



(10) **DE 10 2010 011 643 A1** 2011.09.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 011 643.2**

(22) Anmeldetag: **16.03.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.09.2011**

(51) Int Cl.: **A61L 2/14 (2006.01)**

A61B 18/20 (2006.01)

A61B 18/00 (2006.01)

A61M 13/00 (2006.01)

A61N 5/06 (2006.01)

A61N 5/067 (2006.01)

H05H 1/30 (2006.01)

G01S 17/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

Buske, Christian, 33803, Steinhagen, DE

(74) Vertreter:

**COHAUSZ & FLORACK Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft, 40211,
Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 32 412 C2

DE 40 05 453 A1

DE 20 2006 009481 U1

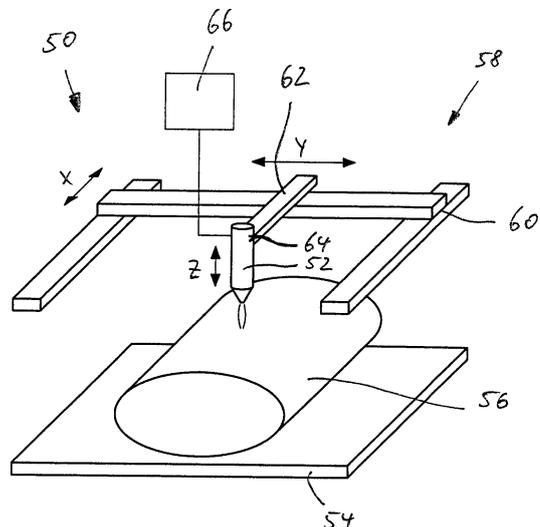
WO 2009/0 60 213 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Plasmaquelle (52, 72, 134) zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls, mit einer Auflageeinrichtung (54, 78, 136) für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil, mit einer Bewegungseinrichtung (58, 82, 130) zum Bewegen der Plasmaquelle (52, 72, 134) relativ zur Oberfläche des Gewebes und mit einer Steuereinrichtung (66, 88, 138) zum Steuern der Bewegungseinrichtung und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle (52, 72, 134). Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung. Es wird das technische Problem gelöst, eine zuverlässigere und schneller Plasmabehandlung von lebendem Gewebe zu ermöglichen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe, ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe und ein Verfahren zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe. Darüber hinaus betrifft die Erfindung zwei Ausgestaltungen von Plasmaquellen, die sich insbesondere für den Einsatz in der zuvor genannten Vorrichtung eignen.

[0002] In der Plasmamedizin sind in den letzten Jahren in der Zusammenarbeit von Plasmaphysik mit den Lebenswissenschaften erfolgversprechende Anwendungen bei der Behandlung von lebendem Gewebe entwickelt worden. Im Mittelpunkt der bisherigen Plasmaanwendungen steht der Einsatz von nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmen unmittelbar am oder im lebenden Gewebe. Die Dekontamination bis hin zur Sterilisation von lebendem Gewebe, also das Abtöten von Krankheitserregern an oder in einem lebenden Gewebe steht dabei im Vordergrund. Jedoch ist die Plasmabehandlung von lebendem Gewebe nicht auf die Desinfizierung beschränkt. Weitere Anwendungen, die die Eigenschaften des Plasmas ausnutzen, können ebenfalls vorteilhafte Wirkungen in der Medizin erreichen. Beispiele dafür werden im Rahmen der Beschreibung der Erfindung angegeben.

[0003] Unter lebendem Gewebe im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird jedes menschliche oder tierische Gewebe eines lebenden Körpers verstanden. Ein Gewebe, das auch abgestorbene Zellen oder Zellschichten aufweist, ist im Sinne der Anmeldung auch ein lebendes Gewebe. Insbesondere ist ein lebendes Gewebe mit einem lebenden Körper verbunden. Lebendes Gewebe kann auch bei aus einem Körper entnommenen Organen vorliegen, das zur Transplantation vorgesehen ist.

[0004] Krankheitserreger sind Stoffe oder Organismen, die in anderen Organismen gesundheitsschädigende Abläufe verursachen. Krankheitserreger können Bakterien, Protisten, Pilze, Parasiten, Viroide, Viren, Algen oder Prionen sein.

[0005] Das Abtöten von Krankheitserregern bei weitgehendem Erhalt des lebenden Gewebes stellt eine besondere Herausforderung und gleichzeitige Beschränkung der bisherigen Anwendung in der Plasmamedizin dar. Denn bei der Behandlung von lebendem Gewebe muss die Randbedingung eingehalten werden, dass eine Temperaturerhöhung des Gewebes nur bis ca. 40°C von Patienten toleriert wird. Denn ab einer Temperatur über 40°C, insbesondere 45°C kommt es zu einem Schmerzempfinden und einer zu starken Schädigung des Gewebes. Daher wird bisher die von der Plasmaquelle aufgenommene

elektrische Leistung in einem niedrigen Bereich zwischen 2 und 30 Watt eingestellt, um entsprechend niedrige Plasmaleistungen zu erzielen.

[0006] Insbesondere sind also niedrig-energetische Atmosphärenplasmen in der bisherigen Plasmamedizin angewendet worden. Mittels Zufuhr von elektrischer Energie wird ein schwaches Plasma mit niedriger Temperatur von weniger als 40°C erzeugt, das bei der Behandlung des Gewebes auch über einen längeren Zeitraum an einer Stelle angewendet werden kann, ohne dabei zu einer erhöhten Temperaturbelastung des Gewebes zu führen.

[0007] Nachteilig ist bei einem solch schwachen Plasma, das bei dessen Erzeugung der Anteil an UV-Strahlung relativ hoch ist. Die Menge an eingestrahelter UV-Energie muss aber wegen der langfristigen Beeinträchtigung des Gewebes minimiert werden. Dadurch ist die Zeitdauer der Anwendung des nieder-energetischen Plasmas verringert. Die Folge ist, dass die Behandlungen mit Plasma über viele Sitzungen verteilt werden müssen und jeweils eine nicht unerhebliche Zeitdauer einnehmen. Die Behandlungsdauern sind also in zweierlei Hinsicht zu lang.

[0008] Ein weiteres Problem besteht in der hohen Ozon-Konzentration während der Behandlung mit den nieder-energetischen Plasmen, da einerseits bei dieser Art der Plasmaerzeugung ein hoher Anteil an Ozon von der Plasmaquelle abgegeben wird und andererseits durch die manuelle Anwendung eine geeignete Absaugung des aggressiven Ozongases nicht in ausreichender Form möglich ist. Daher wird ein spezielles Arbeitsgas wie Argon anstatt von Luft eingesetzt, da es leicht inisierbar ist und sich günstig auf die Strahltemperatur des Plasmastrahls auswirkt.

[0009] Des Weiteren basieren die bisherigen Plasma-Anwendungen in der Medizin auf einer manuellen Durchführung der einzelnen Behandlungen. Dazu wird die Plasmaquelle, oft in Form eines Stiftes, von einer Person mit der Hand in die Nähe des zu behandelnden Gewebes gebracht und die Behandlung wird freihändig durchgeführt. Unregelmäßige Abstandschwankungen zwischen Quelle und Gewebe und unregelmäßige Anwendungen in der Fläche sind die Folge. Die Qualität der Behandlung leidet oftmals darunter. Darüber hinaus wird von den Plasmaquellen gefordert, dass das Plasma im gesamten Abstandsbereich vor der Quelle eine maximale Temperatur von insbesondere 40°C nicht überschreitet, um auch bei unabsichtlicher Annäherung bis hin zum Kontakt mit dem Gewebe Verletzungen zu vermeiden.

[0010] Im Stand der Technik gibt es auch Atmosphärenplasma-Anlagen, mit denen ein relativ kühles Plasma mit hoher chemischer Reaktivität erzeugt werden kann. Da aber dieses Plasma je nach Be-

triebsbedingungen aufgrund von Plasmatemperaturen oberhalb von 40°C und höher, oft auch höher als 100°C nicht stationär auf Gewebe anwendbar ist, weil Verbrennungen die Folge sein würden, besteht. bisher keine Möglichkeit, diese Plasmaquellen im medizinischen Bereich einzusetzen. Derartige Plasmaquellen sind aus den Schriften EP 0 761 415 A2, EP 0 986 939 A1, EP 1 067 829 A2, EP 1 230 414 A1, EP 1 236 380 A1, EP 1 335 641 A1 und WO 2008/074604 bekannt.

[0011] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mit dem eine zuverlässigere und schneller Plasmabehandlung von lebendem Gewebe ermöglicht wird. Ein weiteres technisches Problem besteht in der Bereitstellung einer Plasmaquelle mit verbesserter Abstandskontrolle. Ebenso stellt sich die Erfindung dem technischen Problem eine zu starke thermische Belastung des Gewebes während einer Plasmabehandlung zu verhindern.

[0012] Die zuvor aufgezeigten technischen Probleme werden erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch Verfahren mit den Merkmalen der Ansprüche 8 oder 12 sowie durch Plasmaquellen mit den Merkmalen der Ansprüche 22 oder 24 gelöst.

[0013] Eine erste Lehre der vorliegenden Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- mit einer Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls,
- mit einer Auflageeinrichtung für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil,
- mit einer Bewegungseinrichtung zum Bewegen der Plasmaquelle relativ zur Oberfläche des Gewebes und
- mit einer Steuereinrichtung zum Erkennen der Position des zu behandelnden Gewebes und zum Steuern der Plasmaquelle zur Durchführung der Plasmabehandlung des Gewebes.

[0014] Eine zweite Lehre der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl mit einer Plasmaquelle erzeugt wird,
- bei dem die Plasmaquelle mit einer Bewegungseinrichtung relativ zur Oberfläche des Gewebes bewegt wird,
- bei dem die Bewegungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung gesteuert wird und
- bei dem der Betrieb der Plasmaquelle durch die Steuereinrichtung gesteuert wird.

[0015] Eine dritte Lehre der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl mit einer Plasmaquelle erzeugt wird,
- bei dem die Plasmaquelle mit einer Bewegungseinrichtung relativ zur Oberfläche des Gewebes bewegt wird,
- bei dem die Bewegungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung gesteuert wird,
- bei dem der Betrieb der Plasmaquelle mit der Steuereinrichtung gesteuert wird und
- bei dem der Plasmastrahl auf das Gewebe einwirkt und zumindest teilweise ein Abtöten von Krankheitserregern an oder in dem Gewebe bewirkt.

[0016] Die zuvor beschriebenen, eng miteinander verbundenen Lehren der Erfindung werden anschließend in einer gemeinsamen Beschreibung der einzelnen Merkmale sowie Eigenschaften und Vorteile der Verfahrensschritte näher erläutert.

[0017] Unter einer Plasmaquelle wird eine Quelle für einen in einen Raumbereich hinein gerichteten Plasmastrahl verstanden, wobei die Form des Plasmastrahls rund oder flächig ausgebildet sein kann. Die Plasmaquelle kann auch einen rotierenden Plasmastrahl erzeugen, indem ein Gehäuseteil, vorzugsweise die Auslassöffnung drehbeweglich ausgebildet ist und sich während der Plasmaerzeugung um eine Achse dreht. Die Plasmaquelle kann eine Plasmadüse oder mehrere nebeneinander angeordnete Plasmadüsen in Form einer Plasmadusche aufweisen. Die Plasmaquelle weist eine Halterung für eine Positionierung an der Bewegungseinrichtung und Zuführungen für Arbeitsgas und elektrischer Spannung auf.

[0018] Die Anregung des Arbeitsgases kann mit unterschiedlichen Frequenzen, beispielweise im Mikrowellenbereich im Bereich von oder oberhalb von 1 MHz oder im Frequenzbereich von 1 bis 100 kHz erfolgen. Die Spannungsformen können zwischen Wechsellspannungen und gepulsten Gleichspannungen variieren. Als Entladungen sind Mikrowellenentladungen oder hochfrequente Funkenentladungen, die die Form von Entladungsbögen (Bogenentladungen) oder Büschelentladungen aufweisen können. Die Spannungsamplituden und Frequenzen sind an die jeweilige Plasmadüsengeometrie angepasst und liegen beispielsweise im Bereich 100 Volt bis 10 kVolt. Als Arbeitsgas wird bevorzugt Luft eingesetzt, daneben sind auch Stickstoff, Edelgase wie Argon, auch unter Beimischung anderer Gase wie Wasserstoff möglich.

[0019] Derartige Plasmaquellen können verhältnismäßig kalte Plasmastrahlen mit relativ hoher chemischer Anregungsenergie erzeugen. Die Strahltemperatur fällt in Abhängigkeit vom Abstand zur Auslassöffnung ab und liegt im Bereich unterhalb von 300°C, vorzugsweise unterhalb von 150°C und bevorzugt

unterhalb von 100°C. Je nach Abstand zur Auslassöffnung können somit Temperaturen des Plasmastrahls beim Auftreffen auf ein Gewebe (oder auf ein anderes Objekt) im Bereich unterhalb von 80°C, 60°C und 40°C eingehalten werden, ohne dass die chemische Reaktivität zu stark abgenommen hat. Die hohe Anregungsenergie des Arbeitsgases ergibt sich durch die hochfrequente Anregung in der Anregungszone innerhalb der Plasmaquelle, bei der nur eine geringe thermische Anregung erfolgt. Man spricht daher auch von einem nicht-thermischen Plasma. Durch die Wahl eines geeigneten Arbeitsgases kann auch die Temperatur des Plasmastrahls beeinflusst werden.

[0020] Die zuvor beschriebenen Quellen erzeugen des Weiteren erheblich weniger UV-Lichtanteil bezogen auf die Plasmaleistung des Plasmastrahls, als es bei den bisher im medizinischen Bereich eingesetzten Plasmaquellen der Fall ist. Darüber hinaus wird bei der Plasmaerzeugung weniger Ozon produziert, da das bei der Entladung entstehende Ozongas im Plasma wegen der höheren Plasmaleistung sofort ab reagiert und umgewandelt wird.

[0021] Bei Plasmastrahltemperaturen oberhalb der Temperatur, ab der eine Person ein Schmerzempfinden hat, also beispielsweise oberhalb von ca. 40 bis 50°C, ist es notwendig, die Plasmaquelle gegenüber dem Gewebe zu bewegen, insbesondere definiert und somit automatisch zu bewegen, so dass vermieden wird, dass die Plasmaquelle über einen längeren Zeitraum relativ zum Gewebe still steht und die Plasmabehandlung zu einer zu hohen Gewebetemperatur führt. Daher weist die Vorrichtung eine Auflageeinrichtung für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil, eine Bewegungseinrichtung zum Bewegen der Plasmaquelle relativ zur Oberfläche des Gewebes und eine Steuereinrichtung zum Steuern der Bewegungseinrichtung und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle auf.

[0022] Damit ist es möglich, trotz oberhalb der für das Schmerzempfinden vorgegebenen Grenztemperatur von ca. 40 bis 45°C liegenden Plasmatemperaturen die zuvor beschriebenen Plasmaquellen einzusetzen. Das intensivere Plasma mit den Eigenschaften geringerer UV-Lichtanteil und geringerer Ozonerzeugung für die Plasmabehandlung kann zu geringeren Behandlungszeiten bei höherer Wirksamkeit und geringerer Schädlichkeit für das Gewebe führen. Ebenso können größere Flächen behandelt werden und somit der Einsatz der Plasmabehandlung auf bisher noch nicht mögliche Anwendungen in der Plasmamedizin ausgedehnt werden.

[0023] Die höhere Plasmaleistung führt gegenüber den im Stand der Technik bekannten Plasmaquellen dazu, dass die im Plasmastrahl enthaltenen Energien ausreicht, um chemische Reaktionen oder ein Aufbrechen von Molekülbindungen in den Krankheitser-

regern in bisher nicht möglichem Umfang zu ermöglichen. Somit wird ein Grad an Desinfektion und Sterilisation erreicht, der mit den bisherigen niederenergetischen Plasmaquellen nicht erreichbar war, da erst durch die Energien der vorliegend eingesetzten Plasmaquellen die entsprechenden chemischen Reaktionen ausgelöst werden können.

[0024] Die vorliegende Vorrichtung ist nicht auf die Verwendung von zuvor beschriebenen Plasmaquellen beschränkt. Auch andere Plasmaquellen, bspw. mit anderen Anregungsmechanismen, können zur Anwendung kommen, selbst wenn deren Plasmastrahlen niedrigere Temperaturen und niedrigere Plasmaleistungen aufweisen, die eine regelmäßige Bewegung der Plasmaquelle relativ zu dem Gewebe nicht erforderlich machen. Auch bei derartigen bekannten Plasmaquellen kann die erfindungsgemäße Vorrichtung vorteilhaft eingesetzt werden. Auch in diesen Fällen kann eine gleichmäßigere und/oder schnellere Plasmabehandlung des Gewebes erreicht werden.

[0025] Die Auflageeinrichtung für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil dient zur genauen und zuverlässigen Positionierung des Körperteils. Denn für die Durchführung der Plasmabehandlung kommt es wegen der zuvor beschriebenen Eigenschaften des Plasmastrahls auf eine in engen Bereichen vorgegebene Abstandskontrolle zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe an. Die Führung der Plasmaquelle mit der Hand ist dazu in aller Regel nicht geeignet.

[0026] Die Bewegungseinrichtung dient einem definierten Bewegen der Plasmaquelle relativ zur Oberfläche des Gewebes, so dass ein automatischer und somit reproduzierbarer Bewegungsablauf der Plasmaquelle relativ zum Gewebe gewährleistet ist. Die Bewegungseinrichtung weist dazu Verstell- und Antriebseinrichtungen auf, die eine zumindest zweidimensionale, vorzugsweise dreidimensionale Bewegung der Plasmaquelle relativ zum Körperteil bzw. zum Gewebe ermöglicht. Dabei kann die Anzahl der Freiheitsgrade, um die die Plasmaquelle verstellt werden kann, zwischen zwei und sechs variieren. Je mehr Freiheitsgrade vorhanden sind, desto genauer kann die Oberfläche des zu behandelnden Gewebes mit der Plasmaquelle abgescannt werden. Möglich ist dabei, dass einerseits ausschließlich die Plasmaquelle bewegt wird, während der Körperteil feststeht. Andererseits kann auch der Körperteil zumindest einen Teil der relativen Bewegung zur Plasmaquelle ausführen.

[0027] Des Weiteren ist eine Steuereinrichtung zum Steuern der Bewegungseinrichtung und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle vorgesehen. In Abhängigkeit von einem vorgegebenen Bewegungs- und Behandlungsablauf wird die relative Bewegung

zwischen Plasmaquelle und Körperteil ausgeführt, wobei insbesondere eine geeignete Abstandskontrolle durchgeführt wird, die in die Steuerung des Bewegungsablaufes einfließt. Darüber hinaus steuert die Steuereinrichtung auch die Betriebsweise der Plasmaquelle, indem die Plasmaquelle ein- und ausgeschaltet wird. Gegebenenfalls wird auch die Plasmaleistung durch Beeinflussung der elektrischen Parameter Spannungs- und Stromverlauf und Frequenz der Spannung sowie des Gasdurchflusses durch die Plasmaquelle in Abhängigkeit von der jeweiligen Position eingestellt.

[0028] Durch die Steuereinrichtung wird demnach ein zumindest teilweise automatisierter Prozess bei der Plasmabehandlung ermöglicht, der sicherstellen kann, dass die Behandlung reproduzierbar, exakt und mit dem angestrebten Erfolg durchgeführt wird. Der Plasmastrahl wirkt dabei derart auf das Gewebe ein, dass zumindest teilweise ein Abtöten von Krankheitserregern an oder in dem Gewebe bewirkt wird, ohne dass eine zu hohe Aufwärmung des Gewebes auftritt. Denn durch die ständige Bewegung der Plasmaquelle relativ zum Gewebe wird verhindert, dass der Plasmastrahl zu lange an einer Stelle auf das Gewebe einwirkt und aufgrund seiner über dem Grenzwert liegenden Strahltemperatur zu viel Wärmeenergie auf und in das Gewebe übertragen wird.

[0029] Die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe kann zur Desinfektion von Körperteilen wie Armen, Beinen oder Kopf oder auch von Rumpfteilen wie Bauch oder Rücken eingesetzt werden. Die Auflageeinrichtung ist dann jeweils an die Form des Körperteils anzupassen. Die Erfindung umfasst aber auch die Behandlung des gesamten Körpers einer Person, wenn beispielsweise eine großflächige Hauterkrankung behandelt werden soll oder wenn eine Reinigung eines Körpers zur Dekontamination erreicht werden soll. Dabei kann die Auflageeinrichtung auch als Stehfläche ausgebildet sein, auf der die zu behandelnde Person steht.

[0030] Die zuvor erläuterte Vorrichtung kann auch unabhängig von der Plasmabehandlung von Gewebe für die Reinigung von Personen in verunreinigten Schutzanzügen eingesetzt werden. Daher soll im Rahmen der vorliegenden Anmeldung auch Schutz für eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung eines von einer Person getragenen Schutzanzuges erlangt werden,

- mit einer Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls,
- mit einer Auflageeinrichtung für die Person,
- mit einer Bewegungseinrichtung zum Bewegen der Plasmaquelle relativ zur Oberfläche des Schutzanzuges und

– mit einer Steuereinrichtung zum Erkennen der Position des zu behandelnden Schutzanzuges und zum Steuern der Plasmaquelle zur Durchführung der Plasmabehandlung zumindest eines Teils des Schutzanzuges.

[0031] Die Erfindung kann daher dort eingesetzt werden, wo ein hochreiner abgeschlossener Bereich gefordert ist, wobei die den Schutzanzug tragende Person vor dem Betreten des Bereiches einer Plasmabehandlung zur Reinigung der Oberfläche des Schutzanzugs unterzogen wird. Ebenso kann die Erfindung auch dort eingesetzt werden, wo in einem abgeschlossenen Bereich mit gefährlichen Stoffen, bspw. mit radioaktiven Materialien, mit Chemikalien oder mit biologischen Materialien gearbeitet wird. Vor dem Heraustreten aus dem abgeschlossenen Bereich kann dann die Plasmabehandlung des Schutzanzugs der Person oder zumindest eines Teils davon, erfolgen, um eine Gefährdung der Umgebung zu verringern oder zu verhindern.

[0032] Sämtliche nachfolgenden Ausgestaltungen und Ausführungsformen der Vorrichtung zur Plasmabehandlung von Gewebe sind im Rahmen der Anwendung bei der Reinigung von Schutzanzügen ebenfalls einsetzbar, wobei in der nachfolgenden Beschreibung jeweils der Begriff „Gewebe“ bzw. „Körper“ oder „Körperteil“ durch „Schutzanzug“ bzw. „Teil eines Schutzanzuges“ oder „Oberfläche des Schutzanzugs“ ersetzt werden muss.

[0033] Im Folgenden werden bevorzugte Ausgestaltungen der einzelnen Vorrichtungs- und Verfahrensmerkmale erläutert.

[0034] In bevorzugter Weise weist die Auflageeinrichtung eine Positionierungseinrichtung zur Fixierung des Körperteils auf. Durch die Fixierung des auf der Auflageeinrichtung aufliegenden Körperteils werden zufällige Bewegungen verhindert und somit weitgehend sichergestellt, dass durch eine zufällige Bewegung des Körperteils zu einem zu geringen Abstand zwischen Plasmaquelle und dem Gewebe auftritt. Dazu dient vorzugsweise eine Schablone, die mit der Auflageeinrichtung lösbar verbunden ist.

[0035] In weiter bevorzugter Weise ist mindestens einen Schalter vorgesehen, der ab einer Mindestbewegung des Körperteils und somit eines Teils der Positionierungseinrichtung bzw. der Schablone öffnet. Dieses Schaltsignal kann dann von der Steuereinrichtung ausgewertet werden, um ggf. die Plasmaquelle unmittelbar auszuschalten und zu entfernen.

[0036] Daneben ist es auch möglich, dass die Positionierungseinrichtung mindestens einen Bewegungssensor aufweist, der eine Bewegung des zu behandelnden Körperteils erkennt und ein entsprechen-

des Signal an die Steuereinrichtung überträgt. Der Bewegungssensor kann dabei in geeigneter Weise gewählt werden, es können beispielsweise kapazitive, induktive oder optische Bewegungssensoren eingesetzt werden.

[0037] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung bewegt die Bewegungseinrichtung die Plasmaquelle dreidimensional. Damit ist ein Abscannen eines zu behandelnden Bereiches eines Köperteils auch bei unebener Oberfläche des Gewebes in einem Verfahrensablauf möglich, ohne dass die Position der Plasmaquelle zwischen verschiedenen zeitlichen Abschnitten der Behandlung neu eingestellt werden muss.

[0038] Dabei ist weiter bevorzugt, dass die Bewegungseinrichtung die Richtung des Plasmastrahls relativ zur Oberfläche des Gewebes einstellt. Zusammen mit einer dreidimensionalen Bewegung der Plasmaquelle ergeben sich daraus vier Freiheitsgrade.

[0039] Ebenso ist es möglich, dass die Bewegungseinrichtung die Plasmaquelle kreisförmig bewegt. Dadurch werden größere Flächen der Plasmabehandlung unterzogen, während die Bewegungseinrichtung nur geringere Fahrwege realisieren muss. Daneben kann auch die Auslassöffnung der Plasmaquelle selbst eine rotierende Bewegung ausführen. Dadurch wird weniger Masse bewegt und die rotierende Bewegung kann schneller und effizienter ausgeführt werden.

[0040] Bei einer weiteren Ausgestaltung kontrolliert eine Abstandskontrolleinrichtung den Abstand zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe. Dazu kann die Abstandskontrolleinrichtung als optische Abstandsmessung ausgebildet sein, insbesondere als Laserentfernungsmessung mit einer elektronischen Distanzmessung anhand von Laufzeit- oder Phasenlagemessung von Licht, meistens Laserlicht.

[0041] Des Weiteren kann die Abstandskontrolleinrichtung auch als bildgebende Abstandsmessung ausgebildet sein. In diesem Fall überwacht eine Kamera den Bereich zwischen der Plasmaquelle und dem zu behandelnden Gewebe und mittels einer laufenden Bildauswertung kann der jeweilige Abstand gemessen werden.

[0042] Die zuvor erläuterte Abstandskontrolleinrichtung überträgt das jeweils erzeugte Abstandssignal an die Steuereinrichtung, die in Abhängigkeit von diesem Abstandssignal den Abstand zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe regelt. Dazu kann die Steuereinrichtung die Bewegungseinrichtung so ansteuern, dass die gesamte Plasmaquelle bewegt wird.

[0043] Die Abstandsregelung kann auch durch eine Plasmaquelle mit einer variabel einstellbaren Länge für Abstandseinstellung zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe durchgeführt werden. Dazu ist die Plasmaquelle in besonderer Weise ausgebildet, worauf weiter unten näher eingegangen wird.

[0044] Eine weitere Ausführungsform der bisher beschriebenen Vorrichtung weist eine Temperaturkontrolleinrichtung auf, die die Temperatur des zu behandelnden Gewebes kontrolliert. Bevorzugt erfolgt die Temperaturmessung berührungslos durch Messung der Temperaturstrahlung. Darunter versteht man unter anderem eine faseroptische Temperaturmessung, bei der optoelektronische Geräte zur Messung der Temperatur verwendet werden, wobei Glasfasern zur Sammlung und Weiterführung der Temperaturstrahlung als Sensoren benutzt werden.

[0045] Somit kann je nach konkreter Ausgestaltung der Vorrichtung die Steuereinrichtung die Betriebsparameter der Plasmaquelle und die Bewegungseinrichtung in Abhängigkeit von mindestens einem der voreingestellten Parameter Plasmaleistung, Abstand, Temperatur, Gewebeart und zu erzielende Wirkung steuern. Ein automatisierter Prozess einer Plasmabehandlung mit reproduzierbarer Genauigkeit bei hohen Plasmaleistungen und Plasmaenergien mit kurzen Behandlungsdauern kann somit erzielt werden.

[0046] Eine weitere Ausgestaltung der beschriebenen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Gehäuse vorgesehen ist, in dem die Plasmaquelle und die Bewegungseinrichtung angeordnet sind. Durch die Abschirmung des Gehäuses wird einerseits erreicht, dass die Akzeptanz der Vorrichtung bei Patienten erhöht wird, indem sie die Technik weniger wahrnehmen und ähnlich wie bei einer anerkannten Technik, beispielsweise bei Computertomographen, sich in einer abgeschirmten Umgebung aufhalten müssen, wenn eine Behandlung stattfindet. Daher ist das Gehäuse vorzugsweise als tunnelförmiger Behandlungsbereich ausgebildet.

[0047] Innerhalb eines solchen Gehäuses kann die Bewegungseinrichtung eine Bogenführung für eine umlaufende Bewegung der Halterung der Plasmaquelle aufweisen, die eine bogenförmige, vorzugsweise teilkreisförmige Bewegung der Plasmaquelle in einer Ebene ermöglicht. Die Halterung der Plasmaquelle kann entlang der bogenförmigen Führung um einen Körper oder ein Körperteil herum geführt werden, wobei die Bewegungseinrichtung auch Mittel zum Verändern der radialen Position umfasst, um den Abstand zwischen Plasmaquelle und dem zu behandelnden Gewebe einstellen zu können.

[0048] Des Weiteren kann die Bewegungseinrichtung innerhalb des Gehäuses eine Linearführung auf-

weisen, auf der die Bogenführung angeordnet ist, um eine Translationsbewegung quer zur Ebene der Bogenführung ausführen zu können. Somit kann zusätzlich zur Bewegung der Plasmaquelle in der Ebene des Bogens eine Relativbewegung entlang des Körpers durchgeführt werden.

[0049] Vorzugsweise kann das Gehäuse auch eine Absaugeinrichtung aufweisen, um die bei der Plasmabehandlung entstehenden Gase absaugen zu können. Dadurch wird unter anderem das, wenn auch in geringen Mengen, in der Plasmaquelle erzeugte Ozon abgesaugt, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung des Patienten oder der Umgebung kommt.

[0050] Alternativ zur zuvor beschriebenen Bogenführung ist es auch möglich, dass die Bewegungseinrichtung einen Roboterarm aufweist, an dem die Plasmaquelle befestigt ist. Dieser Roboterarm kann sowohl innerhalb eines Gehäuses anstelle der Bogenführung und ggf. der Linearführung in dem beschriebenen Gehäuse angeordnet sein. Der Roboterarm kann auch ohne Gehäuse eingesetzt werden, beispielsweise bei Behandlungen an schwer zugänglichen Stellen eines Körpers, die mit einer Bewegungseinrichtung innerhalb eines Gehäuses nicht erreicht werden können. Ebenso ist der Einsatz eines Roboterarms vor, während oder nach Operationen möglich, bei denen ein Gehäuse nicht oder nur schwer einsetzbar wäre.

[0051] Die zuvor beschriebene Vorrichtung zur Durchführung einer Plasmabehandlung von lebendem Gewebe kann in folgender Weise betrieben werden.

[0052] Zunächst ist es bevorzugt, dass die Betriebsparameter der Plasmaquelle und die Bewegungseinrichtung in Abhängigkeit von mindestens einem der voreingestellten Parameter Plasmaleistung, Abstand, Temperatur, Gewebeart und zu erzielende Wirkung gesteuert werden.

[0053] Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass eine bestimmte Plasmaleistung, vorzugsweise an der Steuereinrichtung, eingestellt wird, die auf das zu behandelnde Gewebe aufgebracht werden soll. Dann wird die Plasmaquelle derart angesteuert, d. h. die elektrischen Parameter und/oder Gasdurchflussparameter so eingestellt, dass in Abhängigkeit vom Abstand zum Gewebe und/oder der Relativgeschwindigkeit zwischen Plasmaquelle und Gewebe diese Plasmaleistung übertragen wird.

[0054] Ebenso oder alternativ kann eine Temperaturüberwachung vorgesehen sein, die bei Überschreiten einer vorgegebenen Gewebetemperatur eine Reduzierung der Plasmaleistung oder ein Abschalten der Plasmaquelle auslöst. Alternativ könnte die Plasmaquelle auch schnellstmöglich vom Gewe-

be entfernt werden, ohne dass die Betriebsparameter der Plasmaquelle verändert werden. Auch eine Kombination aus Änderung der Betriebsparameter und einer Entfernung kann angewendet werden.

[0055] Werden für unterschiedliche Therapien unterschiedlicher Gewebearten verschiedene Plasmaleistungen und Intensitäten der Plasmabehandlung benötigt, so wird vorzugsweise an der Steuereinrichtung eine entsprechende Auswahlmöglichkeit für verschiedene Plasmabehandlungen vorgesehen. Je nach Einstellung wird dann die Steuereinrichtung die Plasmaquelle und die Bewegungseinrichtung ansteuern. Ebenso kann vorgesehen sein, dass einzelne Parameter zur Beeinflussung der Plasmabehandlung separat eingestellt werden können. Damit wird eine individuelle Plasmabehandlung ermöglicht.

[0056] Für die Steuerung der Bewegung der Plasmaquelle gibt es zunächst die Möglichkeit, dass die absolute Position des Abschnitts des zu behandelnden Gewebes bestimmt wird und dass das Bewegen und Betreiben der Plasmaquelle anschließend automatisch durchgeführt werden. Dieses Verfahren benötigt nur zu Beginn eine Positionsbestimmung, wonach die Plasmabehandlung anhand der anfangs bestimmten Daten durchgeführt wird. Dabei ist also keine laufende Abstandsmessung erforderlich, jedoch muss sichergestellt werden, dass sich der Bereich des zu behandelnden Gewebes nicht bewegt. Die Positionsbestimmung kann beispielsweise optisch mittels einer Kamera oder durch ein Abscannen mit einer Abstandsmessvorrichtung erfolgen. Die gemessenen Daten werden in der Steuereinrichtung gespeichert und anschließend bei der Steuerung der Plasmaquelle während der Plasmabehandlung zugrunde gelegt.

[0057] Alternativ dazu ist es auch möglich, dass während des Bewegens und Betriebens der Plasmaquelle die relative Position des Gewebes zur Plasmaquelle bestimmt wird und bei dem die Plasmaquelle durch die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der relativen Position gesteuert wird. Diese Alternative setzt also eine aktive Abstandsmessung voraus, deren Messdaten direkt in die Steuerung der Bewegungseinrichtung und der Plasmaquelle einfließen.

[0058] Des Weiteren kann vorzugsweise das Verfahren so durchgeführt werden, dass eine mögliche Bewegung des Körperteils überwacht wird und die Amplitude der Bewegung festgestellt wird, und dass die Plasmabehandlung abgebrochen wird, wenn eine Amplitude der Bewegung oberhalb eines Grenzwertes festgestellt wird. Denn kommt es zu einer beabsichtigten oder unbeabsichtigten Bewegung des Körperteils, so muss sichergestellt werden, dass keine übermäßige Plasmaeinwirkung auf das Gewebe auftreten kann. Unter Abbrechen der Plasmabehandlung wird verstanden, dass die Plasmaleistung reduziert

oder abgeschaltet wird und/oder die Plasmaquelle vom Körperteil entfernt wird.

[0059] Bei einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vor der Plasmabehandlung das Plasmaleistungsprofil innerhalb des zu behandelnden Bereiches festgelegt. Mit dieser Maßnahme kann die Plasmabehandlung gezielt in Abhängigkeit vom Zustand des Gewebes eingestellt werden und die Behandlungsintensität variabel über die Fläche verändert wird. Denn insbesondere bei großflächigeren Plasmabehandlungen von erkrankten oder verletzten Hautbereichen kann das Leistungsprofil je nach benötigter Intensität der Plasmabehandlung gewählt und somit eine individuelle Therapie eingesetzt werden.

[0060] Das Verfahren zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe entspricht im Wesentlichen dem zuvor beschriebenen Verfahren einschließlich dessen bevorzugte Ausgestaltungen. Das Verfahren ist vorzugsweise dadurch gekennzeichnet, dass der Plasmastrahl auf das Gewebe einwirkt und zumindest teilweise ein Abtöten von Krankheitserregern an oder in dem Gewebe bewirkt. Der Vorteil der Plasmabehandlung besteht darin, dass trotz der Energieeinwirkung durch das Plasma keine dauerhafte Schädigung des Gewebes auftritt, jedoch die abtötende Wirkung auf Krankheitserreger gewährleistet ist.

[0061] Die Energie des Plasmastrahls reicht aus um Krankheitserreger zu töten, wobei diese Energie auch zu einer Schädigung in den Gewebeschichten führt. Da aber die Selbstheilungskräfte des Körpers für eine Neubildung der beschädigten Gewebeschichten reichen, wird der Heilungsprozess verbessert, da die aggressiven Krankheitserreger reduziert oder gar eliminiert worden sind.

[0062] Durch den Einsatz der oben beschriebenen Plasmaquellen wird bei der Durchführung des Verfahrens ein automatisierter Prozess eingesetzt, der ohne direktes Eingreifen einer behandelnden Person durchgeführt wird. Trotz über dem Grenzwert von ca. 40 bis 45°C liegenden Plasmastrahltemperaturen kann somit eine intensive und präzise Plasmabehandlung angewendet werden.

[0063] Vor der Durchführung der Plasmabehandlung ist es bevorzugt, die genauen Abmessungen des zu behandelnden Bereiches des Gewebes zu bestimmen. Damit kann sichergestellt werden, dass die Plasmabehandlung nicht auf Bereiche ausgedehnt wird, die nicht behandelt werden sollen. Ebenso kann die Topographie, also die dreidimensionale Oberflächenform bestimmt werden. Die Bestimmung des zu behandelnden Bereichs und ggf. dessen Topographie kann mit optischen Mitteln, beispielsweise eine Kamera erfolgen, wobei auf einer Anzeigevorrichtung

im aufgenommenen Kamerabild die Auswahl des Bereiches durch die behandelnde Person vorgenommen wird.

[0064] Des Weiteren kann vor der Durchführung der Plasmabehandlung der Abstand zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe vorgegeben und als Parameter eingegeben werden. Dann kann während der Plasmabehandlung der Abstand der Plasmaquelle zum Gewebe innerhalb eines vorgegebenen Bereichs, vorzugsweise konstant eingestellt werden, ggf. auch auf der Basis der gemessenen Topographie des Bereiches.

[0065] Ebenso stellt es eine vorteilhafte Maßnahme dar, wenn die Temperatur des zu behandelnden Gewebes vor und/oder während und/oder nach der Plasmabehandlung bestimmt wird. Damit wird der kritische Parameter einer möglichen Überhitzung des Gewebes überwacht und Verbrennungen durch die Plasmabehandlung vermieden. Dabei kann von der Steuereinrichtung die Plasmabehandlung abgebrochen werden, wenn die absolute Temperatur oder eine Temperaturdifferenz während der Behandlung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

[0066] Ebenso kann eine mögliche Bewegung des Bereiches des Gewebes überwacht und die Amplitude der Bewegung festgestellt werden, und bei dem die Plasmabehandlung abgebrochen wird, wenn eine Amplitude der Bewegung oberhalb eines Grenzwertes festgestellt wird.

[0067] Zuvor ist die Plasmabehandlung als direkte Anwendung eines Plasmastrahls auf das Gewebe beschrieben worden. Im Folgenden werden weitere Maßnahmen beschrieben, die zusätzlich oder alternativ zur direkten Plasmabehandlung durchgeführt werden können.

[0068] Vor, während und/oder nach der Plasmabehandlung kann eine Wärmebehandlung, eine Lichtbehandlung und/oder eine Laserbehandlung durchgeführt werden. Diese zusätzlichen Maßnahmen können die Wirkungsweise der Plasmabehandlung unterstützen und ergänzen.

[0069] In bevorzugter Weise kann nach der Plasmabehandlung ein Verschluss auf das Gewebe aufgebracht werden. Dadurch wird eine erneute Kontamination mit Krankheitserregern vermieden bzw. stark reduziert. Als Verschluss kann dabei jede künstliche oder natürliche Schicht verstanden werden. Dabei können Gewebe oder Nicht-Gewebe wie glatte Schichten angewendet werden.

[0070] In besonders bevorzugter Weise wird das Material des Verschlusses durch die Plasmaquelle mittels Plasmapolymerisation erzeugt. Bei der Plasmapolymerisation wird mit Hilfe eines Plasmas ein

Precursormaterial zur Reaktion gebracht und das Reaktionsprodukt auf der Oberfläche abgeschieden wird. Dabei erfolgen sowohl die Reaktion als auch das Abscheiden unter Atmosphärendruck. Da das Precursormaterial vorzugsweise getrennt vom Arbeitsgas zugeführt und in den Plasmastrahl eingespeist wird, braucht das Precursormaterial selbst nicht die gesamte Anregungszone innerhalb der Plasmaquelle zu durchqueren. Dies hat den wichtigen Vorteil, dass das Precursormaterial nicht schon in der Anregungszone zersetzt oder in sonstiger Weise chemisch verändert wird. Für die erwünschte Reaktion, die zur Abscheidung einer polymerähnlichen Schicht auf der Oberfläche des Substrats führt, steht deshalb eine wesentlich größere Anzahl an Reaktionspartnern zur Verfügung als bei dem herkömmlichen Verfahren. Ein derartiges Verfahren ist aus der EP 1 230 414 A1 bekannt.

[0071] Das Abscheiden eines Verschlusses auf ein Körpergewebe mittels Plasmapolymerisation stellt ein von einer zuvor durchgeführten Plasmabehandlung des Gewebes unabhängiges Verfahren dar, für das auch ein selbstständiger Schutz beansprucht werden soll.

[0072] Der Verschluss des Gewebes kann somit entweder direkt nach oder bereits während der Plasmabehandlung aufgebracht werden, so dass eine zeitliche Verzögerung zwischen Plasmabehandlung und Aufbringen eines Verschlusses ausgeschlossen oder zumindest deutlich reduziert werden kann. Bei gleichzeitiger Plasmabehandlung und Plasmapolymerisation kann zwischen beiden Prozessen nur schwer unterschieden werden, da der Plasmastrahl bei der Plasmapolymerisation nicht aufgebraucht wird. Die Plasmabehandlung und die Plasmapolymerisation können also mit derselben Plasmaquelle durchgeführt werden. Nach einer Unterbrechung der Zufuhr des Precursormaterials kann ein Plasmastrahl ohne Reaktionsprodukte erzeugt werden und umgekehrt.

[0073] Ein Vorteil des Aufbringens eines Verschlusses auf das Gewebe mittels Plasmapolymerisation besteht darin, dass die abgeschiedene Schicht sehr dünn ist und eine geringe Beeinträchtigung des Körpers darstellt. Atmungsaktive aber gleichwohl Krankheitserreger abweisende Verschlüsse können somit hergestellt werden.

[0074] Des Weiteren kann in bevorzugter Weise nach der Plasmabehandlung oder unabhängig von einer vorherigen Plasmabehandlung ein Medikament auf das Gewebe aufgebracht werden und das Medikament durch den Plasmastrahl aktiviert werden. Unter einer Aktivierung wird dabei jegliche Form der Beeinflussung der Wirksamkeit des Medikaments durch Wärme und/oder chemische Anregung und/oder Abscheidung einer zusätzlichen Komponente des Me-

dikaments durch eine Plasmapolymerisation verstanden.

[0075] Weiterhin kann mittels einer Plasmapolymerisation auch das Medikament an sich abgeschieden werden. In diesem Fall befindet sich vor der Plasmabehandlung kein Medikament auf dem Gewebe, sondern während der Plasmabehandlung wird das Medikament abgeschieden. Dadurch kommt es zu einer effektiven, ggf. in ihrer Wirkung verstärkten Anwendung von Medikamenten. Denn das Medikament kann nicht nur an sich abgeschieden, sondern auch durch die Wechselwirkung mit dem Plasma aktiviert werden.

[0076] Die zuvor beschriebene Plasmabehandlung von lebendem Gewebe kann zur Desinfektion des Gewebes eingesetzt werden, das durch eine Verletzung oder eine Infektion mit Krankheitserregern verunreinigt ist. Bei einer frischen Verletzung kann die Plasmabehandlung prophylaktisch eingesetzt werden, besteht eine Verunreinigung bereits und ist das Gewebe entzündet, so kann die Plasmabehandlung zu einer Heilung der Entzündung beitragen.

[0077] In besonders bevorzugter Weise kann vor dem Beginn eines operativen Eingriffs der zu operierende Bereich des Körpers mit der Plasmabehandlung desinfiziert werden. Damit kann das bisherige Desinfizieren des Gewebes mit chemischen Mitteln ergänzt, unterstützt oder sogar ersetzt werden. Ebenso ist es möglich, dass vor und nach dem Verschließen einer Operationsöffnung der zu verschließende bzw. verschlossene Wundbereich mit einer Plasmabehandlung desinfiziert wird. Dadurch kann das Entzündungsrisiko aufgrund von Krankheitserregern verringert werden.

[0078] Die zuvor beschriebene Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe und die damit in Zusammenhang stehenden Verfahren basieren auf dem Einsatz von Plasmaquellen, die einen nicht-thermischen Plasmastrahl mit geringer Temperatur erzeugen. Die beiden nachfolgend beschriebenen Ausgestaltungen der Plasmaquelle hinsichtlich der Längenänderung der Plasmaquelle und der in die Plasmaquelle integrierten Abstandsmessung können jeweils bevorzugt in dieser Vorrichtung und diesen Verfahren eingesetzt werden. Jedoch ist die Ausgestaltung der Plasmaquellen nicht auf diesen Einsatz beschränkt. Daher stellen die beiden Ausgestaltungen unabhängige Erfindungen dar, die ganz allgemein bei Plasmabehandlungen und Plasmaanwendungen eingesetzt werden können.

[0079] Bei einer weiteren unabhängigen Lehre der vorliegenden Erfindung weist die Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls einen Aufbau auf mit einer Halterung, mit einem Gehäuse, mit einer Innenelektrode, mit einer zumindest

abschnittsweise im Gehäuse ausgebildeten Außenelektrode, mit einem Gaseinlass, mit einer am Gehäuse ausgebildeten Auslassöffnung und mit Mitteln zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode und der Außenelektrode, wobei die Innenelektrode und die Auslassöffnung zusammen eine axiale Richtung vorgeben. Diese Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Position des äußeren Endes der Auslassöffnung in axialer Richtung relativ zur Halterung veränderbar ist.

[0080] Durch diese Veränderbarkeit der Länge der Plasmaquelle wird eine schnell regelbare Steuerung des Abstands zwischen der Auslassöffnung der Plasmaquelle und der Oberfläche des zu behandelnden Objekts bzw. Gewebes möglich. Denn die zu bewegendende Masse beschränkt die mögliche Frequenz der Längenänderung. Da nur ein Teil der Plasmaquelle und nicht mehr die Plasmaquelle zusammen mit der Halterung in ihrer axialen Position verändert werden muss, kann aufgrund der geringeren zu bewegendenden Masse eine höhere Einstellgeschwindigkeit erreicht werden.

[0081] Die schnelle Steuerung der Länge der Plasmaquelle kann in vorteilhafter Weise bei der Plasmabehandlung von unebenen Flächen eingesetzt werden, wenn die Unebenheit eine typische Veränderungslänge aufweist, die größer als oder gleich der Abmessung des Plasmastrahls ist, und wenn beim Überfahren der Oberfläche eine Nachführung des Abstandes erforderlich ist. Damit wird eine gleichmäßige Beaufschlagung der Oberfläche mit dem Plasmastrahl erreicht, da die Eigenschaften des Plasmastrahls mit dem Abstand variieren können.

[0082] Für die Längenänderung der Plasmaquelle kommen unterschiedliche Möglichkeiten in Frage.

[0083] In bevorzugter Weise ist das Gehäuse der Plasmaquelle im Bereich der Auslassöffnung in der Länge veränderbar. Dazu ist das Gehäuse am vorderen Ende mit einem separaten Mundstück versehen, das mittels einer Motorik oder Pneumatik relativ zum übrigen Gehäuse verstellt werden kann. Dabei kann zum einen ein Rotationsantrieb eingesetzt werden, der das Mundstück über eine Drehung eines Gewindes verstellt. Zum anderen kann auch ein Linearantrieb eingesetzt werden, der das Mundstück mittels einer Teleskopanordnung verstellt, die zwischen dem Gehäuse und dem Mundstück ausgebildet ist. Der Vorteil dieser Ausgestaltung besteht darin, dass nur ein geringes Gewicht verstellt wird, so dass die Bewegung schnell erfolgen kann.

[0084] Bei einer weiteren alternativen Ausgestaltung der Plasmaquelle ist das Gehäuse im axialen Bereich zwischen der Innenelektrode und der Auslassöffnung in der Länge veränderbar ist. Dabei wird al-

so nicht das Mundstück beweglich vorgesehen, sondern ein Gehäuseabschnitt strömungsaufwärts des Mundstücks bzw. der Auslassöffnung wird zweiteilig ausgebildet, wobei die beiden getrennten Gehäuseabschnitte relativ gegeneinander durch einen Linearantrieb oder einen Rotationsantrieb zueinander bewegt. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass nicht der für die Entladungsvorgang wichtige Bereich des Mundstücks in seiner Geometrie verändert wird, sondern das Gehäuse außerhalb dieses empfindlichen Bereichs verändert wird. Auch wenn mehr Masse bewegt wird, ist die Frequenz der Verstellbewegung immer noch für die meisten Anwendungen ausreichend und größer, als wenn die gesamte Plasmaquelle bewegt werden muss.

[0085] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Plasmaquelle ist die Position des Gehäuses zusammen mit zumindest einem Teil der Innenelektrode relativ zur Halterung veränderbar. Dazu sind beispielsweise sowohl das Gehäuse als auch die Innenelektrode zweiteilig ausgebildet und paarweise gegeneinander verstellbar. Das vordere Teil des Gehäuses wird dann gemeinsam über eine mechanische Verbindung mit dem vorderen Teil der Innenelektrode relativ zu den beiden anderen Teilen des Gehäuses und der Innenelektrode verstellt. Dabei können sowohl ein Rotationsantrieb als auch ein Linearantrieb eingesetzt werden. Bei dieser Ausgestaltung ist es besonders vorteilhaft, dass der für die Entladung innerhalb der Plasmadüse verantwortliche Bereich während der Bewegung in seiner gesamten Geometrie nicht verändert wird. Denn der Abstand zwischen dem vorderen Ende der Innenelektrode und der Auslassöffnung bleibt während der Bewegung gleich. Auch wenn diese Ausgestaltung mehr Masse als bei den zuvor erläuterten Ausführungsbeispielen bewegt wird, ist die Frequenz der Verstellbewegung immer noch für die meisten Anwendungen ausreichend.

[0086] Bei einer weiteren unabhängigen Lehre der vorliegenden Erfindung weist die Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls einen Aufbau auf mit einem Gehäuse, mit einer Innenelektrode, mit einer zumindest abschnittsweise im Gehäuse ausgebildeten Außenelektrode, mit einem Gaseinlass, mit einer am Gehäuse ausgebildeten Auslassöffnung und mit Mitteln zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode und der Außenelektrode, wobei die Innenelektrode und die Auslassöffnung zusammen eine axiale Richtung vorgeben. Diese Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Einkoppeln eines Laserstrahls in axialer Richtung vorgesehen sind und dass Mittel zur optischen Abstandsmessung des vorderen Endes der Auslassöffnung zum zu behandelnden Objekt messen, wobei ein Signal aus der Reflektion des Laserstrahls auf der Oberfläche des Objekts ausgewertet wird.

[0087] In bevorzugter Weise sind die Mittel zum Einkoppeln des Laserstrahls als ein in der Innenelektrode ausgebildeter Kanal ausgebildet. Der Laserstrahl verläuft durch dann durch die Innenelektrode, durch das Gehäuse und durch die Auslassöffnung hindurch bis zur Oberfläche des zu behandelnden Objekts. Das reflektierte Licht verläuft den gleichen Weg wieder zurück durch die Plasmaquelle hindurch und wird dann als Empfangssignal ausgekoppelt. Aus dem gepulsten Signal und dessen Laufzeit und/oder Phasenverschiebung wird dann die Abstandsinformation gewonnen.

[0088] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Mittel zum Einkoppeln des Laserstrahls als ein durch die Innenelektrode verlaufender Lichtleiter ausgebildet. Der zuvor beschriebene Kanal in der Innenelektrode wird nicht für das Durchleiten des freien Laserstrahls sondern zur Aufnahme des Lichtleiters verwendet. Insbesondere verläuft der Lichtleiter bis zum vorderen Ende der Innenelektrode, das Ende des Lichtleiters kann aber auch vor dem vorderen Ende der Innenelektrode enden. Durch die Nutzung eines Lichtleiters wird das Einkoppeln, insbesondere bei einer schnell bewegten Plasmaquelle gegenüber einem Einkoppeln mit Hilfe von Spiegelanordnungen erleichtert.

[0089] Für die Auswertung des reflektierten Lichtsignals weisen die Mittel zur Abstandsmessung einen lichtempfindlichen Detektor und eine Auswerteeinrichtung auf. Diese arbeiten in herkömmlicher Weise.

[0090] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der Zeichnung zeigen

[0091] [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle zur Erzeugung eines Plasmastrahls (Stand der Technik),

[0092] [Fig. 2](#) im Detail ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle zur Erzeugung eines Plasmastrahls mit einer schlitzförmigen Auslassöffnung (Stand der Technik),

[0093] [Fig. 3](#) im Detail ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle zur Erzeugung eines rotierenden Plasmastrahls (Stand der Technik),

[0094] [Fig. 4](#) im Detail ein Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle zur Erzeugung eines Plasmastrahls zur Plasmapolymersation (Stand der Technik),

[0095] [Fig. 5](#) ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Bewegungseinrichtung zur 3-dimensionalen Bewegung der Plasmaquelle mit linearen Verstellrichtungen,

[0096] [Fig. 6](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Bewegungseinrichtung zur 3-dimensionalen Bewegung der Plasmaquelle mit einer Kombination aus einer bogenförmigen und linearen Verstellrichtungen,

[0097] [Fig. 7](#) ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Bewegungseinrichtung gemäß [Fig. 6](#), wobei die Ausrichtung der Plasmaquelle gekippt werden kann,

[0098] [Fig. 8](#) ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe gemäß [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) mit einem Gehäuse und einer Schablone als Fixiereinrichtung,

[0099] [Fig. 9](#) ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe gemäß [Fig. 8](#) mit einer Temperaturkontrolleinrichtung,

[0100] [Fig. 10](#) ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Bewegungseinrichtung in Form eines Roboterarms,

[0101] [Fig. 11](#) ein erstes Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle mit einer axial verstellbaren Auslassöffnung,

[0102] [Fig. 12](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle mit einer axial verstellbaren Auslassöffnung und

[0103] [Fig. 13](#) ein drittes Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle mit einer axial verstellbaren Auslassöffnung,

[0104] [Fig. 15](#) ein erstes Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle mit einer Abstandskontrolleinrichtung und

[0105] [Fig. 15](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer Plasmaquelle mit einer Abstandskontrolleinrichtung.

[0106] Bevor auf die Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe eingegangen wird, sollen Ausführungsbeispiele von Plasmaquellen erläutert werden, die bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einsatz kommen können. Dabei wird hervorgehoben, dass die beschriebenen Plasmaquellen einen bestimmten Typ von Plasmaquellen beschreiben. Gleichwohl ist die Erfindung nicht auf die Verwendung dieser Plasmaquellen beschränkt.

[0107] Eine in [Fig. 1](#) gezeigte Plasmaquelle bzw. Plasmadüse **10** weist ein Gehäuse oder auch Düsenrohr **12** aus Metall auf, das sich konisch zu einer Auslassöffnung **14** verjüngt. Am der Auslassöffnung **14** entgegengesetzten Ende weist das Gehäuse **12** eine Dralleinrichtung **16** mit einem Einlass **18** für ein Arbeitsgas auf, beispielsweise für Druckluft oder Stickstoffgas.

[0108] Eine Zwischenwand **20** der Dralleinrichtung **16** weist einen Kranz von schräg in Umfangsrichtung angestellten Bohrungen **22** auf, durch die das Arbeitsgas verdrallt wird. Der stromabwärtige, konisch verjüngte Teil des Gehäuses **12** wird deshalb von dem Arbeitsgas in der Form eines Wirbels **24** durchströmt, dessen Kern auf der Längsachse des Gehäuses **12** verläuft. Dieser Wirbel ist mit einer geschwungenen Linie **24** schematisch dargestellt.

[0109] An der Unterseite der Zwischenwand **20** ist mittig eine Elektrode **26** angeordnet, die koaxial in das Gehäuse **12** hineinragt. Die Elektrode **26** ist elektrisch mit der Zwischenwand **20** und den übrigen Teilen der Dralleinrichtung **16** verbunden. Die Dralleinrichtung **16** ist durch ein Keramikrohr **30** elektrisch gegen das Gehäuse **12** isoliert. Über die Dralleinrichtung **16** wird an die Elektrode **26** eine hochfrequente Hochspannung, insbesondere Wechselfspannung oder eine hochfrequent gepulste Gleichspannung angelegt, die von einem Hochfrequenztransformator **32** erzeugt wird.

[0110] Die Primärspannung ist variabel regelbar und beträgt beispielsweise 300 bis 500 V. Die Sekundärspannung kann 1 bis 5 kV oder mehr betragen, gemessen Peak-to-Peak. Die Frequenz liegt beispielsweise in der Größenordnung von 1 bis 100 kHz und ist vorzugsweise ebenfalls regelbar. Die Frequenz kann auch außerhalb der angegebenen Werte eingestellt werden, solange sich eine nachfolgend erläuterte Bogenentladung einstellt. Die Dralleinrichtung **16** ist mit dem Hochfrequenzgenerator **32** über ein flexibles Hochspannungskabel **34** verbunden. Der Einlass **18** ist über einen nicht gezeigten Schlauch mit einer unter Druck stehenden Arbeitsgasquelle mit variablem Durchsatz verbunden, die vorzugsweise mit dem Hochfrequenzgenerator **32** zu einer Versorgungseinheit kombiniert ist. Das Gehäuse **12** ist gerdet.

[0111] Durch die angelegte Spannung wird eine Hochfrequenzentladung in der Form eines Lichtbogens **40** zwischen der Elektrode **26** und dem Gehäuse **12** erzeugt. Der Begriff "Lichtbogen" wird als phänomenologische Beschreibung der Entladung verwendet, da die Entladung in Form eines Lichtbogens auftritt, der Begriff Lichtbogen aber bei Gleichspannungsentladungen mit im Wesentlichen konstanten Spannungswerten verstanden wird. Aufgrund der vorzugsweise drallförmigen Strömung des Ar-

beitsgases wird dieser Lichtbogen im Wirbelkern auf der Achse des Gehäuses **12** kanalisiert, so dass er sich erst im Bereich der Auslassöffnung **14** zur Wand des Gehäuses **12** verzweigt. Das Arbeitsgas, das im Bereich des Wirbelkerns und damit in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens **40** mit hoher Strömungsgeschwindigkeit rotiert, kommt mit dem Lichtbogen in innige Berührung und wird dadurch zum Teil in den Plasmazustand überführt, so dass ein Strahl **42** eines atmosphärischen Plasmas, etwa in der Gestalt einer Kerzenflamme, aus der Auslassöffnung **14** der Plasmadüse **10** austritt.

[0112] In [Fig. 1](#) ist die Düse mit einer zentrierten und im Wesentlichen runden Auslassöffnung **14** dargestellt. Darüber hinaus ist es auch möglich, den Gasauslass davon abweichend auszubilden. So zeigt [Fig. 2](#) eine Auslassöffnung **14'** mit einem im Wesentlichen schlitzförmigen Querschnitt, so dass ein aufgefächerter Plasmastrahl **42'** erzeugt wird. Die Auslassöffnung **14'** wird dabei durch ein separates Mundstück **47'** gebildet, das mit dem Gehäuse **12'** verbunden ist.

[0113] Gemäß dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 3](#) ist die Auslassöffnung **14''** in einem Mundstück **47''** schräg verlaufend ausgebildet, und das Mundstück **47''** oder das Gehäuse **12''** kann durch einen geeigneten Antrieb zu einer Rotationsbewegung angetrieben werden, so dass ein schräg gestellter und rotierender Plasmastrahl **42''** erzeugt wird. Mit anderen Worten wird eine Rotationsbewegung des Auslasses **14** erreicht, wodurch das Plasma verwirbelt wird.

[0114] [Fig. 4](#) zeigt des Weiteren eine Plasmaquelle im Ausschnitt zur Durchführung einer Plasmapolymersation. Dazu ist im Bereich der Auslassöffnung **14'''** eine Lanzette **49** vorgesehen, die strömungsabwärts der Entladung **40'''** ein Precursormaterial in den austretenden Plasmastrahl **42'''** einführt. Das Precursormaterial reagiert dann im Plasmastrahl und es kommt zu einer Abscheidung einer definierten Schicht auf einer Oberfläche, die gleichzeitig durch den Plasmastrahl **42'''** (vor)behandelt wird.

[0115] Die Art des Einbringens eines Precursormaterials in eine Plasmaquelle kann unterschiedlich ausgebildet sein, so dass die Darstellung in [Fig. 4](#) nur beispielhaft zu verstehen ist. Die oben zitierten Veröffentlichungen enthalten weitere Ausführungsformen dazu.

[0116] [Fig. 5](#) zeigt nun ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung **50** zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Plasmaquelle **52** zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls, der in Form einer gebogenen Flamme am vorderen Ende der Plasmaquelle austritt. Die Vorrichtung weist eine Auflageeinrichtung **54**, die in Form einer Liege für einen das zu behandelnde Gewebe aufweisenden

– nur schematisch dargestellten – Körper **56** ausgebildet ist. Die Auflageeinrichtung **54** kann aber auch kleiner dimensioniert sein, wenn nur ein Körperteil, bspw. eine Extremität, plasmabehandelt werden soll.

[0117] Des Weiteren ist eine Bewegungseinrichtung **58** zum Bewegen der Plasmaquelle **52** relativ zur Oberfläche des Gewebes, also des Körpers **56** vorgesehen. Die Bewegungseinrichtung arbeitet mit drei Freiheitsgraden und ermöglicht somit eine 3-dimensionale Verstellung der Plasmaquelle **52**. Für jeden Freiheitsgrad ist ein Linearantrieb **60**, **62** und **64** vorgesehen, wobei die einzelnen Linearantriebe die mit den Doppelpfeilen x, y und z bezeichneten Bewegungsrichtungen ermöglichen. Als Linearantriebe werden herkömmliche Antriebe verwendet.

[0118] Die Vorrichtung **50** weist zudem eine Steuereinrichtung **66** zum Steuern der Bewegungseinrichtung **58** und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle **52** auf. Somit kann die Plasmaquelle **52** eingestellt werden, also insbesondere ein- und ausgeschaltet, aber auch mit unterschiedlichen Plasmaleistungen betrieben werden. Ebenso wird die Bewegungseinrichtung **58** so angesteuert, dass die Plasmaquelle **52** über den Körper **56** bewegt wird, während die Bewegung so verläuft, dass ein vorgegebener Abstandsbereich zwischen Plasmaquelle **52** und der Oberfläche des Körpers **56** eingehalten wird.

[0119] **Fig. 6** zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **70** zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe mit einer Plasmaquelle **72** zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls **74**. Auf einem flachen Tisch **76** liegt eine Auflageeinrichtung **78** für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil **80**, hier schematisch als runder Arm im Querschnitt dargestellt. Die Auflageeinrichtung **78** ist vorliegend an die Körperform angepasst und führt daher zu einer Stabilisierung bzw. teilweisen Fixierung des Körperteils **80**.

[0120] Eine Bewegungseinrichtung **82** zum Bewegen der Plasmaquelle **82** relativ zur Oberfläche des Körpers **80**, also des Gewebes, weist eine Bogenführung **84**, entlang derer die Halterung **86** für die Plasmaquelle **82** beweglich angeordnet ist. Mit Hilfe eines nicht dargestellten Antriebs kann die Halterung **86** entlang der Bogenführung **84** bewegt werden und eine bogenförmige, vorzugsweise kreisförmig Bewegung ausführen. Damit kann die Plasmaquelle **82** um den Körperteil **80** herum geführt werden und verschiedene Winkelstellungen einnehmen. Diese Bewegung ist mit dem Doppelpfeil a gekennzeichnet. Des Weiteren ist eine nicht im Detail dargestellte Linearverstellung mit Antrieb vorgesehen, die die Plasmaquelle **72** radial bewegt, was mit dem Doppelpfeil b gekennzeichnet ist. Weiterhin kann die Plasmadüse **72** in der Halterung **86** in der Ebene der bogenförmigen

Führung gedreht werden, was mit dem Doppelpfeil c gekennzeichnet ist. Dadurch kann eine von einer reinen radialen Winkelstellung abweichende Position durch die Plasmaquelle **72** eingenommen werden.

[0121] Auch dieses Ausführungsbeispiel weist eine Steuereinrichtung **88** zum Steuern der Bewegungseinrichtung **86** und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle **72** auf. Über entsprechende Leitungen **90** und **92** werden die Steuerbefehle an die Bewegungseinrichtung **82** und die Plasmaquelle **72** übertragen.

[0122] Des Weiteren ist bei der in **Fig. 6** dargestellten Vorrichtung eine Linearführung **94** als Teil der Bewegungseinrichtung **82** vorgesehen, die eine Querbewegung der Bogenführung **84** ermöglicht und somit einen weiteren Freiheitsgrad erlaubt. Damit kann die Plasmabehandlung nicht nur im Wesentlichen in der Ebene der Bogenführung **84** erfolgen, sondern die Bewegung der Plasmaquelle **72** kann sich auch über einen größeren Abschnitt des Körperteils erstrecken, also aus der Zeichnungsebene der **Fig. 6** heraus. Die Linearführung **94** weist für ein automatisches Verstellen einen nicht im Detail dargestellten Antrieb auf, der über eine Leitung **96** mit der Steuereinrichtung **88** verbunden ist.

[0123] **Fig. 7** zeigt das in **Fig. 6** dargestellte Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Darstellung, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie in **Fig. 6** gezeigt kennzeichnen. Der zuletzt erläuterte Linearantrieb **94** ermöglicht eine Bewegung quer zur Ebene der Bogenführung **84**, die Bewegungsrichtung ist in **Fig. 7** mit dem Doppelpfeil d gekennzeichnet.

[0124] Ein weiterer Freiheitsgrad der Bewegung der Plasmaquelle **72** wird durch den Doppelpfeil e dargestellt. Die Plasmaquelle **72** kann mittels eines geeigneten Rotationsantriebs als Teil der Bewegungseinrichtung **82** so positioniert werden, dass die Richtung des Plasmastrahls eine Komponente in Richtung d der linearen Verschiebung aufweist. Bei einer ausreichenden radialen Verstellung entlang der Richtung b und einer Verstellung in Richtung e kann somit auch das Ende eines Körperteils, beispielsweise die Unterseite eines Fußes, die Oberseite eines Kopfes oder anderer schwer zugängliche Körperbereiche mit Plasma behandelt werden.

[0125] Die **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe. Der Aufbau dieser Ausführungsbeispiele entspricht im Wesentlichen dem Aufbau, der in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt ist. Daher bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente, wie sie zuvor beschrieben worden sind.

[0126] Zunächst ist in [Fig. 8](#) dargestellt, dass die Auflageeinrichtung **78** eine Positionierungseinrichtung **100** zur Fixierung des Körperteils **80** aufweist. Die Positionierungseinrichtung **100** ist vorliegend als Schablone ausgebildet, die den schematisch dargestellten Arm **80** umschließt und somit in seiner Position fixiert. Der zu behandelnde Bereich des Gewebes des Arms **80** wird durch ein Fensterausschnitt **102** freigegeben. Für die Behandlung unterschiedlicher Bereiche eines Körperteils **80** ist dann entweder eine Mehrzahl verschiedener Schablonen vorhanden, oder die Schablone **100** ist variabel ausgebildet und die Position des Fensterausschnittes **102** kann variabel eingestellt und angepasst werden.

[0127] Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Vorrichtung besteht darin, dass die Positionierungseinrichtung mindestens einen – in [Fig. 8](#) schematisch dargestellten – Schalter **104** aufweist, der ab einer Mindestbewegung des Körperteils **80** öffnet. Anstelle nur eines Schalters **104** können auch mehrere Schalter an der Schablone **100** vorgesehen sein.

[0128] Ebenso kann statt des Schalters **104** mindestens ein in [Fig. 9](#) dargestellter Bewegungssensor **106** vorgesehen sein, der berührungslos, beispielsweise kapazitiv, induktiv oder optisch eine Bewegung des Arms **80** feststellt. Insbesondere dann, wenn die Schablone **100** nicht vorgesehen ist, kann der berührungslose Bewegungssensor **106** den zuvor beschriebenen Schaltvorgang auslösen. Der Bewegungssensor **106** kann selbstverständlich auch bei der Verwendung der Schablone **100** gemäß [Fig. 8](#) eingesetzt werden.

[0129] Die beschriebenen Schalter **104** und **106** erzeugen bei einer zu großen Bewegung des Körperteils ein Schaltsignal und über eine Leitung **108** wird das Steuersignal an die Steuereinrichtung **88** übertragen. Da aufgrund einer zu großen Bewegungsamplitude des Körperteils **80** eine unsachgemäße Plasmabehandlung entstehen könnte, kann die Steuereinrichtung **88** das Schaltsignal des mindestens einen Schalters **104** bzw. **106** nutzen, um die Plasmabehandlung zu unterbrechen und die Bewegungseinrichtung **82** und/oder die Plasmaquelle **72** so anzusteuern, dass keine Beschädigung des Gewebes auftreten kann.

[0130] Wie die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen, ist ein Gehäuse **110** vorgesehen, in dem die Plasmaquelle **72** und die Bewegungseinrichtung **82** angeordnet sind. Dadurch wird die Plasmabehandlung in einem zumindest teilweise abgeschirmten Raum durchgeführt, der von dem Gehäuse **110** aufgespannt wird. Die Darstellung in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigt ein tunnelförmiges Gehäuse **110**, das nach zwei Seiten hin offen ist. Das Gehäuse kann dagegen auch zu allen Seiten hin im Wesentlichen geschlossen sein und entweder nur einen Durchtritt des zu behandelnden

Körperteils **80** zu ermöglichen oder den gesamten Körper eines Patienten aufzunehmen.

[0131] Zudem kann das Gehäuse **110** eine nicht dargestellte Absaugeinrichtung aufweisen, um die bei der Plasmabehandlung eingesetzten oder entstehenden Prozessgase abzusaugen.

[0132] Des Weiteren ist in [Fig. 9](#) dargestellt, dass eine Temperaturkontrolleinrichtung **120** die Temperatur des zu behandelnden Gewebes kontrolliert. Dazu weist die Temperaturkontrolleinrichtung **120** eine Temperaturfühler **122** auf, der entweder die Umgebungstemperatur im Bereich der plasmabehandelten Körperstelle misst, oder mittels Erfassung der Temperaturstrahlung auf der Körperoberfläche die genaue Temperatur des behandelten Gewebes misst. Die Temperaturkontrolleinrichtung **120** ist über eine Leitung **124** mit der Steuereinrichtung **88** verbunden.

[0133] [Fig. 10](#) zeigt eine weitere Alternative für die Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe, bei der eine Bewegungseinrichtung **130** mit einem Roboterarm **132** eingesetzt wird. Der Roboterarm **130** ermöglicht sechs Freiheitsgrade in der Bewegung der Plasmadüse **134** relativ zu einem zu behandelnden Körper, der auf einer Liege **136** aufliegt. Der Bewegungseinrichtung **130** mit seiner freien Zugänglichkeit kann daher insbesondere bei Operationen Anwendung finden, um das zu operierende Gewebe vor, während oder nach der Operation mit Plasma zu behandeln. Auch wenn der Roboterarm **132** ohne ein umgebendes Gehäuse gezeigt ist, ist es grundsätzlich auch möglich, einen frei beweglichen Roboterarm **132** innerhalb eines Gehäuses anzuordnen. Für die Steuerung der Vorrichtung ist ein Steuereinrichtung **138** vorgesehen.

[0134] Die in den [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#) dargestellten Vorrichtungen zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe weisen jeweils eine Plasmaquelle **52**, **72** bzw. **134** auf. Die Vorrichtungen sind nicht auf die Anwendung nur einer Plasmaquelle **72** beschränkt, so können auch zwei oder mehr Plasmaquellen **72** vorgesehen sein, die auch unterschiedliche Ausgestaltungen und Anwendungsgebiete haben. So sind insbesondere die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) dargestellten Plasmaquellen für einen Einsatz geeignet. Somit können also insbesondere die Strahlformung ([Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)), die Aufweitung der behandelten Fläche ([Fig. 3](#)) oder die Plasmapolymerisation ([Fig. 4](#)) Anwendung finden.

[0135] Auch und insbesondere die nachfolgend anhand der [Fig. 11](#) bis [Fig. 15](#) gezeigten Ausgestaltungen der Plasmaquellen sind in vorteilhafter Weise bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe einsetzbar. Gleichwohl ist deren Einsatzgebiet nicht auf die Plasmabe-

handlung von lebendem Gewebe beschränkt. Daher wird in der nachfolgenden Beschreibung der Begriff „Objekt“ anstelle von „Körper“, „Körperteil“ oder „Gewebe“ verwendet.

[0136] Die [Fig. 11](#) bis [Fig. 13](#) zeigen Ausführungsbeispiele für Plasmadüsen mit einer variabel einstellbaren Länge für Abstandseinstellung zwischen der Plasmaquelle und dem Objekt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Bewegungseinrichtungen gemäß den [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#), die eine Bewegung der gesamten Plasmaquelle, also einer Halterung der Plasmaquelle in Längsrichtung bewirken, und einer Einrichtung, die nur die Länge der Plasmadüse variiert.

[0137] [Fig. 11](#) zeigt eine Plasmaquelle **200** zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls mit einem vergleichbaren Aufbau wie die Ausführungsbeispiele nach den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#).

[0138] Die Plasmaquelle **200** weist eine Halterung **202** auf, die mit dem Gehäuse **210** verbunden ist und mit der die gesamte Plasmaquelle **200** bewegt werden kann. Über die Halterung **202** kann auch die Zufuhr der elektrischen Versorgung über eine elektrische Verbindung **204** und die Gaszufuhr **206** über einen Gaseinlass **208** eingerichtet sein.

[0139] Weiterhin weist die Plasmaquelle **200** ein Gehäuse **210**, eine Innenelektrode **212** und eine zumindest abschnittsweise im Gehäuse **210** ausgebildeten Außenelektrode **214** auf, die über die Isolierung **215** gegenüber der Innenelektrode **212** elektrisch isoliert ist. Am unteren Ende des Gehäuses **210** ist eine Auslassöffnung **216** ausgebildet, aus der der Plasmastrahl **218** austritt und auf ein Objekt **220** auftrifft. Der Plasmastrahl **218** ist hier mehr in Form von Strömungslinien dargestellt, und nicht in Form einer runden Flamme. Die Innenelektrode **212** und die Auslassöffnung **216** geben zusammen eine axiale Richtung vor.

[0140] Die Plasmaquelle **200** weist darüber hinaus Mittel zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode **212** und der Außenelektrode **214** in Form einer Spannungsquelle **222** und entsprechenden Zuleitungen auf. Die Funktionsweise der Plasmaquelle **200** ist dabei weitgehend identisch, wie es oben anhand von [Fig. 1](#) erläutert worden ist.

[0141] Erfindungsgemäß ist am unteren Ende des Gehäuses **210** ein Mundstück **224** und eine Drehantrieb **226** vorgesehen, der mit dem Gehäuse **210** verbunden ist. Das Mundstück **224** weist an der Außenseite ein Gewinde **228** auf, das mit dem Drehantrieb **226** in Eingriff steht. Ähnlich einem Spindeltrieb kann durch eine Betätigung des Drehantriebes **226** die Position des äußeren Endes **230** der Aus-

lassöffnung **216** bzw. des Mundstücks **224** in axialer Richtung relativ zur Halterung **202** verändert werden. Mit anderen Worten, das Gehäuse **210** ist im Bereich der Auslassöffnung **216** in der Länge veränderbar.

[0142] Wird das Gewinde mit einer großen Steigung gewählt, so kann das Mundstück durch eine geringe Drehung des Drehantriebes **226** schnell in axialer Richtung hin- und herbewegt werden. Dabei kann die Bewegung des Mundstücks **224** wegen der geringen Masse schneller durchgeführt werden, als wenn das gesamte Gehäuse **210** oder die gesamte Plasmaquelle **200** bewegt würde.

[0143] [Fig. 12](#) zeigt eine weitere Ausgestaltung der zuvor erläuterten Plasmaquelle, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie in [Fig. 11](#) kennzeichnen.

[0144] Im Gegensatz zur Darstellung in [Fig. 11](#) ist das Gehäuse **210** im axialen Bereich zwischen der Innenelektrode **212** und der Auslassöffnung **214** in der Länge veränderbar. Dazu ist das Gehäuse **210** zweigeteilt und weist ein oberes Gehäuseteil **210a** und ein unteres Gehäuseteil **210b** auf, die über ein Gewinde **232** im Überlappungsbereich miteinander verbunden sind. Ein Drehantrieb **234**, der drehfest gegenüber der Halterung **202** befestigt ist, greift an dem unteren Gehäuseteil **210b** an. Durch eine Betätigung des Drehantriebes **234** wird das untere Gehäuseteil **210b** gegenüber dem oberen Gehäuseteil **210a** gedreht und mittels des Gewindes **232** in axialer Richtung verstellt.

[0145] Dadurch wird erreicht, dass die Position des äußeren Endes **230** der Auslassöffnung **224'** in axialer Richtung relativ zur Halterung **202** veränderbar ist. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, dass der für die Entladung vorgesehene Innenraum des Gehäuses **210** insbesondere am unteren Ende im Bereich des Mundstücks **224** nicht verändert wird, so dass die Entladungsbedingungen weniger ändern als bei der Ausgestaltung nach [Fig. 11](#). Die zu bewegende Masse ist zwar höher, aber immer noch erheblich geringer, als wenn die gesamte Plasmaquelle **200'** bewegt würde.

[0146] [Fig. 13](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der zuvor erläuterten Plasmaquelle, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie in [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) kennzeichnen.

[0147] Im Gegensatz zur Darstellung in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) ist die Plasmaquelle so ausgebildet, dass die Position eines Gehäuseteils **210d** zusammen mit einem Innenelektrodenteil **212d** relativ zur Halterung **202** veränderbar ist. Dazu weist das Gehäuse **210** ein oberes Gehäuseteil **210c** und das untere Gehäuseteil **210d** auf. Ebenso ist die Innenelektrode **212** zweigeteilt und weist ein oberes Innenelektrodenteil **212c**

und das untere Innenelektrodenenteil **212d** auf. Die Isolierung **215** ist in gleicher Weise in ein oberes Isolierungsteil **215c** und ein unteres Isolierungsteil **215d** aufgeteilt.

[0148] Das untere Gehäuseteil **210d** ist über das untere Isolierungsteil **215d** mit dem unteren Innenelektrodenenteil **212d** verbunden. Die beiden Innenelektrodenenteile **215c** und **215d** sind teleskopähnlich miteinander verbunden, wobei die elektrische Leitfähigkeit gewährleistet bleiben muss. Die beiden Gehäuseteile **210c** und **210d** sind ebenfalls über eine teleskopartige Anordnung ineinander gesteckt. Somit kann die Einheit aus den unteren Teilen **210d**, **215d** und **212d** relativ zu den oberen Teilen **210c**, **215c** und **212c** der Plasmaquelle **200** verschoben werden.

[0149] An der Außenseite des unteren Gehäuseteils **210d** ist ein Außengewinde **235** vorgesehen, das mit dem Drehtrieb **236** in Eingriff steht. Ähnlich einem Spindeltrieb kann durch eine Betätigung des Drehtriebes **236** die Position des unteren Gehäuseteils **210d** relativ zum oberen Gehäuseteil **210c** bzw. der Halterung **202** verändert werden, so dass das Ende **230** der Auslassöffnung **216**, also des Mundstücks **224** in axialer Richtung relativ zur Halterung **202** verschoben wird.

[0150] Auch wenn bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die zu bewegende Masse größer als bei den beiden zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen ist, reicht die Gewichtsreduktion immer noch, um eine hohe Verstellgeschwindigkeit zu erreichen. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt jedenfalls darin, dass die gesamte Geometrie des Entladungsraums zwischen dem vorderen Ende der Innenelektrode **212** und dem vorderen Ende des Gehäuses **210** bzw. dem Mundstück **224** sich nicht verändert, obwohl die Länge der Plasmaquelle verändert wird.

[0151] Im Folgenden werden anhand der [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) zwei Ausführungsbeispiele mit einer integrierten Abstandskontrolleinrichtung beschrieben.

[0152] [Fig. 14](#) zeigt eine Plasmaquelle **300** zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls mit einem vergleichbaren Aufbau wie die Ausführungsbeispiele nach den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) sowie [Fig. 11](#) bis [Fig. 13](#). Der Übersichtlichkeit wegen sind in der [Fig. 14](#) die Luftströmung bzw. der Wirbel und der Entladungskanal bzw. die Bogenentladung im Gegensatz zu den anderen Figuren weggelassen worden.

[0153] Die Plasmaquelle **300** weist eine Halterung **302** auf, mit der die gesamte Plasmaquelle **300** bewegt werden kann, beispielsweise über eine Bewegungseinrichtung in einer Vorrichtung nach einer der [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#). Über die Halterung **302** kann auch die Zufuhr der elektrischen Versorgung über eine

elektrische Verbindung **304** und der Gaszufuhr **306** über einen Gaseinlass **308** eingerichtet sein.

[0154] Weiterhin weist die Plasmaquelle **300** ein Gehäuse **310**, eine Innenelektrode **312** und eine zumindest abschnittsweise im Gehäuse **310** ausgebildeten Außenelektrode **314** auf, die über die Isolierung **315** gegenüber der Innenelektrode **312** elektrisch isoliert ist und wie bei allen anderen Ausführungsbeispielen auch geerdet ist. Im vorliegenden Fall bildet die Isolierung **315** eine Verlängerung des Gehäuses **310** dar. Am unteren Ende des Gehäuses **310** ist Auslassöffnung **316** ausgebildet, aus der der Plasmastrahl **318** austritt und auf ein Objekt **320** auftrifft. Der Plasmastrahl **318** ist hier in Form einer rundlichen Flamme, ähnlich einer Kerzenflamme dargestellt. Die Innenelektrode **312** und die Auslassöffnung **316** geben zusammen eine axiale Richtung vor.

[0155] Die Plasmaquelle **300** weist darüber hinaus Mittel zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode **312** und der Außenelektrode **314** in Form einer Spannungsquelle **322** und entsprechenden Zuleitungen auf. Die Funktionsweise der Plasmaquelle **300** ist dabei weitgehend identisch, wie es oben anhand von [Fig. 1](#) erläutert worden ist.

[0156] Erfindungsgemäß sind bei der in [Fig. 14](#) dargestellten Plasmaquelle **300** Mittel zum Einkoppeln eines Laserstrahls in axialer Richtung und Mittel zur optischen Abstandsmessung des vorderen Endes der Auslassöffnung **316** zum zu behandelnden Objekt **320** vorgesehen, wobei ein Signal aus der Reflexion des Laserstrahls auf der Oberfläche des Objekts **320** ausgewertet wird.

[0157] Eine Laserquelle **330** erzeugt einen Laserstrahl **332**, der so ausgerichtet ist, dass er durch einen in der Innenelektrode **312** ausgebildeten Kanal **334** verläuft. Dazu ist vorzugsweise ein isolierendes Rohr **338** vorgesehen, das sich bis außerhalb der Halterung **302** erstreckt. Die Laserquelle **330** wird so einjustiert, dass der Laserstrahl **332** vorzugsweise im Wesentlichen entlang der Achse, durch die Plasmaquelle **300** verläuft und durch die Auslassöffnung **316** aus der Plasmaquelle **300** austritt. Die Justierung der Laserquelle **330** und die Ausgestaltung der Innenelektrode stellen daher im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Mittel zum Einkoppeln des Laserstrahls dar.

[0158] Der Laserstrahl trifft auf die Oberfläche des Objekts **320** und wird teilweise in entgegengesetzter Richtung entlang des zuvor beschriebenen Lichtwegs zurückreflektiert.

[0159] Über einen Auskoppelspiegel **340** wird der reflektierte Anteil des Laserstrahls **332** auf einen Photosensor **342** reflektiert, so dass ein Messsignal auf-

genommen und auf eine Steuer- und Auswerteeinheit **344** übertragen wird. In bekannter Weise wird von der Steuer- und Auswerteeinheit **344** der Laserstrahl intensitätsmoduliert und die Modulation des Laserlichts wird im Rahmen einer Laufzeit- oder Phasenlagemessung zwischen dem ausgestrahlten und gemessenen Laserlicht bestimmt. Somit wird eine an sich bekannte Laserentfernungsmessung mit einer elektronischen Distanzmessung in eine Plasmaquelle integriert.

[0160] Aus der gemessenen Entfernung kann dann auf den interessierenden Abstand a zwischen dem vorderen Ende der Auslassöffnung **316** und der Oberfläche des Objekts **320** geschlossen werden. Denn die weiteren Lichtlaufängen sind bekannt und können von der gemessenen Entfernung abgezogen werden. Ebenso kann die Änderung des Abstands a durch eine differentielle Auswertung der Messsignale ermittelt werden.

[0161] Das Ausgangssignal der Steuer- und Auswerteeinheit **344** wird dann als Abstandskontrollsignal auf eine Steuereinrichtung **360** zur weiteren Verarbeitung übertragen. Beispielsweise kann das Abstandskontrollsignal zur Steuerung des Abstandes zwischen der Plasmaquelle und einem Objekt verwendet werden, um bei einer Bewegung der Plasmaquelle entlang der Oberfläche des Objekts einen vorgegebenen Abstand a innerhalb vorgegebener Toleranzwerte einzuhalten.

[0162] **Fig. 15** zeigt eine Plasmaquelle **300'**, die im Wesentlichen entsprechend der in **Fig. 14** dargestellten Ausführungsform ausgebildet ist. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente.

[0163] Zunächst ist eine Abstandskontrolleinrichtung **350** vorgesehen, die einen Laser aufweist. Der Laserstrahl wird dann in einen Lichtleiter **352** eingekoppelt.

[0164] Der Lichtleiter **352** stellt dann die Mittel zum Einkoppeln des Laserstrahls **332** dar, wobei der Lichtleiter **352** durch die Innenelektrode **312** verläuft. Der Lichtleiter **352** ist dabei vorzugsweise innerhalb des isolierenden Rohrs **338** aufgenommen. In **Fig. 15** verläuft der Lichtleiter **352** bis zum vorderen Ende des Rohres **338** und der Innenelektrode **312**, jedoch kann das vordere Ende des Lichtleiters **352** auch etwas zurückgesetzt angeordnet sein.

[0165] Am Ausgang des Lichtleiters **352** tritt der Laserstrahl aus und trifft auf die Oberfläche des Objekts **320**. Der Lichtleiter **350** nimmt auch das teilweise reflektierte Laserlicht wieder auf und leitet es in die Abstandskontrolleinrichtung **350** zurück, wo das reflektierte Laserlicht ausgekoppelt und auf einen optischen Sensor gebracht wird. Hier wird dann in gleicher Weise das Abstandskontrollsignal erzeugt, wie

es in Bezug auf **Fig. 14** beschrieben worden ist. Das Abstandskontrollsignal wird dann über eine Leitung auf die Steuereinrichtung **360** zur weiteren Verarbeitung übertragen.

[0166] In den **Fig. 14** und **Fig. 15** ist auch eine Kamera **370** dargestellt, wobei mittels Bildgebung der Abstand a zwischen dem vorderen Ende der Auslassöffnung **316** und der Oberfläche des Objekts **320** überwacht wird. Die Kamera **370** umfasst auch eine Auswerteeinheit zur Erzeugung eines Abstandskontrollsignals, das über eine Leitung auf die Steuereinrichtung **360** übertragen wird. Die Kamera **370** kann anstelle oder ergänzend zu der Laserabstandsmessung eingesetzt werden.

[0167] Die zuvor beschriebenen verschiedenen Ausführungsbeispiele der Plasmaquellen nach den **Fig. 11–Fig. 15** können bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Plasmabehandlung von Gewebe eingesetzt werden. Damit kann die beschriebene Abstandskontrolleinrichtung den Abstand zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe kontrollieren und die Länge der Plasmaquelle zur Regelung des Abstandes zwischen dem vorderen Ende der Plasmaquelle und dem Gewebe eingestellt werden.

[0168] Allgemein formuliert, steuert dann die Steuereinrichtung die Betriebsparameter der Plasmaquelle und die Bewegungseinrichtung in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Plasmaleistung, Abstand, Temperatur, Gewebeart und zu erzielende Wirkung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0761415 A2 [[0010](#)]
- EP 0986939 A1 [[0010](#)]
- EP 1067829 A2 [[0010](#)]
- EP 1230414 A1 [[0010](#), [0070](#)]
- EP 1236380 A1 [[0010](#)]
- EP 1335641 A1 [[0010](#)]
- WO 2008/074604 [[0010](#)]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- mit einer Plasmaquelle (**52, 72, 134**) zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls,
- mit einer Auflageeinrichtung (**54, 78, 136**) für ein das zu behandelnde Gewebe aufweisendes Körperteil,
- mit einer Bewegungseinrichtung (**58, 82, 130**) zum Bewegen der Plasmaquelle (**52, 72, 134**) relativ zur Oberfläche des Gewebes und
- mit einer Steuereinrichtung (**66, 88, 138**) zum Steuern der Bewegungseinrichtung und zum Steuern des Betriebes der Plasmaquelle (**52, 72, 134**).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auflageeinrichtung (**100**) eine Positionierungseinrichtung (**100**) zur Fixierung des Körperteils aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionierungseinrichtung (**100**) mindestens einen Schalter (**104**) oder Bewegungssensor (**100**) aufweist, der ab einer Mindestbewegung des Körperteils ein Schaltsignal erzeugt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstandskontrolleinrichtung den Abstand zwischen der Plasmaquelle (**52, 72, 134**) und dem Gewebe kontrolliert.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaquelle (**52, 72, 134**) eine variabel einstellbare Länge für Abstandseinstellung zwischen der Plasmaquelle (**52, 72, 134**) und dem Gewebe aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperaturkontrolleinrichtung (**120, 122**) die Temperatur des zu behandelnden Gewebes kontrolliert.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein, vorzugsweise tunnelförmiges, Gehäuse (**110**) vorgesehen ist, in dem die Plasmaquelle (**52, 72, 134**) und die Bewegungseinrichtung (**58, 82, 130**) angeordnet sind.

8. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl mit einer Plasmaquelle erzeugt wird,
- bei dem die Plasmaquelle mit einer Bewegungseinrichtung relativ zur Oberfläche des Gewebes bewegt wird,
- bei dem die Bewegungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung gesteuert wird und
- bei dem der Betrieb der Plasmaquelle durch die Steuereinrichtung gesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die absolute Position des Gewebes bestimmt wird und das Bewegen und Betreiben der Plasmaquelle anschließend durchgeführt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem während des Bewegens und Betriebes der Plasmaquelle die relative Position des Gewebes zur Plasmaquelle bestimmt wird und bei dem die Plasmaquelle durch die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der relativen Position gesteuert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem vor der Plasmabehandlung das Plasmaleistungsprofil innerhalb des zu behandelnden Bereiches festgelegt wird.

12. Verfahren zur Plasmabehandlung von lebendem Gewebe

- bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl mit einer Plasmaquelle erzeugt wird,
- bei dem die Plasmaquelle mit einer Bewegungseinrichtung relativ zur Oberfläche des Gewebes bewegt wird,
- bei dem die Bewegungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung gesteuert wird,
- bei dem der Betrieb der Plasmaquelle mit der Steuereinrichtung gesteuert wird und
- bei dem der Plasmastrahl auf das Gewebe einwirkt und zumindest teilweise ein Abtöten von Krankheits-erregern an oder in dem Gewebe bewirkt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem vor der Plasmabehandlung die Abmessung des zu behandelnden Bereiches des Gewebes bestimmt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, bei dem unterschiedliche Abschnitte des zu behandelnden Bereiches des Gewebes mit unterschiedlichen Plasmaleistungen beaufschlagt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der Abstand zwischen der Plasmaquelle und dem Gewebe bestimmt wird und bei dem der Abstand der Plasmaquelle zum Gewebe innerhalb eines vorgegebenen Bereiches, vorzugsweise konstant eingestellt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15,

- bei dem die Temperatur des zu behandelnden Gewebes vor und/oder während und/oder nach der Plasmabehandlung bestimmt wird und
- bei dem vorzugsweise die Plasmabehandlung abgebrochen wird, wenn die absolute Temperatur oder eine Temperaturdifferenz während der Behandlung einen Grenzwert überschreitet.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, bei dem vor, während und/oder nach der Plasmabe-

handlung eine Wärmebehandlung, eine Lichtbehandlung oder eine Laserbehandlung durchgeführt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem während oder nach der Plasmabehandlung ein Verschluss auf das Gewebe aufgebracht wird und bei dem vorzugsweise das Material des Verschlusses durch die Plasmaquelle mittels Plasmapolymersation erzeugt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, bei dem nach der Plasmabehandlung ein Medikament auf das Gewebe aufgebracht wird und wobei das Medikament durch den Plasmastrahl aktiviert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, bei dem vor dem Beginn eines operativen Eingriffs der zu operierende Bereich des Körpers mit der Plasmabehandlung desinfiziert wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, bei dem vor und/oder nach dem Verschließen einer Operationsöffnung der zu verschließende bzw. verschlossene Bereich mit einer Plasmabehandlung desinfiziert wird.

22. Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls

- mit einer Halterung (202),
- mit einem Gehäuse (210),
- mit einer Innenelektrode (212),
- mit einer zumindest abschnittsweise im Gehäuse (210) ausgebildeten Außenelektrode (214),
- mit einem Gaseinlass (206, 208),
- mit einer am Gehäuse (210) ausgebildeten Auslassöffnung (216),
- mit Mitteln (222) zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode (212) und der Außenelektrode (214),
- wobei die Innenelektrode (212) und die Auslassöffnung (216) zusammen eine axiale Richtung vorgeben,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Position des äußeren Endes (230) der Auslassöffnung (216) in axialer Richtung relativ zur Halterung (202) veränderbar ist.

23. Plasmaquelle nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet,

- dass das Gehäuse (210) im Bereich der Auslassöffnung (216) in der Länge veränderbar ist oder
- dass das Gehäuse (210) im axialen Bereich zwischen der Innenelektrode (212) und der Auslassöffnung (216) in der Länge veränderbar ist oder
- dass die Position eines Gehäuseteils (210d) zusammen mit einem Innenelektrodenenteil (212d) relativ zur Halterung (202) veränderbar ist.

24. Plasmaquelle zum Erzeugen eines atmosphärischen Plasmastrahls

- mit einem Gehäuse (310),
- mit einer Innenelektrode (312),
- mit einer zumindest abschnittsweise im Gehäuse (310) ausgebildeten Außenelektrode (314),
- mit einem Gaseinlass (306),
- mit einer am Gehäuse (310) ausgebildeten Auslassöffnung (316),
- mit Mitteln (322) zum Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung zwischen der Innenelektrode (312) und der Außenelektrode (314),
- wobei die Innenelektrode (312) und die Auslassöffnung (316) zusammen eine axiale Richtung vorgeben,

dadurch gekennzeichnet,

- dass Mittel (334, 352) zum Einkoppeln eines Laserstrahls in axialer Richtung vorgesehen sind und
- dass Mittel (344, 350) zur optischen Abstandsmessung des vorderen Endes der Auslassöffnung (316) zum zu behandelnden Objekt messen, wobei ein Signal aus der Reflektion des Laserstrahls auf der Oberfläche des Objekts ausgewertet wird.

25. Plasmaquelle nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Mittel zum Einkoppeln den Laserstrahl als ein in der Innenelektrode (312) ausgebildeter Kanal (334) ausgebildet sind oder
- dass die Mittel zum Einkoppeln den Laserstrahl als ein durch die Innenelektrode (312) verlaufenden Lichtleiter (350) ausgebildet sind.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

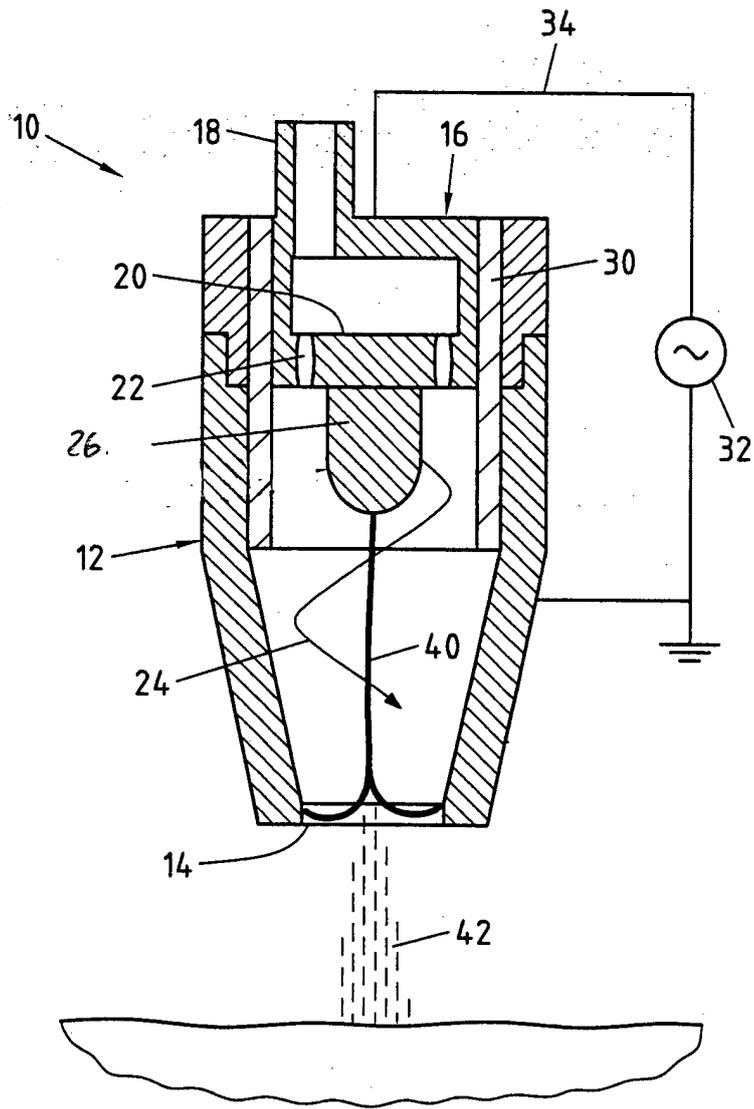


Fig. 1

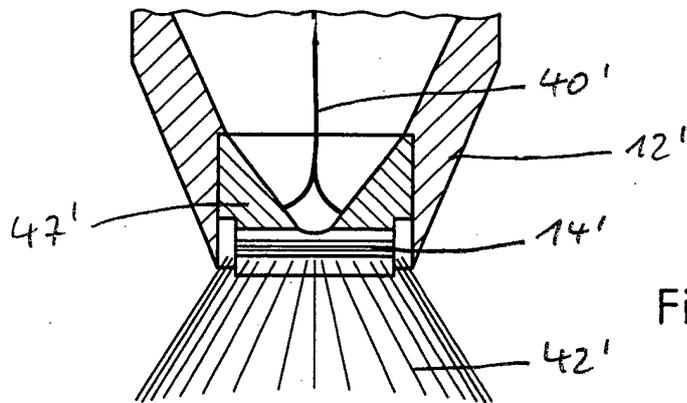


Fig. 2

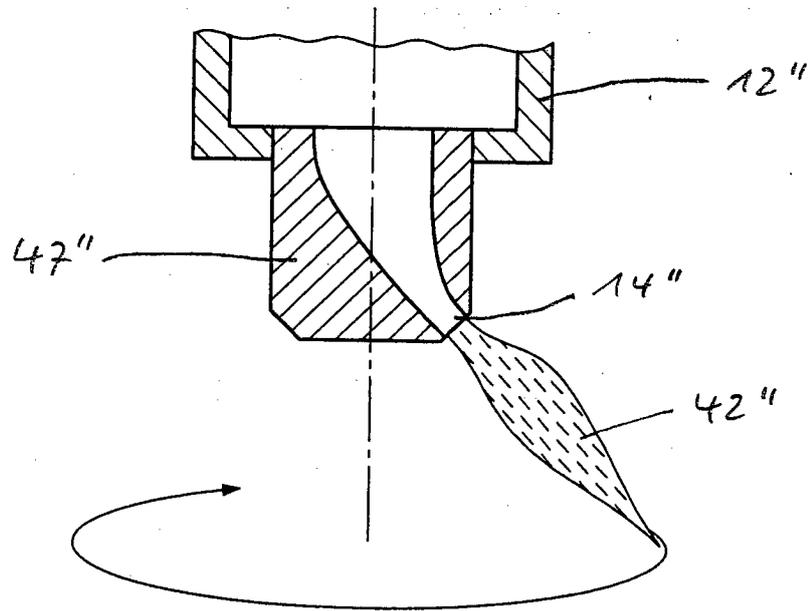


Fig. 3

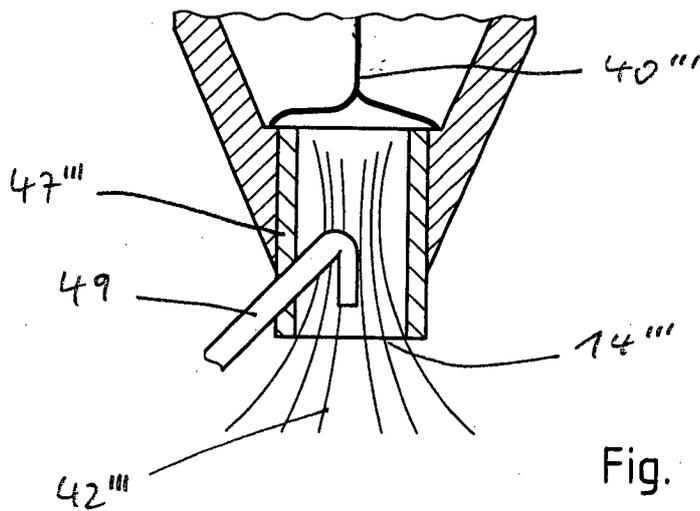


Fig. 4

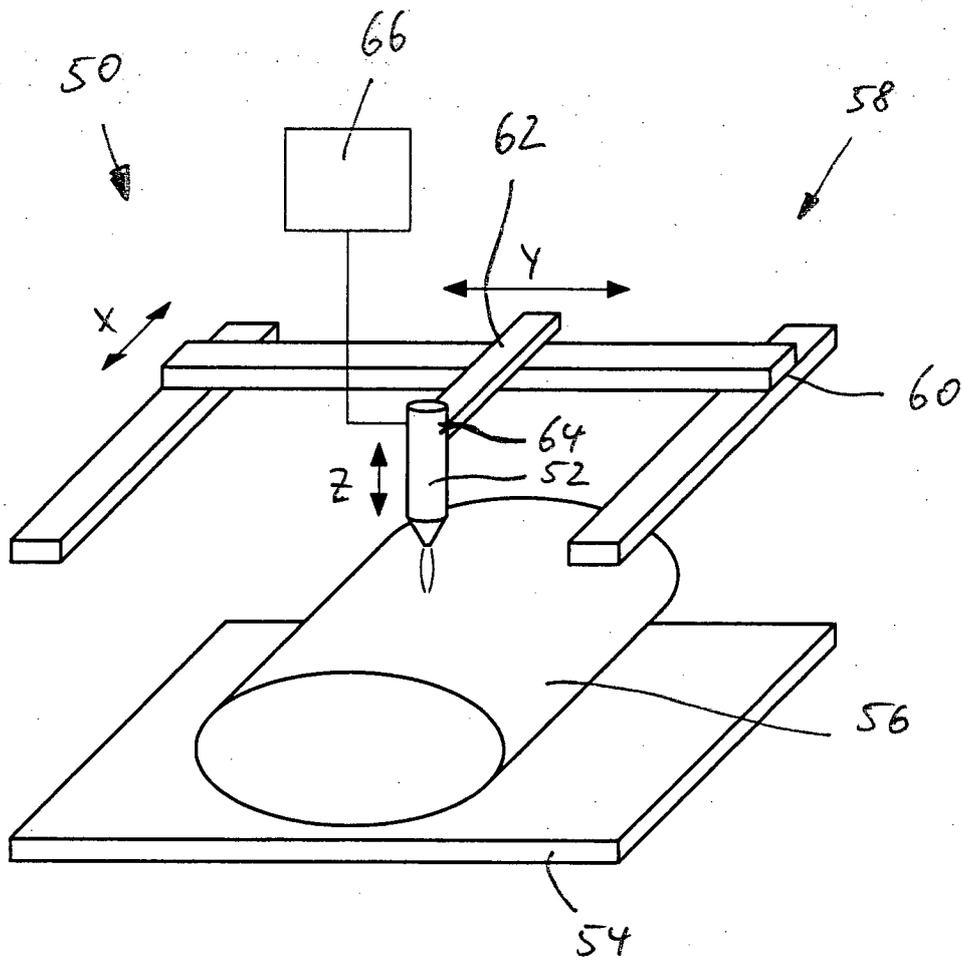


Fig. 5

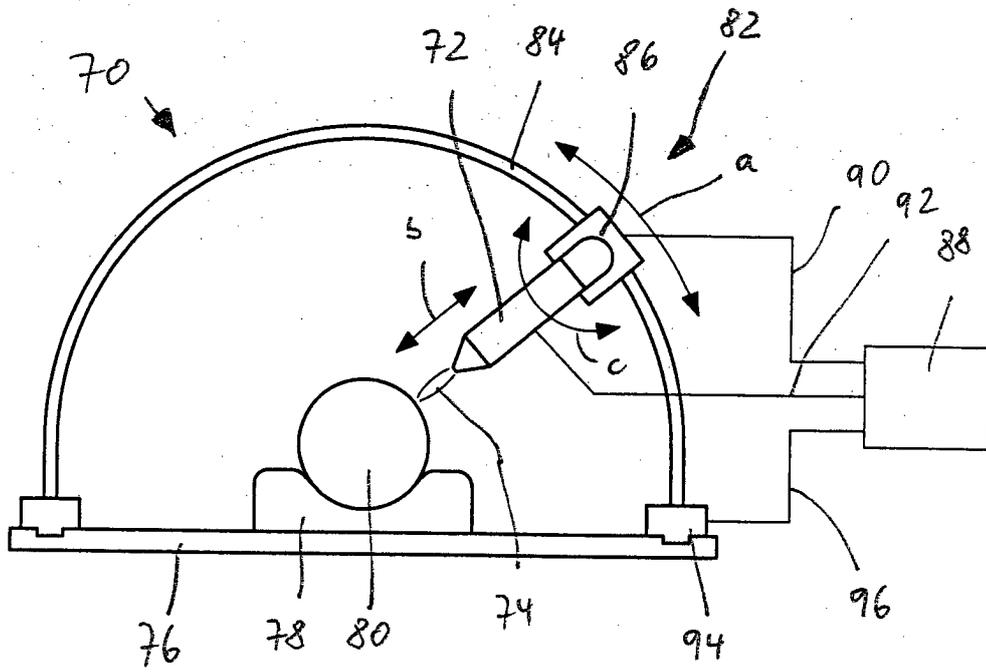


Fig. 6

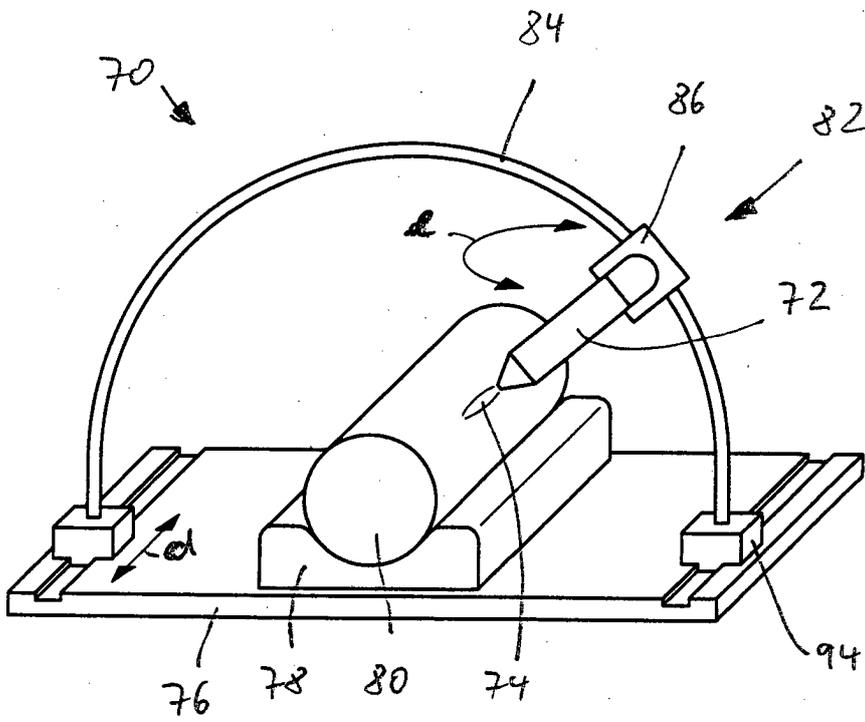


Fig. 7

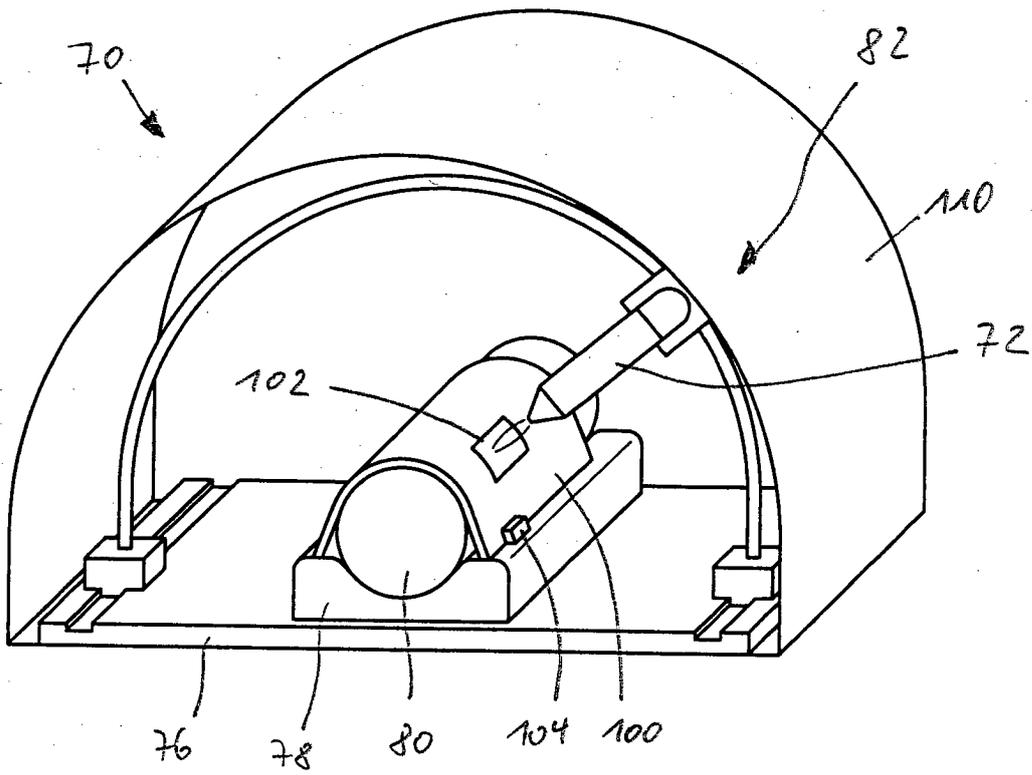


Fig. 8

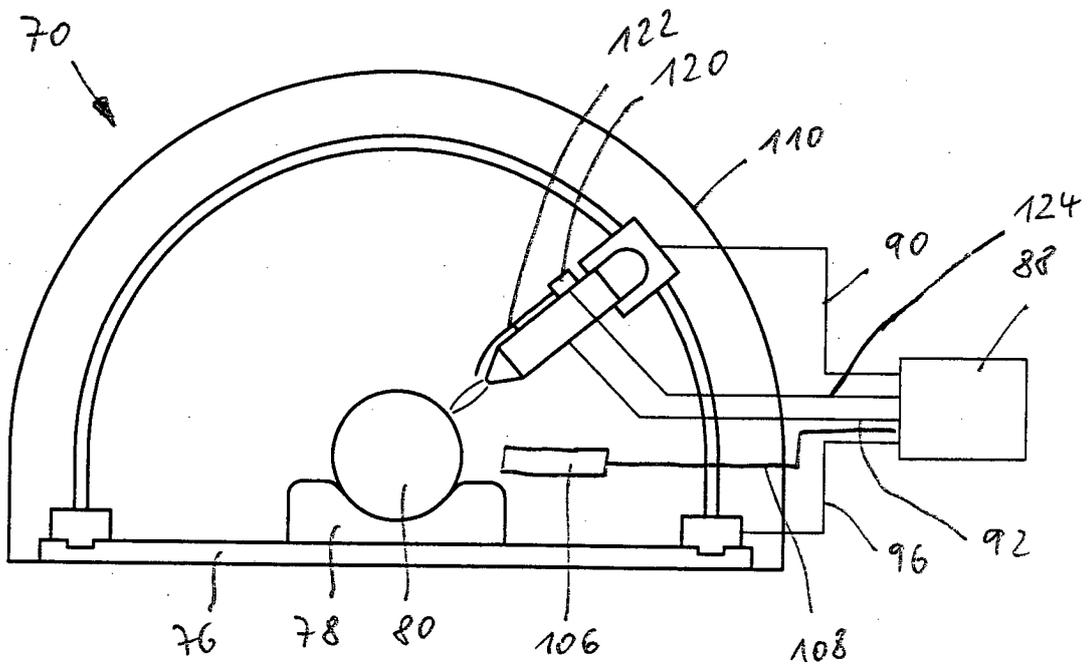


Fig. 9

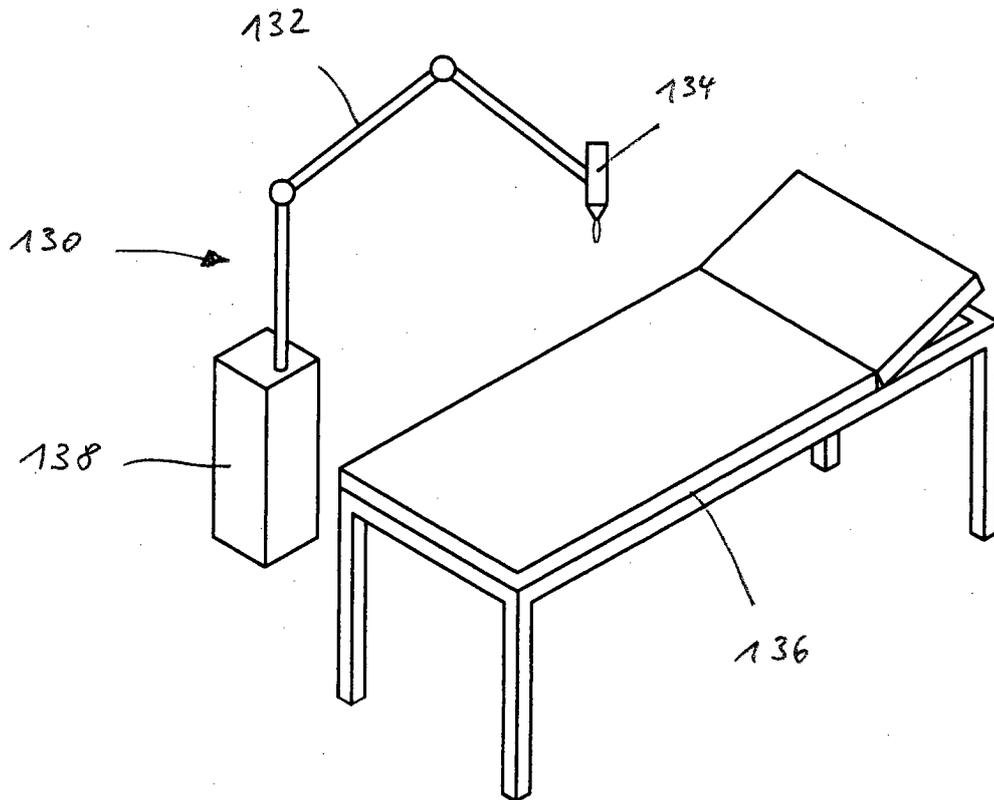


Fig. 10

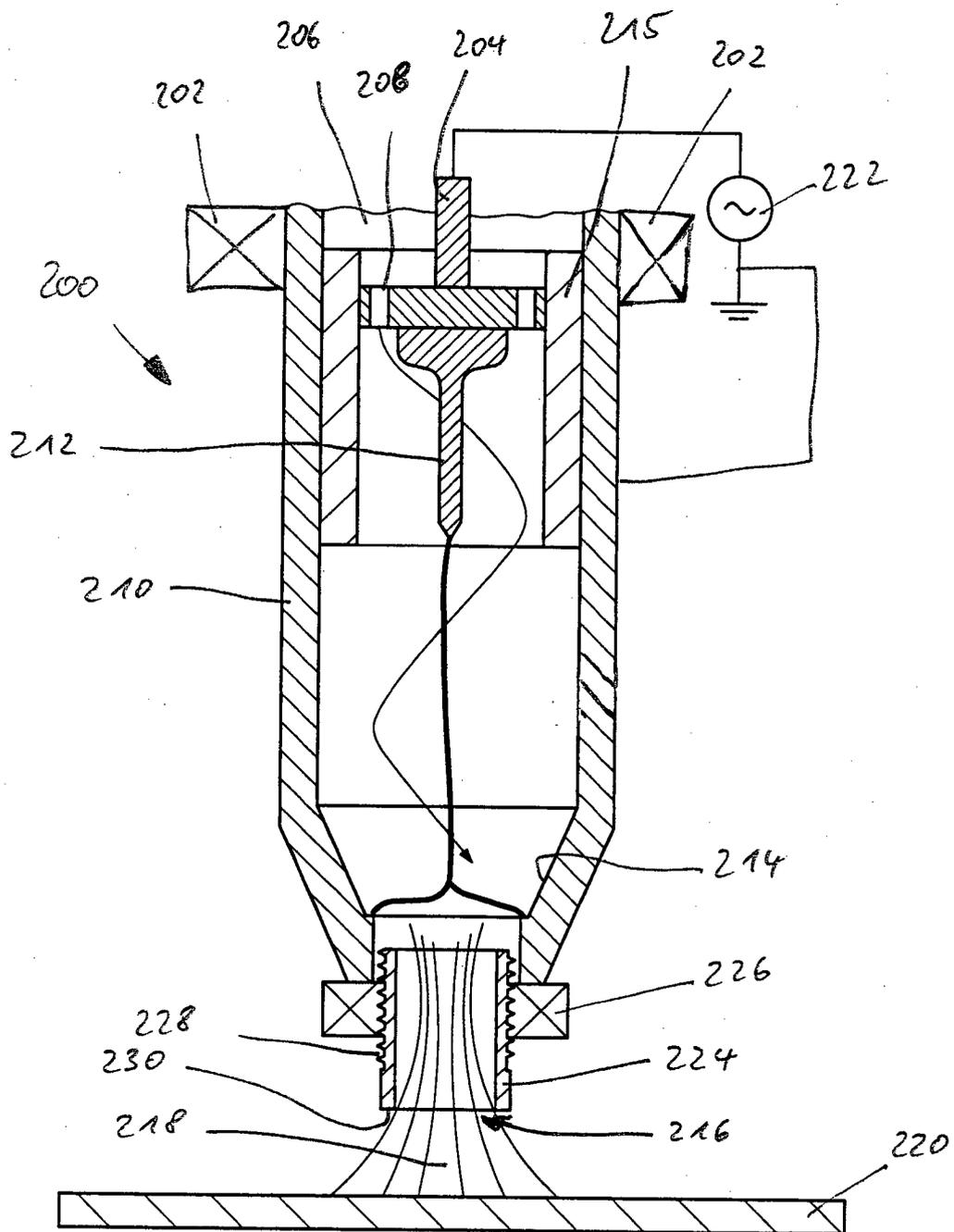


Fig. 11

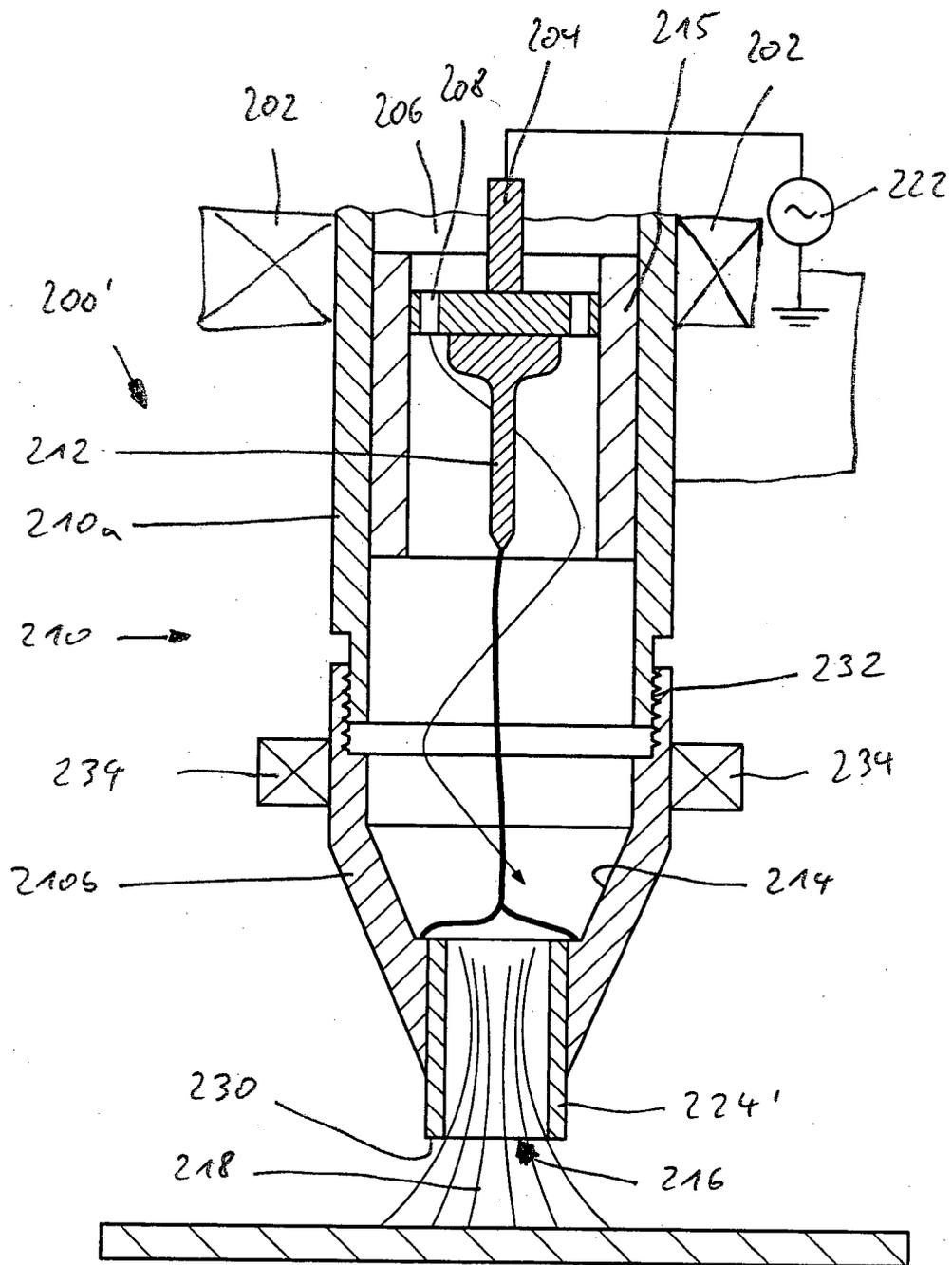


Fig. 12

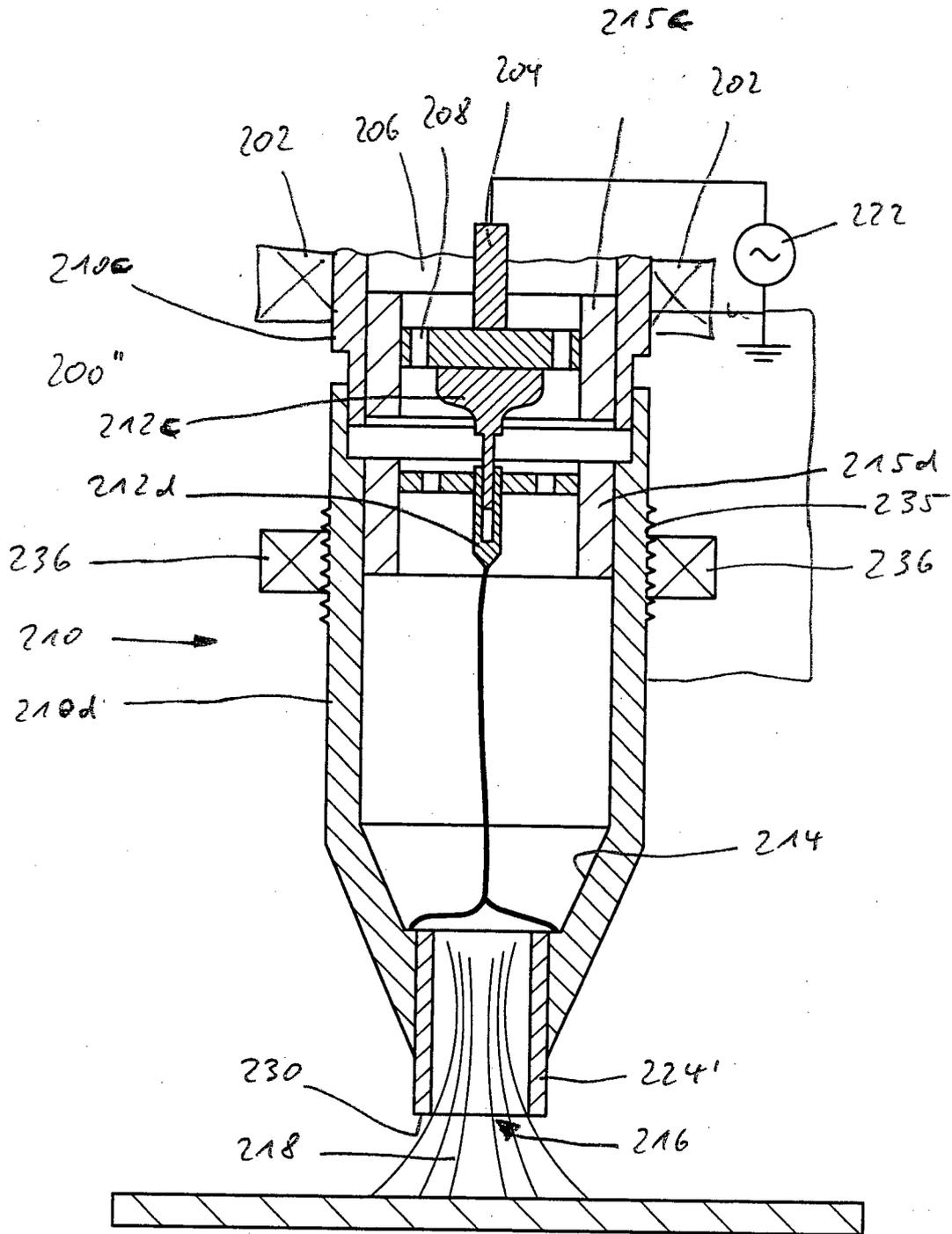
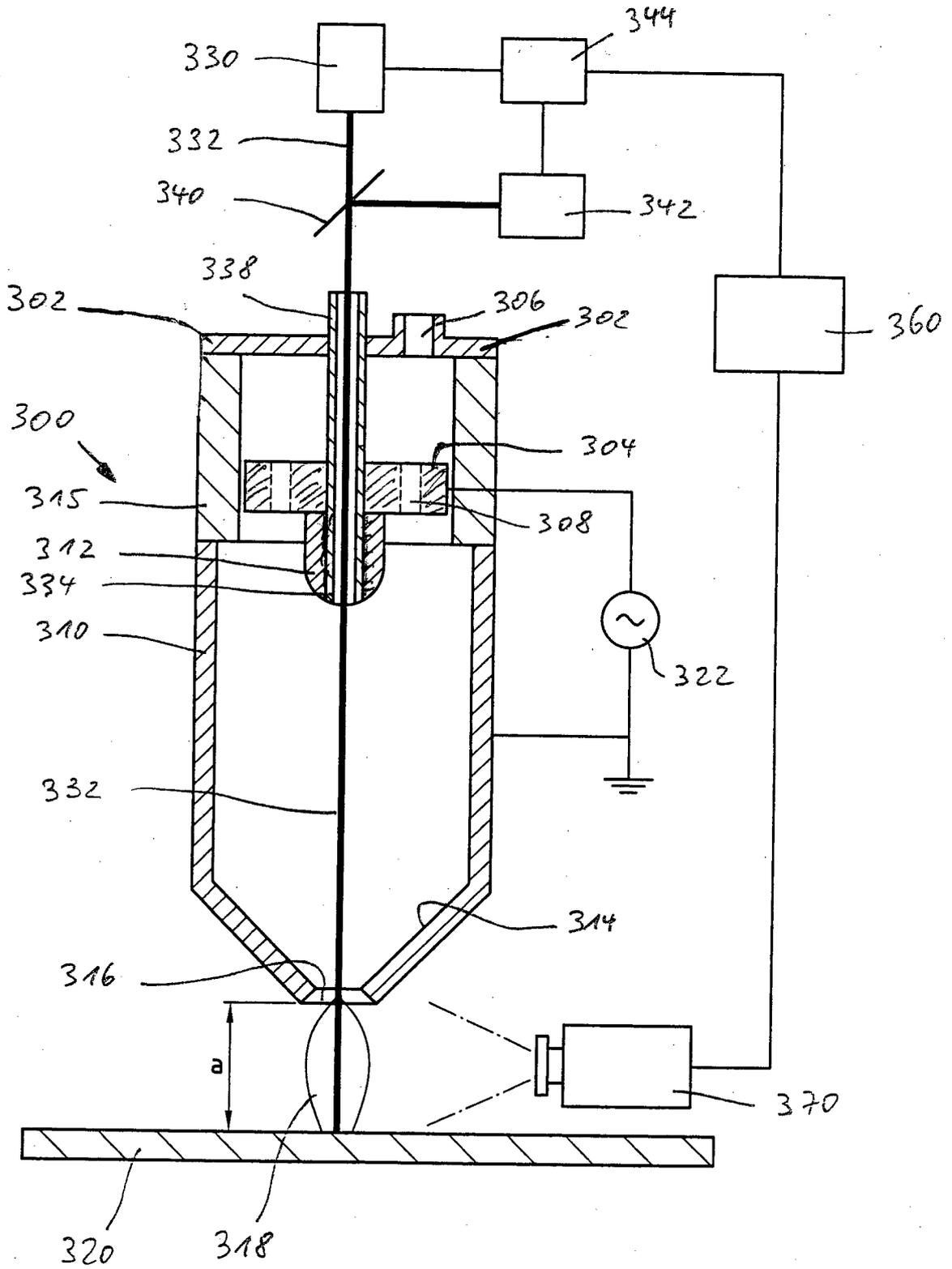


Fig. 13



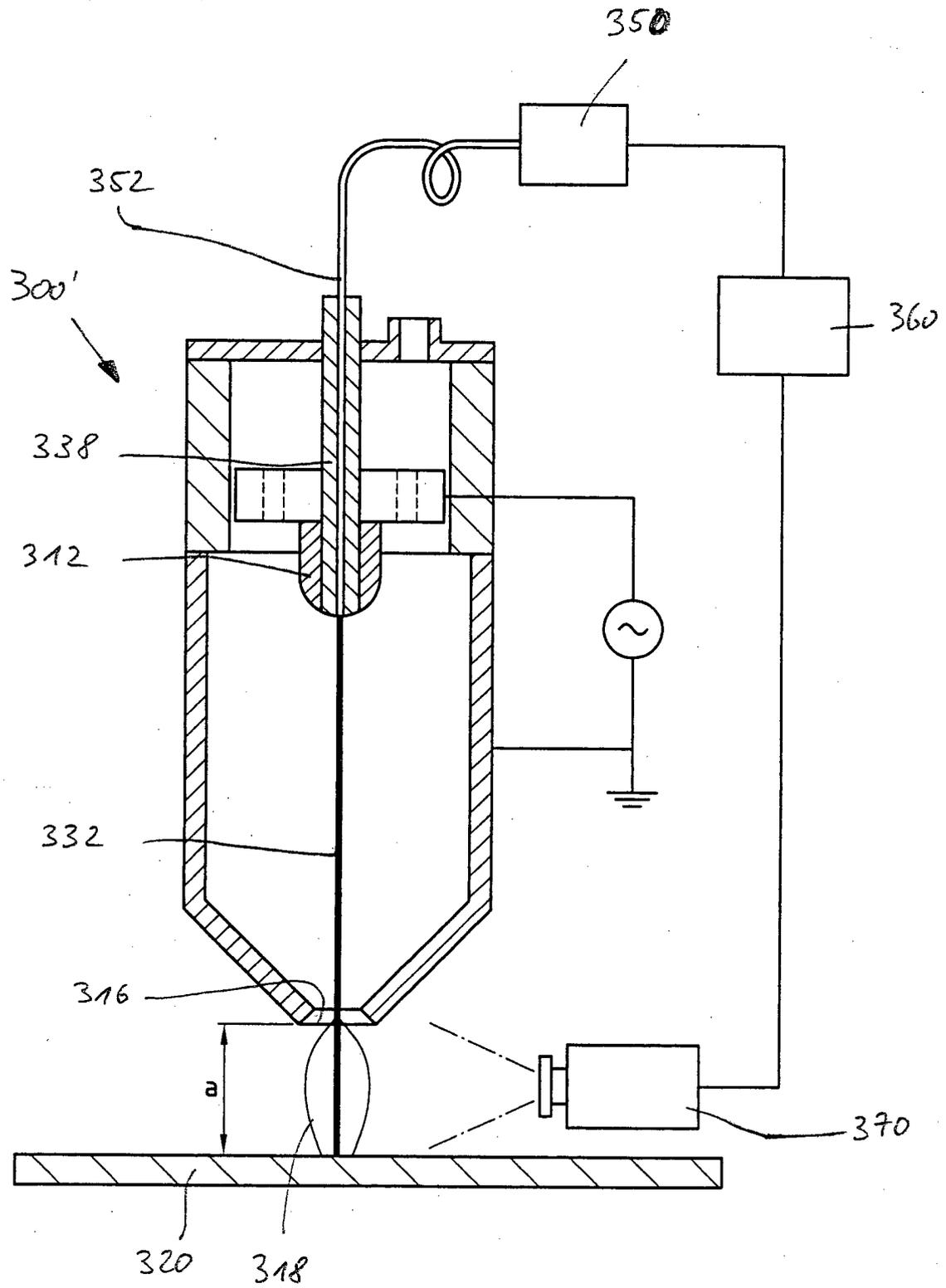


Fig. 15