convección forzada pero de pequeño caudal, lo que es favorable para la reducción del peso y del volumen del aparato.

Tal como se indica en las figuras 5 y 6, con anterioridad a la generación de un impulso luminoso V/IR, el condensador (CE) se carga a la tensión inicial (Ui) mediante un dispositivo de alimentación eléctrica no representado. El dispositivo de alimentación eléctrica que puede ser de cualquier tipo conocido, genera una tensión continua que se proporciona a los bornes del condensador (CE).

Durante el diseño de un dispositivo según la presente invención, debe conocerse en primer lugar la potencia de radiación (Pimp) deseada durante el impulso, la duración del impulso (Timp) y la longitud de la lámpara (Larc). Con estos parámetros puede encontrarse, o bien mediante cálculo gracias a las fórmulas proporcionadas por los fabricantes de lámparas, o bien experimentalmente, la diferencia de potencial que debe aplicarse en los extremos de una lámpara de flash experimental de diámetro importante y de longitud (Larc), en la que un arco eléctrico estabilizado y no confinado genera una radiación de potencia (Pimp). El valor encontrado se denomina (Ucrítica), corresponde a un valor de corriente (Icrítica). Un experimento o un cálculo del mismo tipo informan sobre el diámetro del arco eléctrico; este diámetro se denomina (Dcrítico). Más allá de la etapa experimental, para los aparatos funcionales, se conserva  $D_{lámpara} = D_{crítico} \times 1,4$  donde  $D_{lámpara}$  es el diámetro interior de la lámpara. Para la tensión final (Uf), se conserva un valor próximo a  $U_{crítica} \times 1,25$ , y para la tensión inicial (Ui), un valor próximo a  $U_f \times 4$ . Los coeficientes que acaban de usarse (1,4, 1,25 y 4) pueden modularse en una medida bastante grande, pero cada uno de ellos es superior a 1.

Para el bucle principal del circuito de potencia (CE-SW-Rm-INDUC-LF), se prefiere, pero de manera no limitativa, una disposición de los elementos en el siguiente orden: el polo negativo del condensador (CE), el interruptor (SW), la resistencia de medición (Rm) (u otro transductor de corriente-tensión), la inductancia (INDUC), la lámpara (LF) (polo negativo del lado de la inductancia) y el polo positivo del condensador (CE). El bucle adicional está formado por la resistencia de medición (u otro transductor de corriente-tensión) (Rm), la inductancia (INDUC), la lámpara (LF) y el diodo (D). El diodo (D) tiene, en este caso, su cátodo conectado a los polos positivos de la lámpara (LF) y del condensador (CE).

El valor inductivo de (INDUC) puede ser tal que cuando se recorre por una corriente de valor (Icrítica) almacena una energía eléctrica comprendida entre 1/100 y 1/1000 de la energía eléctrica transferida a la lámpara (LF) durante cada impulso luminoso V/IR.

Para iniciar un impulso, la lámpara de flash (LF) se vuelve conductora, por ejemplo por medio de un impulso de tensión muy alta según un método clásico y conocido para las lámparas de flash, y garantizar el cierre del interruptor (SW). En ese momento la corriente, en principio nula, crece en el bucle (CE-

SW-Rm-INDUC-LF) ya que el arco eléctrico aumenta de sección y la inductancia (INDUC) ralentiza la evolución de la corriente. Esa corriente crea una diferencia de tensión URm en los bornes de (Rm). Cuando (URm) ha superado (Uref), la salida del comparador (COMP) cambia de estado. Este cambio de estado controla la apertura del interruptor (SW). Una vez abierto el interruptor (SW), la corriente en el bucle (Rm-INDUC-LF-D), así como la tensión (URm), disminuyen hasta un umbral que genera de nuevo el basculamiento de la salida del comparador (COMP). Este basculamiento controla el cierre del interruptor (SW), si no ha transcurrido el tiempo del impulso (Timp). Para un impulso completo, estos ciclos se producen tantas veces como sea necesario, por ejemplo del orden de una centena de vez para una duración de impulso de 35 ms. Se observará que la intensidad de la corriente que circula en la lámpara de flash no cae a un valor nulo inmediatamente tras la apertura del interruptor, incluso en ausencia de la inductancia (INDUC). En efecto, teniendo en cuenta las intensidades y tensiones elevadas en los bucles principal y secundario, así como los fenómenos de ionización en la lámpara, el cableado y la lámpara que almacenan una determinada energía eléctrica que se restituye durante la apertura del interruptor (SW). Por el contrario, la corriente que atraviesa el condensador (CE) que está fuera del bucle secundario, se anula rápidamente. Por tanto, puede constatarse en los bornes del condensador la emisión de impulsos elementales de corriente aproximados.

En el interior de cada ciclo la corriente que atraviesa (Rm) (y por tanto la que atraviesa la lámpara (LF)) se regula alrededor del valor de corriente (Icrítica), con una ondulación cuya amplitud depende de la histéresis del comparador (COMP). Esta regulación se realiza sensiblemente a lo largo de toda la duración del impulso, es decir a lo largo de la duración del impulso menos la duración las fases de encendido de la lámpara y de extinción de la corriente que son muy breves, del orden de 100 microsegundos, en comparación de la duración del impulso, del orden de 40 milisegundos.

La amplitud de las ondulaciones de corriente en la lámpara (LF), y por consiguiente de la potencia representada esquemáticamente en la figura 6, es de + o - 10%, pero pueden permitirse amplitudes superiores a + o - 30% teniendo en cuenta su duración muy breve y la rápida sucesión de picos y valles. Por el contrario, es importante que a lo largo de una duración significativa con respecto a la inercia térmica de los tejidos cutáneos, concretamente a lo largo de una duración de 1 ms o la duración de un ciclo de apertura-cierre del interruptor (SW), la potencia media del impulso (Pimp) sea próxima a la potencia correspondiente a la intensidad de regulación (Icrítica), y preferiblemente igual a la misma a + o - 10%. Por otro lado, se obtiene una mejor respuesta cutánea si la intensidad media de la corriente que atraviesa la lámpara sólo disminuye poco, menos del 10%, entre el comienzo y el final del impulso.

Al ser los valores de potencia instantánea empleados muy elevados, debe prestarse atención particular al interruptor (SW) del que se ha mencionado que es conmutador todo o nada rápido. La palabra rápido se refiere a sus cambios de estado, que duran algunas centenas de nanosegundos, pero durante cada conmutación es el centro de una disipación térmi-

ca instantánea muy importante. Esta disipación térmica media permanece aceptable si no hay sucesiones demasiado rápidas de conmutaciones. Para garantizar esta condición puede aumentarse la histéresis sobre la regulación de la corriente a través de la lámpara (LF), o incorporar en el control del interruptor (SW) una temporización ( $T_{prohibida}$ ) (no representada) de algunas decenas de microsegundos que impone el mantenimiento del interruptor (SW) en el estado abierto tras cada paso del estado cerrado al estado abierto. De esta manera, el interruptor (SW) no puede solicitarse para ciclos muy rápidos de cierre-apertura-cierre, y cuando interviene la temporización ( $T_{prohibida}$ ), contribuye a reducir la potencia de transferencia de energía a la lámpara, lo que puede alterar la calidad del resultado funcional, pero coloca al interruptor (SW) en una zona de trabajo mejor protegida.

Cuando interviene la temporización ( $T_{prohibida}$ ), la corriente que atraviesa la lámpara LF disminuye por debajo del valor correspondiente al control de cierre del interruptor generado por el comparador de histéresis, y puede volverse nula. Pero en este caso la anulación de la corriente en la lámpara sólo interviene durante una duración inferior a la duración de temporización que es a su vez inferior a la duración de extinción de la lámpara. Por tanto, la potencia luminosa emitida por la lámpara no se anula y aumenta desde el final de la temporización ya que la lámpara de flash permanece pasante. El impulso luminoso no se interrumpe y esta bajada o anulación de la corriente en la lámpara no tiene ningún efecto nefasto sobre la depilación teniendo en cuenta su brevedad.

La parte de los circuitos que genera la temporización ( $T_{prohibida}$ ), si existe esta parte opcional, se coloca en la cadena de las señales cerca del interruptor (SW). De esta manera, en presencia de una eventual señal parásita que perturba los circuitos, el interruptor (SW) tiene las mejores posibilidades de quedar protegido contra una solicitud accidental a frecuencia demasiado elevada. En ausencia de perturbación electromagnética excepcional, la seguridad proporcionada por ( $T_{prohibida}$ ) no interviene. A modo de ejemplo, esta temporización ( $T_{prohibida}$ ) puede realizarse mediante una señal emitida por el módulo de control (COMM) hacia una puerta lógica complementaria que también recibe la señal de la puerta lógica representada en la figura 4.

Con un procedimiento de regulación de este tipo, resulta teóricamente posible elegir un valor de ( $U_i$ ) muy elevado con respecto a ( $U_f$ ), por ejemplo  $U_i = 10 \times U_f$ . En este caso, el condensador (CE) se usaría al 99%, pero el interruptor (SW) debería soportar una tensión elevada y su precio aumentaría exageradamente para determinados modos de realización. Un buen compromiso entre los aspectos técnicos y económicos consiste en elegir la razón  $U_i/U_f$  entre 3 y 5, incluso 6. En la figura 5, con  $U_i = 4 \times U_f$ , tras un impulso sólo queda 1/16 de la energía inicialmente almacenada en CE. La tasa de uso de CE es de 15/16, es decir del 93,7%, frente al 16% en el ejemplo mencionado con respecto a la técnica anterior en la figura 2. Con una razón  $U_i/U_f$  de (2), ya se obtiene una tasa de uso del condensador CE superior al 60%.

La figura 6 representa a modo indicativo un resultado que puede obtenerse con la potencia instantánea que permanece en el intervalo de + o - 10% de su valor

nominal durante una descarga luminosa V/IR, mientras que la tasa de uso de (CE) es del 93,7% durante la misma descarga.

La invención permite realizar aparatos más pequeños, de fabricación más económica, y que consumen lámparas menos costosas que los aparatos de la técnica anterior. Eligiendo uno o varios condensadores apropiados y optimizando su uso gracias a las diferentes disposiciones de la presente invención, es posible

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

de realizar un aparato de serie de un peso inferior a 2 Kg. Limitando la tensión de uso del o de los condensadores, y gracias a la regulación mediante corte a alta frecuencia, la carcasa (2) que contiene la alimentación eléctrica que permite recargar el condensador, el condensador, el interruptor, la resistencia, la inductancia y el módulo de control, presenta dimensiones reducidas de manera que el volumen de la carcasa es inferior a 5 litros.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato (1) de depilación para aplicaciones cutáneas y locales, adaptado para emitir al menos un impulso luminoso generado por un impulso de corriente eléctrica que atraviesa una lámpara de flash (LF) formando en la misma un arco eléctrico, procediendo esa corriente de la descarga de al menos un condensador (CE) y estando controlada por un interruptor electrónico (SW) todo o nada de conmutación rápida, estando dispuestos estos tres elementos en un bucle principal (CE-SW-LF), **caracterizado** porque durante cada descarga del condensador, la corriente que atraviesa la lámpara (LF) genera una señal de medición (URm) representativa de dicha corriente que atraviesa la lámpara, y porque dicha señal de medición (URm) se compara con un valor de referencia (Uref) mediante un dispositivo de comparación de histéresis (COMP) para controlar el estado abierto o cerrado de dicho interruptor (SW) y regular dicha corriente que atraviesa la lámpara (LF) mediante su corte a alta frecuencia alrededor de una intensidad determinada ( $I_{crítica}$ ) durante sensiblemente toda la duración de dicho impulso de corriente.
2. Aparato de depilación según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal de medición es una tensión de medición (URm) proporcional a la corriente que atraviesa la lámpara (LF), que se proporciona por un transductor de corriente-tensión, siendo preferiblemente dicho transductor de corriente-tensión una resistencia ( $R_m$ ) montada en serie en el bucle principal (CE-SW-LF).
3. Aparato de depilación según la reivindicación 2, **caracterizado** porque se incorpora un diodo de rueda libre (D) en un bucle adicional ( $R_m$ -LF-D) que comprende, en común con el bucle principal, la lámpara de flash (LF) y el transductor de corriente-tensión ( $R_m$ ).
4. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el bucle principal (CE-SW-LF) comprende además una inductancia (INDUC).
5. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo de comparación de histéresis (COMP) y el valor de referencia (Uref) se eligen de manera que se regula la corriente que atraviesa la lámpara (LF) a un valor sensiblemente inferior al valor de la corriente para el que la expansión del arco eléctrico alcanza las paredes interiores de la lámpara (LF).
6. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho al menos un condensador (CE) se elige de manera que la razón entre la tensión inicial en sus bornes ( $U_i$ ) antes de la descarga y la tensión final ( $U_f$ ) al final del impulso de corriente, está comprendida entre 2 y 6, y preferiblemente del orden de 4.
7. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque al menos un condensador presenta una capacidad como máximo igual a 13.000 microfaradios y una tensión nominal como máximo igual a 400 voltios, siendo dicho al menos un condensador preferiblemente un condensador electrolítico.
8. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la capacidad del condensador (CE) se elige de manera que el valor medio de la intensidad de la corriente

que atraviesa la lámpara (LF) medida a lo largo de un periodo de un milisegundo al final del impulso de corriente, está comprendido entre el 90% y el 100% del valor medio de la intensidad medida a lo largo de un mismo periodo al comienzo del impulso de corriente.

9. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el interruptor electrónico (SW) se elige de manera que presenta un tiempo de conmutación netamente inferior a un microsegundo, siendo dicho conmutador preferiblemente un IGBT.

10. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque un módulo de control electrónico (COMM) está adaptado para proporcionar el valor de referencia (Uref) al dispositivo de comparación de histéresis (COMP), y adaptado para controlar la entrega de un impulso de corriente en el bucle principal durante una duración de impulso determinada, estando dicha duración de impulso comprendida entre 20 ms y 45 ms, y preferiblemente igual a aproximadamente 35 ms.

11. Aparato de depilación según la reivindicación 10, **caracterizado** porque el módulo de control (COMM) está adaptado para proporcionar al interruptor de conmutación rápida (SW), una temporización ( $T_{prohibida}$ ) de duración determinada en cada apertura de ese interruptor (SW), durante la cual le está prohibido bascular de nuevo al estado cerrado, siendo la duración determinada significativamente mayor que el tiempo de conmutación del interruptor (SW) pero inferior al tiempo necesario para que la lámpara (LF) se apague.

12. Aparato de depilación según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado** porque el módulo de control (COMM) está adaptado para no ordenar la emisión de un nuevo impulso de corriente antes de que haya transcurrido un tiempo determinado, denominado de reposo, desde el impulso de corriente anterior, estando el tiempo determinado de reposo comprendido entre un segundo y diez segundos, y preferiblemente es aproximadamente igual a siete segundos.

13. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho al menos un condensador (CE), el interruptor electrónico (SW) y el dispositivo de comparación de histéresis (COMP), están alojados en una misma carcasa, presentando dicha carcasa un volumen inferior a cinco litros.

14. Aparato de depilación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el peso del conjunto del aparato es como máximo igual a dos kilos.

15. Procedimiento de puesta en práctica de un aparato de depilación adaptado para emitir al menos un impulso luminoso generado por un impulso de corriente eléctrica que atraviesa una lámpara de flash (LF) formando en la misma un arco eléctrico, en el que se proporciona al menos un condensador (CE) adaptado para entregar la corriente que atraviesa la lámpara de flash, un interruptor electrónico (SW) todo o nada de conmutación rápida, formando el condensador (CE), el interruptor electrónico (SW) y la lámpara de flash (LF) un bucle principal (CE-SW-LF), **caracterizado** porque comprende, en el transcurso de la generación del impulso de corriente eléctrica, las etapas de:

- generación de una señal de medición (URm) representativa de la corriente que atraviesa la lámpara (LF);
- comparación con histéresis entre la señal de medición (URm) y un valor de referencia (Uref) 5
- control del cierre del interruptor electrónico (SW) si la comparación entre la señal de medición (URm) y el valor de referencia (Uref) indica que la corriente que atraviesa la lámpara (LF) es inferior a una intensidad determinada (Icrítica); o 10
- control de la apertura del interruptor electrónico (SW) si la comparación entre la señal de medición (URm) y el valor de referencia (Uref) 15

indica que la corriente que atraviesa la lámpara (LF) es superior a la intensidad determinada (Icrítica), de manera que se regula dicha corriente que atraviesa la lámpara (LF) mediante corte de la misma a alta frecuencia alrededor de la intensidad determinada (Icrítica).

16. Procedimiento de puesta en práctica de un aparato de depilación según la reivindicación 15, **caracterizado** porque se prevé, en cada apertura del interruptor (SW), una etapa de temporización ( $T_{\text{prohibida}}$ ) de duración determinada, durante la cual le está prohibido al interruptor (SW) bascular de nuevo al estado cerrado, siendo el tiempo determinado significativamente mayor que el tiempo de conmutación del interruptor (SW) pero inferior al tiempo necesario para que la lámpara se apague.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

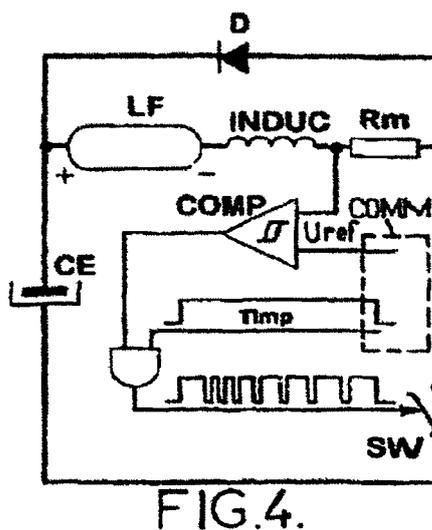
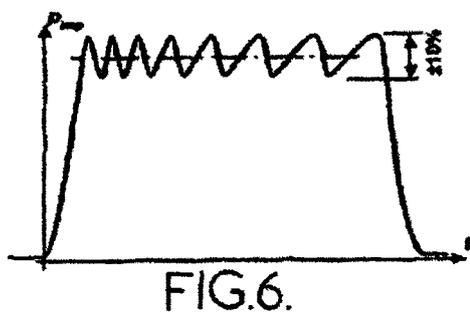
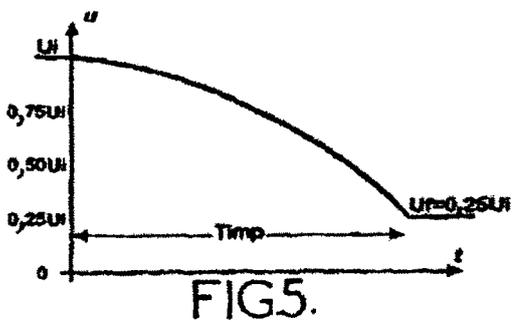
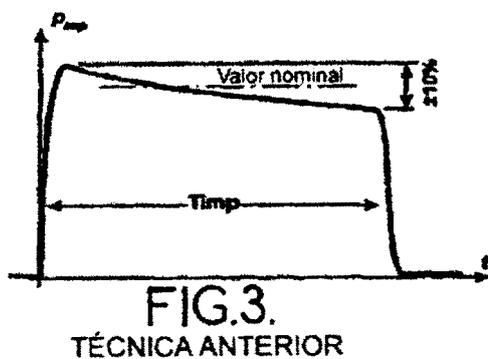
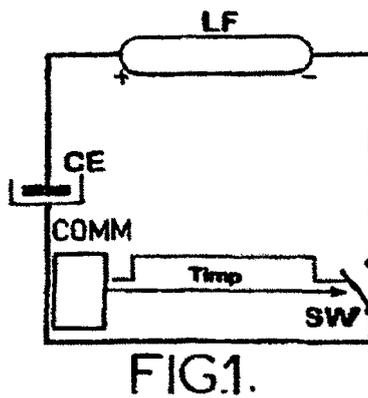
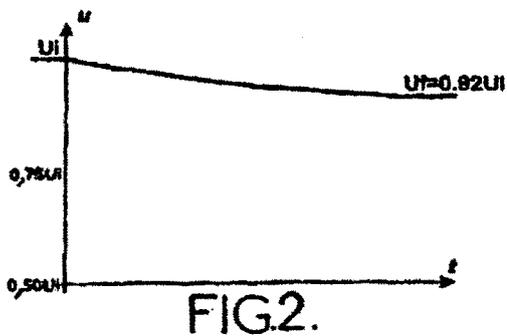


FIG.7.

