

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-108738

(P2020-108738A)

(43) 公開日 令和2年7月16日(2020.7.16)

(51) Int.Cl.  
A61B 18/04 (2006.01)

F I  
A61B 18/04

テーマコード(参考)  
4C160

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 52 頁)

(21) 出願番号 特願2019-218702 (P2019-218702)  
 (22) 出願日 令和1年12月3日(2019.12.3)  
 (31) 優先権主張番号 18210346  
 (32) 優先日 平成30年12月5日(2018.12.5)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁(EP)

(71) 出願人 592245823  
 エルベ エレクトロメディジン ゲーエム  
 ベーハー  
 Erbe Elektromedizin  
 GmbH  
 ドイツ国 72072 テュービンゲン  
 ワルドホルンレストラーセ 17  
 (74) 代理人 100109210  
 弁理士 新居 広守  
 (72) 発明者 マティアス・ゼンカー  
 ドイツ連邦共和国、72074 テュー  
 ンゲン、リンゼンベルクストラーセ 49  
 Fターム(参考) 4C160 MM32

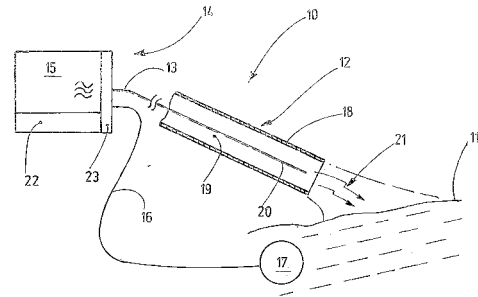
(54) 【発明の名称】 プラズマ治療装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 取り扱いが改善されたプラズマ治療装置を提供する。

【解決手段】 プラズマセンサは、治療段階中のプラズマ 21 の状態を特徴付けるパラメータおよび/またはその変化を監視し、それによって、プラズマの予想される、またはすでに起こっている中断をこのようにして認識し、この中断を回避し、理想的な場合、電圧形態をその前の形に事前に変更することによってこれを回避する。このメカニズムは、パルスパケット中にも制御装置 22 で使用することができる。各パルスパケットの長さは、一定の平均電力を保証するために、その特性による電圧形態の変更ごとに適合される。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

プラズマ治療のための装置（10）であって、

異なる調整において無線周波数交流電圧（HF）を生成するように構成された発電機（15）を有し、

治療電流を供給するための前記発電機（15）に接続されるか、または接続可能である器具（12）を有し、前記器具（12）は、前記交流電圧（HF）が供給される少なくとも1つの電極（20）を備え、プラズマを前記電極（20）において生成することができ、前記異なる調整において生成される前記交流電圧は、異なる点火能力および/または異なるプラズマ維持能力を含み、

前記発電機（15）に接続された制御装置（22）を有し、前記発電機（15）の前記調整は、前記制御装置（22）の影響を受けることができ、前記発電機（15）は、始動時に点火動作モードで、次いで、所望の効果に合わせられた動作モードで動作される、装置。

**【請求項 2】**

前記器具（12）における前記プラズマの挙動を決定するために、前記発電機（15）および/または前記器具（12）に接続されるプラズマセンサ（23）がさらに設けられ、

前記制御装置（22）は前記プラズマセンサ（23）に接続されており、前記発電機（15）の前記調整は、前記プラズマセンサ（23）によって検出された前記プラズマの挙動に基づいて前記制御装置（22）によって影響を受けることができ、

前記制御装置（22）は、プラズマの前記挙動が確実な点火挙動および/または確実なプラズマ維持を特徴付ける場合、前記プラズマセンサ（23）によって検出された前記プラズマの挙動に基づいて、前記発電機（15）のための低減された点火能力および/または低減されたプラズマ維持能力を有する調整を決定するように構成され、および/または

前記制御装置（22）は、前記プラズマの挙動が不確実な点火挙動および/または不確実なプラズマ維持を特徴付ける場合、前記プラズマセンサ（23）によって検出された前記プラズマの挙動に基づいて、前記発電機（15）のための増大された点火能力および/または増大されたプラズマ維持能力を有する調整を決定することを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記発電機の前記異なる調整は、前記発電機に、異なる電圧特性を有する電圧を出力させ、および/または異なる発電機特性において電圧を提供し、前記異なる電圧特性は、好ましくは、前記電圧の量および/もしくは変調タイプおよび/もしくは変調の程度および/もしくは電圧形態および/もしくはパルス/休止比および/もしくは周波数を指し、ならびに/または前記発電機特性はその内部抵抗を指すことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記無線周波数交流電圧（HF）は、好ましくは前記無線周波数交流電圧（HF）の周波数の5分の1より小さいが、好ましくはその20分の1より大きい中間周波数（MF）でパルス化され、前記制御装置（22）は、電圧特性が前記中間周波数（MF）の異なるパルス/休止比で互いを区別するように構成されることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記無線周波数交流電圧は、好ましくは少なくとも0.5 Hz および/または好ましくは最大200 Hz であり、特に好ましくは1から100 Hz の量を有する低周波数（NF）でパルス化されることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記制御装置（22）は、前記器具（12）の動作中、利用可能な調整のうち、最小の二次的効果を有する異なる調整のうちの調整であり、点火試行持続時間内のプラズマの

10

20

30

40

50

生成につながる調整で、前記発電機を動作させるように構成されることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

前記制御装置(22)は、前記点火試行持続時間内にプラズマセンサ(23)によってプラズマの生成が検出されない場合、前記点火試行持続時間が経過した後、増大された二次的効果を有する調整において前記発電機(15)を動作させるように構成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記制御装置(22)は、前記点火試行持続時間内での前記プラズマの少なくとも 1 回の、好ましくは反復したビルドアップの成功後、前記器具(12)の動作中、低下した二次的効果を有する調整で、後続の点火試行において前記発電機を動作させるように構成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。

10

【請求項 9】

前記制御装置(22)は、点火段階の経過後の治療段階における前記器具の動作中、前記プラズマの維持を最小の他の二次的効果において可能にする調整で、前記発電機を動作させるように構成されることを特徴とする、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

前記制御装置(22)は、治療段階内で前記プラズマの減光または不安定性がプラズマセンサ(23)によって検出された場合、プラズマのビルドアップが点火段階において達成された後、より高いプラズマ維持能力および/またはより高い二次的効果を有する調整で、実行中のおよび/または後続の治療段階における前記器具(12)の動作中、前記発電機(15)を動作させるように構成されることを特徴とする、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 11】

前記制御装置(22)は、前記プラズマの前記ビルドアップが点火段階において達成された後の前記器具(12)の動作中、前記プラズマの減光傾向が前記治療段階の持続時間内で前記プラズマセンサ(23)によって検出されなかった場合、前記発電機の前記調整をより低いプラズマ維持能力および/またはより低い二次的効果を有する調整に変更するように構成されることを特徴とする、請求項 10 に記載の装置。

30

【請求項 12】

前記制御装置(22)は、前記プラズマのビルドアップが点火段階において達成された後、パルス/休止比でパルス化された中間周波数(MF)を有する電圧形態による治療段階における前記器具(12)の動作中、前記発電機(15)を動作させるように構成され、治療持続時間内の前記プラズマの安定した存在が少なくとも 1 つ、好ましくはいくつかの後続の治療段階においてプラズマセンサによって検出された場合、前記パルス/休止比は、次の点火段階の後に続く治療段階のために低減され、前記プラズマの減光傾向が決定された場合、前記パルス/休止比は増大されることを特徴とする、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 13】

プラズマセンサ(23)は、前記プラズマの安定性の検出のための電気パラメータ、特に前記電気パラメータの時間依存進行を監視するように構成され、前記電気パラメータは、前記器具(12)に供給される電流および/または前記器具(12)に供給される電圧から導出されることを特徴とする、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の装置。

40

【請求項 14】

前記発電機(15)の前記異なる調整は、異なる点火能力および/もしくは異なるプラズマ維持能力を含み、ならびに/または異なる光および/もしくは音響ノイズ排出を引き起こすが、前記プラズマおよび/または前記組織内で一定の平均電力を出力する、少なくとも 2 つの調整を含むことを特徴とする、請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の装置。

50

## 【請求項 15】

器具(12)に供給するための無線周波数発電機(15)を備えるプラズマ治療のための装置(10)の制御方法であって、前記無線周波数発電機(15)は、異なる調整において動作させることができ、前記調整において、前記無線周波数発電機から出力される前記交流電圧(HF)は、異なる点火特性および/もしくは異なるプラズマ維持特性を含み、ならびに/または生成されたプラズマは、異なる強度の光および音響ノイズ排出を含み、前記無線周波数発電機(15)が、利用可能な調整のうち、最小の光および/または音響ノイズの排出であるが、それと同時に確実な点火および確実なプラズマ維持を可能にする調整である個々の調整において、前記器具(12)におけるプラズマの点火および前記プラズマの維持のために動作される、方法。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、取り扱いが改善されたプラズマ治療装置、特にアルゴンプラズマ治療装置に関する。プラズマ治療は、組織の凝固、失活、蒸発または分離であり得る。また、例えば、消毒または創傷治療を目的とした低温プラズマ治療も可能である。

## 【背景技術】

## 【0002】

独国特許第69632080号明細書から、管腔内に電極が配置された可撓性ホースを備える内視鏡アルゴンプラズマ内視鏡凝固器が知られている。電極は、導体を介して無線周波数発電機にほぼ接続されており、無線周波数発電機は、無線周波数電圧を電極に印加する。可撓性プローブは、遠位端に監視光学部品の一部を形成するレンズを備える内視鏡の管腔に挿入される。レンズの視野は、治療の場所、したがって電極から生じる火花またはプラズマジェットがオペレータの視野内にあるように配向される。

20

## 【0003】

国際公開第98/25530号の凝固装置も同様に構成されている。

## 【0004】

欧州特許第2231046号明細書は、可撓性内視鏡の作業チャンネルに挿入されるそのようなプラズマアプリケーションの電圧供給に言及する。火花の点火の短い持続時間は、この文献では重要な瞬間と見なされ、その間、望ましくない大量の電流が流れる場合がある。対策として、抵抗素子が、電極の前に接続される。

30

## 【0005】

独国特許出願公開第50105427号明細書から、電圧形態の変更、特にパルス/休止比の変調によって、提供される電力を調整できる発電機が知られている。ピーク電圧、したがって軽いアークまたは火花の強度は一定に保たれる。

## 【0006】

欧州特許第1307154号明細書から、変調された無線周波数電圧のパルス/休止比が電力変調に合わせて変更される、有効電力出力の調整可能な制限を備えた発電機が知られている。

## 【0007】

基本的に、プラズマ治療の治療担当者は、活性化時に火花またはプラズマの確実な即時の生成を所望する。しかし、プラズマ点火および/またはプラズマを介して伝送される電流の望ましくない効果は、回避されるか、または最小限に抑えられなければならない。そのような望ましくない効果は、例えば、治療者の眩惑、強烈なノイズの生成、組織の強烈、速すぎる、または長すぎる熱損傷、その穿刺、強烈な電磁干渉、またはそれらの組み合わせである。

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

前述から、本目的は、取り扱いが改善されたプラズマ治療装置を提供するように導出さ

50

れる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本目的は、請求項1に記載のプラズマ治療のための装置および/または請求項15に記載の方法によって解決される。

【0010】

発電機は、本発明の装置の一部であり、発電機は、異なる調整において無線周波数交流電圧（無線周波数電圧）を生成するように構成される。これらの異なる調整では、無線周波数電圧は異なる電圧特性を有し、ならびに/または発電機は、異なる電気特性を有する。発電機の異なる電気的特性またはその調整は、例えば、内部抵抗、ピーク電圧、無線周波数電圧の変調タイプ、無線周波数電圧の変調周波数、無線周波数電圧の最大電流などであり得る。発電機の異なる調整または異なる電圧特性は、異なる点火能力および/または異なるプラズマ維持能力につながる。

10

【0011】

発電機は、パルスの開始時に1つの点火動作モードで、およびその後パルス中、所望の効果に適合された動作モードで動作させることができる。例えば、パルスの始まりにおいて、発電機を非変調動作（CW）で動作させ、その後パルス中、別の動作モード、例えば変調（パルス）モードで動作させることができる。この動作モードは、所望の効果に応じて構成することができる。例えば、粘膜焼灼に合わせて、大面積の平坦な凝固を達成することが、望ましくなり得る。

20

【0012】

しかし、点火中のパルスの開始時の動作モードおよび効果を達成するためのプラズマ生成後の後続の動作モードを異なる基準にしたがって決定することも可能である。例えば、両方の段階で、点火能力およびプラズマ維持を異なる基準、例えば最小の二次的効果またはその他の基準にしたがって設定することができる。

【0013】

それによって、点火能力とは、実際の条件下でプラズマ点火を実行できるかどうか、もしそうであれば、点火が行われなくなるまで電極距離（または電極組織距離）をどの程度増大できるかを示す任意の尺度を意味する。実際の条件とは、点火プロセスに影響を与えるすべての物理的パラメータ、例えば、電極の寸法および電極の形状、電極距離、ガス組成、組織の湿度、組織の種類、組織、ガス、および電極の温度などを意味する。

30

【0014】

プラズマ維持能力とは、実際の条件下でプラズマを維持できるかどうか、もしそうであれば、プラズマが消滅するまで電極距離（または電極組織距離）をどの程度増大できるかを示す任意の尺度を意味する。

【0015】

プラズマの維持に関して、実際の条件は、プラズマ維持に影響を与える物理的パラメータのすべて、例えば、電極の寸法および電極の形状、電極距離、ガス組成、組織の湿度、組織の種類、組織、ガス、および電極の温度などを意味する。

【0016】

治療電流が供給される器具または少なくとも1つの電極を備えたプローブが、発電機に接続されるか、または接続可能である。電極を介して、生体組織に影響を与える役割を果たす、またはこれに適したプラズマが、供給される。

40

【0017】

プラズマセンサが発電機および/または器具に接続され、それによってプラズマの挙動が検出可能である。発電機の調整に影響を与えるための制御装置が、プラズマセンサおよび発電機に接続される。それにより、調整の影響は、制御装置によって決定された点火能力および/またはプラズマ維持能力に基づいて実行される。それにより、制御装置は、プラズマセンサによって検出されたプラズマの挙動に基づいて、発電機の適切な調整を設定するように構成される。制御装置が、確実な点火および/または確実なプラズマ維持を決

50

定した場合、それにより、これは、より低い点火能力および/またはより低いプラズマ維持を有する調整を試行として選択する。そのようにする際、また、接続された器具の実際の動作条件下で、火花を確実に点火でき、および/またはプラズマを維持できる場合、制御装置は、発電機の前の調整には戻らない。好ましくは、さらに、試行調整中にプラズマを確実に点火できないおよび/またはプラズマが確実に維持されない場合、発電機は、改善された点火能力またはプラズマ維持能力を有する調整、例えば発電機の前の調整に切り替えて戻るようにされ得る。

#### 【0018】

発電機は、その異なる調整において異なる電圧形態を有する無線周波数電圧を生成するように構成される。そのようにする際、発電機は、2つ以上の電圧形態間で切り替えることができるように、または無段階で電圧形態を変えることができるようにも構成することができる。電圧形態は、その点火能力および/またはプラズマ維持能力に影響を与える無線周波数電圧の任意の特徴を意味することができる。特に、電圧形態は、次のパラメータの少なくとも1つを指すことができる：周波数、ピーク電圧、平均値、二乗平均平方根値、曲線の形状、無線周波数電圧が変調されるエンベロープ、エンベロープの振幅、その形状および/または周波数、パルス/休止比（無線周波数電圧がオン/オフに切り替えられる場合）、または類似のパラメータ。無線周波数電圧は、単一または複数の方法でパルス化することができ、異なる電圧形態は、インパルスの長さおよび/またはインパルス間の休止の長さによって区別することができる。異なる電圧形態の中には、発電機がパルス化されない、すなわちゼロの休止持続時間で動作する電圧形態が存在することができる。パルス波形は、通常、パルスの終わりで減衰するように衰える1つまたは複数の無線周波数振動を伴うパルスを含む。電圧形態によって点火能力および/またはプラズマ維持能力に影響を与えるこれらおよび他の可能性を組み合わせることもできる。

10

20

#### 【0019】

基本的に、異なる調整において発電機によって提供される異なる電圧形態は、異なる特徴によって、例えばピーク電圧、平均値、二乗平均平方根値、定数成分、波形、エンベロープ、エンベロープの振幅、その形状、時間依存の進行、周波数またはその他の電気的および/または時間パラメータ、無線周波数電圧がオン/オフに切り替わる場合のパルス/休止比、および/またはそれらの組み合わせによって区別することができる。

#### 【0020】

好ましい実施形態では、無線周波数電圧はパルス化され、異なる電圧形態は、パルスの持続時間および/またはパルス間の休止の持続時間によって主にまたは排他的に区別する。そのようにする際、パルス周波数は、一定でも可変でもよい。同様に、パルス/休止比（デューティサイクル）は一定でも可変でもよく、例えば100:0（「連続波」）のパルス/休止比を含むこともできる。

30

#### 【0021】

発電機の異なる調整は、通常、組織における類似または異なる望ましい生理学的効果をそれによって達成できる治療電流につながる。同時に、これらの調整は、例えば光の発生、ノイズの発生、圧力インパルスなど、異なる二次的効果にもつながる。さらに、プラズマ温度は、治療電流および異なる発電機調整により、熱組織効果を全く示さない低温プラズマの生成まで選択的に影響され得る。

40

#### 【0022】

装置の一部である器具は、導体を介して発電機に接続されるか、または接続可能である少なくとも1つの電極を備える。器具の起動時に、治療のために提供された導電性プラズマは、例えば火花の形で、電極間、または電極と生体組織との間の距離をブリッジし、この場合生体組織もまた、発電機に接続され得る。例えば、組織と発電機の接続は、患者に取り付けられた中性電極、器具に組み込まれた第2の電極、追加のプラズマ経路を介して、または発電機および患者と地電位との容量結合を介して実行することができる。治療電流は、組織の容量の使用下で変位電流として流れることもできる。

#### 【0023】

50

器具は、電極が内部に配置されているか、または電極が配置されているガス誘導チャンネルを備えることができる。ガス誘導チャンネルは、その近位端でガス源、例えばアルゴン源に接続され、それにより、ガスジェットがその遠位端部から流出することができ、その中で火花の形の導電性プラズマをイオン化によって生成することができる。

#### 【0024】

好ましくは、無線周波数電圧は、例えば無線周波数電圧の周波数の5分の1より低い、例えば、好ましくはその20分の1よりも大きい中間周波数でパルス化される。無線周波数電圧の周波数は、例えば、100kHzから20MHzの間の周波数範囲にあり、例えば350kHzの量を有する。中間周波数は、例えば、10kHzから100kHzの範囲内にある。これは、例えば20kHz、30kHz、45kHz、または50kHzの量を有することができる。発電機に利用可能であり、制御装置によって選択可能な電圧形態は、パルス長さによって、周波数が例えば45kHzまたは50kHzに設定されるかによって区別することができ、利用可能な電圧形態の組み合わせは、より低いまたはより高い周波数を有するパルスシーケンスを含むこともできる。

10

#### 【0025】

さらに、中間周波数でパルス化される無線周波数電圧は、好ましくは少なくとも0.5Hzであるが、さらに好ましくは最大でも200から最大500Hzの量を有する低周波数でパルス化され得る。低周波数の好ましい周波数範囲は、1Hzから100Hzである。無線周波数の電圧形態は、低周波数の異なるパルス長さおよび/または異なる休止長さによって必要に応じて区別することができる。休止長さは、ゼロにもなり得る。

20

#### 【0026】

プラズマセンサは、治療器具におけるプラズマの挙動を決定する役割を果たす。発電機および制御装置として、プラズマセンサはまた、器具の供給のための装置の一部を形成することもできる。プラズマセンサは、プラズマの有無および/またはプラズマの品質または安定性を特徴付ける少なくとも1つのパラメータを検出する。例えば、これは、器具に送られる電圧および/または器具に流れる電流を検出し、これらのパラメータまたはそれから導出されるパラメータを監視するようにプラズマセンサを構成することによって、間接的に実行することができる。例えば、プラズマセンサは、検出された電圧および検出された電流から器具での有効インピーダンスを決定することができ、有効インピーダンスは、実質的にプラズマのインピーダンスおよび生体組織のインピーダンスで構成される。このインピーダンスおよび/またはその時間依存の変化は、プラズマ安定性および/またはプラズマ品質の指標として使用することができる。追加の実施形態では、他のパラメータおよび/またはそれらの時間依存変化もプラズマの品質または安定性の尺度として使用することができ、パラメータは、適切なセンサによって測定することができ、および/または測定値から導出することができる。そのようなパラメータは、例えば電流、電力、電流、電圧のさらに測定または計算された特性、および/またはそれらの組み合わせ、光学的光発生の強度および/またはスペクトル、ガスまたはプラズマの温度、プラズマの電界および/または磁場および/または電磁放射である。これらまたは他の適切なパラメータは、プラズマ安定性および/またはプラズマ品質を決定するために、上記で説明したように個別にまたは組み合わせて使用することができる。

30

40

#### 【0027】

プラズマセンサに接続された制御装置は、プラズマセンサによって検出されたプラズマの挙動に基づいて発電機調整を選択し、発電機に特定の電圧特性を有する電圧を出力させるように構成される。そのようにする際、制御装置はさらに、時折の試験または永続的な試験に基づいて、治療器具が起動されたときに発電機の調整を決定するように構成することもできる。そのようにする際、制御装置は、実際の発電機調整で最初に点火挙動および/またはプラズマ維持挙動を確認し、点火またはプラズマ維持挙動が不十分な場合、改善された点火能力および/またはプラズマ維持能力を有する発電機調整を選択するように構成され得る。さらに、制御装置は、制御装置が確実な迅速な点火および/またはプラズマの確実な維持を少なくとも1回、好ましくは複数回決定した場合、より低い点火能力およ

50

び/プラズマ維持能力を有する発電機調整を選択し、発電機にそのような調整に移行させるように構成され得る。発電機の調整は、これが確実な動作を可能にする場合、最初に維持されるようにするものとし得る。そうでない場合、これは、改善された点火能力および/または改善されたプラズマ維持を有する前のまたは別の発電機調整に変更される。

【0028】

この装置を使用すると、一方では、凝固中のプラズマの確実な点火および維持が、少なくとも一時的に過剰な電力、ピーク電圧、周波数、またはその目的のためにそれぞれの発電機調整の電圧形態を特徴付ける1つまたは複数の他のパラメータで動作する必要なく、可能になる。このような過剰とは、無線周波数電圧の点火能力および/またはプラズマ維持能力が必要以上に大きい発電機調整を意味する。プラズマ点火および/または流れ抜ける電流の過度の望ましくない二次的効果無しで（または少なくとも小さく、最良の場合は最小限で）プラズマを点火することにより、プラズマを大きく抑制することができ、それにより、組織および/または器具を（必要以上に）損傷させず、治療者が、目がくらまず、驚くことがないようになる。そのような望ましくない二次的効果は、例えば非常に明るい光の発生または強打音の生成、望ましくない組織の損傷、器具の損傷などであり得る。可能な限り低い調整（すなわち、点火および/または安定したプラズマ維持のみを可能にする調整）での発電機の調整に段階的に近づけることにより、望ましくない二次的効果を最小限に抑えることができる。それとは対照的に、プラズマ点火および/またはプラズマを流れ抜ける電流の所望の効果は、別の形で、例えば、利用可能な調整のそれぞれの選択によって最大限にすることができ、または選択的に影響を与えることができる。

10

20

【0029】

器具の起動の開始時、および該当する場合は低周波数の各パルスの開始時、プラズマをそれぞれ点火する必要がある。各低周波数パルスには、高周波数パルスの中間周波数シーケンスを含めることができる。制御装置は、好ましくは、器具の動作中、すなわち異なる高周波数電圧形態でのその印加中、電圧形態の最小点火能力において点火試行持続時間内のプラズマの生成につながる調整で、発電機を動作させるように構成される。そのようにする際、プラズマの点火に影響を与える少なくとも1つの特性、例えばパルス/休止比を、過剰ではなく必要な量だけ有する調整が、使用される。そのようにする際、プラズマの点火に伴う望ましくない効果が最小限に抑えられ、すなわち、点火の効果は、望ましい方法で影響される。

30

【0030】

制御装置は、好ましくは、点火試行持続時間内にプラズマの生成がプラズマセンサによって検出されなかった場合、器具の動作中および点火試行期間の満了後、改善された点火能力を有する調整で、例えば増大されたパルス/休止比によって発電機をさらに動作させるように構成される。そのようにする際、プラズマの点火は、確実な点火を行えるのに十分なだけの点火であるが、不必要に点火しやすいものではない電圧形態でもたらされることが、達成される。

【0031】

プラズマの点火と同様の戦略を、治療段階中のプラズマの維持に適用することができる。そのようにする際、制御装置は、点火段階の満了後の治療段階において、電圧形態の最小プラズマ維持能力でプラズマの維持を可能にする調整で、発電機を動作させるように構成される。換言すれば、これは、一方ではプラズマの維持を保証し、他方では発電機の調整のうち、選択された二次的効果が可能な限り小さい調整である、治療段階中の動作のための調整を選択する。二次的効果は、例えば光の発生、ノイズの生成、組織を穿刺する傾向、プラズマ温度、特にそのイオン温度などである。点火段階にも同じ制御戦略が使用される。

40

【0032】

このために、制御装置は、プラズマがビルドアップした後の器具の動作中に実際の調整によって発電機を動作させ、そのようにする際にプラズマの安定性を監視するように構成することができる。プラズマの妨害減光またはさらには減光が決定された場合、制御装置

50



は、改善されたプラズマ維持を有する、例えば、無線周波数電圧の増大されたパルス/休止比による調整に変更する。代替的または追加的に、制御装置は、プラズマが失速または不安定になった場合、例えば無線周波数電圧のパルス/休止比の増大によって改善したプラズマ安定性を提供する調整を、後続の点火段階後に設定することができる。しかし、実際の電圧形態での治療中、妨害減光がなく、安定したプラズマ維持が特定の期間に決定された場合、制御装置は、例えばパルス/休止比をより小さくすることによって低下したプラズマ維持能力を有する調整を試行として選択し、それによって光およびノイズの発生、電力印加、組織効果、および治療段階中のプラズマジェットの他の効果を所望の方向に最小化しおよび/または影響を与えることができる。

#### 【0033】

中間周波数が最小パルス/休止比を含む発電機の調整を設定することにより、無線周波数電圧は、最小ピーク電圧または電力印加に影響を与える別の特性を含み、電力印加は、低周波数のパルスの治療段階中に影響され、特に最小化される。しかし、所望の平均電力印加を実現できるようにするために、制御装置は、低周波数のパルス/休止比または電力印加に影響を与える電圧形態の別の特徴が、器具に効果的に供給される平均電力が所望の値に等しくなるように調整されるようにさらに構成することができる。制御装置が低周波数のパルス中により高い電力印加の電圧形態を選択する場合、これは、それによって増大された電力印加を、例えば低周波数のパルス/休止比を低減するか、または反転させることによってこうして低減する、すなわちバランスをとることができる。そのようにする際、異なる点火能力および/またはプラズマ維持能力を含むが、それによって同じ電力印加を含む異なる動作モードを提供することが可能である。

#### 【0034】

本発明の方法は、例えば、低周波数でパルス化されたパルス無線周波数交流電圧の1パルス中の無線周波数電力が、制限されるか、または最小化されるように構成することができる。各低周波数パルスは、高周波数振動の中間周波数シーケンスを含む。低周波数パルスの電力は、例えば可能な限り低く調整される。低周波数のパルス/休止比を適合させることにより、依然として平均で望ましい電力を提供することができる。治療は、低光および低ノイズで実行される。

#### 【0035】

本発明の有利な実施形態のさらなる詳細は、従属請求項、図面、およびそれぞれの説明の主題である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0036】

【図1】治療装置の非常に概略的な図である。

【図2】図1による装置の動作を明確にするために、中間周波数でパルス化された無線周波数電圧を有する低周波数エンベロープの図である。

【図3A】点火動作および/または治療動作の電圧形態として、図2による1パルス内の異なるパルス/休止比で中間周波数においてパルス化される無線周波数発電機発振の電圧形態の図である。

【図3B】点火動作および/または治療動作の電圧形態として、図2による1パルス内の異なるパルス/休止比で中間周波数においてパルス化される無線周波数発電機発振の別の電圧形態の図である。

【図3C】点火動作および/または治療動作の電圧形態として、図2による1パルス内の異なるパルス/休止比で中間周波数においてパルス化される無線周波数発電機発振の別の電圧形態の図である。

【図3D】点火動作および/または治療動作の電圧形態として、図2による1パルス内の異なるパルス/休止比で中間周波数においてパルス化される無線周波数発電機発振の別の電圧形態の図である。

【図4】制御装置の機能を明確にするための、点火動作の電圧形態の適切な選択の例とする流れ図である。

10

20

30

40

50

【図5】治療動作における制御装置の動作を明確にするための例とする流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

図1は、例えば手術中の、生体組織11のプラズマ治療のための装置10を示している。器具12は、開腹手術に使用される器具の形、または内視鏡で使用できる剛性または柔軟なプローブの形で装置10に属する。器具12の供給のために、これは、導体13を介して装置14に接続され、装置14は、器具12に無線周波数電流を供給するための発電機15を備える。

【0038】

発電機15は、器具12の起動時に器具12に無線周波数電圧を出力するように構成されており、発電機15は、異なる調整で動作することができる。発電機の各調整では、少なくとも1つの電気的特性が他のすべての調整と区別される。電気的特性は、生成されたパルス無線周波数電圧の形態、周波数、変調タイプ、波高率、パルス/休止比、無線周波数電圧の量、発電機の内部抵抗、最大電流などであり得る。これは、パルス無線周波数電圧の異なるパルス/休止比を用いて例示的に図3Aから3Dに示される。

10

【0039】

装置14は、中性導体16を介して中性電極17にさらに接続することができ、中性電極17は、生体組織11、例えば患者の皮膚に、広い領域で取り付けられる。あるいは、器具12は、双極器具として構成することができ、そのようにする際、少なくとも2つの電極を備える。

20

【0040】

器具12は、組織11に延びるプラズマ21を生成するために、剛性チューブまたは可撓性ホース18によって形成されたチャンネル19と、ホース18の遠位端のすぐ先で、遠位端において、または遠位端の手前で終端する電極20とを備える。チャンネル19は、図示しないガス源に接続されており、したがって、ホース18の遠位端において退出するガス、例えばアルゴンが流れ抜け、その中で、プラズマ21が電極20と組織11との間に生成される。本発明は、ガス供給のない器具でも使用することができる。

【0041】

装置14は、発電機15に加えて制御装置22を備え、制御装置22は、発電機15の動作モードを設定するように構成され、これによって発電機15のオンおよびオフを切り替えることができる。制御装置22は、例えば、発電機15によって供給されなければならない電圧形態を事前定義するように構成される。

30

【0042】

さらに、装置14は、導体14と中性導体16との間の電圧、ならびに導体13および/または導体16に流れる電流を検出し、そこからのプラズマの有無およびその品質を特徴付けるパラメータを導出するプラズマセンサ23を備える。最も単純な場合、このパラメータは、検出された電流そのものである。しかし、検出された電圧および/または検出された電流からプラズマ品質を特徴付けるための導出パラメータを導出するように、プラズマセンサを構成することも可能である。そのようなパラメータは、例えば流れる電流の量、電流の変化の速度または比、検出された電圧と検出された電流の間との商として計算されたインピーダンス、インピーダンスの変化（インピーダンスの増大および/またはインピーダンスの低下）、インピーダンスの変化の速度または比、インピーダンス変動、電流歪み係数、電流の高調波成分、電流の波高率、電流の高調波成分と無線周波数電圧の高調波成分との間の相違、または類似のパラメータであり得る。

40

【0043】

プラズマ治療のために、治療器具12には、好ましくは100kHzから20MHzの間の周波数、本実施形態では350kHzの周波数を有する発電機15によって生成された無線周波数電圧HFが供給されることが好ましい。無線周波数電圧HFは、通常、中間周波数MFおよびさらに低周波数NFでパルス化される。互いに続く、生成された低周波数パルスケットP1、P2、P3は、2ミリ秒から2秒までの持続時間を有することが

50

できる。パルスパケット P 1、P 2、P 3の間には、パルス/休止比に応じて、ほぼ 2 秒からほぼゼロ秒までの休止がある。パルスパケット P 1、P 2、P 3内で、発電機 1 5は、異なる電圧形態を有する無線周波数電圧 HF を提供する。それらの特性は、必要に応じて追加の装置、例えばモバイルおよび装置との接続のために提供されたユーザインターフェースおよび/または通信インターフェースによって発電機 1 5および/または制御装置 2 2において調整され得る。そのようにする際、治療に影響を与えるパラメータ、例えば無線周波数電圧のピーク値、最大電流、所望の電力、治療持続時間などが調整可能になり得る。さらに、発電機の選択可能な調整の選択または制限のための手段を必要に応じて提供することができ、その中から制御装置 2 2は、発電機 1 5の動作のために適切な調整およびそこから導出される電圧形態を選択することができる。

10

#### 【0044】

図 2 ( a ) に例示的に示す低頻度の連続パルスパケット P 1、P 2、P 3のパルスパケット P 1は、図 2 ( b ) に拡大して示されている。これは、点火段階 Z と治療段階 K に分けられる。点火段階 Z は、プラズマをビルドアップし、その安定したイオン化の役割を果たす。この目的のために提供される持続時間  $t_z$  は、図 2 ( b ) に示すように、例えば 1 ミリ秒の定義された持続時間または点火段階持続時間  $t_z$  の定義された割合であることができる、点火試行持続時間  $t_{zv}$  を含むことができる。この点火試行持続時間  $t_{zv}$  内で、無線周波数電圧が印加されたときにプラズマの点火または火花が発生したかどうか監視される。

20

#### 【0045】

点火中、すなわち少なくとも点火試行持続時間  $t_{zv}$  が満了するまで、発電機 1 5は、複数の可能な所定の調整から選択される初期調整で制御装置 2 2によって制御されて動作する。図 3 A から 3 D は、好ましくは一致する無線周波数およびピーク電圧を含むそれぞれの調整の電圧形態を示す。それらは、中間周波数の変調電圧でパルス化される。例えば、パルス周波数は、10 kHz から 70 kHz の間の任意の周波数を有する。1 つまたは複数の非減衰振動の後、高周波数電圧は落ち着き、すなわち、これは、減衰して衰える。図 3 A は、高いパルス/休止比を有する調整を示す。この場合、中間周波数の変調周波数の量は、50 kHz である。この電圧形態は、利用可能な電圧形態のうち最高の点火特性を含むが、最も強力な光およびノイズの発生も含む。

30

#### 【0046】

図 3 B は、中間周波数の変調周波数が 40 kHz に設定される第 2 の調整を示す。この電圧形態は、軽減した光および軽減したノイズの発生を伴う良好な点火特性を含む。

#### 【0047】

図 3 C は、図 3 B と比較してパルス/休止比がさらに減少するように、30 kHz の中間周波数 MF で無線周波数電圧 HF が変調された、第 3 の調整を示す。点火特性がわずかに低下すると、光およびノイズの発生は、さらに低減される。

#### 【0048】

図 3 D は、適用可能な場合の、制御装置 2 2 により選択され、発電機 1 5 によって提供され得る別の調整を示す。中間周波数 MF のデューティサイクルおよび周波数は、再度低減される。これは、依然として 10 から 70 kHz の指定範囲内にあり、この場合、例えば 20 kHz の量を有する。

40

#### 【0049】

点火段階 Z の間、装置 1 0 は次のように動作する：

制御装置 2 2 は、パルスパケット P 1 の開始時に、プラズマを点火するために、図 3 A から図 3 D によって上記で説明した、示された 4 つの調整のうちの 1 つを選択する。この手順は、図 4 のブロック 3 0 に示される。治療の開始時に、制御装置 2 2 は、例えばマニュアル仕様にしたがって、または最後に使用された調整にしたがって調整を選択する。時間カウンタ  $t_{ign}$  および  $t_{vform}$  は、最初にゼロに設定される。次に、発電機 1 5 は、無線周波数電圧の生成を開始する ( ブロック 3 1 を参照 ) 。持続時間  $t_{meas}$  内で、測定値、例えば電流、電圧、およびその他のパラメータが検出され、導出されたパラメ

50

ータ、例えばプラズマセンサ23の値が計算される。時間カウンタは、それぞれ  $t_{meas}$  ずつ増大される。続いて、プラズマが生成されたかどうかチェックされる（ブロック32）。そうでない場合、点火試行持続時間  $t_{zv}$  が満了したかどうかチェックされる（ブロック33）。そうである場合、点火試行は終了し、点火休止が挿入される（ブロック36）。そうでない場合、 $t_{zv}$  より短い、1つの電圧形態  $t_{zv\_vform}$  に提供される点火試行持続時間（例えば、利用可能な点火持続時間  $t_{zv}$  の4分の1または少なくとも1ミリ秒の定義された持続時間）が満了したかどうかチェックされる（ブロック34）。プラズマが点火せずに2つの点火試行持続時間の1つが満了した場合、ブロック35に示すように、制御装置は、より高い点火能力を有する電圧形態を選択する。同時に、電圧形態の時間カウンタ  $t_{vform}$  は、リセットされる。制御装置22が、例えば図3Cによる電圧形態を定義していた場合、最初にこれは、次に図3Bによる電圧形態に変化する。ブロック31により、再び測定持続時間が過ぎ、次いで、プラズマが点火したかどうかチェックされる。点火試行持続時間の1つの満了までそうではない場合、さらに高い点火能力を有する電圧形態、例えば図3Aによる電圧形態が、再度ブロック35において選択される。

10

#### 【0050】

プラズマが点火した場合、正常な点火が、例えばブロック37においてカウンタ変数  $i$  をインクリメントすることによって登録される。ブロック38において、点火試行の成功回数  $X$  に達したかどうかチェックされる。このおよび/または別の安定性基準が満たされる場合、制御装置22は、これより弱い光およびノイズの発生でも点火をもたらすことができるかを試験するために、カウンタ変数  $i$  の同時リセットを伴って、低周波数の次の点火段階のためにより低い点火能力を有する電圧形態に変化する。その後、これは、治療動作に直接移行される（ブロック40）。

20

#### 【0051】

治療動作Kは点火操作に続き、図3Aから3Dによる異なる調整が、さらに治療動作Kに提供される。図3Aによる電圧形態は、最高のプラズマ維持特性、最大の平均電力、および最強の光およびノイズの逸脱を有する。図3B、3C、および3Dによる電圧形態は、左から右に、電圧形態が順次前にいくにつれて、低下したプラズマ維持能力、より低い平均電力、およびより弱い光およびノイズの発生をそれぞれ有する。

30

#### 【0052】

この例のように、治療段階に関しても同じであるが、点火段階とは別の電圧形態の選択を使用することもできる。

#### 【0053】

治療段階Kでは、装置10は、以下のように動作する：

治療段階の開始時、これはブロック41に象徴される初期電圧形態で動作される。この電圧形態は、例えば事前に定義することができ、または履歴から導出し、最後に正常に使用された電圧形態に対応させることもできる。次の手順に必要な時間カウンタ  $t_{plasma}$  および  $t_{vform}$  は、最初にゼロに設定される。ブロック42で象徴されるように、電圧形態は、器具12に供給される。一定の持続時間内に  $t_{meas}$  の測定値が検出され、導出されたパラメータ、例えばプラズマセンサ23の値が、点火段階と同様に計算される。時間カウンタは、それぞれ  $t_{meas}$  ずつ増大される。その後、時間カウンタ  $t_{plasma}$  は、調整された電力印加によって定義された持続時間  $t_{pulse}$  と比較される（ブロック42）。持続時間  $t_{pulse}$  が経過した場合、動作休止への変更が実行される（ブロック49）。別の形で、プラズマの状態は、プラズマセンサによって取得される。好ましい実施形態では、プラズマセンサは、プラズマの中断（ブロック43）だけでなく、プラズマの予想される中断（ブロック44）も検出するように構成される。このために、これは、例えば、導体13と16との間で測定できるインピーダンスおよびその時間依存の進行を監視するように構成することができる。インピーダンスが、例えば約10%を超える  $200\mu s$  の所定の持続時間、または例えば200オームなどの定義された値内で増大する場合、これは、差し迫ったプラズマ中断の指標である。これを検出するよう

40

50

にプラズマセンサ 2 3 を構成することができる。制御装置 2 2 は、ブロック 4 4 による差し迫ったプラズマ中断の指標が存在する場合、改善されたプラズマ維持特性を有する調整を即座に選択するようにさらに構成することができる（ブロック 4 7）。例えば、これは、図 3 D による電圧形態から図 3 C による電圧形態、図 3 C による電圧形態から図 3 B による電圧形態、または図 3 B による電圧形態から図 3 A による電圧形態に移行する。最終的に、制御装置 2 2 は、ブロック 4 4 において、図 3 A から図 3 D の一連の電圧形態においてそれぞれ少なくとも約 1 ステップ左にジャンプする。

#### 【 0 0 5 4 】

プラズマが少なくとも  $t_{min}$  の持続時間中に安定している場合、制御装置は、図 3 A から 3 D の一連の電圧形態において少なくとも約 1 ステップ右にジャンプすることにより、低下したプラズマ維持特性を有する電圧形態を試行として選択する。これにより、持続時間  $t_{min}$  は、電圧形態ごとに個別に定義することができる。例えば、持続時間  $t_{min}$  中の治療が図 3 B による電圧形態で正常に実行された場合、制御装置は、図 3 C による電圧形態に変化する。プラズマの不安定性が示された場合、これは、図 3 B による電圧形態に戻る。しかし、プラズマが図 3 C の電圧形態で安定したままである場合、光およびノイズの発生は、最小限に抑えられる。

10

#### 【 0 0 5 5 】

提示された方法により、制御装置 2 2 は、光およびノイズの発生のような、望ましくない二次的効果を可能な限り少なく伴う点火および治療のための波形をそれぞれ選択する。制御装置は、点火の 1 つまたは複数の他の効果および / またはプラズマ流に所望の方向の影響を与えることができ、他方では、確実な点火および確実なプラズマ治療が達成される。個々のパルスパケット P 1、P 2、P 3 内およびそれらの間の点火中および / または治療中の発電機 1 5 の調整の変化により、生体組織 1 1 に伝達される電力が影響を受け得る。制御装置 2 2 は、図 3 A から図 3 D においてそれぞれ可能な限り右の電圧形態、すなわち可能な限り低いデューティサイクルを有する電圧形態を選択するための最小化目的を有する。これは、低減された電力印加に沿ったものである。

20

#### 【 0 0 5 6 】

しかし、所望の平均電力印加  $P_{des}$  を保証するために、制御装置 2 2 は、図 5 のブロック 4 8 に示すように、パルスパケット P 1、P 2、P 3 の持続時間を増大または減少させるように構成することができる。このため、制御装置 2 2 は、パルスパケット内でこれまでに生体組織に送られたエネルギーを検出し、持続時間  $t_{pulse}$  を、持続時間  $t_{pulse}$  の満了後の伝達エネルギーが所望の電力  $P_{des}$  および総持続時間  $t_T$  の積に等しくなるように計算するように構成することができる。総持続時間  $t_T$  は、点火段階持続時間  $t_z$ 、治療段階持続時間  $t_k$  および休止持続時間  $t_p$  の合計であり、例えば、50 Hz の定義された低周波数で 20 ミリ秒の量を有する。

30

#### 【 0 0 5 7 】

治療段階の変更が、可能である。例えば、制御装置は、特有の持続時間、例えば 0.5 ミリ秒またはパルスパケットの所定の持続時間の一部分の満了後に、プラズマが依然として存在するかを確認し、そうである場合、より弱いノイズおよび光の発生と引き換えに、低下したプラズマ維持特性を有する電圧形態に変更することができる。そのようにする際、プラズマが中断されるか、またはそのとき安定性の欠如を示す場合、より良好な維持特性を有する電圧形態に戻る変更を、同じ治療段階において制御装置によって開始することができる。

40

#### 【 0 0 5 8 】

それとは無関係に、提示されるすべての実施形態において、パルスパケット P 1、P 2 および / または P 3 の持続時間は、組織内に導入される平均電力 P をできるだけ一定に維持するために、前におよび実際に使用された電圧形態の特性による電圧形態の変更ごとに適合させることができる。

#### 【 0 0 5 9 】

点火および治療段階の調整の選択は、前回の点火および治療段階で最後に使用されたよ

50

うに、各パルスパケット内で選択することができる。例えば、パルスパケット P 2 は、パルスパケット P 1 で点火が最後にもたらされた調整で開始することができる。同じことが、治療用電圧形態にも当てはまる。

【 0 0 6 0 】

上記の説明によれば、図 3 A から 3 D による異なる電圧形態間の変更は、切り替えの形で生じたが、この変更は、必要に応じて浮動式にまたは無段階で実行することができる。

【 0 0 6 1 】

装置 1 4 の改変された実施形態では、制御装置 2 2 は、プラズマセンサ 2 3 によって測定されたインピーダンスを、それが所定の値範囲内、例えば 1 0 0 オームから 9 . 5 k オームの間であるかどうかをチェックするように構成される。この場合、制御装置 2 2 は、プラズマの存在を想定することができる。あるいは、測定された二乗平均平方根電流の量を指標として提供することができる。この場合、プラズマセンサ 2 3 は、測定された二乗平均平方根電流が、例えば 0 . 1 アンペアの所定の値よりも大きいかどうかを検出するように構成される。さらに、プラズマセンサ 2 3 は、インピーダンスを監視するように構成することができる。これが、例えば 3 k オームの所定の値よりも小さい場合、これは、電流の上述のしきい値超過と組み合わせて、プラズマの存在の指標としての役割を果たすことができる。また、他のパラメータおよびその組み合わせ、ならびに他のしきい値も使用することができる。

【 0 0 6 2 】

提示された装置 1 0 は、点火およびプラズマの維持と、点火および / またはプラズマ電流の望ましい効果または望ましくない効果の最小化または最大化との間の妥協点を得るために、少なくとも点火および治療の段階の 1 つの間、使用される電圧形態を動的に適合させる。プラズマセンサは、プラズマの予想される中断を決定するために、治療段階中のプラズマの状態を特徴付けるパラメータおよび / またはそれらの変化を監視し、理想的な場合、電圧形態をその前の形に事前に変更することによってこれを回避する。

【 0 0 6 3 】

示された機構は、パルスパケット P 1、P 2、P 3 中にも制御装置 2 2 によって使用することができる。各パルスパケットの長さは、一定の平均電力を保証するために、その特性による調整の変更ごとに適合される。

【 0 0 6 4 】

プラズマ治療のための方法は、無線周波数発電機 1 5 を、変調された無線周波数電圧を有する中間周波数パルスのそれぞれの出力によって、器具 1 2 においてプラズマを点火させ、それを維持させるように向けられ、そのデューティサイクルは、点火し、火花を維持するのに十分なだけの高さであり、それ以上高いものではない。そのようにする際、ノイズおよび光の発生が、最小限に抑えられる。最小可能値のデューティサイクルの定義は、点火能力およびプラズマ維持の監視下で、調整を連続的または時折変更することにより、段階的に実行することができる。この方法で最適化されたデューティサイクルの調整は、電圧形態のストックから異なる電圧形態を選択することにより、段階無しに、または段階ごとに連続的に実行することができる。中間周波数のデューティサイクルを最小化することで、治療プロセスの望ましい弱光および低ノイズが得られる。低周波数のデューティサイクルの逆変調により、所望の電力が、調整される。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

- 1 0 装置
- 1 1 生体組織
- 1 2 器具
- 1 3 電力
- 1 4 装置
- 1 5 発電機
- 1 6 中性導体

10

20

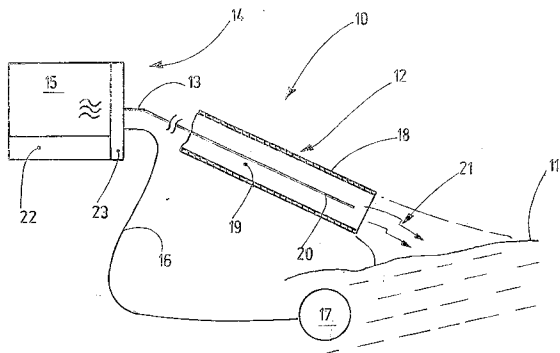
30

40

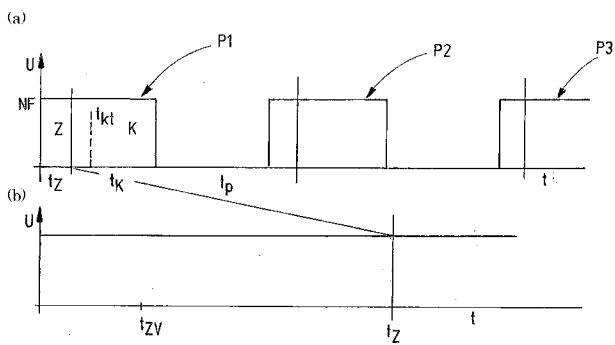
50

- 17 中性電極
- 18 ホース
- 19 チャンネル
- 20 電極
- 21 プラズマ
- 22 制御装置
- P1、P2、P3 パルスパケット
- 30 - 46 ブロック

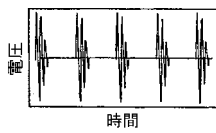
【図1】



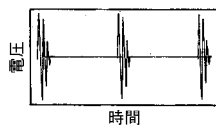
【図2】



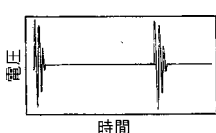
【図3A】



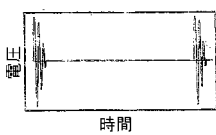
【図3B】



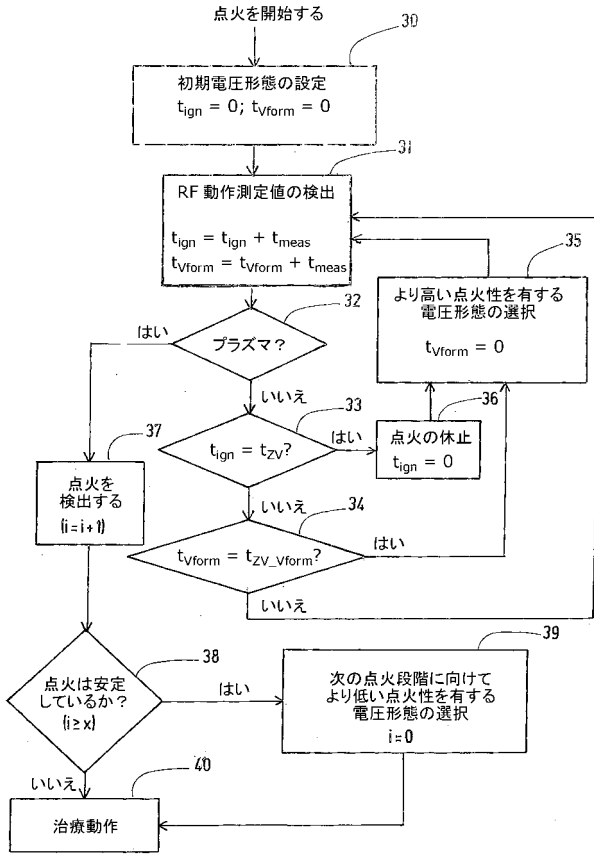
【図3C】



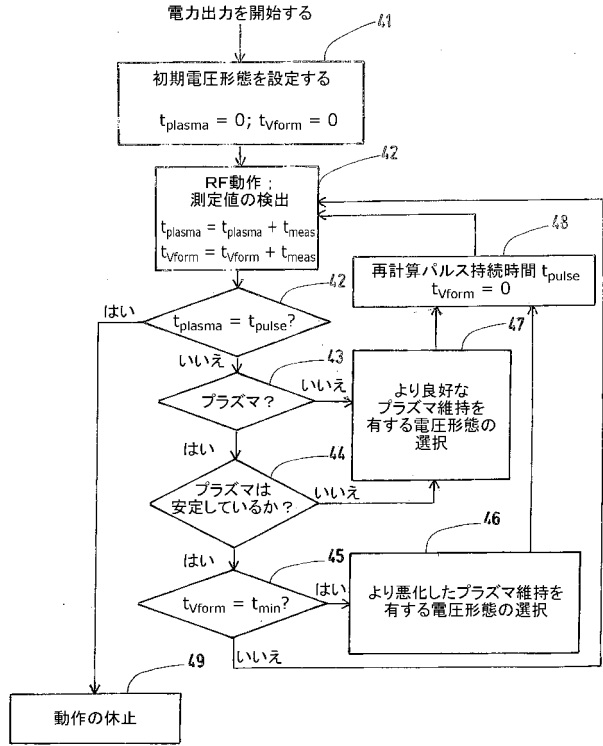
【図3D】



【 図 4 】



【 図 5 】





## 【外国語明細書】

Plasma treatment device

[0001] The invention refers to a plasma treatment device with improved handling, particularly an argon plasma treatment device. The plasma treatment can be a coagulation, a devitalization, a vaporization or a separation of tissue. Also possible is a cold plasma treatment with the object of a disinfection or wound treatment, for example.

[0002] From DE 696 320 80 T2 an endoscopic argon plasma endoscope coagulator is known that comprises a flexible hose in the lumen of which an electrode is arranged. The electrode is approximately connected with a radio frequency generator via a conductor, wherein the radio frequency generator applies a radio frequency voltage to the electrode. The flexible probe is inserted into a lumen of an endoscope that comprises a lens at its distal end that forms part of a monitoring optic. The field of view of the lens is orientated, such that the location of treatment and thus the spark or plasma jet originating from the electrode is within the field of view of the operator.

[0003] The coagulation device of WO 98/25530 A1 is similarly configured.

[0004] EP 2 231 046 B1 refers to the voltage supply of such a plasma applicator that is to be inserted in a working channel of a flexible endoscope. The short duration of the ignition of a spark is considered as critical moment in this document, during which a current may flow having an undesired

high amount. For remedy a resistor element is connected ahead of the electrode.

[0005] From DE 50 105 427 A1 a generator is known, wherein the provided power can be adjusted by modification of the voltage form, particularly the modulation of the pulse/pause ratio. The peak voltage and thus the intensity of a light arc or spark are kept constant.

[0006] From EP 1 307 154 B1 a generator with adjustable limitation of the effective power output is known, in which the pulse/pause ratio of the modulated radio frequency voltage is varied for power modulation.

[0007] Basically the treating person of the plasma treatment desires a reliable and immediate creation of a spark or a plasma at the activation. However, undesired effects of the plasma ignition and/or the electric current transmitted via the plasma shall be avoided or minimized. Such undesired effects are, e.g. the dazzling of the treating person, a too intense noise creation, a too intense, too fast or too extended thermal damage of the tissue, a puncture thereof, a too intense electro-magnetic interference or a combination thereof.

[0008] Therefrom the object is derived to provide a plasma treatment device with improved handling.

[0009] The object is solved with a device for plasma treatment according to claim 1 and/or a method according to claim 15:

[0010] A generator is part of the inventive device, wherein the generator is configured to create a radio frequency alternating voltage (radio frequency voltage) in different adjustments. In these different adjustments the radio frequency voltage has different voltage characteristics and/or the generator has different electric characteristics. The different electric characteristics of the generator or its adjustments can be, for example, the internal resistance, the peak voltage, the modulation type of the radio frequency voltage, the modulation frequency of the radio frequency voltage, the maximum current of the radio frequency voltage or the like. The different adjustments of the generator or the different voltage characteristics lead to different ignition capabilities and/or different plasma maintenance capabilities.

[0011] The generator can be operated in one ignition operating mode at the start of a pulse and subsequently, during the pulse in an operating mode adapted to the desired effect. For example, at the beginning of a pulse the generator can be operated in a non-modulated operation (CW) and subsequently during the pulse in another operating mode, e.g. in a modulated (pulsed) mode. This operating mode can be configured according to the desired effect. For example, it can be desired to achieve a large area flat coagulation for Mucosa ablation.

[0012] It is, however, also possible to determine the operating mode at the start of the pulse during ignition and the subsequent operating mode after creation of the plasma for achieving an effect following different criteria. For example, in both phases the ignition ability and the plasma

maintenance can be set according to different criteria, e.g. minimum secondary effect or other criteria.

[0013] The ignition ability thereby means any measure that indicates whether a plasma ignition can be carried out under the actual conditions and if so, to what extent the electrode distance (or electrode tissue distance) can be increased until no ignition takes place. The actual conditions mean all physical parameters that influence the ignition process, as for example the dimension of the electrode and the shape of the electrode, the electrode distance, the gas composition, the humidity of the tissue, the type of tissue, the temperature of the tissue, of the gas and of the electrode(s) etc.

[0014] The plasma maintenance ability means any measure that indicates whether a plasma may be maintained under the actual conditions and if so, to what extent the electrode distance (or electrode tissue distance) can be increased until the plasma extinguishes.

[0015] With regard to the plasma maintenance the actual conditions mean all of the physical parameters that influence the plasma maintenance, as for example the dimension of the electrode and the shape of the electrode, the electrode distance, the gas composition, the humidity of the tissue, the type of tissue, the temperature of the tissue, of the gas and of the electrode(s) etc.

[0016] An instrument that is to be supplied with a treating current or a probe with at least one electrode is connected or connectable to the generator. Via the electrode a

plasma is fed that serves or is suitable for influencing on a biological tissue.

[0017] A plasma sensor is connected to the generator and/or the instrument by means of which the behavior of the plasma is detectable. A control device for influencing the adjustment of the generator is connected to the plasma sensor and the generator. The influence of the adjustment is thereby carried out based on the determined ignition capability and/or plasma maintenance capability determined by the control device. The control device is thereby configured in a way that it sets a suitable adjustment for the generator based on the behavior of the plasma detected by the plasma sensor. If the control device has determined a reliable ignition and/or reliable plasma maintenance, it thereby selects an adjustment with lower ignition capability and/or lower plasma maintenance as a trial. If in doing so and under the actual operation conditions of the connected instrument a spark can be reliably ignited and/or a plasma can be maintained, the control device does not change back to the previous adjustment of the generator. Preferably it can be additionally provided that the generator switches back to an adjustment with improved ignition capability or plasma maintenance capability, e.g. to the previous adjustment of the generator, if a plasma cannot be reliably ignited during the trial adjustment anymore and/or the plasma is not reliably maintained.

[0018] The generator is configured to create a radio frequency voltage with different voltage forms in its different adjustments. In doing so, the generator can be configured that it can switch between two or more voltage forms or that

it can also vary the voltage form in a stepless manner. A voltage form can mean any feature of the radio frequency voltage that influences the ignition capability and/or the plasma maintenance capability thereof. Particularly, the voltage form can refer to at least one of the following parameters: the frequency, the peak voltage, the mean value, the root mean square value, the shape of the curve, the envelope with which the radio frequency voltage is modulated, the amplitude of the envelope, the shape and/or frequency thereof, the pulse/pause ratio (in case the radio frequency voltage is switched on/off) or similar parameters. The radio frequency voltage can be pulsed in a single or multiple manner, wherein the different voltage forms can distinguish by the length of the impulses and/or the length of the pauses between impulses. Among the different voltage forms there can be a voltage form, in which the generator is non-pulsed, i.e. it operates with a pause duration of zero. The pulsed wave forms comprise typically a pulse with one or more radio frequency oscillations that decay in a damped manner at the end of the pulse. These and other possibilities to influence the ignition capability and/or the plasma maintenance capability by the voltage form can also be combined.

[0019] Basically the different voltage forms provided by the generator in different adjustments can distinguish by different features, e.g. by the peak voltage, the mean value, the root mean square value, the constant component, the wave form, the envelope, the amplitude of the envelope, the shape thereof, the time-dependent progression, the frequency or other electric and/or time parameters, the pulse/pause ratio in case of an radio frequency voltage switched on/off and/or combinations thereof.

[0020] In a preferred embodiment the radio frequency voltage is pulsed and the different voltage forms distinguish primarily or exclusively by the duration of the pulses and/or the duration of the pauses between the pulses. In doing so, the pulse frequency can be constant or variable. Similarly the pulse/pause ratio (duty cycle) can be constant or variable and can, e.g. also comprise the pulse/pause ratio of 100:0 ("Continuous Wave").

[0021] The different adjustments of the generator typically lead to treatment currents with which similar or different desired physiological effects at the tissue can be achieved. Concurrently they also lead to different secondary effects, as for example light occurrences, noise occurrences, pressure impulses etc. Additionally, the plasma temperature can be selectively influenced up to the creation of a cold plasma that does not show any thermal tissue effect by means of the treatment currents and the different generator adjustments.

[0022] The instrument that is part of the device comprises at least one electrode that is connected or connectable with the generator via a conductor. Upon activation of the instrument the electric conductive plasma provided for treatment bridges, e.g. in the form of a spark, a distance between the electrodes or between the electrode and the biological tissue, wherein the biological tissue can also be connected with the generator. For example, the connection of the tissue with the generator can be carried out via a neutral electrode attached to the patient, a second electrode integrated into the instrument, an additional plasma path or via the capacitive coupling of the generator and the patient with the ground po-

tential. The treatment current can also flow as displacement current under use of the capacity of the tissue.

[0023] The instrument can comprise a gas-guiding channel in or at which the electrode is arranged. The gas-guiding channel is connected to a gas source at its proximal end, e.g. an argon source, such that a gas jet can flow out of its distal end, in which an electric conductive plasma, e.g. in form of a spark, can be created by ionization.

[0024] Preferably the radio frequency voltage is pulsed with a medium frequency that is, for example, lower than one-fifth of the frequency of the radio frequency voltage, however, for example, preferably larger than one-twentieth thereof. The frequency of the radio frequency voltage is, for example, in a frequency range between 100 kHz and 20 MHz and has an amount of 350 kHz for example. The medium frequency is, e.g. in a range from 10 kHz to 100 kHz. It can have an amount of, e.g. 20 kHz, 30 kHz, 45 kHz or 50 kHz. The voltage forms that are available for the generator and that are selectable by the control device may distinguish by the pulse length, if the frequency is e.g. set to 45 kHz or 50 kHz, wherein the assortment of available voltage forms can also contain pulse sequences with lower or higher frequency.

[0025] Additionally the radio frequency voltage that is pulsed with the medium frequency can be pulsed with a low frequency that has an amount of preferably at least 0.5 Hz and however further preferably at most 200 to maximum 500 Hz. A preferred frequency range of the low frequency ranges from 1 Hz to 100 Hz. The voltage forms of the radio frequency can distinguish as required by different pulse lengths and/or



different pause lengths of the low frequency. The pause length can also be zero.

[0026] The plasma sensor serves to determine the behavior of the plasma at the treatment instrument. As the generator and the control device, the plasma sensor can also form part of a device for supply of the instrument. The plasma sensor detects at least one parameter characterizing the presence or absence and/or the quality or stability of the plasma. For example, this can be carried out in an indirect manner by configuration of the plasma sensor to detect the voltage transmitted to the instrument and/or the current flowing to the instrument and to monitor these parameters or parameters derived therefrom. For example, the plasma sensor can determine the effective impedance at the instrument from the detected voltage and the detected current, wherein the effective impedance is composed substantially of the impedance of the plasma and the impedance of the biological tissue. This impedance and/or its time-dependent change can be used as indicator for the plasma stability and/or plasma quality. In additional embodiments also other parameters and/or their time-dependent change can be used as measure for the quality or stability of the plasma, wherein the parameters can be measured by appropriate sensors and/or can be derived from measurement values. Such parameters are, e.g. the electric current, the electric power, further measured or calculated characteristics of the electric current, of the electric voltage and/or a combination thereof, the intensity and/or the spectrum of an optical light occurrence, the temperature of the gas or plasma, the electric and/or magnetic field and/or the electromagnetic radiation of the plasma. These or other suitable parameters can be used individually or in com-

ination as described above in order to determine the plasma stability and/or plasma quality.

[0027] The control device connected to the plasma sensor is configured to select the generator adjustment based on the behavior of the plasma detected by the plasma sensor and to cause the generator to output a voltage with specific voltage characteristics. In doing so, the control device can be further configured to determine the generator adjustments when the treatment instrument is activated based on occasional or perpetual tests. In doing so, the control device can be configured to first check the ignition behavior and/or the plasma maintenance behavior with the actual generator adjustment and if the ignition or plasma maintenance behavior is insufficient, to select a generator adjustment with improved ignition capability and/or plasma maintenance capability. Additionally, the control device can be configured to select a generator adjustment with a lower ignition capability and/or plasma maintenance capability and to cause the generator to transition to such an adjustment, if the control device has determined a reliable quick ignition and/or a reliable maintenance of the plasma at least one time and preferably a plurality of times. It can be provided that the generator adjustment is at first maintained, if it allows a reliable operation. If not, it is changed to the previous or another generator adjustment with improved ignition capability and/or improved plasma maintenance.

[0028] With this device on one hand a reliable ignition and maintenance of the plasma during coagulation is allowed without the need to operate with an at least temporary excess of power, peak voltage, frequency or one or more other param-

eter characterizing a voltage form of the respective generator adjustment for this purpose. Such an excess means a generator adjustment, in which the ignition capability and/or the plasma maintenance capability of the radio frequency voltage is larger than necessary. By ignition of the plasma without (or with at least low and in the best case lowest possible) excessive undesired secondary effects of the plasma ignition and/or of the current flowing through the plasma can be suppressed largely, such that the tissue and/or the instrument are not (or not more as necessary) damaged and the treating person is neither blinded nor startled. Such undesired secondary effects can be, e.g. the creation of very bright light occurrences or the creation of bang noises, undesired tissue damages, instrument damages or the like. Due to the stepwise approximation of the adjustment of the generator at the lowest possible adjustment (i.e. the adjustment that just allows an ignition and/or a stable plasma maintenance), undesired secondary effects can be minimized. On the contrary, desired effects of the plasma ignition and/or of the current flowing through the plasma can be maximized or selectively influenced otherwise, e.g. by a respective selection of the available adjustments.

[0029] At the start of the activation of the instrument as well as the start of each pulse of the low frequency if applicable, a plasma has to be ignited respectively. In each low frequency pulse a medium frequency sequence of high frequency pulses can be comprised. The control device is preferably configured that it operates the generator with the adjustment that leads to the creation of a plasma within an ignition trial duration at minimum ignition capability of the voltage form during the operation of the instrument, i.e.

during the application thereof with different high frequency voltage forms. In doing so, the adjustment is used that has at least one characteristic that influences the ignition of the plasma, e.g. the pulse/pause ratio, just in the necessary amount, but however not in excess. In doing so, undesired effects involved with the ignition of the plasma are minimized, i.e. the effects of the ignition are influenced in a desired manner.

[0030] The control device is preferably configured, such that it further operates the generator with an adjustment with improved ignition capability, e.g. by an increased pulse/pause ratio, during the operation of the instrument and after expiration of the ignition trial duration, if within the ignition trial duration no creation of the plasma has been detected by the plasma sensor. In doing so, it is achieved that the ignition of the plasma is effected with a voltage form that is just enough ignition capable in order to effect a reliable ignition, however, not unnecessarily more ignitable.

[0031] A similar strategy as for the ignition of the plasma can be applied for its maintenance during the treatment phase. In doing so, the control device is configured such that it operates the generator after expiration of an ignition phase in a treatment phase with an adjustment that allows the maintenance of the plasma with a minimum plasma maintenance capability of the voltage form. In other words, it selects the adjustment for the operation during the treatment phase that on one hand guarantees the plasma maintenance and on the other hand is the adjustment among the adjustments of the generator, at which a selected secondary effect is as

low as possible. The secondary effect is, e.g. the light occurrence, the noise creation, the tendency to puncture the tissue, the plasma temperature, particularly its ion temperature or the like. The same control strategy is used for the ignition phase.

[0032] For this the control device can be configured, such that it operates the generator with an actual adjustment during the operation of the instrument after the plasma has been build up and in so doing monitors the plasma stability. If an impending extinction or even an extinction of the plasma is determined, the control device changes to an adjustment with improved plasma maintenance, e.g. by an increased pulse/pause ratio of the radio frequency voltage. Alternatively or additionally the control device can set an adjustment after the subsequent ignition phase that provides an improved plasma stability, e.g. due to an increased pulse/pause ratio of the radio frequency voltage, if the plasma was stalled or became instable. If however during the treatment with an actual voltage form no impending extinction, but a stable plasma maintenance was determined during a specific duration, the control device can select as a trial an adjustment with decreased plasma maintenance capability, e.g. due to a lower pulse/pause ratio, in order to minimize and/or influence light and noise occurrences, power application, tissue effects and other effects of the plasma jet during the treatment phase in a desired direction.

[0033] By setting the adjustment of the generator at which the medium frequency comprises a minimum pulse/pause ratio, the radio frequency voltage comprises a minimum peak voltage or another characteristic influencing the power application,

the power application is influenced, particularly minimized, during the treatment phase of a pulse of the low frequency. However, in order to be able to realize a desired average power application, the control device can be further configured that the pulse/pause ratio of the low frequency or another feature of the voltage form that influences the power application is adjusted that the average power effectively supplied to the instrument is equal to a desired value. If the control device selects a voltage form with higher power application during the pulse of the low frequency, it can thus reduce, i.e. balance, the power application again that was increased thereby, by for example reducing or inverting the pulse/pause ratio of the low frequency. In doing so, it is possible to provide different operating modes that comprise different ignition capabilities and/or plasma maintenance capabilities, but thereby having the same power application.

[0034] The inventive method can be configured, e.g. such that the radio frequency power during one pulse of a pulsed radio frequency alternating voltage pulsed with low frequency is limited or minimized. Each low frequency pulse contains a medium frequency sequence of high frequency oscillations. The power of the low frequency pulses is e.g. adjusted as low as possible. By adapting the low frequency pulse/pause ratio, the desired power can still be provided in the average. The treatment is carried out with low light and noise generation.

[0035] Further details of advantageous embodiments of the invention are subject of dependent claims, the drawings and the respective description. The drawings show:

[0036] Figure 1 a treatment device in a highly schematic illustration,

[0037] Figure 2 a low frequency envelope with a radio frequency voltage pulsed at medium frequency for clarification of the operation of the device according to figure 1,

[0038] Figure 3A to 3D different voltage forms of the radio frequency generator oscillation pulsed at a medium frequency with different pulse/pause ratios within one pulse according to figure 2 as voltage forms for ignition operation and/or treatment operation,

[0039] Figure 4 a flow diagram as an example for appropriate selection of a voltage form for the ignition operation for clarification of the function of the control device,

[0040] Figure 5 a flow diagram as an example for clarification of the operation of the control device in the treatment operation.

[0041] Figure 1 illustrates device 10 for plasma treatment of biological tissue 11, e.g. during a surgical procedure. An instrument 12 belongs to the device 10, e.g. in form of an instrument used for open surgery or in form of a rigid or flexible probe that can be used in an endoscope. For supply of the instrument 12 it is connected with an apparatus 14 via a conductor 13, wherein the apparatus 14 comprises a generator 15 for supply of the instrument 12 with radio frequency current.

[0042] The generator 15 is configured, such that it outputs a radio frequency voltage to the instrument 12 upon activation of the instrument 12, wherein the generator 15 is able to operate in different adjustments. Each of the adjustments of the generator distinguishes in at least one electric characteristic from all other adjustments. An electric characteristic can be the form, frequency, modulation type, crest factor, pulse/pause ratio of a generated pulsed radio frequency voltage, the amount of the radio frequency voltage, the internal resistance of the generator, the maximum current or the like. This is illustrated in figures 3A to 3D exemplarily with different pulse/pause ratios of a pulsed radio frequency voltage.

[0043] The apparatus 14 can be further connected with a neutral electrode 17 via a neutral conductor 16, wherein the neutral electrode 17 is attached at biological tissue 11, e.g. at the skin of a patient, in a large area. Alternatively the instrument 12 can be configured as bipolar instrument and in so doing, comprise at least two electrodes.

[0044] The instrument 12 comprises a channel 19 formed by a rigid tube or a flexible hose 18 as well as an electrode 20 that terminates shortly ahead, at or behind the distal end of the hose 18 in order to create a plasma 21 extending to the tissue 11. The channel 19 is connected to a non-illustrated gas source and is thus flowed through with a gas, e.g. argon, that exits at the distal end of the hose 18 and in which the plasma 21 is created between the electrode 20 and the tissue 11. The invention can also be used with instruments without gas supply.



[0045] The apparatus 14 comprises a control device 22 additionally to the generator 15, wherein the control device 22 is configured to set the operating mode of the generator 15 and by means of which the generator 15 can be switched on and off. The control device 22 is, e.g. configured to predefine the voltage form that has to be supplied by the generator 15.

[0046] Additionally, the apparatus 14 comprises a plasma sensor 23 that detects the voltage between the conductor 14 and the neutral conductor 16 as well as the current flowing in the conductor 13 and/or the conductor 16 and derives therefrom a parameter characterizing the presence or absence of the plasma as well as the quality thereof. In the simplest case this parameter is the detected current itself. It is, however, also possible to configure a plasma sensor, such that it derives derived parameters for characterizing the plasma quality from the detected voltage and/or the detected current. Such parameters can be, e.g. the amount of the flowing current, the velocity or rate of the change of the current, the impedance calculated as quotient between the detected voltage and the detected current, the change of the impedance (increase of the impedance and/or decrease of the impedance), the velocity or rate of the change of the impedance, impedance fluctuations, current distortion factors, the content of harmonics in the current, the crest factor of the current, the difference between the harmonics content of the current and the harmonics content of the radio frequency voltage or similar parameters.

[0047] For plasma treatment the treatment instrument 12 is preferably supplied with a radio frequency voltage HF created by the generator 15 that preferably has a frequency between

100 kHz and 20 MHz and in the present embodiment 350 kHz. The radio frequency voltage HF is typically pulsed with a medium frequency MF and additionally with a low frequency NF. The created low frequency pulse packets P1, P2, P3 that succeed each other can have a duration from 2 msec up to two seconds. Between the pulse packets P1, P2, P3 are pauses of nearly two seconds down to almost zero seconds, depending on the pulse/pause ratio. Within the pulse packets P1, P2, P3 the generator 15 provides a radio frequency voltage HF with different voltage forms. Characteristics thereof can be adjusted at the generator 15 and/or the control device 22 by means of a provided user interface and/or communication interface for connection with additional devices, e.g. mobile and devices, as necessary. In doing so, treatment influencing parameters, as for example the peak value of the radio frequency voltage, the maximum current, the desired power, the treatment duration or similar can be adjustable. Additionally, means for selection or limitation of selectable adjustments of a generator can be provided as required among which the control device 22 can select a suitable adjustment and the voltage form derived therefrom for the operation of the generator 15.

[0048] The pulse packet P1 of the low frequent succeeding pulse packets P1, P2, P3 as exemplarily shown in figure 2 (a), is shown in figure 2 (b) in an enlarged manner. It is divided in an ignition phase Z and a treatment phase K. The ignition phase Z serves to build up plasma and for a stable ionization thereof. The duration  $t_z$  provided for this purpose can comprise an ignition trial duration  $t_{zv}$ , as illustrated in figure 2 (b) that can be defined duration of, for example 1 msec or a defined fraction of the ignition phase duration  $t_z$ . Within this ignition trial duration  $t_{zv}$  it is monitored

whether the ignition of the plasma or the spark has occurred when the radio frequency voltage is applied.

[0049] During the ignition, i.e. at least until the expiration of the ignition trial duration  $t_{zv}$  the generator 15 operates controlled by the control device 22 with an initial adjustment that is selected among a plurality of possible predefined adjustments. Figures 3A to 3D show voltage forms of the respective adjustments that preferably comprise coincident radio frequency and peak voltage. They are pulsed with a medium frequency modulation voltage. For example, pulse frequency has any frequency amount between 10 kHz and 70 kHz. After one or more undamped oscillations the high frequency voltage settles, i.e. it decays in a damped manner. Figure 3A illustrates an adjustment with a high pulse/pause ratio. The medium frequency modulation frequency has an amount of 50 kHz in this case. This voltage form comprises the best ignition characteristics among the available voltage forms, but however also the most powerful light and noise development.

[0050] Figure 3B illustrates a second adjustment, in which the medium frequency modulation frequency is set to 40 kHz. This voltage form comprises good ignition characteristics with extenuated light and extenuated noise development.

[0051] Figure 3C illustrates a third adjustment, in which the radio frequency voltage HF is modulated with a medium frequency MF of 30 kHz, such that the pulse/pause ratio is further decreased compared with figure 3B. At slightly degraded ignition characteristics the light and noise development is further reduced.

[0052] Figure 3D illustrates another adjustment that can be selected by the control device 22 and provided by the generator 15, if applicable. The duty cycle and the frequency of the medium frequency MF are again reduced. It is still within the indicated range of 10 to 70 kHz and has an amount of, for example 20 kHz in this case.

[0053] During the ignition phase Z the device 10 operates as follows:

[0054] The control device 22 selects one of the indicated four adjustments explained above according to figure 3A to 3D for ignition of a plasma at the start of the pulse packet P1. This procedure is illustrated in block 30 of figure 4. At the start of the treatment the control device 22 selects the adjustment, e.g. according to a manual specification or according to a last used adjustment. The time counters  $t_{\text{ign}}$  and  $t_{\text{vform}}$  are initially set to zero. Then the generator 15 starts the creation of the radio frequency voltage (see block 31). Within the time duration  $t_{\text{meas}}$  the measurement values, e.g. current, voltage and other parameters, are detected and derived parameters, e.g. the value of the plasma sensor 23 are calculated. The time counters are respectively increased by  $t_{\text{meas}}$ . Subsequently it is checked whether a plasma has been created or not (block 32). If this is not the case, it is checked whether the ignition trial duration  $t_{\text{zv}}$  has expired (block 33). If this is the case, the ignition trial is terminated and an ignition pause is inserted (block 36). If not, it is checked whether the ignition trial duration provided for one voltage form  $t_{\text{zv\_vform}}$ , that is shorter than  $t_{\text{zv}}$  (e.g. one quarter of the available ignition duration  $t_{\text{zv}}$  or a defined duration of at least 1 msec) has been expired (block

34). If one of the two ignition trial durations has expired without the plasma having ignited, the control device selects the voltage form with higher ignition capability, as illustrated in block 35. Concurrently the time counter  $t_{v_{form}}$  for a voltage form is reset. If the control device 22 has defined, for example, the voltage form according to figure 3C, initially it now changes to the voltage form according to figure 3B. According to block 31, again a measuring duration is passed and then it is checked whether a plasma has ignited. If this is not the case until the expiration of one of the ignition trial durations, again a voltage form with even higher ignition capability is selected in block 35, e.g. the voltage form according to figure 3A.

[0055] If a plasma has ignited, the successful ignition is registered, e.g. by incrementing a counter variable  $i$  in block 37. In block 38 it is checked whether the number  $X$  of successful ignition trials has been reached. If this and/or another stability criteria is fulfilled, the control device 22 changes to a voltage form with less ignition capability for the next ignition phase of the low frequency with concurrent reset of the counter variable  $i$ , in order to test whether the ignition can also be effected with lower light and noise development. Subsequently, it is directly transitioned into the treatment operation (block 40).

[0056] The treatment operation  $K$  follows the ignition operation, wherein in turn different adjustments according to figures 3A to 3D are provided for the treatment operation  $K$ . The voltage form according to figure 3A has the best plasma maintenance characteristics, the largest average power and the most intense light and noise deviation. The voltage forms

according to figures 3B, 3C and 3D have from left to right a respective decreased plasma maintenance capability, a lower average power and a lower light and noise development as the preceding voltage form in the sequence.

[0057] For the treatment phase the same, as in this example, but also another selection of voltage forms can be used compared with the ignition phase.

[0058] In the treatment phase K the device 10 operates as follows:

[0059] At the start of the treatment phase it is operated with an initial voltage form as symbolized in block 41. This voltage form can be predefined, for example, or can be derived from the history and can correspond to the last successfully used voltage form. The time counters  $t_{\text{plasma}}$  and  $t_{\text{vform}}$  needed in the further procedure are initially set to zero. The voltage form is supplied to the instrument 12, as symbolized by block 42. Within a duration  $t_{\text{meas}}$  measuring values are detected and derived parameters, e.g. the value of the plasma sensor 23 is calculated, as in the ignition phase. The time counters are respectively increased by  $t_{\text{meas}}$ . Subsequently the time counter  $t_{\text{plasma}}$  is compared with a duration  $t_{\text{pulse}}$  defined by the adjusted power application (block 42). If the duration  $t_{\text{pulse}}$  has lapsed, a change to an operating pause is carried out (block 49). Otherwise the condition of the plasma is retrieved by means of the plasma sensor. In a preferred embodiment the plasma sensor is configured to detect not only an interruption of the plasma (block 43), but also a prefigured interruption of the plasma (block 44). For this it can be, for example, configured to monitor the imped-

ance that can be measured between the conductors 13 and 16 and its time-dependent progression. If the impedance increases within a given duration of, for example 200  $\mu\text{s}$  about more than for example 10% or a defined value, for example 200 Ohm, this is an indicator for an impending plasma interruption. The plasma sensor 23 can be configured to detect this. The control device 22 can be additionally configured to immediately select an adjustment with improved plasma maintenance characteristics when an indicator for an impending plasma interruption according to block 44 is present (block 47). For example, it transitions from a voltage form according to figure 3D to a voltage form according to figure 3C from a voltage form according to figure 3C to a voltage form according to figure 3B or from a voltage form according to figure 3B to a voltage form according to figure 3A. Finally the control device 22 jumps in block 44 in the sequence of voltage forms of figure 3A to figure 3D respectively about at least one step to the left.

[0060] If the plasma is stable during a duration of at least  $t_{\min}$ , the control device selects as a trial a voltage form with decreased plasma maintenance characteristics, by jumping in the sequence of voltage forms of figure 3A to 3D about at least one step to the right. The duration  $t_{\min}$  can thereby be individually defined for each voltage form. If, for example, the treatment during the duration  $t_{\min}$  has been successfully been carried out with the voltage form according to figure 3B, the control device changes to the voltage form according to figure 3C. If a plasma instability shows, it is changed back to the voltage form according to figure 3B. If, however, the plasma remains stable with the voltage form of figure 3C, the light and noise occurrence is minimized.

[0061] With the presented manner the control device 22 respectively selects the wave form for ignition and treatment that involves the lowest possible undesired secondary effects, as light and noise development. The control device can influence one or more other effects of ignition and/or the plasma stream in the desired direction, whereas on the other hand a reliable ignition and reliable plasma treatment is achieved. Due to the change of the adjustments of the generator 15 during the ignition and/or during the treatment within and between the individual pulse packets P1, P2, P3, the power transferred to the biological tissue 11 can be influenced. The control device 22 has the minimizing object to select a voltage form in the figures 3A to 3D as far to the right as possible respectively, i.e. a voltage form with a duty cycle that is as low as possible. This goes along with a reduced power application.

[0062] However, to guarantee the desired average power application  $P_{des}$ , the control device 22 can be configured to increase or decrease the duration of the pulse packets P1, P2, P3, as it is illustrated by block 48 in figure 5. For this the control device 22 can be configured to detect the energy transmitted so far to the biological tissue in a pulse packet and to calculate the duration  $t_{pulse}$ , such that the transferred energy after expiration of the duration  $t_{pulse}$  is equal to the product of the desired power  $P_{des}$  and the total duration  $t_T$ . The total duration  $t_T$  is the sum of the ignition phase duration  $t_z$ , the treatment phase duration  $t_k$  and the pause duration  $t_p$  and has an amount of, 20 msec with a defined low frequency of 50 Hz, for example.



[0063] Modifications of the treatment phase are possible. For example the control device can check after expiration of a specific duration, e.g. 0.5 msec or a portion of the predefined duration of the pulse packet whether the plasma is still present and if this is the case, to change to a voltage form with decreased plasma maintenance characteristics, but in exchange with lower noise and light development. If in so doing, the plasma is interrupted or then shows lack of stability, a change back to a voltage form with better maintenance characteristics can be initiated by the control device within the same treatment phase.

[0064] Independent therefrom in all presented embodiments the duration of the pulse packets P1, P2 and/or P3 can be adapted at each change of the voltage form according to the characteristics of the formerly and actually used voltage form in order to maintain the average power P introduced in the tissue as constant as possible.

[0065] The selection of the adjustments for the ignition and treatment phase can be selected in each pulse packet, as it was last used in the previous ignition and treatment phase. For example, the pulse packet P2 can start with the adjustment with which the ignition was at last effected in the pulse packet P1. The same applies for the voltage form for treatment.

[0066] Whereas according to the description above, a change between the different voltage forms according to figures 3A to 3D has been emanated in the sense of switching, this change can be carried out in a floating manner or stepless, if required.

[0067] In a modified embodiment of the apparatus 14 the control device 22 is configured to check the impedance measured by the plasma sensor 23 whether it is within a predefined value range, e.g. between 100 Ohm and 9.5 kOhm. If this is the case, a control device 22 can assume the presence of a plasma. Alternatively, the amount of the measured root mean square current can be provided as indicator. In this case, the plasma sensor 23 is configured to detect whether the measured root mean square current is larger than a predefined value of, e.g. 0.1 Ampere. Additionally, the plasma sensor 23 can be configured to monitor the impedance. If it is smaller than a predefined value of, for example 3 kOhm, this can serve in combination with the above-mentioned threshold exceedance of the current as an indicator for the presence of a plasma. Also other parameters and their combinations and other thresholds can be used.

[0068] The presented device 10 adapts at least during one of the phases for ignition and treatment the used voltage form dynamically in order to obtain a best possible compromise between ignition and maintenance of the plasma and minimization or maximization of desired or undesired effects of the ignition and/or the plasma current. The plasma sensor monitors parameters and/or their change characterizing the condition of the plasma during the treatment phase in order to determine a prefigured interruption of the plasma and, in the ideal case, avoid this by already changing the voltage form previously.

[0069] The indicated mechanisms can be used by the control device 22 also during a pulse packet P1, P2, P3. The length

of each pulse packet is adapted at each change of the adjustment according to their characteristics in order to guarantee a constant average power.

[0070] The method for plasma treatment is directed to cause the radio frequency generator 15 for ignition of a plasma at the instrument 12 and for maintenance thereof by a respective output of a medium frequency pulse with modulated radio frequency voltage, a duty cycle thereof is just as high that it is sufficient to ignite and maintain the spark, but not higher. In doing so, noise and light occurrences are minimized. The definition of the duty cycle on the minimum possible value can be carried out step by step by continuous or occasional variation of the adjustment under monitoring the ignition capability and the plasma maintenance. The adjustment of the duty cycle optimized by the method can be carried out continuously without steps or with steps by selection of different voltage forms from a stock of voltage forms. By minimization of the duty cycle of the medium frequency, the desired low light and low noise of the treatment process is obtained. By inverse modulation of the duty cycle of the low frequency, the desired power is adjusted.

## Reference signs:

10	device
11	biological tissue
12	instrument
13	power
14	apparatus
15	generator
16	neutral conductor
17	neutral electrode
18	hose
19	channel
20	electrode
21	plasma
22	control device
P1, P2, P3	pulse packets
30-46	blocks

## Claims:

## 1. Device (10) for plasma treatment

having a generator (15) that is configured to create a radio frequency alternating voltage (HF) in different adjustments,

having an instrument (12) that is connected or connectable to the generator (15) for supply with a treatment current, wherein the instrument (12) comprises at least one electrode (20) to which the alternating voltage (HF) is fed, such that plasma can be created at the electrode (20), wherein the alternating voltages created in the different adjustments comprise different ignition capabilities and/or different plasma maintenance capabilities,

having a control device (22) that is connected to the generator (15), such that the adjustment of the generator (15) can be influenced by the control device (22), such that the generator (15) is operated at the start in an ignition operating mode and then in an operating mode that is coordinated with a desired effect.

2. Device according to claim 1, characterized in that additionally a plasma sensor (23) is provided that is connected to the generator (15) and/or the instrument (12) in order to determine the behavior of the plasma at the instrument (12),

wherein the control device (22) is connected to the plasma sensor (23), such that the adjustment of the generator (15) can be influenced by the control device (22) based on the behavior of the plasma detected by the plasma sensor (15),

wherein the control device (22) is configured, such that it determines an adjustment with reduced ignition capability and/or reduced plasma maintenance capability for the generator (15) based on the behavior of the plasma detected by the plasma sensor (23), if the behavior of plasma characterizes a reliable ignition behavior and/or a reliable plasma maintenance, and/or

that the control device (22) determines an adjustment with increased ignition capability and/or increased plasma maintenance capability for the generator (15) based on the behavior of the plasma detected by the plasma sensor (23), if the behavior of the plasma characterizes a non-reliable ignition behavior and/or a non-reliable plasma maintenance.

3. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the different adjustments of the generator cause the generator to output voltages with different voltage characteristics and/or provide voltages at different generator characteristics, wherein the different voltage characteristics preferably refer to the amount of the voltage and/or the modulation type and/or the degree of modulation and/or the voltage form and/or the pulse/pause ratio and/or the frequency and/or that

the generator characteristics refer to its internal resistance.

4. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the radio frequency alternating voltage (HF) is pulsed with a medium frequency (MF) that is preferably smaller than one-fifth of the frequency of the radio frequency alternating voltage (HF), however, also preferably larger than one-twentieth thereof and that the control device (22) is configured, such that the voltage characteristics distinguish from each other by different pulse/pause ratios of the medium frequency (MF).
5. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the radio frequency alternating voltage is pulsed with a low frequency (NF) that is preferably at least 0.5 Hz and/or preferably at most 200 Hz and particularly has an amount of preferably 1 to 100 Hz.
6. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator during the operation of the instrument (12) with the adjustment among the available adjustments that is the adjustment among the different adjustments with lowest secondary effect and that leads to a creation of plasma within an ignition trial duration.
7. Device according to claim 6, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator (15) in an adjustment with increased sec-

ondary effect after the ignition trial duration has lapsed, if within the ignition trial duration no creation of plasma has been detected by the plasma sensor (23).

8. Device according to claim 6, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator at the subsequent ignition trial in an adjustment with decreased secondary effect during the operation of the instrument (12) after at least a singular and preferably repeated successful build-up of the plasma within the ignition trial duration.
9. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator during the operation of the instrument after lapse of the ignition phase in a treatment phase with the adjustment that allows the maintenance of the plasma at minimum other secondary effect.
10. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator (15) during the operation of the instrument (12) in the running and/or in the subsequent treatment phase with an adjustment with higher plasma maintenance capability and/or higher secondary effect after the build-up of plasma was achieved in the ignition phase, if within the treatment phase an extinction or an instability of the plasma was detected by the plasma sensor (23).



11. Device according to claim 10, characterized in that the control device (22) is configured, such that it changes the adjustment of the generator to an adjustment with lower plasma maintenance capability and/or lower secondary effect, if during the operation of the instrument (12) after the build-up of the plasma was achieved in the ignition phase no extinction tendency of the plasma was detected by the plasma sensor (23) within the treatment phase duration.
12. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the control device (22) is configured, such that it operates the generator (15) during the operation of the instrument (12) in a treatment phase with a voltage form having a medium frequency (MF) that is pulsed with a pulse/pause ratio after build-up of the plasma has been achieved in the ignition phase, wherein the pulse/pause ratio is reduced for the treatment phase following the next ignition phase, if a stable presence of the plasma has been detected by the plasma sensor within the treatment duration in at least one, preferably several subsequent treatment phases and wherein the pulse/pause ratio is increased, if an extinction tendency of the plasma has been determined.
13. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the plasma sensor (23) is configured for monitoring an electric parameter for detection of the stability of the plasma, particularly the time-dependent progression of the electric parameter, wherein the electric parameter is derived from the current supplied to

the instrument (12) and/or the electric voltage supplied to the instrument (12).

14. Device according to any of the preceding claims, characterized in that the different adjustments of the generator (15) comprise at least two adjustments that comprise different ignition capabilities and/or different plasma maintenance capabilities and/or that cause different light and/or acoustic noise emissions, thereby however output a constant average power in the plasma and/or in the tissue.
15. Method for control of a device (10) for plasma treatment that comprises a radio frequency generator (15) for supply of an instrument (12), wherein the radio frequency generator (15) can be operated in different adjustments, in which the alternating voltage (HF) output therefrom comprises different ignition characteristics and/or different plasma maintenance characteristics and/or in which the created plasma comprises light and acoustic noise emissions of different intensity, wherein the radio frequency generator (15) is operated for ignition of a plasma at the instrument (12) and the maintenance thereof in a respective adjustment that is the adjustment among the available adjustments with lowest light and/or acoustic noise emission, however, concurrently allowing a reliable ignition and a reliable plasma maintenance.

## Abstract

The plasma sensor monitors parameters characterizing the condition of the plasma during the treatment phase and/or the change thereof in order to recognize a prefiguring or already occurred interruption of the plasma in this manner and to avoid this interruption and ,in the ideal case, avoid this by already changing the voltage form previously. The mentioned mechanisms can be used by the control device (22) also during a pulse packet. The length of each pulse packet is adapted at each change of the voltage form according to their characteristics in order to guarantee a constant average power.

(Figure 1)

【 図 1 】

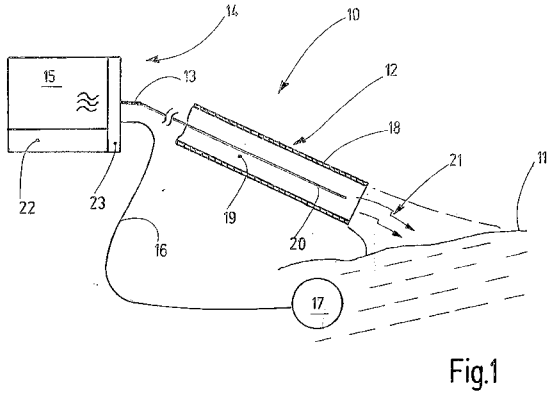


Fig.1

【 図 2 】

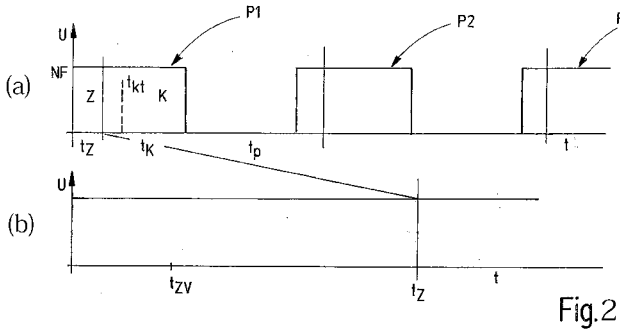
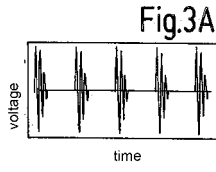
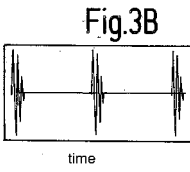


Fig.2

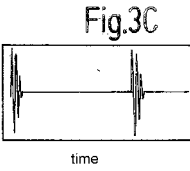
【 図 3 A 】



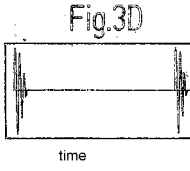
【 図 3 B 】



【 図 3 C 】



【 図 3 D 】



【 図 4 】

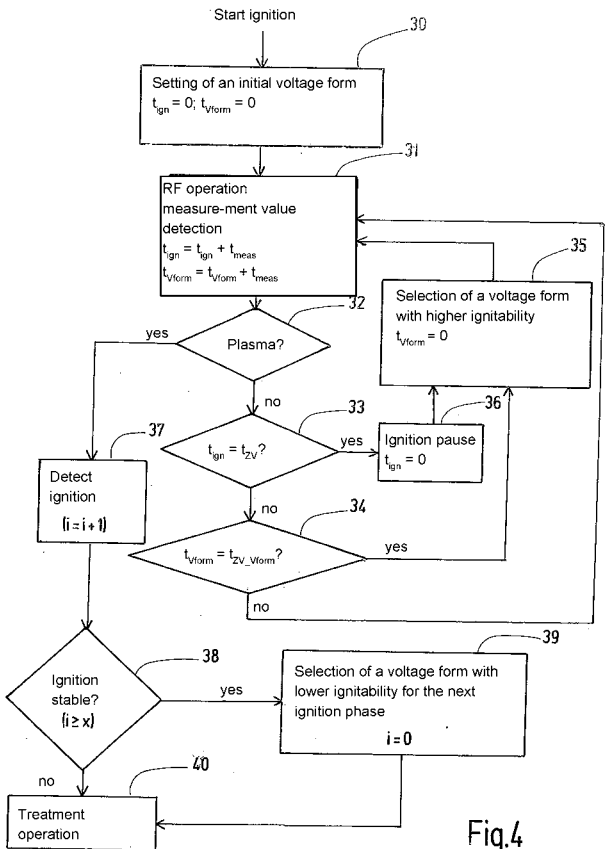


Fig.4

【 図 5 】

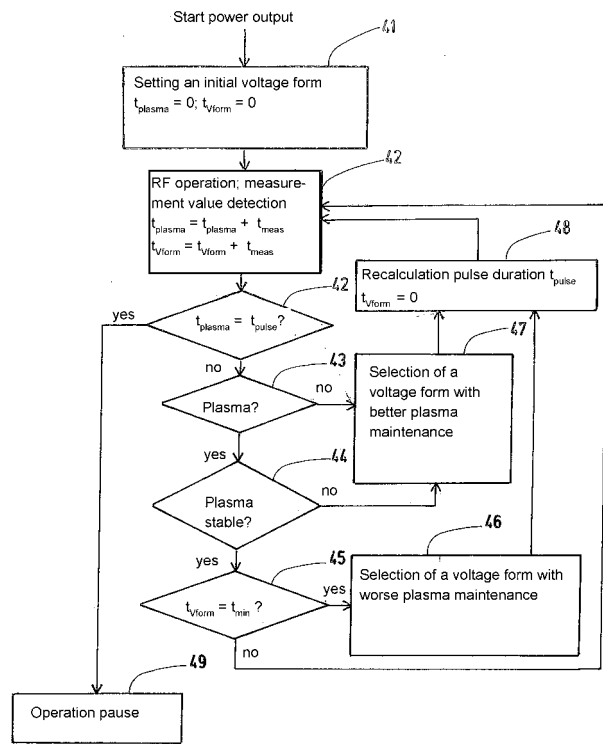


Fig.5