



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 61 278 B4 2004.09.16**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 61 278.4**
 (22) Anmeldetag: **08.12.2000**
 (43) Offenlegungstag: **05.12.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 18/14**
A61L 31/08

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
GFD-Gesellschaft für Diamantprodukte mbH,
89081 Ulm, DE; Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der angewandten Forschung e.V.,
80686 München, DE

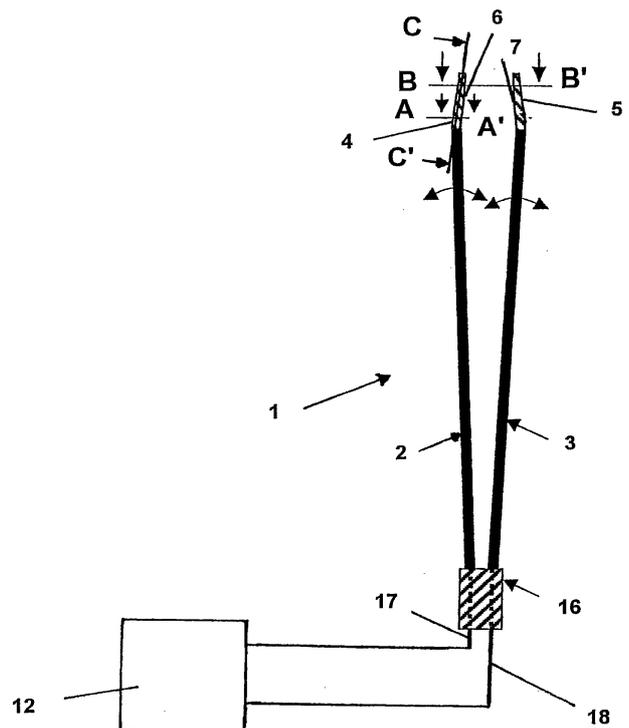
(74) Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719 Berlin

(72) Erfinder:
Lingenfelder, Christian, 89081 Ulm, DE; Ertl,
Stephan, 89075 Ulm, DE; Strobel, Stefan, 89129
Langenau, DE; Rösch, Rudolf, 89335
Ichenhausen, DE; Förster, Siegfried, 89231
Neu-Ulm, DE; Fryda, Matthias, Dipl.-Chem. Dr.,
38110 Braunschweig, DE; Schäfer, Lothar,
Dipl.-Phys. Dr., 38527 Meine, DE; Tröster, Inge,
Dipl.-Chem., 38118 Braunschweig, DE; Herrmann,
Dennie, 38116 Braunschweig, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 197 34 506 A1
DE 196 52 098 A1
DE 196 07 530 A1
DE 44 34 308 A1
DE 44 33 137 A1
DE 692 17 948 T2
US 60 80 378 A
US 55 62 769 A
US 53 52 493 A
WO 99 40 858 A1

(54) Bezeichnung: **Instrument für chirurgische Zwecke**

(57) Hauptanspruch: Instrument für chirurgische Zwecke, insbesondere zur Koagulation, welches mindestens ein Elektrodenteil (2, 31) aufweist, wobei das mindestens eine Elektrodenteil mit einem Steuergerät (12) elektrisch verbindbare elektrische Kontaktbereiche zur Einwirkung auf in der Nähe befindliches Gewebe (13) durch elektrische Beaufschlagung des Kontaktbereiches aufweist und der Kontaktbereich aus zur Herstellung der elektrischen Leitfähigkeit dotiertem Diamant besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierstoffkonzentration des Kontaktbereiches höher als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Instrument für chirurgische Zwecke, insbesondere zur Koagulation, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zu dessen Reinigung.

[0002] In der Chirurgie bzw. in der Mikrochirurgie hat die Koagulation ein sehr weites Indikationsgebiet. Herkömmlicherweise wird die Koagulation zum Stoppen von Blutungen an offenen Wunden mit Hilfe einer Zange, einer Pinzette, einem Draht oder einer Klinge bewirkt. Beispielsweise wird das blutende Gefäß mit der Zange oder der Pinzette zusammengedrückt und dann ein Hochfrequenzstrom durch die Spitze geführt (bipolare Anwendung).

[0003] Der Hochfrequenzstrom kann auch z.B. über eine Klinge in das umgebende Gewebe eingeleitet werden. Als Gegenelektrode fungiert in diesem Falle eine großflächige Elektrode; der Stromfluss erfolgt durch den Körper, die Koagulation erfolgt im Klingebereich, d.h. dem Bereich höchster Stromdichte (monopolare Anwendung).

[0004] In beiden Fällen verursacht der elektrische Widerstand des Gewebes eine Umsetzung der elektrischen Energie in thermische Energie und damit die Aufheizung und Koagulation des Gewebes, d.h. die Gerinnung der Zellsubstanz.

[0005] Es sind z.B. Pinzetten oder Zangen für chirurgische Zwecke bekannt, welche zur mono- und bipolaren Koagulation geeignet sind und zwei zueinander bewegbare Elektrodenteile in Form von Schenkeln aufweisen, die elektrisch gegeneinander isoliert sind. Diese Schenkel weisen an ihren Spitzen elektrische Kontaktflächen aus Metall auf. Diese elektrischen Kontakte sind mit einem Steuergerät verbunden. Bei Berührung/Erfassen eines Stücks Gewebe zwischen den einander zugewandten Innenseiten und Aktivierung eines Stromflusses durch die Kontakte bzw. das Gewebe hindurch, kommt es zur Koagulation des erfassten Gewebes.

[0006] Diese chirurgischen Instrumente nach dem Stand der Technik weisen mehrere Nachteile auf.

[0007] Oftmals kommt es bei der Verwendung von Metallen zu einem ungewünschten Anhaften des Gewebes an der Metalloberfläche, welches im schlimmsten Falle das Wiederaufreißen der koagulierten Stelle bewirken kann.

[0008] Außerdem ist die Verwendung herkömmlicher chirurgischer Instrumente mit Kontaktflächen aus Metall kostenaufwendig, da entweder bereits nach einer Operation die Instrumente verworfen werden oder aufwendig mechanisch und chemisch gereinigt werden müssen, wobei hierbei immer noch die Gefahr besteht, dass z.B. Gewebe- oder Blutreste zurückbleiben.

[0009] Hierbei geht von den verschmutzten Elektroden eine besonders hohe Gefahr aus. Angetrocknete Blut- oder Gewebereste genügen hierbei zur elektrischen Isolation der Metallkontaktflächen, es kann zu-

nächst zur Stromunterbrechung und dann zu einer Funkenbildung bzw. Verkohlung der Kontaktfläche und Verbrennungen von Gewebe auf der Kontaktfläche kommen. Außerdem entstehen Zusatzgefahren bei Anhaftung infektiösen Gewebes.

[0010] Außerdem kann die begrenzte Wärmeleitfähigkeit des verwendeten Metalls dazu führen, dass es zu einer ungleichmäßigen Erwärmung des Metalls während des Koagulationsvorganges kommt und sich örtliche Temperaturspitzen ("Hot Spots") ausbilden. Es ist zu vermuten, dass an diesen "Hot Spots" schon bei normalem Gebrauch verbranntes Gewebe entsteht und haften bleibt. Dies bedeutet eine gefährliche Qualitätseinbuße bei Pinzetten nach dem Stand der Technik.

[0011] Auch die Wärmekapazität von Metallen kann sich nachteilig auswirken, da durch die im Metall gespeicherte Restwärme der Koagulationsvorgang unter Umständen länger als vom Operateur gewünscht fortgeführt wird, so dass es zu einer ungewünschten "Trägheit" des Gerätes kommt, welche Verbrennungen bzw. Anhaftungen verursachen kann, was insbesondere in der Mikrochirurgie sehr nachteilhaft ist.

Stand der Technik

[0012] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 196 52 098 A1 beschreibt ein Instrument für chirurgische Zwecke, insbesondere zur Koagulation, die elektrisch mit einem Steuergerät verbindbare Anschlüsse sowie Kontaktbereich mit einer elektrisch leitenden Beschichtung aufweist. Die Kontaktbereiche können Einwirkung auch in der Nähe der Kontaktbereiche befindliches Gewebe mit hochfrequentem elektrischem Strom beaufschlagt werden. Der Fokus dieser Entgegenhaltung besteht in der Einstückigkeit des Werkzeugs, welches aus einem keramischen Werkstoff gefertigt sein soll. Auf nähere Einzelheiten des Werkstoffs des Kontaktbereiches wird nicht näher eingegangen.

[0013] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 197 34 506 A1 zeigt eine weitere Vorrichtung für die Hochfrequenzbehandlung von Körpergewebe. Allerdings ist aufgrund der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands in der Diamantschicht das Regelungsverhalten insbesondere bei Operationen am menschlichen Körper sehr problematisch.

[0014] Die WO 99/40858 zeigt ein weiteres Instrument für elektrochirurgische Zwecke, bei welchem auch elektrisch leitfähige Bereiche gezeigt sind. Auch die Verwendung von Diamant bzw. diamantähnlichen Werkstoffen ist dort angesprochen, allerdings gelten auch hier die oben beschriebenen Nachteile des problematischen Regelungsverhaltens im Operationsbetrieb.

Aufgabenstellung

[0015] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Instrument zu schaffen, wel-

ches die oben bezeichneten Nachteile herkömmlicher Instrumente, insbesondere in Bezug auf die Entstehung und Beseitigung von Anhaftungen überwindet.

[0016] Diese Aufgabe wird bezüglich des Instruments durch Anspruch 1 gelöst.

[0017] Dadurch, dass die Kontaktbereiche aus einem zur Herstellung der elektrischen Leitfähigkeit dotierten Diamant mit einer Dotierstoffkonzentration höher als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ bestehen, werden die Nachteile herkömmlicher Kontakte in Bezug auf Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, fehlende Inerteigenschaften bzw. ungewünschtes Anhaften sowie Verschmutzungen auf den Kontaktbereichen und schlechte Reinigbarkeit und einem daraus resultierendem ungleichmäßigen Stromfluss vermieden. Die Koagulation kann hierbei entweder durch direkten Kontakt des Gewebes mit der Diamantelektrode und dem dabei bestehenden Stromfluss durch das Gewebe hindurch gesehen oder durch kapazitive Energieübertragung, wie sie bei einer elektrisch beaufschlagten isolierten Elektrode geschehen kann. In jedem Falle wird vor allem die Reinigbarkeit der Kontaktbereiche bzw. des Instruments stark verbessert und die Gefahr des Anhaftens von Gewebe verringert.

[0018] Diamant hat den Vorteil, dass er chemisch vollkommen inert und damit biokompatibel ist. Neben den Inerteigenschaften von Diamant an der Oberfläche des Kontaktbereiches ermöglicht die Terminierbarkeit (d.h. gezieltes Aufbringen chemisorbierter Moleküle oder Atome – wie beispielsweise Sauerstoff, Fluor (hydrophil) oder Wasserstoff (hydrophob) – auf die Oberfläche) der Diamant-Oberfläche die gezielte Einstellung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Oberfläche wie beispielsweise deren Hydrophobizität/Hydrophilität. Durch geeignete Terminierung der Oberfläche kann die Anhaftung von Gewebe weiter reduziert oder vermieden werden.

[0019] Auch die Wärmeleitfähigkeitseigenschaften werden drastisch verbessert. Dies liegt daran, daß Diamant als Isolator und dotiert als Leiter eine außerordentlich hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist, welche sogar noch deutlich höher ist als die von Metallen wie Kupfer oder Silber. Hierdurch kommt es schnell zu einer gleichmäßigen Wärmeverteilung innerhalb des Kontaktbereiches, es treten keine hohen Temperaturgradienten auf, welche eine Hot-Spot-Bildung verursachen könnten.

[0020] Auch die Wärmekapazität des diamantenen Kontaktbereiches kann sehr gering gehalten werden. Diamant weist zunächst einmal eine geringe spezifische Wärmekapazität auf, welche praktisch unabhängig von der Dotierung ist. Außerdem kann Diamant in dünnen Schichten und trotzdem stabil ageschieden werden, so daß sich eine sehr geringe thermisch aktive Masse ergibt.

[0021] Die besondere Eignung von Kontaktbereichen aus hochdotiertem Diamant ergibt sich außerdem daraus, daß der elektrische Widerstand dieses Materials weitgehend temperaturunabhängig ist.

Zwar zeigen andere Halbleiterstoffe mit einem großen Bandabstand auch weitgehende Temperaturabhängigkeit im Temperaturbereich der Anwendung (z.B. SiC), aber nur Diamant ist gleichzeitig auch chemisch inert.

[0022] Ein weiterer großer Vorteil der erfindungsgemäßen diamantenen Kontaktbereiche ergibt sich daraus, daß eventuell doch entstandene Anhaftungen am Diamant relativ einfach entfernt werden können. Hierbei zeigt Diamant eine gute Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und aggressive chemische Reinigung. Außerdem ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, die Kontakte elektrolytisch zu reinigen, ohne daß es zu einer Schädigung des Elektrodenmaterials kommt. Somit ist das erfindungsgemäße Instrument oft wiederverwendbar und dadurch wirtschaftlich und umweltfreundlich. Wegen der möglichen Wiederverwendbarkeit kann das Instrument auch an anderen Stellen hochwertige Ausführungsformen annehmen, welche für den Operateur eine Verbesserung darstellen, ohne daß es zu wirtschaftlichen Nachteilen kommt.

[0023] Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0024] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß die Kontaktbereiche einen elektrisch leitenden Kern aufweisen. Dieser Kern, welcher vorzugsweise aus einem (Hart-)Metall oder aus den in der Medizin oft verwendeten Materialien wie Niob, Iridium, Tantal, Wolfram oder Titan besteht, ist einerseits mechanisch stark beanspruchbar und stellt andererseits einen guten elektrischen Leiter dar, welcher die Verbindung zu dem Kontaktbereich herstellt. Der Kern kann auch aus Graphit, Zr oder kohlefaserverstärktem Kohlenstoff bestehen. Die Abscheidung von Diamant aus einem Plasma führt zu einer chemischen Bindung zwischen dem Kernmaterial und der Diamantschicht. Dadurch entsteht eine sehr feste Verbindung von Kernmaterial und Kontaktbereich. Hierbei werden bevorzugt CVD (Chemical Vapor Deposition)-Verfahren angewandt, die zur Beschichtung dreidimensionaler Werkstoffe besonders geeignet sind. Hervorzuheben ist hier die Hot-Filament-CVD. Diese ist sehr flexibel bezüglich der Form der zu beschichtenden Bauteile (und ist damit selbst für die Beschichtung von Bohrern verwendbar). Neben Hot-Filament-CVD sind noch Mikrowellen-Plasma-CVD und ECR (Electron-Cyclotron-Resonance) unterstützte Mikrowellen-CVD möglich. Gemeinsame Vorteile dieser Verfahren sind die gute, homogene Beschichtung von dreidimensionalen Bauteilen und die hohe Flexibilität bezüglich der beschichtbaren Formen.

[0025] Es sind jedoch auch andere Ausführungsformen von Instrumenten vorteilhaft, welche keinen elektrisch leitenden Kern vorsehen. So ist es z.B. möglich, die Schenkel des erfindungsgemäßen Instruments im Kern aus einem nicht elektrisch leitfähigem Material herzustellen und diesen Kern auf voller

Länge, d.h. von der Koagulationsspitze bis zum Anschlußkontakt für die Spannungsversorgung mit einer elektrisch leitfähigen Schicht, z.B. der erfindungsgemäßen dotierten Diamantschicht, zu beschichten. Auf diese Beschichtung kann dann bei Bedarf bereichsweise ein Isoliermaterial aufgebracht werden.

[0026] Darüber hinaus sind noch weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen möglich, etwa ein elektrisch leitender bzw. nichtleitender Diamantkern. Ferner ist der Auftrag von Zwischenschichten zwischen einem beliebigen Kern sowie der erfindungsgemäßen dotierten Diamantschicht möglich. Eine Ausführungsform sieht vor, daß auf der leitfähig dotierten Diamantschicht des Kontaktbereiches zumindest bereichsweise weitere leitfähige Schichten aufgebracht sind. In diesem Fall dient der Diamant zur Vermeidung von Hot Spots durch verbesserte Wärmeverteilung im Kontaktbereich.

[0027] Als vorteilhafte Ausgestaltung hat sich herausgestellt, daß die Dotierstoffkonzentration im Kontaktbereich mehr als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ beträgt. Hierbei sind als besonders vorteilhafte Dotierstoffe Bor, Schwefel, Lithium oder Titan zu nennen, möglich sind z.B. auch Stickstoff, Phosphor oder sp^2 -gebundener Kohlenstoff in der Diamantschicht. Die eingangs geschilderten erfindungsgemäßen Vorteile ergeben sich hierbei in besonderer Weise dadurch, daß der spezifische Widerstand des dotierten Diamanten der Kontaktbereiche kleiner als 100 Ohm cm ist, bevorzugt kleiner als 1 Ohm cm, besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Ohm cm, während die mittlere Schichtdicke des Kontaktbereiches bis zu 300 Mikrometer, bevorzugt weniger als 10 Mikrometer, besonders bevorzugt 1 bis 5 Mikrometer beträgt. Mit diesen Parametern wird gewährleistet, daß der Serienwiderstand der Beschichtung klein ist, so daß sich eine vernachlässigbare Eigen erwärmung ergibt, die Eigenwärme wird außerdem durch die hohe Wärmeleitfähigkeit und geringe Wärmekapazität schnell an die Umgebung abgegeben.

[0028] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich daraus, daß das chirurgische Instrument mit Steuergeräten nach dem Stand der Technik betreibbar ist (d.h. es ist keine teure Neuanschaffung eines Steuergeräts nötig). Das Instrument ist aber auch mit einem erfindungsgemäßen speziellen Steuergerät elektrisch verbindbar, welches nur eine sehr kleine Abwandlung von solchen nach dem Stand der Technik darstellt (dieses ist ergänzt um eine "Reinigungsoption", d.h. daß eine Spannungsquelle vorgesehen ist, welche bei der anschließenden elektrochemischen Reinigung zur Spannungsversorgung dient). Beide Steuergeräte weisen jedenfalls einen Hochfrequenz-Generator zur Erzeugung unmodulierter und modulierter Hochfrequenzströme durch die Kontaktbereiche hindurch auf.

[0029] Besonders vorteilhaft ist jedoch, daß das erfindungsgemäße Steuergerät ein mit Flüssigkeit füllbares Tauchbecken zum Eintauchen der Kontaktbereich in diese Flüssigkeit und eine Spannungsquelle

zum Anlegen einer Gleich- oder Wechselspannung an die in die Flüssigkeit eingetauchten Kontaktbereiche aufweist bzw. mit dem Tauchbecken/der Spannungsquelle verbindbar ist. Hierdurch kann, gegebenenfalls sogar ohne mechanische Grobvorreinigung, der diamantene Kontaktbereich von Anhaftungen elektrochemisch gereinigt werden. Dies kann, je nach Wahl der weiteren Verfahrensparameter, so gründlich erfolgen, daß unter Umständen eine nachfolgende zusätzliche z.B. Dampfsterilisation entfallen kann (dies ist in Deutschland derzeit allerdings noch gesetzlich vorgeschrieben).

[0030] Es ist hierbei besonders vorteilhaft, wenn die von der Spannungsquelle erzeugte Spannung eine Amplitude zwischen 0 und 1000 V, vorzugsweise 0 bis 10 V, besonders vorzugsweise 1 bis 5 V beträgt. Hierbei beträgt die Stromdichte an den Außenflächen der dotierten Diamantkontaktbereiche vorteilhafterweise bis zu 10 A pro cm^2 .

[0031] Die elektrochemische Reinigung, welche bei in einer destilliertes Wasser enthaltenden Flüssigkeit getauchten Instrumentenschenkeln erfolgt (hierbei sind, wenn zwei Schenkel einer Pinzette eingetaucht sind, die Kontaktbereiche der beiden Schenkel im festen Abstand zueinander angeordnet) wird dadurch verbessert, daß zusätzlich die Flüssigkeit mit Zusätzen, wie etwa Lösungsmitteln, Reinigungsmitteln, Desinfektionsmitteln, Säuren (z.B. Schwefelsäure) und anderen, auch festen/löslichen Zusätzen bzw. Zusätzen, die die elektrische Leitfähigkeit verursachen, versetzt wird. Zusätzlich kann die Flüssigkeit auch erwärmt bzw. mit Ultraschall beaufschlagt werden, um die Reinigungswirkung zu beschleunigen bzw. zu verbessern.

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Instruments sieht vor, daß die Kontaktbereiche z.B. auf den jeweiligen Schenkeln einer Pinzette eine gleichgerichtete oder eine entgegengesetzte Polung aufweisen und in entsprechender Weise so an das Steuergerät angeschlossen bzw. angesprochen werden. Somit ist es möglich, sowohl im Operationsbetrieb als auch bei der anschließenden elektrochemischen Reinigung wahlweise monopolar oder bipolar vorzugehen, hierbei kann die Polung desselben Instruments im Koagulations- und Reinigungsbetrieb unterschiedlich sein.

[0033] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden in den übrigen abhängigen Ansprüchen gezeigt.

Ausführungsbeispiel

[0034] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand mehrerer Figuren erläutert. Es zeigen:

[0035] **Fig. 1** eine erfindungsgemäße Pinzette, welche an ein Steuergerät angeschlossen ist,

[0036] **Fig. 2a bis 2c** Schnitte durch die Schenkelspitzen einer erfindungsgemäßen Pinzette,

[0037] **Fig. 3a bis 3e** Schnitte durch die Schenkelspitzen einer weiteren Ausführungsform einer erfin-

dungsgemäßen Pinzette,

[0038] **Fig. 4a bis 4c** Schnitte durch die Schenkelspitzen nach einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Pinzette,

[0039] **Fig. 4d bis 4g** Schnitte durch die Schenkelspitzen weiteren Ausführungsformen erfindungsgemäßer chirurgischer Instrumente,

[0040] **Fig. 5a und 5b** die prinzipielle Verschaltung einer erfindungsgemäßen Pinzette im bi- und monopolen Betrieb,

[0041] **Fig. 6a und 6b** Darstellungen des Stromflusses im mono- und bipolaren Betrieb,

[0042] **Fig. 7a und 7b** die Reinigung einer erfindungsgemäßen Pinzette im bi- und monopolen Betrieb, und

[0043] **Fig. 8** Elektrolyse-Strom-Spannungskurve für eine erfindungsgemäße Pinzette.

[0044] **Fig. 1** zeigt eine Pinzette **1** für chirurgische Zwecke, insbesondere zur Koagulation als ein Beispiel für ein chirurgisches Instrument. Diese weist zwei zueinander bewegbare elektrisch gegeneinander isolierte Schenkel **2** und **3** auf. Der Schenkel **2** weist an seiner Spitze **4** (bereichsweise) einen elektrischen Kontaktbereich **6** auf, welcher aus elektrisch leitfähigen dotierten Diamant besteht. Der gegenüberliegende Schenkel **3** weist entsprechend an der Spitze **5** einen Kontaktbereich **7** aus dem zur Herstellung der elektrischen Leitfähigkeit dotierten Diamant auf.

[0045] Der elektrische Kontaktbereich **6** ist durch den Schenkel **2** hindurch über eine elektrische Verbindung **17** mit dem Steuergerät **12** verbunden. Entsprechend ist der Kontaktbereich **7** des Schenkels **3** über eine elektrische Verbindung **18** mit dem Steuergerät **12** verbunden. Der Träger **16** sowie die darin gehaltenen Schenkel **2** und **3** haben in dem von den Schenkelspitzen verschiedenen Bereich eine Umhüllung oder dergleichen zur elektrischen Isolation des Schenkels **2** vom Schenkel **3**.

[0046] Die Schenkel **2** und **3** sind zueinander bewegbar, so daß zwischen den Schenkelspitzen **4** und **5** ein nicht dargestelltes Stück Gewebe erfaßt und aufgrund eines im Steuergerät **12** erzeugten Stromflusses zum Zwecke der Koagulation elektrisch durchströmt werden kann. Auf genauere Einzelheiten der Koagulation wird später (insbesondere bei der Beschreibung der **Fig. 5a, 5b, 6a, 6b**) näher eingegangen.

[0047] **Fig. 2a bis 2c** zeigen Schnitte durch die Spitze **4** des Schenkels **2** (für die Schenkelspitze **5** ergeben sich identische, jedoch spiegelverkehrte Ansichten, Analoges gilt für die Zeichnungen **3a bis 3d** sowie **4a bis 4c**).

[0048] **Fig. 2a** zeigt einen Schnitt gemäß A-A' durch die Spitze **4** des Schenkels **2**. Die Schenkelspitze **4** enthält einen elektrisch leitenden Kern **10.1**. Dieser Kern **10.1** ist mit dem Steuergerät **12** über den Schenkel **2** bzw. die Zuleitung **17** elektrisch verbunden (Entsprechendes ergibt sich selbstverständlich auch für den Schenkel **3**). Auf den Kern **10.1** ist das

den Kontaktbereich **6.1** bildende dotierte Diamantmaterial aufgebracht. In der vorliegenden Ausführungsform ist das den Kontaktbereich bildende dotierte Diamantmaterial konzentrisch um den im Querschnitt runden Kern **10.1** angeordnet. Der Kern ist bevorzugt aus einem refraktären Metall, bevorzugt Titan, Wolfram, Niob, Tantal oder Legierungen dieser Metalle. Es sind jedoch auch andere Substratmaterialien (Silizium, Siliziumcarbid, Graphit, Karbide refraktärer Metalle, Iridium oder andere Materialien mit geringer Gitterfehlpassung, Halbleiter (z.B. Ge) oder damit beschichtete andere Kernmaterialien erfindungsgemäß möglich. Der Kontaktbereich **6.1** aus dotiertem Diamantmaterial ist mittels eines CVD-Verfahrens auf den Kern **10.1** aufgebracht. Hierfür eignen sich insbesondere CVD-Verfahren, welche einen gleichmäßigen Auftrag der den Kontaktbereich bildenden diamantenen Schicht auf dreidimensionalen Gebilde ermöglicht (siehe oben). Der Halt zwischen der den Kontaktbereich **6.1** bildenden Diamantschicht und dem Kern **10.1** ist besonders fest, dies ergibt sich daraus, daß zwischen Kern **10.1** und Kontaktbereich **6** eine chemische Bindung besteht. Die Dotierstoffkonzentration des Kontaktbereiches beträgt vorzugsweise mehr als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, im vorliegenden Falle hat sich eine Dotierstoffkonzentration des Kontaktbereiches im Bereich von $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ besonders bewährt. Als bevorzugte Dotierstoffe des dotierten Diamantmaterials des Kontaktbereiches kommen hierbei Bor, Schwefel, Lithium oder Titan in Betracht, möglich sind z.B. auch Stickstoff, Phosphor oder sp^2 -gebundener Kohlenstoff in der Diamantschicht. Der Auftrag bzw. die Dotierung der diamantenen leitenden Schicht erfolgte vorliegend so, daß keine Diffusion der Dotierstoffe aus dem Diamant geschieht. Die Diamantschicht kann zur Herstellung einer kleineren Oberflächenrauigkeit aus texturiertem oder nanokristallinen Diamant sein.

[0049] Es sind somit vielfältige Diamantbeschichtungen herstellbar. Zur leichten Unterscheidbarkeit/Kennzeichnung ist es möglich, die Interferenzfarben der Diamantbeschichtung zu nutzen.

[0050] Der spezifische Widerstand des den Kontaktbereich bildenden dotierten Diamantmaterials ist über die Dotierstoffkonzentration einstellbar. Als vorteilhaft haben sich erwiesen spezifische Widerstände kleiner als 100 Ohm cm, bevorzugt kleiner als 1 Ohm cm, im vorliegenden Falle beträgt er 0,01 Ohm cm. Hierbei beträgt die Schichtdicke der auf den Kern **10.1** aufgetragenen diamantenen Schicht vorzugsweise weniger als 300 Mikrometer, bevorzugt weniger als 10 Mikrometer. Im vorliegenden Falle beträgt er besonders vorzugsweise zwischen 1 und 5 Mikrometer.

[0051] Die grundlegenden Eigenschaften des den Kontaktbereich bildenden Diamant bzw. des Kerns wurden soeben anhand von **Fig. 2a** erläutert. Es wird nachdrücklich betont, daß sämtliche Angaben bezüglich des Kernmaterials, der Auftragsweise der leitenden diamantenen Schicht auf den Kern, der Dotier-

stoffe des Diamantmaterials des Kontaktbereiches, der Dotierstoffkonzentration, der Schichtdicken und der spezifischen Widerstände auch direkt für die Ausführungsformen nach **Fig. 3a bis 3e bzw. 4a bis 4g** gelten, sofern dort nichts anderes ausdrücklich gesagt ist.

[0052] **Fig. 2b** zeigt einen Längsschnitt gemäß C-C' aus **Fig. 1**. Hierin ist zu sehen, wie die den Kontaktbereich **6.1** bildende dotierte Diamantschicht "hutartig" auf den Kern **10.1** aufgebracht ist (es ist jedoch auch eine komplett umschließende Beschichtung möglich). Außerdem ist der Montagebereich der Spitze **4** des Schenkels zu sehen.

[0053] **Fig. 2c** zeigt eine weitere Ausführungsform eines Schnittes gemäß A-A' aus **Fig. 1**, welche sich lediglich von der in **Fig. 2a** gezeigten Version dadurch unterscheidet, daß an der dem Schenkel **3** zugewandten Innenseite die Spitze **4** des Schenkels **2** abgeflacht ist. Ansonsten gilt hier das zu **Fig. 2a** Gesagte.

[0054] **Fig. 3a bis 3e** zeigen eine weitere Variante der Ausführung von Schenkelspitzen **4** bzw. **5** nach dem Grundprinzip der in **Fig. 1** gezeigten Pinzette.

[0055] **Fig. 3a** zeigt einen Schnitt gemäß A-A' durch eine Schenkelspitze **4**. Hierbei entsprechen Aufbau und Geometrie des Kerns **10.2** sowie der den Kontaktbereich **6.2** bildenden diamantenen leitenden Schicht im Wesentlichen der in **Fig. 2a** gezeigten Ausführungsform.

[0056] Zusätzlich ist jedoch die den Kontaktbereich **6.2** bildende diamantene leitfähige Schicht mit einer im Wesentlichen sichelartig geformten Isolierschicht **11.2** umgeben. Diese Isolierschicht **11.2** ist im Wesentlichen konzentrisch zu der den Kontaktbereich **6.2** bildenden leitfähigen Diamantschicht angeordnet, wobei sich jedoch zu der dem entgegengesetzten Schenkel **3** hingewandten Innenseite hin sich die Dicke der Isolierschicht **11.2** verringert. Diese Verringerung geht so weit, daß in dem von in **Fig. 3a** eingezeichneten Marken **19** eingegrenzten Winkelbereich der Kontaktbereich **6.2** vollkommen freiliegt, d.h. nicht von der Isolierschicht **11.2** bedeckt ist.

[0057] Das Material der Isolierschicht **11.2** ist nominell undotierter Diamant, d.h. elektrisch nicht leitfähiger Diamant. Die Isolierschicht **11.2** wurde in einem CVD-Verfahren auf die den Kontaktbereich **6.2** bildende leitende Diamantschicht aufgebracht. Hierzu eignet sich wiederum die oben bezeichneten CVD-Verfahren. Die Isolierschicht kann jedoch auch neben Ausführungsformen aus texturiertem Diamant oder nanokristallinem Diamant (dies ist wegen der geringen Rauheit der Oberfläche besonders günstig) auch aus DLC (Diamond like Carbon) bestehen. Diese elektrisch isolierende Schicht **11.2** kann hierbei wiederum verschieden terminiert werden, um das Anhaften von Gewebe noch besser zu verhindern (siehe hierzu die Ausführungen zur Terminierung in der Beschreibungseinleitung, welche entsprechend anwendbar sind).

[0058] **Fig. 3b** zeigt eine Variante des Schnittes

A-A'. Hierbei ist der Aufbau des Kerns bzw. der leitenden Diamantschicht entsprechend der Variante aus **Fig. 2c**, zusätzlich wurde, abgesehen von dem Bereich der abgeflachten Innenseite, die leitende Diamantschicht mit einer Isolierschicht **11.2'** versehen.

[0059] **Fig. 3c und 3d** zeigen zwei Varianten eines Längsschnittes gemäß C-C' durch in **Fig. 3a bzw. 3b** gezeigte Schenkelspitzen **4**. Hierbei entspricht die Grundform jeweils der in **Fig. 2b** gezeigten Variante. Diese wird ergänzt durch die aufgebrachte Isolierschicht **11.2 bzw. 11.2'**. In **Fig. 3c** ist die den Kontaktbereich **6.2 bzw. 6.2'** bildende leitende Diamantschicht im Wesentlichen umlaufend mit der isolierenden Diamantschicht **11.2 bzw. 11.2'** bedeckt, wobei lediglich auf der Innenseite der Schenkelspitze **4**, etwa im Bereich der oberen Hälfte **20**, die Isolierschicht ausgespart ist, so daß es hier zur elektrischen Kontaktierung kommen kann.

[0060] Diese Ausführungen gelten für die Ausführungsform nach **Fig. 3d** im Wesentlichen entsprechend, allerdings ist hier die Innenseite auf der gesamten Höhe der Schenkelspitze **4**, d.h. im Bereich **21**, von der Isolierschicht **11.2 bzw. 11.2'** nicht bedeckt.

[0061] Schließlich zeigt **Fig. 3e** einen Schnitt B-B' durch zwei Schenkelspitzen **4** und **5**, welche der Ausführungsform aus **Fig. 3a** entsprechen. Die Ausbildung der Spitze **5** ist im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zum oben beschriebenen Aufbau der Schenkelspitze **4**. Die elektrischen Kontaktbereiche aus dotiertem Diamantmaterial **6.2 bzw. 7.2**, welche nicht von der Isolierschicht **11.2** bedeckt sind, stehen sich direkt gegenüber und können durch Bewegen der Schenkel **2 bzw. 3** aufeinander zu bewegt werden, um in ihrem Zwischenraum ein Stück Gewebe zu erfassen und dieses elektrisch zu durchströmen.

[0062] **Fig. 4a bis 4g** zeigen eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schenkelspitze **4**. Diese entspricht im Grundaufbau wiederum zunächst der in **Fig. 2a bis 2c** gezeigten Schenkelspitze. Allerdings ist hier die Isolierschicht **11.3** (bezüglich Material und Auftragsweise dieser Schicht wird ausdrücklich auf die Beschreibung der **Fig. 3a bis 3e** verwiesen) so gestaltet, daß die leitfähig dotierte Diamantschicht vollkommen durch die Isolierschicht **11.3** elektrisch isoliert wird. Diese Ausführungsform erlaubt eine kapazitive Leistungsübertragung auf das Gewebe bei elektrischer Beaufschlagung des isolierten Kontaktbereiches.

[0063] **Fig. 4d bis 4g** zeigen mehrere Ausführungsformen monopolarer Koagulationsinstrumente. Diese weisen unterschiedliche Schenkel **31d bis 31g** auf, an die sich jeweils identisch ausgeführte Steckadapter **30** anschließen. Die Koagulation erfolgt jeweils durch Kontakt der Schenkelspitze mit dem zu koagulierenden Gewebe des Patienten, als Gegenelektrode dient z.B. ein Operationstisch, auf welchem sich der Patient befindet.

[0064] Der Schenkel **31d** ist im wesentlichen stabförmig ausgeführt, an der Spitze des Stabes schließt

sich eine im Wesentlichen runde Kugelelektrode **32d** an.

[0065] Der Schenkel **31e** ist im wesentlichen "schwertförmig" ausgeführt, d.h. in der Blattebene flach im Vergleich mit der hier dargestellten Draufsicht und an der Spitze **32e** spitz zulaufend.

[0066] Der Schenkel **31f** ist im wesentlichen nadelförmig ausgeführt, d.h. langgestreckt mit vergleichsweise scharfer Spitze **32f**.

[0067] Der Schenkel **31g** ist im wesentlichen schlingenförmig ausgeführt, d.h. als im wesentlichen geschlossene Kurve bzw. Schlaufe mit einem Auge **32g**.

[0068] Die in **Fig. 4d, 4e, 4f, 4g** gezeigten Instrumente weisen an den mit A-A' bezeichneten Schnittstellen Querschnitte auf, wie sie bereits in den **Fig. 2a, 3a, 4a** (bzw. für nichtrunde Querschnitte z.B. **2c, 3b, 4c**) eingehend erläutert wurden, so daß auf eine nochmalige Schilderung verzichtet wird. Bezüglich **Fig. 4d bis 4g** ist zu bemerken, daß auch hier die Schenkel z.B. Schenkel **31e** in **Fig. 4e** Schichten von dotierten bzw. undotierten Diamantmaterialien wie oben beschrieben aufweisen können. Allen Ausführungsformen gemeinsam ist, daß diese an den Schenkelspitzen Kontaktbereiche zur Koagulation durch Stromfluß aufweisen.

[0069] Der Steckadapter **30** ist in einen nicht dargestellten Instrumentenhalter steckbar zur Herstellung einer elektrischen Verbindung und mechanischen Fixierung. Dieser Instrumentenhalter entspricht in Aufbau und Funktion zunächst dem Träger **16** aus **Fig. 1**, d.h. daß er in entsprechender Weise die elektrische Verbindung von einem mit dem Steuergerät **12** verbundenem elektrischen Kontakt zu den Kontaktbereichen der Schenkel herstellt (wobei jedoch nur die monopolare Verschaltung nach **Fig. 5b** bzw. **Fig. 6a** zur Anwendung kommt). Zusätzlich weist der Instrumentenhalter jedoch einen Handgriff auf, welcher das Halten des Instrumentenhalters in der Hand des Operateurs ermöglicht.

[0070] In den oben beschriebenen Beispielen wurde die Isolierschicht, z.B. die Isolierschicht **11.2** auf Bereiche der elektrisch leitfähigen Diamantschicht aufgebracht. Es ist jedoch selbstverständlich möglich, diese Isolierschicht gegebenenfalls auch auf Bereiche des Kerns, z.B. **10.2**, direkt aufzubringen. Dann gelten die oben beschriebenen **Fig. 3** und **4** analog.

[0071] In **Fig. 5a, 5b, 6a, 6b** wird die Koagulation von Gewebe mittels der erfindungsgemäßen Pinzette kurz erläutert.

[0072] **Fig. 5a** zeigt einen prinzipiellen Aufbau gemäß **Fig. 1**. In den Bereich zwischen den Innenseiten der Schenkelspitzen **4** und **5** ragt ein Stück menschliches Gewebe **13** hinein. Das Steuergerät **12** ist mit einem Hochfrequenz-Generator **14** zur Erzeugung unmodulierter und modulierter Hochfrequenzströme durch die an den Innenseiten der Schenkelspitzen **4** und **5** angeordneten elektrischen leitfähigen Kontaktbereiche hindurch ausgestattet. Die Schenkel **2** und

3 sind hierbei zueinander beweglich angeordnet, so daß ein von den Schenkelspitzen **4** und **5** zu erfassendes Gewebestück **13** an den Innenseiten der Schenkelspitzen **4** und **5** festgeklammert werden kann. [0073] **Fig. 5a** zeigt den Aufbau der erfindungsgemäßen Pinzette im bipolaren Betrieb (Schenkel **2** und **3** sind in ihrem Träger **16** elektrisch voneinander isoliert). Hierbei weist die Pinzette **2** Pole auf, welche einerseits vom Kontaktbereich **6** über den übrigen Schenkel **2** und die Leitung **17** und andererseits über den Kontaktbereich **7**, den übrigen Schenkel **3** und die Leitung **18** zu dem Steuergerät **12** hin führen. Die Koagulation von erfaßtem Gewebe **13** im bipolaren Betrieb ist anhand der Skizze in **Fig. 6b** abzulesen. Es ist zu sehen, daß der Strompfad bzw. Stromfluß ein geschlossener ist (siehe gestrichelte Linie). Von dem Hochfrequenzgenerator ausgehend, erfolgt der Stromfluß z.B. über den Schenkel **2** und den Kontaktbereich **6** durch das menschliche Gewebe **13** hindurch zu dem Kontaktbereich **7** des Schenkels **3** und wieder zurück zu dem Hochfrequenzgenerator. Es wird also lediglich das zu koagulierende Gebiet in einem sehr begrenzten Raum dem Stromfluß ausgesetzt. Eine noch exaktere Gewebbehandlung ist bei Verwendung einer teilweise isolierten Pinzette z.B. nach **Fig. 3b, c** möglich. Dann kommt es lediglich zwischen den Innenflächen der Spitzen zu einem Stromfluß, umliegendes Gewebe wird nicht beschädigt.

[0074] Alternativ ist jedoch auch der monopolare Betrieb möglich (bei **Fig. 4d bis 4g** ausschließlich).

[0075] **Fig. 5b** zeigt hierzu die prinzipielle Verschaltung der erfindungsgemäßen Pinzette. Hierbei werden die elektrischen Leitungen **17'** und **18'**, welche elektrisch mit den Kontaktbereichen **6** und **7** verbunden sind, zu einer einzigen Leitung elektrisch zusammengefaßt, welche dann in den Hochfrequenzgenerator **14** des Steuergerätes **12** mündet. Der Hochfrequenzgenerator **14** ist hierzu andererseits geerdet. Das zu koagulierende menschliche oder tierische Gewebe **13** ist ebenfalls geerdet, hierzu sind besondere Vorkehrungen zu treffen, um den z.B. auf einem Operationstisch liegenden Menschen/Tiere zu erden. Hier könnten die Leitungen **17'** und **18'** auch zu einem einzigen Teil zusammengefaßt werden.

[0076] **Fig. 6a** zeigt eine Prinzipskizze des Strompfades bzw. des Stromflusses bei monopolarer Betrieb der erfindungsgemäßen Pinzette wie in **Fig. 5b** gezeigt. Hierbei fließt der Strom von dem Hochfrequenzgenerator ausgehend durch die elektrisch gleich gepolten Kontaktbereiche **6** und **7** und durch das von der Pinzette erfaßte bzw. die Kontaktbereiche berührte zu koagulierende Gewebe hindurch, z.B. in den Operationstisch. Dieser geerdete Operationstisch enthält eine entsprechend "Neutralelektrode", welche wiederum andererseits mit dem Hochfrequenzgenerator in Verbindung steht. Der Stromfluß ist in **Fig. 6a** wiederum durch eine gestrichelte Linie dargestellt.

[0077] Für die kapazitive Kopplung (siehe auch

Fig. 4a bis 4c) gilt prinzipiell dasselbe, allerdings erfolgt hier kein Netto-Stromfluß sondern lediglich ein Wärmefluß durch kapazitiven Energieübertrag.

[0078] **Fig. 7a und 7b** zeigen die elektrochemische Reinigung einer mit Gewebeanhaftungen versehenen erfindungsgemäßen Pinzette.

[0079] **Fig. 7a** zeigt ein mit Flüssigkeit füllbares Tauchbecken **22**, welches zum Steuergerät **12** gehört bzw. mit diesem verbindbar ist. Das Tauchbecken ist im vorliegenden Fall vorzugsweise mit destilliertem Wasser gefüllt, welchem z.B. Schwefelsäure zur Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit zugesetzt wurde (es sind weitere Zusätze möglich, siehe oben). Die Spitzen **4** und **5** der Schenkel **2** und **3** sind in die Flüssigkeit des Tauchbeckens **22** eingetaucht. Die Pinzette ist bipolar verschaltet, d.h. daß ein Pol der Pinzette vom Kontaktbereich **6** ausgehend über die Zuleitung **17** zum Steuergerät **12** führt, der andere Pol über den Kontaktbereich **7** und die Zuleitung **18** zum Steuergerät **12** (siehe analog **Fig. 5a**). Das Steuergerät **12** enthält eine Spannungsquelle **15**, welche wahlweise Gleich- oder Wechselspannung erzeugen kann. Die von dieser Spannungsquelle erzeugbare Spannung liegt bei 0 bis 1000 V, vorzugsweise 0 bis 10 V, besonders vorzugsweise 1 bis 5 V. Es werden Stromdichten an den mit Gewebeanhaftungen versehenen Kontaktbereichen **6** und **7** von bis zu 10 Ampere pro cm² erreicht.

[0080] Bei dieser elektrochemischen Reinigung der Kontaktbereiche bzw. der Schenkelspitzen **4** und **5** zeigen sich besonders vorteilhafte Eigenschaften von elektrisch leitfähigem Diamant. Durch den Stromfluß verändert sich der Kontaktbereich aus Diamant nicht, es kommt nicht zu einer möglichen Zersetzung, wie dies bei Metallelektroden der Fall wäre. Aber auch bei der Vorreinigung zeigt der Diamant besonders günstige Eigenschaften, da die mechanische bzw. chemische Vorreinigung aufgrund der geringeren Haftneigung am Diamant sanfter erfolgen kann. Zudem wären die Diamant-Kontaktbereiche auch mit herkömmlichen Verfahren reinigbar und dabei robuster als Metallkontakte.

[0081] Bei Anlegen einer Spannung an die Kontakte **17** und **18** kommt es zu einer "Selbstreinigung" der diamantenen Kontaktbereiche. Hierbei hat sich gezeigt, daß beim Anlegen von Gleichstrom der Pluspol bzw. die Anode besonders gut gereinigt wird. Zur ausreichenden Reinigung beider Kontaktbereiche bei der Reinigung im hier gezeigten Bipolarbetrieb ist es also notwendig, nach einer gewissen Zeit eine Umpolung vorzunehmen. Dies kann z.B. auch durch Verwendung einer Wechselspannung erreicht werden.

[0082] **Fig. 7b** zeigt die Reinigung einer erfindungsgemäßen Pinzette im monopolaren Betrieb (die Reinigung anderer chirurgischer Instrumente im Sinne der Erfindung, etwa der Koagulationsinstrumente nach **Fig. 4d bis 4g** erfolgt entsprechend, es ist zu beachten, daß hier jeweils nur ein Schenkel gegeben ist, welcher gegen die Gegenelektrode **23** gepolt wird). Hierbei ist der Aufbau im Wesentlichen iden-

tisch zu dem in **Fig. 7a** beschriebenen, allerdings sind vorliegend die elektrischen Leitungen **18'** und **17'** zu einem einzigen Pol zusammengefaßt, welcher zu der Spannungsquelle **15** des Steuergerätes **12** führt. Diese Spannungsquelle ist andererseits mit der weiteren Elektrode **23** verbunden, welche ebenfalls in die Flüssigkeit des Tauchbeckens **22** eingeführt ist (in einer weiteren Ausführungsform ist es möglich, die Wandung des Tauchbeckens selbst als Gegenelektrode **23** auszubilden bzw. die Elektrode in dieser Wandung vorzusehen). Bei der hier gezeigten elektrochemischen Reinigung haben somit die Kontaktbereiche **6** und **7** eine gleichgerichtete Polung (siehe auch **Fig. 5b**). Hier ist folglich die Reinigung beider Spitzen der Pinzette gleichzeitig möglich. Prinzipiell kann sowohl Gleich- als auch Wechselspannung zur Anwendung kommen. Die Reinigung der monopolaren Instrumente nach **4d bis 4g** erfolgt analog, hierbei ist der zwei-schenkelige Einsatz in die Fassung **16** durch die Halterung für die Elektroden nach **4d bis 4g** ersetzt.

[0083] Neben den in **Fig. 7a und 7b** beschriebenen Reinigungsarten sind noch weitere für die erfindungsgemäßen chirurgischen Instrumente möglich. Bei den oben beschriebenen Varianten wurde die Spannung direkt an die Kontaktbereiche des chirurgischen Instrumentes angelegt ("aktive" elektrochemische Reinigung). Es ist aber auch eine "passive" chemische Reinigung möglich, bei der zwei Tauchbadelektroden, zwischen denen eine Spannung aufgebaut wird, in ein Flüssigkeitsbad getaucht werden und das chirurgische Instrument zur Reinigung in dieses Flüssigkeitsbad, vorzugsweise im Bereich zwischen den Tauchbadelektroden, getaucht wird. Es ist hierbei besonders empfehlenswert, wenn mindestens eine der Tauchbadelektroden aus elektrisch leitfähigem Diamant ist bzw. hiermit beschichtet ist.

[0084] Die elektrochemische Reinigung kann auch noch durch weitere Maßnahmen beschleunigt bzw. verbessert werden. Eine Beschleunigung des Reinigungsvorganges tritt auf, wenn eine im Tauchbecken vorgesehene Heizvorrichtung die Flüssigkeit im Tauchbecken **22** erwärmt (vorzugsweise bis zu 90°C). Zusätzlich kann das Tauchbecken auch eine Vorrichtung zur Ultraschallerzeugung zur Beaufschlagung der Flüssigkeit mit Ultraschall aufweisen und so eine Beschleunigung des Reinigungsvorganges erreicht werden. Eine Beschleunigung kann auch durch die Beaufschlagung der Reinigungsflüssigkeit mit Luft-/Gasblasen oder durch Rühren erreicht werden.

[0085] Das oben beschriebene Verfahren ist auch zur (Vor)sterilisation geeignet. Für die verschmutzten Bereiche, welche nicht aus dem dotierten Diamantmaterial sind, ist noch eine Zusatzreinigung nötig.

[0086] Schließlich zeigt **Fig. 8** eine Elektrolyse-Strom-Spannungskurve für eine erfindungsgemäße Pinzette. Diese weist Kontaktbereiche auf, welche aus einem mit Bor dotierten Diamantmaterial bestehen, welches auf einen Kern aus Niob aufgebracht

ist. Trotz relativ geringer Stromdichte ergab sich ein guter Reinigungseffekt.

Patentansprüche

1. Instrument für chirurgische Zwecke, insbesondere zur Koagulation, welches mindestens ein Elektrodenteil (**2**, **31**) aufweist, wobei das mindestens eine Elektrodenteil mit einem Steuergerät (**12**) elektrisch verbindbare elektrische Kontaktbereiche zur Einwirkung auf in der Nähe befindliches Gewebe (**13**) durch elektrische Beaufschlagung des Kontaktbereiches aufweist und der Kontaktbereich aus zur Herstellung der elektrischen Leitfähigkeit dotiertem Diamant besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierstoffkonzentration des Kontaktbereiches höher als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ist.

2. Instrument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es zwei zueinander bewegbare Elektrodenteile (**2**, **3**) in Form von Schenkeln aufweist, vorzugsweise in Form einer Pinzette (**1**), wobei die Spitze (**4**, **5**) mindestens eines Schenkels den elektrischen Kontaktbereich aus dotiertem Diamant zum Berühren und Erfassen des Gewebes (**13**) zum Zwecke der Koagulation aufweist.

3. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Spitzen der Elektrodenteile (**4**, **5**) einen Kern (**10**) aufweisen, auf welchen der die Kontaktbereiche bildende dotierte Diamant aufgebracht ist.

4. Instrument nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Kerns elektrisch leitfähig ist, insbesondere dass der Kern aus einem refraktären Metall ist, bevorzugt Titan, Wolfram, Niob, Tantal, Iridium oder Legierungen dieser Metalle, oder dass der Kern Zr, Graphit oder kohlefaserverstärkter Kohlenstoff ist.

5. Instrument nach einem der Ansprüche 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kontaktbereich aus dotiertem Diamant mittels Diamant-CVD auf dem Kern aufgebracht ist.

6. Instrument nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kontaktbereich aus dotiertem Diamant mittels Hot-Filament-CVD, Mikrowellen-CVD oder electron-cyclotron-resonance-unterstützter Mikrowellen-CVD aufgebracht ist.

7. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierstoffkonzentration des Kontaktbereiches (**6**) $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ beträgt.

8. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifische Widerstand des dotierten Diamant der Kon-

taktbereiche (**6**) kleiner als 100 Ohm cm, bevorzugt kleiner als 1 Ohm cm, besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Ohm cm ist.

9. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dotierstoff des dotierten Diamant der Kontaktbereiche Bor, Schwefel, Stickstoff, Lithium, Phosphor oder Titan ist.

10. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Kontaktbereiches (**6**) weniger als 300 Mikrometer, bevorzugt weniger als 10 Mikrometer, besonders bevorzugt 1 bis 5 Mikrometer beträgt.

11. Instrument nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Kern (**10**) und Kontaktbereich (**6**) eine chemische Bindung besteht.

12. Instrument nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Kernbereichsweise ein Isoliermaterial (**11**) aufgebracht ist.

13. Instrument nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Isoliermaterial auf dotiertem Diamant aufgebracht ist, wobei die Kontaktbereiche ausgelassen sind.

14. Instrument nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Isoliermaterial den dotierten Diamant vollständig bedeckt.

15. Instrument nach Anspruch 12 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Isoliermaterial (**11**) aus einer im CVD-Verfahren aufgetragenen nominell undotierten Diamantschicht aus texturiertem Diamant, nanokristallinem Diamant oder aus DLC (Diamond like Carbon) besteht.

16. Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der dotierte Diamant aus in einem CVD-Verfahren aufgetragtem texturiertem oder nanokristallinem Diamant besteht.

17. Einrichtung enthaltend ein Instrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein mit dem Instrument elektrisch verbindbares Steuergerät (**12**) aufweist, wobei das Steuergerät mit einer Gleich- oder Wechsellspannungsquelle, bevorzugt mit einem Hochfrequenz-Generator (**14**) zur Erzeugung unmodulierter und modulierter Hochfrequenzströme durch die Kontaktbereiche hindurch ausgestattet ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

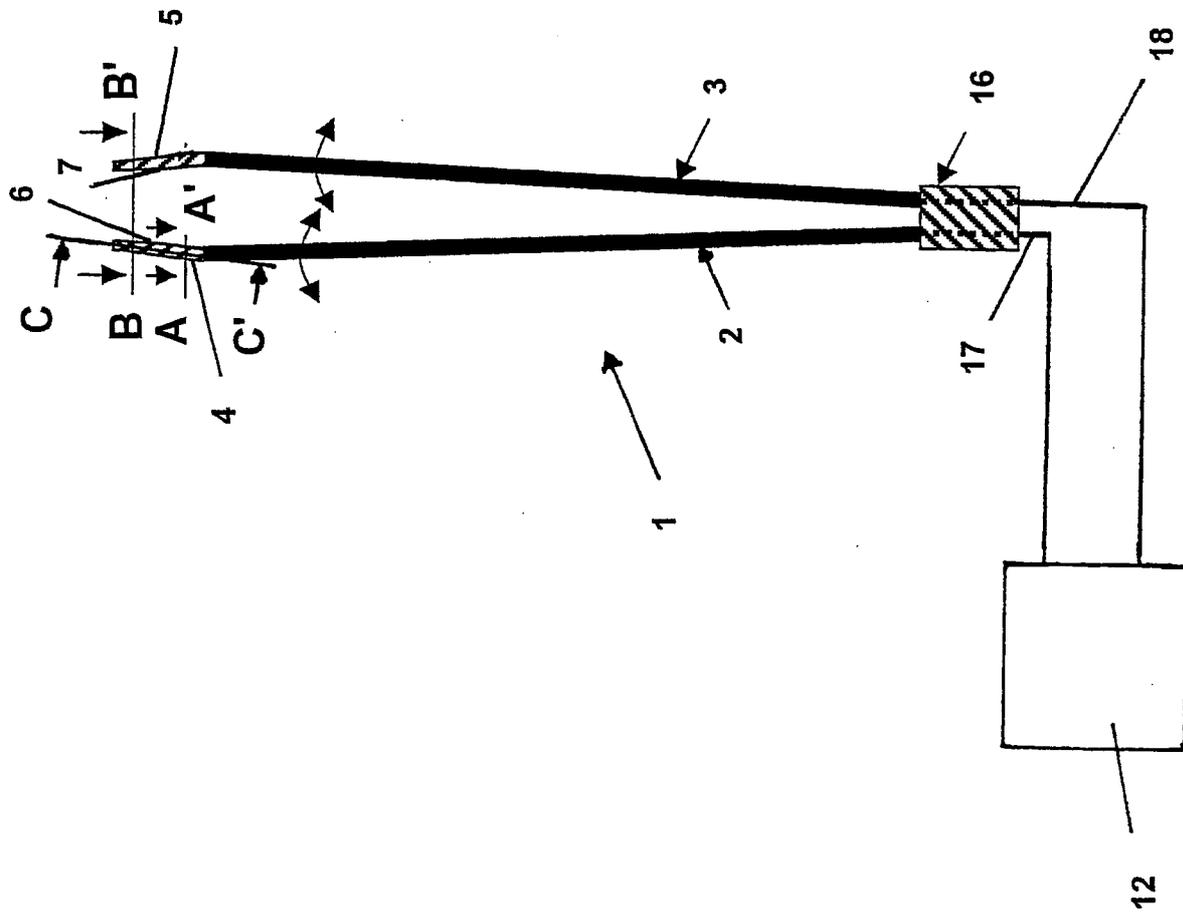


Fig. 1

Fig. 2a (A-A')

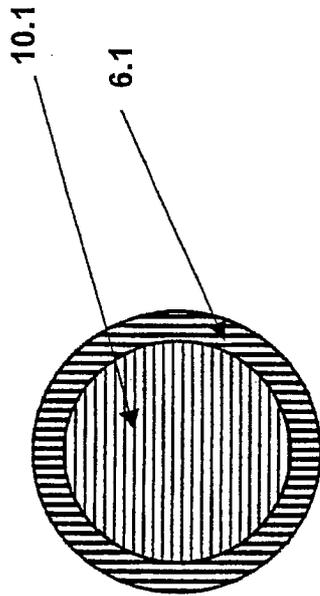


Fig. 2b (c-c')

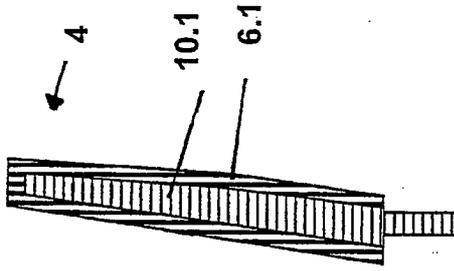


Fig. 2c (A-A')

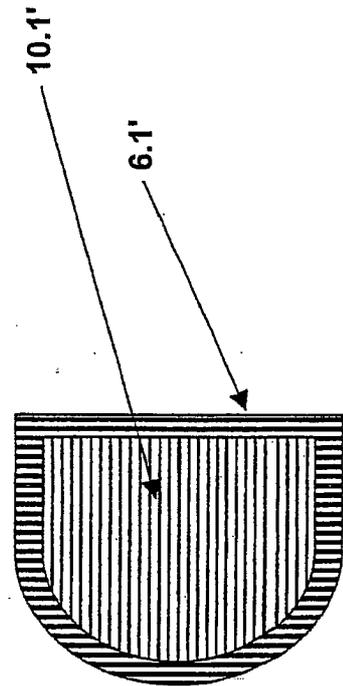


Fig. 3a (A-A')

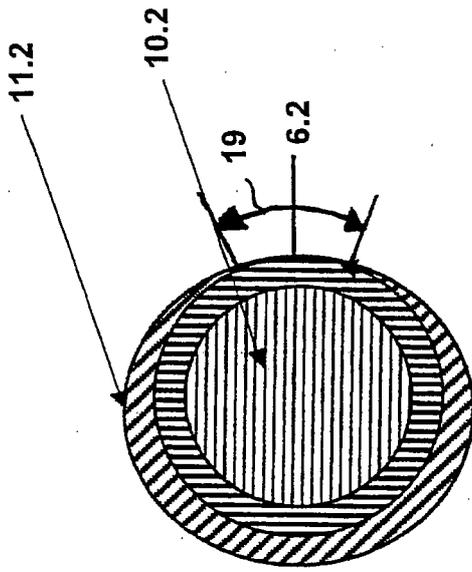


Fig. 3b (A-A')

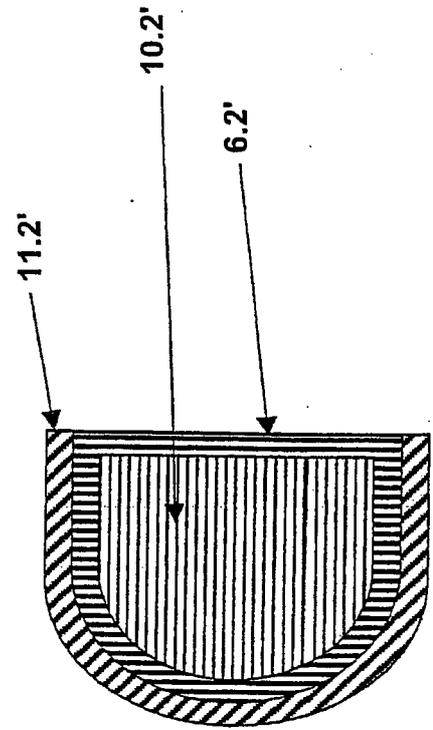


Fig. 3d (c-c')

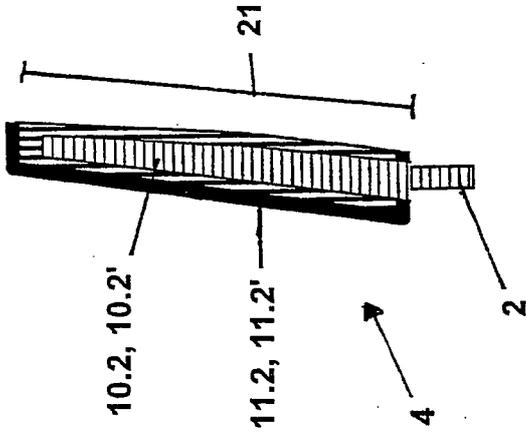
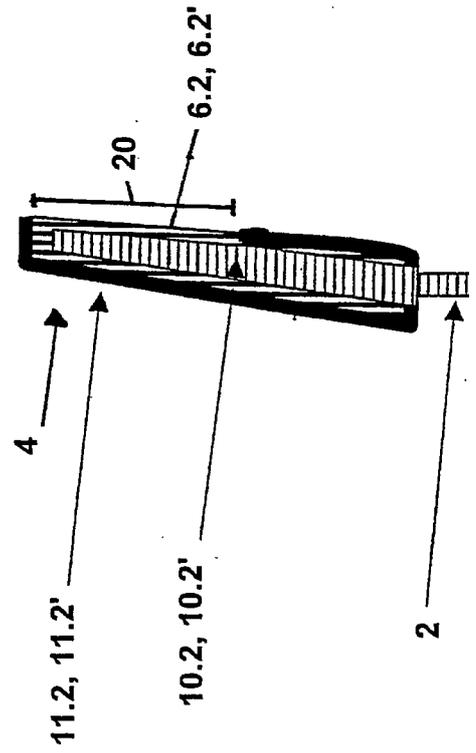


Fig. 3c (c-c')



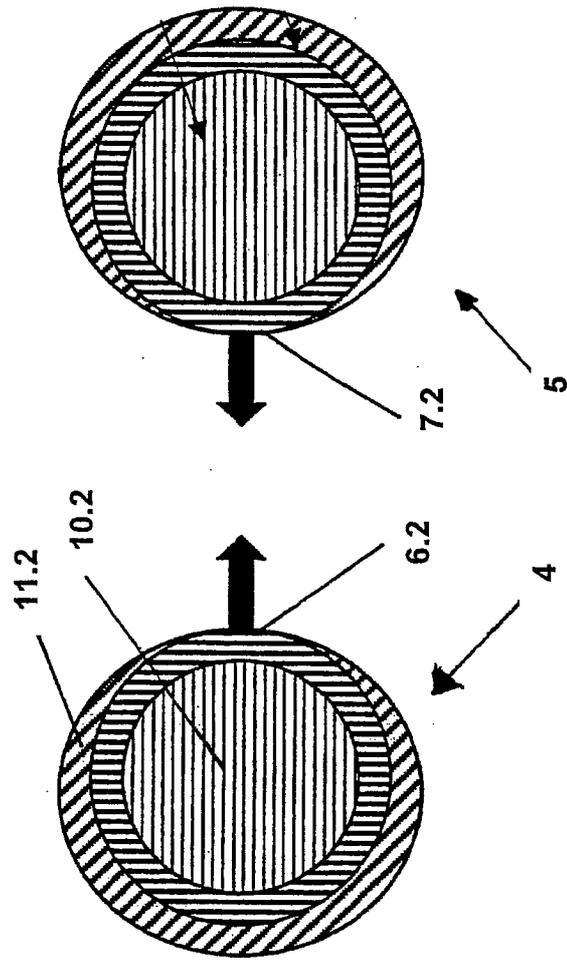


Fig. 3e

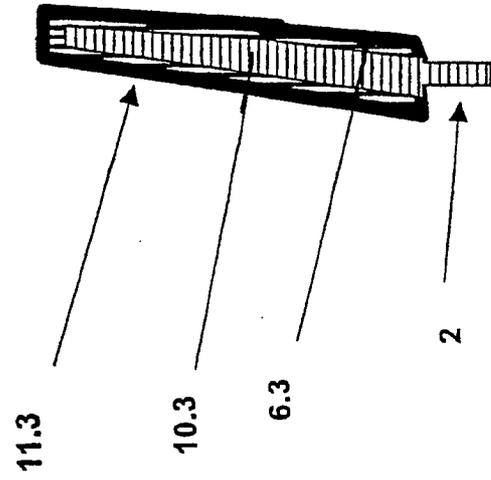


Fig. 4a (A-A')

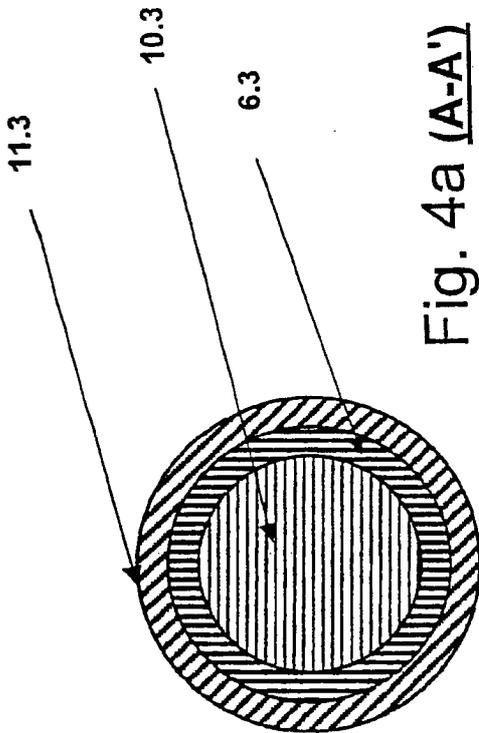


Fig. 4b (C-C')

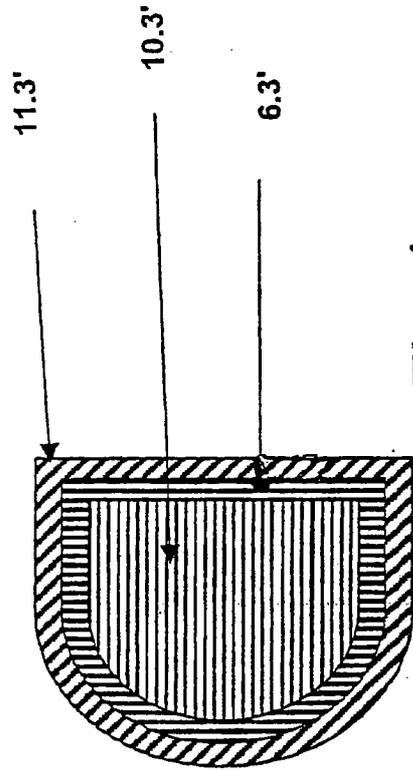


Fig. 4c (A-A')

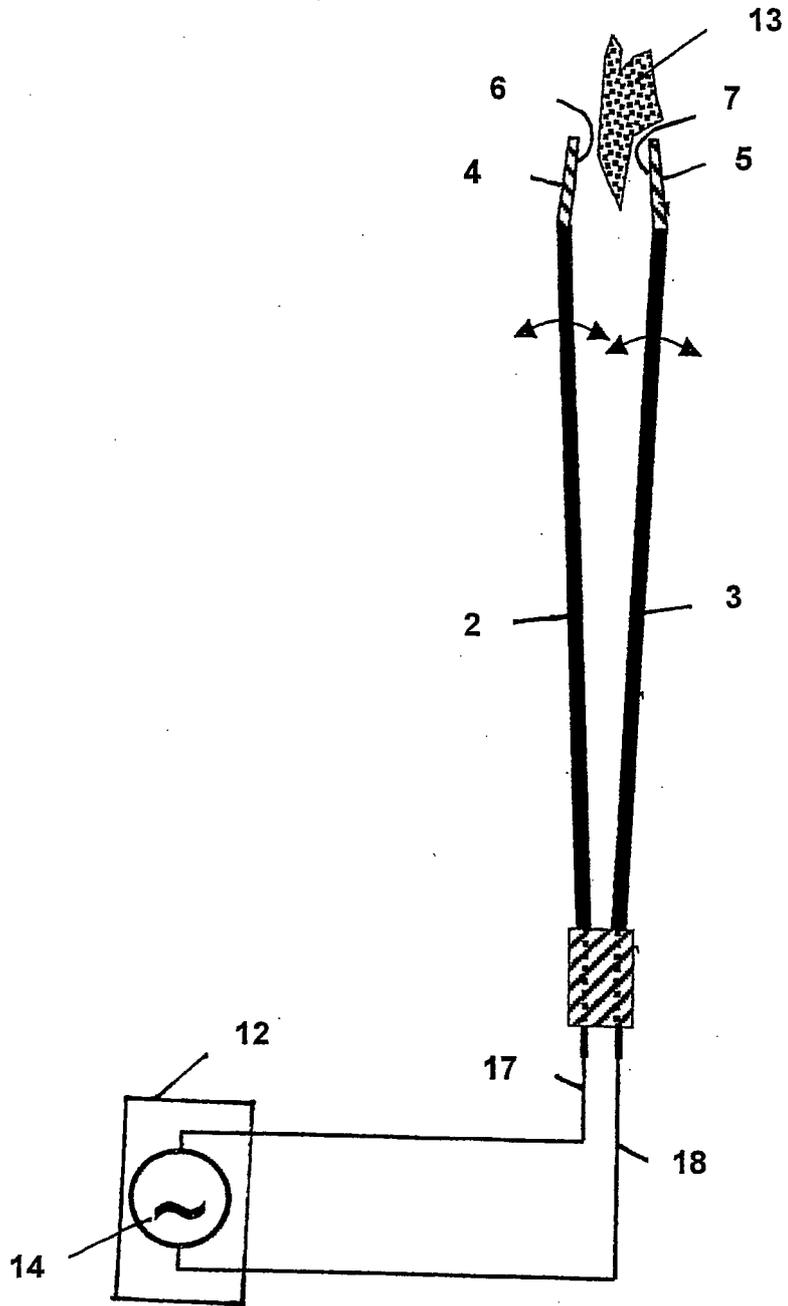


Fig. 5a

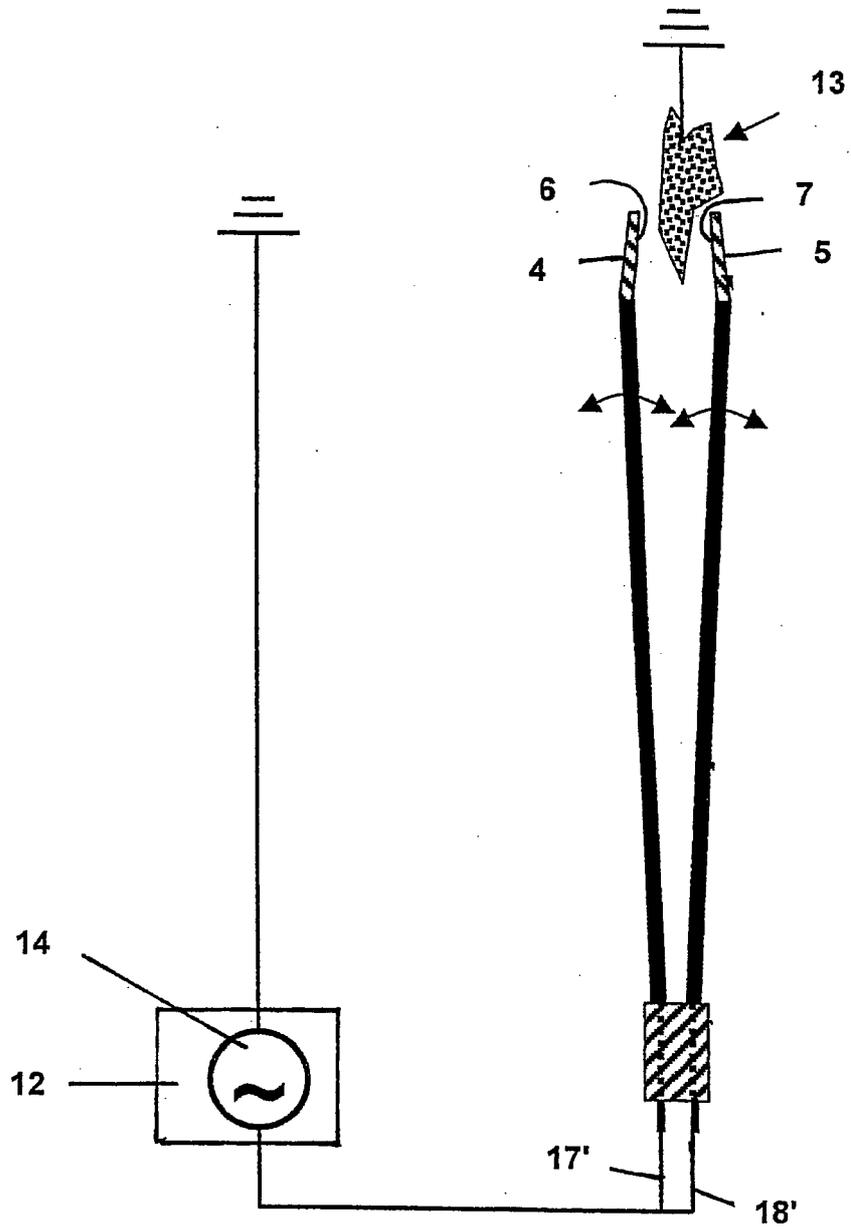


Fig. 5b

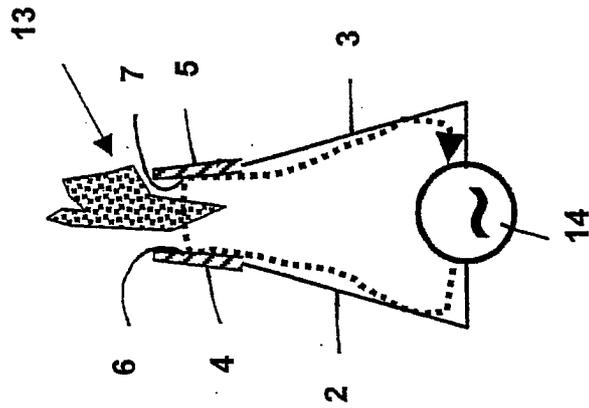


Fig. 6b

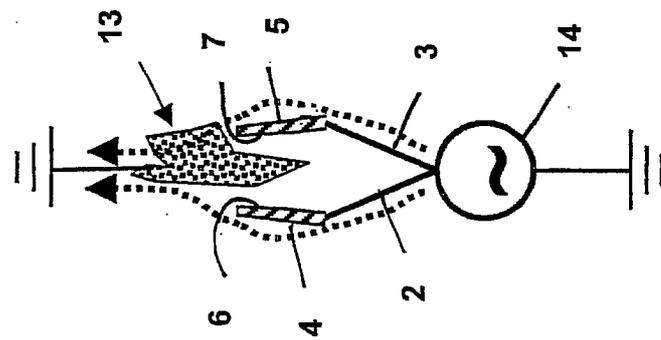


Fig. 6a

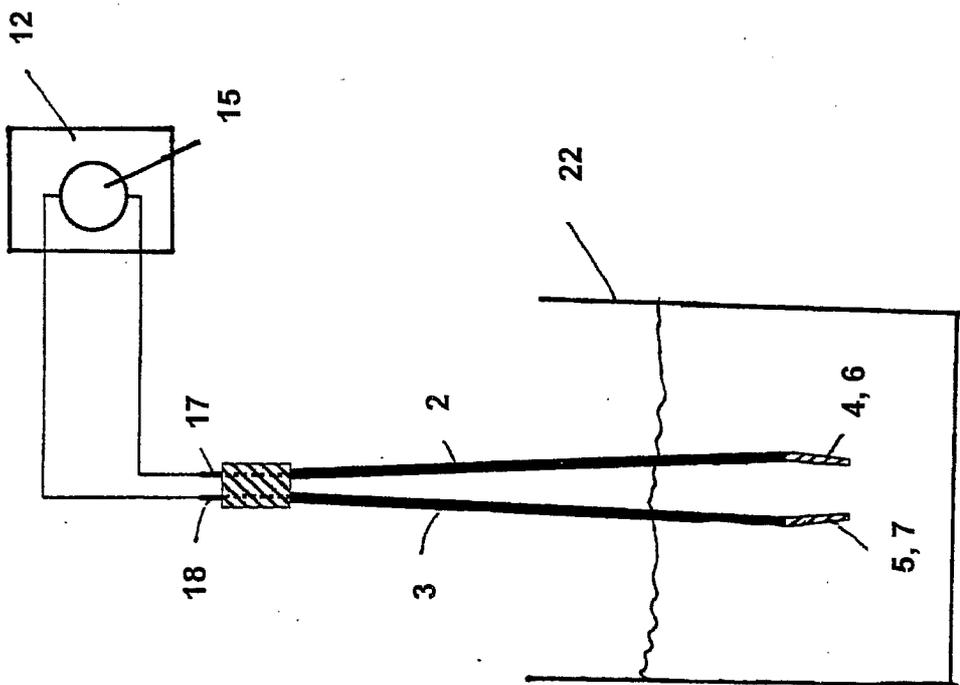


Fig. 7a

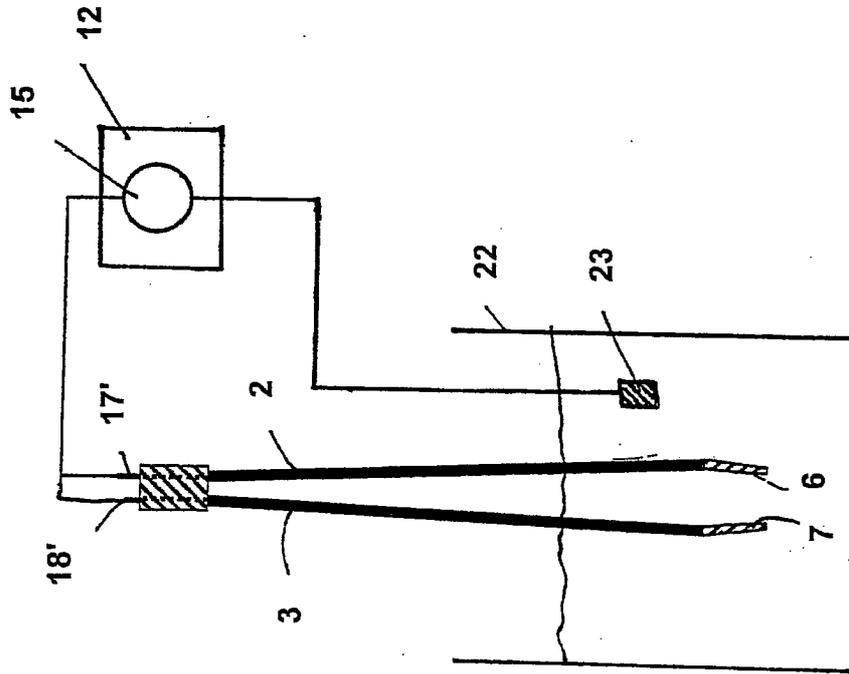


Fig. 7b

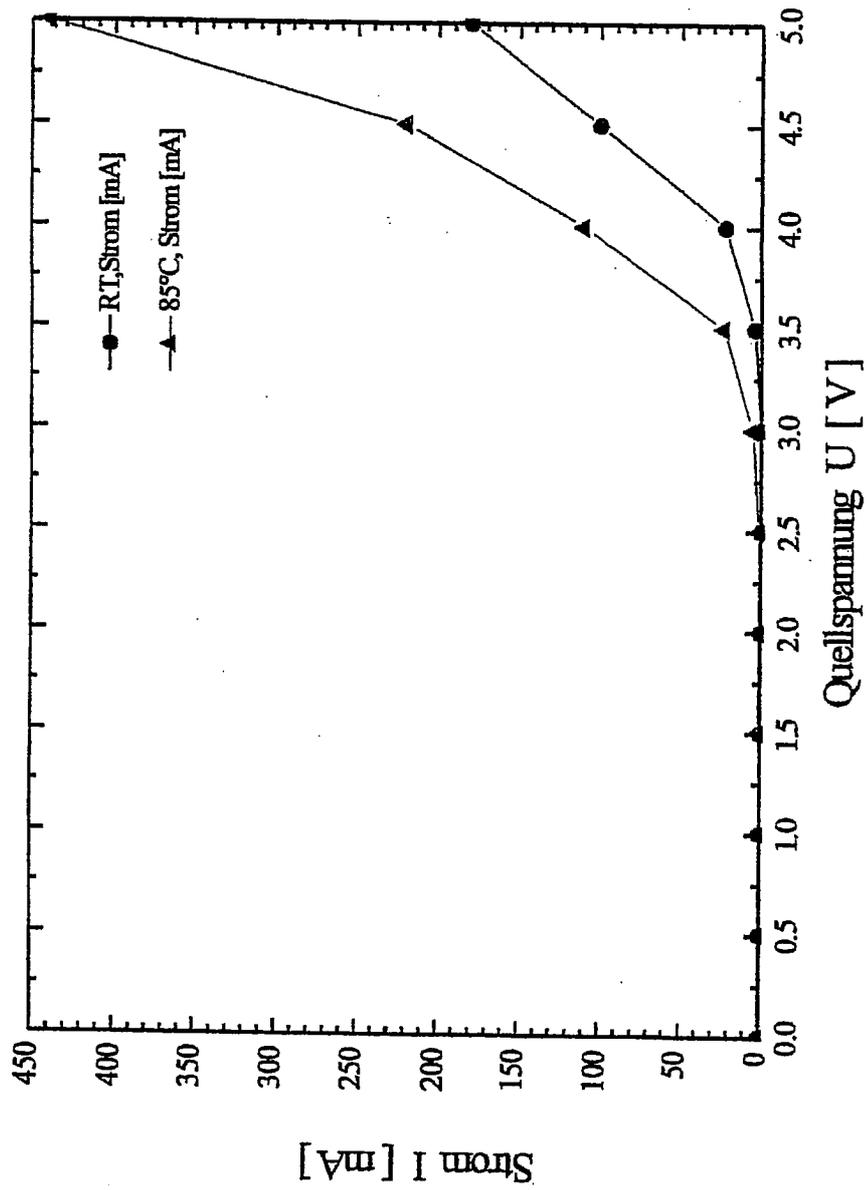


Fig. 8