



(10) **DE 10 2013 100 617 B4** 2016.08.25

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 617.5**
(22) Anmeldetag: **22.01.2013**
(43) Offenlegungstag: **24.07.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.08.2016**

(51) Int Cl.: **H05H 1/34 (2006.01)**
H01L 41/107 (2006.01)
H03B 5/32 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
EPCOS AG, 81669 München, DE; relyon plasma GmbH, 93057 Regensburg, DE

(74) Vertreter:
Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte, 93047 Regensburg, DE

(72) Erfinder:
Nettesheim, Stefan, Dr., 12205 Berlin, DE; Korzec, Dariusz, 93173 Wenzelbach, DE; Burger, Dominik, 93087 Alteglofsheim, DE; Kügerl, Georg, Dr., Eibiswald, AT; Puff, Markus, Graz, AT; Hoppenthaler, Florian, 93049 Regensburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

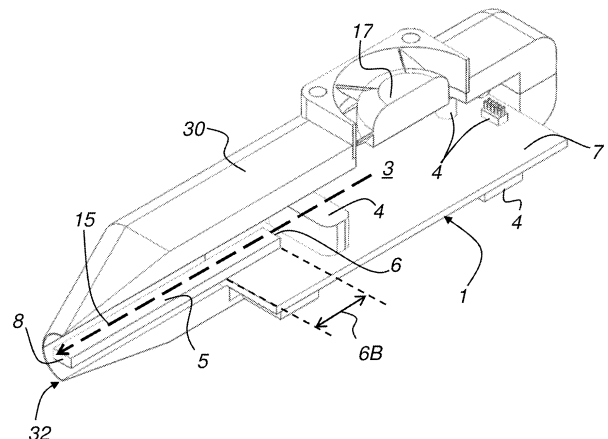
DE	10 2005 032 890	B4
DE	10 2008 018 827	B4
DE	10 2007 055 014	A1
DE	10 2008 063 052	A1
DE	10 2009 023 505	A1
DE	10 2011 006 764	A1
DE	20 2008 008 980	U1
US	5 834 882	A
EP	2 256 835	A2
WO	2007/ 006 298	A2
JP	2003- 297 295	A

CN 101259036 A

TERANISHI, Kenji ; SUZUKI, Susumu ; ITOH, Haruro: High efficiency ozone production by a compact ozoniser using piezoelectric tranformer. In: Chiba Institute of Technology.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas und Handgerät mit der Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zur Erzeugung eines Plasmas (P) mit einer Steuerschaltung (3), die zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators (5) mit diesem elektrisch verbunden ist und einer Platine (7), auf der die Steuerschaltung (3) realisiert ist, wobei der piezoelektrische Transformator (5) mit einem Bereich (6B) eines ersten Endes (6) derart in Bezug zur Platine (7) gehalten ist und an einem zweiten freien Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) eine Hochspannung ausprägbar und das Plasma (P) bei Atmosphärendruck zündbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Transformator (5) aus mehreren Schichten (S_1, S_2, \dots, S_N) aufgebaut ist, wobei jede Schicht (S_1, S_2, \dots, S_N), zumindest zum Teil, mit einer Leiterschicht (27) versehen ist; dass jeweils ein elektrisches Anschlußpad (20) an Seitenflächen (10) und im Schwingungsknoten (14) des piezoelektrischen Transformators (5) angebracht ist; und dass elektrische Anschlüsse (12) zusammen mit den Anschlußpads (20) eine Halterung für den piezoelektrischen Transformator (5) bilden, wobei das erste Ende (6) des piezoelektrischen Transformator (5) durch einen Spalt (18) von der Platine (7) beabstandet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas. Im Besonderen ist hierzu eine Steuerschaltung vorgesehen, die zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators mit diesem elektrisch verbunden ist.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Handgerät zur Plasmabehandlung von Oberflächen. Das Handgerät weist ein Gehäuse und eine Spannungsquelle auf.

[0003] Aus der deutschen Patentschrift DE 10 2008 018 827 B4 ist eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas mit einem Piezoelement offenbart. Das Piezoelement ist mit einem Primär- und Sekundärbereich ausgestattet. Dabei erfolgt die Ansteuerung des Primärbereichs des Piezoelementes mit Niederspannung und Hochfrequenz. In der Folge wird das Plasma durch die Feldüberhöhung auf der Fläche des Sekundärbereichs des Piezoelements gezündet. Erfindungsgemäß erfolgt die Plasmaführung durch eine auf Erdpotential liegende Gegenelektrode und eine Gasströmung, die am Piezoelement vorbeistreicht. Durch die Gasströmung tritt das Plasma aus der Vorrichtung aus.

[0004] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2011 006 764 A1 offenbart einen Piezotransformator mit einem eingangsseitigen piezoelektrischen Wandler, einem ausgangsseitigen piezoelektrischen Wandler mit mindestens zwei Phasen, mindestens einer ersten elektrisch nicht leitenden Schicht, welche zwischen dem eingangsseitigen piezoelektrischen Wandler und dem ausgangsseitigen piezoelektrischen Wandler angeordnet ist und welche den eingangsseitigen piezoelektrischen Wandler und den ausgangsseitigen piezoelektrischen Wandler mechanisch miteinander koppelt. Ferner ist mindestens eine zweite elektrisch nicht leitende Schicht zwischen den Phasen des ausgangsseitigen piezoelektrischen Wandlers angeordnet.

[0005] Das US-Patent US 5 834 882 A beschreibt den Aufbau eines piezoelektrischen Vielschicht-Transformators. Ein erstes elektroaktives Element ist mechanisch an dem zweiten elektroaktiven Element durch eine Verbindungsschicht, die zwischen einer ersten Hauptfläche des ersten elektroaktiven Elements und einer ersten Hauptfläche des zweiten elektroaktiven Elements angeordnet ist, verbunden. Die Verbindungsschicht weist eine Vorspanneinrichtung auf, um eine Druckspannung in Längsrichtung auf das erste und das zweite elektroaktive Element aufzubringen.

[0006] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2009 023 505 A1 offenbart eine Schaltungsanordnung für einen Piezotransformator und ein Verfah-

ren zum Ansteuern eines Piezotransformators. Die Schaltungsanordnung umfasst einen Treiberschaltkreis, einen Stromsensor, eine Steuereinheit und einen Oszillator. Weiter umfasst die Schaltungsanordnung einen Pulsweitenmodulator. Der Pulsweitenmodulator ist zwischen dem Oszillator und dem Treiberschaltkreis geschaltet. Der Oszillatorausgang ist mit einem Eingang des Pulsweitenmodulators verbunden. Ein Modulatorausgang des Pulsweitenmodulators ist mit dem Treibersignaleingang verbunden. Ein weiterer Modulatorausgang des Pulsweitenmodulators ist mit einem weiteren Treibersignaleingang des Treiberschaltkreises verbunden. Ein Ausgang der Steuereinheit ist mit einem Modulatoreingang des Pulsweitenmodulators verbunden. Am Piezotransformator kann eine sekundärseitige Spannung abgegriffen werden, die z.B. zur Blitzauslösung dient.

[0007] In der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2007 055 014 A1 ist ein Verfahren zur Zündung und Aufrechterhaltung eines Plasmas in einem Gasraum offenbart. Das piezoelektrische Material ragt in einen Hohlraum hinein, wobei das piezoelektrische Material durch eine äußere elektrische Anregung resonant in Schwingungen versetzt wird. Der Hohlraum enthält das zu ionisierende Gas. Außen sind an dem piezoelektrischen Material Elektroden angebracht. Das Verfahren ist zur Realisierung einer Plasmalichtquelle geeignet.

[0008] Die chinesische Patentanmeldung CN 101259036 A offenbart einen Mikro-Plasma-Stift zum Entfernen von Sommersprossen. Der Stift umfasst einen Plasmakopf zur Hautreinigung, ein Griffgehäuse, einen Mikro-Wandler, der im Griffgehäuse angeordnet ist, einen Leistung Controller und ein Leistungsmodul. Der Stift kann eine hohe und variable Plasmaleistung abgeben, wofür eine integrierte Schaltung oder einem Halbleiter-Chip-Mikroprozessor im Griffgehäuse installiert ist, die einen piezoelektrischen Transformator treibt.

[0009] Die europäische Patentanmeldung EP 2 256 835 A2 offenbart einen Impulsgenerator für einen piezoelektrischen Transformator. Eine Endstufe des Verstärkers treibt den piezoelektrischen Transformator bei einer gewünschten Resonanzfrequenz. Zwei Elektroden sind mit dem piezoelektrischen Transformator verbunden. Die sich am piezoelektrischen Transformator ausbildende Spannung reicht aus um eine dielektrische Barriereentladung auszubilden. Der Generator für die dielektrische Barriereentladung besteht aus einer Röhre oder einer Schale. Die Hochspannungselektrode sitzt z.B. in einer auf Erdpotential liegenden Röhre.

[0010] Die deutsche Patentschrift DE 10 2005 032 890 B4 offenbart eine Vorrichtung zur Erzeugung von Atmosphärendruck-Plasma mit-

tels mindestens eines piezoelektrischen Transformators. Ein solcher Transformator besteht aus piezoelektrischem Material, das in Längsrichtung in mindestens einer Anregungszone und mindestens einer Hochspannungszone unterteilt ist. Gemäß der Erfindung weist der piezoelektrische Transformator mindestens eine Öffnung zur Gasführung auf, die mit einem Gasstrom durchströmt wird, wobei in der Öffnung Plasma erzeugt werden kann.

[0011] Die deutsche Gebrauchsmusterschrift DE 20 2008 008 908 U1 offenbart eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Atmosphärendruck-Plasmas. Eine mit einer Gasleitung verbindbaren Gaseintrittsöffnung und einer Zuleitung für eine Spannungsversorgung der Vorrichtung sind mit einer Leistungsversorgungseinrichtung verbunden.

[0012] Die japanische Patentanmeldung JP 2003-297 295 A offenbart ein Licht emittierendes Element, das ein piezoelektrisches Element umfasst. Das piezoelektrische Element wird mittels einer Wechselspannung angeregt.

[0013] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2008 063 052 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Reinigung von Raumluft. Die Vorrichtung umfasst ein Gehäuse, an dem mindestens eine Öffnung zum Ansaugen von Umgebungsluft und mindestens eine Austrittsöffnung zum Ausblasen der gereinigten Luft vorgesehen ist. Dabei ist in dem Gehäuse eine Einrichtung zur Erzeugung von Plasma angeordnet, so dass Keime oder unangenehme Gerüche beseitigt werden können.

[0014] Der Artikel „Piezoelektrische Transformatoren – Schaltungen und Anwendungen“ vom C. KAUCZOR / T. SCHULTE / H. GROTTSTOLLEN; 47. Internationales Kolloquium, Technische Universität Ilmenau, 23.–26. September 2002. Die piezoelektrischen Transformatoren stellen eine geeignete Alternative zu herkömmlichen Transformatoren dar. Auf der Primärseite wird die treibende Spannung eingekoppelt. Auf der Ausgangsseite (Sekundärseite) wird die Spannung verstärkt.

[0015] Im Artikel „High Efficiency Ozone Production by a Compact Ozoniser Using Piezoelectric Transformer“, von Kenji TERANISHI, Susumu SUZUKI und Haruro ITOH, Chiba Institute of Technology, ist offenbart, dass der piezoelektrische Transformator in Schwingungsknoten gehalten ist. Die Anregungsenergie wird in einer ersten Hälfte des piezoelektrischen Transformators zugeführt. Die zweite Hälfte des piezoelektrischen Transformators ist zwischen zwei Elektroden für die Barriereentladung positioniert. Eine Plasmaausbildung alleine am freien Ende des piezoelektrischen Transformators ist nicht vorgesehen.

[0016] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Atmosphärendruck-Plasma mittels mindestens eines piezoelektrischen Transformators. Ein solcher Transformator besteht aus piezoelektrischem Material, das in Längsrichtung in mindestens einer Anregungszone und mindestens einer Hochspannungszone unterteilt ist. Gemäß der Erfindung weist der piezoelektrische Transformator mindestens eine Öffnung zur Gasführung auf, die mit einem Gasstrom durchströmt wird, wobei in der Öffnung Plasma erzeugt werden kann. Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind die Polarisationsrichtungen der beiden Zonen des Transformators derart ausgebildet, dass an der Oberfläche der Hochspannungszone selbst Plasma erzeugt wird, z.B. zur Lampenstromversorgung mit entsprechenden Elektroden.

[0017] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, die einfach und kostengünstig ist, so dass unter Verwendung der Vorrichtung ein Plasma bei Atmosphärendruck erzeugt wird.

[0018] Die obige Aufgabe wird mit einer Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0019] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, ein Handgerät zur Plasmabehandlung von Oberflächen bei Atmosphärendruck vorzuschlagen, das kostengünstig und einfach aufgebaut ist.

[0020] Die obige Aufgabe wird mit einem Handgerät zur Plasmabehandlung von Oberflächen gemäß den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

[0021] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas zeichnet sich durch eine Steuerschaltung aus, die zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators, mit diesem elektrisch verbunden ist. Der piezoelektrische Transformator ist aus mehreren einzelnen Schichten aufgebaut. Der piezoelektrische Transformator besteht aus einem Stapel von mehreren Folien aus dielektrischem Material, wobei in einem Abschnitt einer jeden Folie eine Leiterbahn bzw. eine leitfähige Fläche angebracht ist. Jeweils ein elektrisches Anschlußpad ist an Seitenflächen und im Schwingungsknoten des piezoelektrischen Transformators angebracht. Die elektrischen Anschlüsse bilden zusammen mit den Anschlußpads eine Halterung für den piezoelektrischen Transformator, wobei das erste Ende des piezoelektrischen Transformators durch einen Spalt von der Platine beabstandet ist.

[0022] Der Abschnitt der Folie mit der Leiterbahn befindet sich in einem Abschnitt des ersten Endes des piezoelektrischen Transformators. In einem Sinterprozess werden die einzelnen Folien miteinander

verbunden und so der piezoelektrische Transformator gebildet.

[0023] Die Steuerschaltung zum Antreiben des piezoelektrischen Transformators ist auf einer Platine realisiert. In der Regel wird der piezoelektrische Transformator mit einer Spannung beaufschlagt, die den piezoelektrischen Transformator gemäß seiner Resonanzfrequenz anregt. Die Steuerschaltung dient ebenfalls zur Nachregelung der Anregungsspannung, falls sich die Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Transformators aufgrund von Temperatureinflüssen oder Alterungsprozessen ändert. Ebenso kann sich die Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Transformators durch Änderung der dielektrischen Eigenschaften der Umgebung oder durch die Intensität der in die gasförmige Umgebung gezündeten Entladung verschieben. Der piezoelektrische Transformator ist mit einem Bereich eines ersten Endes über der Platine gehalten bzw. geführt. Durch die Anregungsspannung wird an einem zweiten freien Ende des piezoelektrischen Transformators eine Hochspannung ausgeprägt. Am zweiten freien Ende zündet dann das Plasma bei Atmosphärendruck. Die Halterung für den piezoelektrischen Transformator hält bzw. führt diesen in einem Schwingungsknoten. Zwischen der Platine und dem piezoelektrischen Transformator ist ein Spalt ausgebildet, so dass der piezoelektrische Transformator und die Platine voneinander beabstandet sind. Mittels dieser Anordnung ist eine mechanische Dämpfung des piezoelektrischen Transformators ausgeschlossen.

[0024] Der piezoelektrische Transformator selbst ist quaderförmig, wobei eine Länge und eine Breite des piezoelektrischen Transformators größer als eine Dicke des piezoelektrischen Transformators sind. Die mehreren Schichten des piezoelektrischen Transformators sind dabei derart orientiert, dass sie im Wesentlichen senkrecht zu den Seitenflächen des piezoelektrischen Transformators sind, die durch die Länge und die Dicke des piezoelektrischen Transformators bestimmt sind.

[0025] An gegenüberliegenden Seitenflächen des piezoelektrischen Transformators ist jeweils ein elektrischer Anschluss für die Anregungsspannung vorgesehen. Bevorzugt wird der elektrische Anschluss in einem Schwingungsknoten des piezoelektrischen Transformators angebracht. Die Halterung für den piezoelektrischen Transformator ist ebenfalls im Schwingungsknoten des piezoelektrischen Transformators vorgesehen. Für den Fall, dass ein separater elektrischer Anschluss für die Anregungsspannung zum Anschlußpad geführt wird, reicht es aus, dass die Halterung aus elastischem Material besteht. Falls die Anregungsenergie für den piezoelektrischen Transformator über die Halterung zugeführt wird, ist das Material der Halterung elastisch und elektrisch leitfähig.

[0026] Ein Strom eines Arbeitsgases wird derart ausgebildet, dass er zumindest von dem ersten Ende des auf der Platine gehaltenen piezoelektrischen Transformators zum zweiten freien Ende des piezoelektrischen Transformators hin, gerichtet ist. Der Strom von Arbeitsgas dient zur Ausbildung des Plasmas und zur Kühlung des piezoelektrischen Transformators, wobei in den Schwingungsknoten die höchste thermische Verlustleistung auftritt. Ein Lüfter ist vorgesehen, um den Strom des Arbeitsgases über den piezoelektrischen Transformator zum zweiten freien Ende hin zu unterstützen.

[0027] Bei einem mit einer Resonanzfrequenz angeregten, piezoelektrischen Transformator bilden sich mindestens zwei Schwingungsknoten aus, die beide vom ersten Ende bzw. vom zweiten freien Ende beabstandet sind. Gemäß einer Ausführungsform ist auf der Platine jeweils ein elektrischer Anschluss zu je einer Seitenfläche des piezoelektrischen Transformators geführt. Der Anschluss ist mit je einem Anschlußpad verbunden, das in einem Schwingungsknoten an jeder Seitenfläche des piezoelektrischen Transformators vorgesehen ist. Das Anschlußpad ist an demjenigen Schwingungsknoten angebracht, der näher zum ersten Ende als zum zweiten freien Ende hin liegt. Bevorzugt ist an diesem Schwingungsknoten des piezoelektrischen Transformators ein Temperensensor vorgesehen, damit die Temperatur des piezoelektrischen Transformators überwacht werden kann, so dass eine Abschaltung vorgenommen wird, wenn die Temperatur einen gewissen Schwellwert übersteigt.

[0028] Es ist von besonderem Vorteil, wenn die Platine und der piezoelektrische Transformator eine bauliche Einheit bilden. Diese bauliche Einheit kann dann als Ganzes in ein Gehäuse eingesetzt bzw. eingebaut werden.

[0029] Ein Handgerät zur Plasmabehandlung von Oberflächen besitzt zumindest ein Gehäuse und eine Spannungsquelle. Mit dem von dem Handgerät abgegebenen Plasma ist es möglich eine Oberfläche zu reinigen und die Hafteigenschaften von Lack oder Klebstoff zu verbessern. Im Gehäuse ist eine Platine mit einer Steuerschaltung zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators angeordnet, wobei der piezoelektrische Transformator mit einem ersten Ende auf der Platine gehalten ist und somit eine bauliche Einheit mit dieser bildet. Ein zweites freies Ende des piezoelektrischen Transformators ist zu einer Öffnung im Gehäuse hin ausgerichtet. An dem zweiten freien Ende des piezoelektrischen Transformators prägt sich eine Hochspannung aus, so dass das Plasma bei Atmosphärendruck ausgebildet wird. Zur Energieversorgung sind ein Akku und/oder ein Anschluss für ein Standard-Netzteil vorgesehen. Der piezoelektrische Transformator ist aus mehreren Schichten aufgebaut. Jede Schicht ist zumin-

dest zum Teil mit einer Leiterschicht versehen. Jeweils ein elektrisches Anschlußpad ist an Seitenflächen und im Schwingungsknoten des piezoelektrischen Transformators angebracht; und wobei elektrische Anschlüsse zusammen mit den Anschlußpads eine Halterung für den piezoelektrischen Transformator bilden. Das erste Ende des piezoelektrischen Transformator ist durch einen Spalt an der Platine beabstandet.

[0030] Das Gehäuse trägt einen Lüfter, mit dem ein Luftstrom über den piezoelektrischen Transformator und hin zur Öffnung im Gehäuse erzeugbar ist. Der Lüfter, kann in Abhängigkeit von den baulichen Gegebenheiten des Gehäuses als Axiallüfter ausgebildet sein.

[0031] Das Handgerät kann mit einem zusätzlichen Gasanschluss versehen sein. Über den Gasanschluss kann ein anderes Arbeitsgas als Luft dem zweiten freien Ende des piezoelektrischen Transformators zugeführt werden. Es ist ebenso denkbar, dass das über den Gasanschluss kommende Arbeitsgas mit der Umgebungsluft gemischt wird.

[0032] Es ist von besonderem Vorteil, dass mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Atmosphärendruck-Plasma mittels mindestens eines piezoelektrischen Transformators erzeugt werden kann. Der piezoelektrische Transformator besteht aus piezoelektrischem Material, das in Längsrichtung in mindestens eine Anregungszone und mindestens eine Hochspannungszone unterteilt ist, wobei die Anregungszone Anschlußpads aufweist, an die eine Wechselspannung angelegt wird und wobei in der Anregungszone mechanische Schwingungen erzeugt werden, die in der Hochspannungszone den Aufbau elektrischer Felder bewirken.

[0033] Gemäß der Erfindung wird das Volumen des pro Zeiteinheit erzeugten Plasmas durch geometrische Strukturen zur lokalen Feldüberhöhung maximiert. Durch eine Strukturierung der Hochspannungsseite des Piezokristalls wird das Volumen des pro Zeiteinheit erzeugten Plasmas maximiert. Die Strukturierung ist in unmittelbarem Formschluss mit der Hochspannungsseite des Piezokristalls. Die Strukturierung ist als gesondertes Bauelement ausgebildet, das mit der Hochspannungsseite des Piezokristalls direkt elektrisch verbunden ist. Im Bereich der Feldüberhöhung wird der Piezokristall (piezoelektrischer Transformator) von einem Arbeitsgas (Prozessgas) überströmt.

[0034] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibungsteile.

[0035] Es zeigen im Einzelnen:

[0036] Fig. 1 eine schematische Ansicht des Grundprinzips der erfindungsgemäßen Vorrichtung, mit der ein Plasma bei Atmosphärendruck erzeugt werden kann;

[0037] Fig. 2 eine perspektivische Schnittansicht, wobei die erfindungsgemäße Vorrichtung von einem Gehäuse umgeben ist;

[0038] Fig. 3 eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Gehäuse;

[0039] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des Gehäuses, in dem die erfindungsgemäße Vorrichtung untergebracht ist;

[0040] Fig. 5 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung;

[0041] Fig. 6 eine Seitenansicht der erfindungsgemäße Vorrichtung;

[0042] Fig. 7 eine Seitenansicht des piezoelektrischen Transformators zur Darstellung des Schichtaufbaus;

[0043] Fig. 8 eine Draufsicht auf die einzelnen Schichten des piezoelektrischen Transformators zur Darstellung der Kontaktierung mit dem seitlichen Anschlüssen zur Zuführung der Anregungsenergie;

[0044] Fig. 9a–Fig. 9b schematische Ansichten der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Halterung des piezoelektrischen Transformators;

[0045] Fig. 10 eine Ansicht der unterschiedlichen physikalischen Zustände als Funktion der Länge des piezoelektrischen Transformators;

[0046] Fig. 11 eine mögliche Ausführungsform eines Handgeräts, das die erfindungsgemäße Vorrichtung umschließt; und

[0047] Fig. 12 eine weitere Ausführungsform eines Handgeräts, das die erfindungsgemäße Vorrichtung umschließt.

[0048] Für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung werden identische Bezugszeichen verwendet. Das dargestellte Ausführungsbeispiel stellt lediglich eine Möglichkeit dar, wie eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas und ein Handgerät, in dem die Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas eingebaut ist, ausgestaltet sein kann.

[0049] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht des Grundprinzips der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1**, mit der ein Plasma bei Atmosphärendruck erzeugt werden kann. In einem Gehäuse **30** ist ein piezoelektrischer Transformator **5** angeordnet. Ein zweites frei-

es Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** ist zu einer Öffnung **32** des Gehäuses **30** hin gerichtet. Dem Gehäuse **30** ist ein Lüfter **17** zugeordnet, der einen Strom **15** eines Arbeitsgases erzeugt, der zur Öffnung **32** des Gehäuses **30** hin geführt ist. Der Strom **15** des Arbeitsgases ist über die Steuerschaltung **3** und den piezoelektrischen Transformator **5** geführt und dient in Wesentlichen zur Kühlung des piezoelektrischen Transformators **5**. Die in der **Fig. 1** gezeigte Anordnung des Lüfters **17** soll nicht als Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass der Lüfter **17** an jeder beliebigen Stelle des Gehäuses **30** angebracht werden kann.

[0050] An jeder einer Seitenfläche **10** des piezoelektrischen Transformators **5** ist je ein Anschlußpad **20** vorgesehen, über die der piezoelektrische Transformator **5** mit einer derartigen Spannung beaufschlagt wird, so dass der piezoelektrische Transformator **5** mit einer Resonanzfrequenz schwingt. Das Anschlußpad **20** liegt dabei näher zum ersten Ende **6** des piezoelektrischen Transformators **5** als zum zweiten freien Ende **8**. Wie **Fig. 11** dargestellt ist, bildet der angeregte piezoelektrische Transformator **5** zwei Schwingungsknoten **14** aus. Bevorzugt sind die Anschlußpads **20** in dem Schwingungsknoten **14** angebracht, der näher zum ersten Ende **6** des piezoelektrischen Transformators **5** liegt. Bevorzugt ist der piezoelektrischen Transformator **5** derart bemessen, dass sich bei einer Grundmode entlang der Länge des piezoelektrischen Transformators **5** zwei Schwingungsknoten **14** (siehe **Fig. 9**) ausbilden.

[0051] **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Schnittansicht des Gehäuses **30**, das die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** umgibt. Der piezoelektrische Transformator **5** ist, auf einer Platine **7** gehalten, auf der eine Steuerschaltung **3** realisiert ist, die ihrerseits aus mehreren elektronischen Bauelementen **4** aufgebaut ist, wobei der Übersicht halber nur ein Teil der elektronischen Bauelemente **4** dargestellt ist. Der piezoelektrische Transformator **5** kann gemäß einer ersten Ausführungsform mit einem Bereich **6B** des ersten Endes **6** der Platine **7** gegenüberliegen und ist, wie später beschreiben wird, von dieser beabstandet gehalten. Das Gehäuse **30** hat die Öffnung **32** ausgebildet, in der das zweite freie Ende **8** des piezoelektrischen Transformator **5** endet. An dem zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** liegt eine Hochspannung an, so dass sich ein Plasma P (siehe **Fig. 5**) bei Atmosphärendruck ausbildet. Mit dem Lüfter **17** wird, wie bereits beschrieben, ein Strom **15** an Arbeitsgas erzeugt, so dass sich mit dem Arbeitsgas am zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** das Plasma P ausbilden kann.

[0052] **Fig. 3** zeigt eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** im Gehäuse **30**. Wie

bereits aus **Fig. 2** und ebenso aus **Fig. 3** ersichtlich ist, bilden der piezoelektrische Transformator **5** und die Platine **7**, die die Steuerschaltung **3** trägt, die aus mehreren elektronischen Bauelementen **4** aufgebaut ist, eine bauliche Einheit. Somit kann die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** als die bauliche Einheit produziert und dann in das dafür vorgesehene Gehäuse **30** eingebaut werden. In dieser Darstellung ist ein freier Spalt **18** zwischen der Platine **7** und dem piezoelektrischen Transformator **5** zu erkennen.

[0053] In **Fig. 4** ist eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des Gehäuses **30** dargestellt. In dem Gehäuse **30** ist die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** untergebracht. In der hier gezeigten Darstellung von der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ist lediglich das zweite freie Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** zu sehen, das in der Öffnung **32** des Gehäuses **30** endet.

[0054] Eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** ist in **Fig. 5** dargestellt. Wie bereits mehrfach in der vorangehenden Beschreibung erwähnt, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** eine bauliche Einheit aus dem piezoelektrischen Transformator **5** und der Platine **7**. Die Platine **7** realisiert mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen **4** eine Steuerschaltung **3**. Mit der Steuerschaltung **3** ist es möglich den piezoelektrischen Transformator **5** mit seiner Resonanzfrequenz anzuregen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** kann mit einer externen Energieversorgung verbunden werden, die ein herkömmliches Standard-Netzteil (nicht dargestellt) ist, das über ein Kabel **21** mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** verbunden wird. Ebenso kann die Erfindungsgemäße Vorrichtung mit einem Akku versehen werden. Eine Kombination aus Akku und Standard-Netzteil ist ebenfalls denkbar. Die Ansteuerungsspannung wird von der Steuerschaltung **3** der Platine **7** über je einen elektrischen Anschluss **12** an je eine Seitenfläche **10** des piezoelektrischen Transformators **5** angelegt. Durch die an den Seitenflächen **10** des piezoelektrischen Transformators **5** anliegende Anregungsspannung bildet sich am zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** eine Hochspannung aus. Der der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zugeordnete Lüfter **17** erzeugt einen Strom **15** aus Arbeitsgas, mit dem das Plasma P am zweiten freien Ende **8** gezündet und aufrecht erhalten wird. Das Plasma P tritt durch die Öffnung **32** des Gehäuses aus, in dem sich die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** befindet. Die Zündung und die Aufrechterhaltung des Plasmas P erfolgt bei Atmosphärendruck.

[0055] Die Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ist in **Fig. 6** dargestellt. Auf der Platine **7** ist die Steuerschaltung **3** mit einer Vielzahl von elektrischen Bauelementen **4** realisiert. Der piezoelektrische Transformator **5** ist mit dem Bereich

6B des ersten Endes **6** frei über der Platine **7** angeordnet. An jeder der Seitenflächen **10** des piezoelektrischen Transformators **5** ist das Anschlußpad **20** für den elektrischen Anschluss **12** von der Platine **7** angebracht. Die elektrischen Anschlußpads **20** sind an beiden Seitenflächen **10** des piezoelektrischen Transformators **5** und im Schwingungsknoten **14** (siehe **Fig. 9**) desselben angebracht. Ebenso erfolgt die mechanische Halterung bzw. Führung des piezoelektrischen Transformators **5** im Schwingungsknoten **14**. Die Halterung bzw. Führung des piezoelektrischen Transformators **5** ist also derart, dass zwischen der Platine **7** und dem piezoelektrischen Transformator **5** ein Spalt **18** vorliegt. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ist es am zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** eine Hochspannung zu erzeugen, wenn in den beiden Anschlußpads **20** eine Niederspannung von z. B. 12V Wechselspannung (12V Peak-to-Peak) angelegt wird. Wie bereits mehrfach erwähnt, ist der Platine **7** ein Lüfter **17** zugeordnet, der für den zur Kühlung des piezoelektrischen Transformators **5** erforderlichen Luftstrom sorgt. Dem Anschlußpad **20** kann ein Temperatursensor **24** zugeordnet sein, der die Temperatur im Bereich des Anschlußpads **20** bestimmt. Die Signale des Temperatursensors **24** können über eine Verbindung **11** zur Platine **7** geführt werden. Wie in der Beschreibung zu **Fig. 11** klargestellt ist, ist im Bereich des Anschlußpads **20** (Lage des Schwingungsknotens **14**) die thermische Verlustleistung am größten. In **Fig. 6** ist das Messprinzip des Temperatursensors **2** als ein berührungsloses Messprinzip dargestellt. Es ist ebenfalls denkbar, dass der Temperatursensor **24** im Anschlußpad **20** eingelötet ist. Wie in der Beschreibung zu **Fig. 5** und **Fig. 6** zu erkennen ist, hat der piezoelektrischen Transformator **5** eine Breite **B** und eine Dicke **D**.

[0056] In **Fig. 7** ist eine Seitenansicht des piezoelektrischen Transformators **5** schematisch wiedergegeben, die den Schichtaufbau des piezoelektrischen Transformators **5** verdeutlicht. Der piezoelektrische Transformator **5** ist zumindest zum Teil über seine Länge **L** aus mehreren Schichten S_1, S_2, \dots, S_N , aufgebaut, die im Wesentlichen senkrecht zur der aus Länge **L** und der Dicke **D** des piezoelektrischen Transformators **5** definierten Seitenfläche **10** liegen. Der piezoelektrische Transformator **5** besteht aus einem Stapel von mehreren Folien aus dielektrischen Material, wobei in einem Abschnitt einer jeden Folie eine Leiterbahn angebracht ist. In einem Sinterprozess werden die einzelnen Folien miteinander verbunden und so der piezoelektrische Transformator gebildet. Die elektrische Kontaktierung der einzelnen Schichten S_1, S_2, \dots, S_N ist in **Fig. 8** dargestellt. Wie bereits in der vorangehenden Beschreibung erwähnt, ist an jeder der Seitenflächen **10** ein Anschlußpad **20** vorgesehen, das sich über die gesamte Dicke **D** des piezoelektrischen Transformators **5** erstreckt. Jeder der Schichten S_1, S_2, \dots, S_N ist mit einer L-förmigen Leiter-

schicht **27** versehen. Die L-förmigen Leiterschichten **27** sind im Schichtsystem derart angeordnet, dass alternierend eines der beiden Anschlußpads **20** kontaktiert wird, woraus eine Parallelschaltung der einzelnen Schichten S_1, S_2, \dots, S_N resultiert. Wie bereits erwähnt, sind die Anschlußpads **20** auf beiden Seitenflächen **10** des piezoelektrischen Transformators **5** in dessen Schwingungsknoten angebracht.

[0057] In den **Fig. 9a** und **Fig. 9b** sind verschiedene Ausführungsformen der Halterung bzw. Führung des piezoelektrischen Transformators **5** offenbart. **Fig. 9a** zeigt die Halterung **25** des piezoelektrischen Transformators **5** gemäß der Durchsteckmontage (through-hole technology, THT). Die Halterung **25** besteht gemäß dieser Ausführungsform aus zwei Stiften die den Durchlass für die Durchsteckmontage bilden, in den der piezoelektrische Transformator **5** eingesteckt und gehalten wird. Die in **Fig. 9b** gezeigte Art der Halterung des piezoelektrischen Transformators **5**, ist die eines oberflächenmontierten Bauelements (surface-mounted device, SMD). Die elektrischen Anschlüsse **12** werden mittels lötfähiger Anschlussflächen direkt auf der Platine (hier nicht dargestellt) montiert. Die elektrischen Anschlüsse **12** halten den piezoelektrischen Transformator **5** an dessen Anschlußpads **20** mittels entsprechender Elemente, die die Halterung **25** bilden. Die Halterung **25** besteht, gemäß der in **Fig. 9b** gezeigten Ausführungsform, aus flächigen Elementen. Es ist von Vorteil wenn das Material der Halterung **25** elastisch und elektrisch leitfähig ist. **Fig. 10** zeigt eine Ansicht der unterschiedlichen physikalischen Zustände als Funktion der Länge des piezoelektrischen Transformators **5**. Die Erregung des piezoelektrischen Transformators **5** im Bereich seiner Resonanzfrequenz führt zur Ausbildung einer Schwingungsmoden **13**, die zwei Schwingungsknoten **14** im piezoelektrischen Transformator **5** ausbildet. Die Anschlußpads **20** sind an demjenigen Schwingungsknoten **14** positioniert, den näher zum ersten Ende **6** des piezoelektrischen Transformators **5** liegt. Durch die Schwingung des piezoelektrischen Transformators **5** bildet sich eine thermische Verlustleistung **40** aus, die am Schwingungsknoten **14** im Bereich des ersten Endes **6** des piezoelektrischen Transformators **5** am größten ist. An jedem Schwingungsknoten **14** tritt eine thermische Verlustleistung **40** auf. Am zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** ist der E-Feldverlauf **41** derart, dass sich dort ein Maximum ausbildet. Die Strömungsgeschwindigkeit **42** des Arbeitsgases ist am Schwingungsknoten **14** im Bereich des ersten Endes **6** am größten. Ab dem Schwingungsknoten **14**, im Bereich des zweiten freien Endes **6**, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit **42** bis zum zweiten freien Ende **8** zu.

[0058] **Fig. 11** zeigt eine mögliche Ausführungsform eines Handgeräts **100**, das die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** umschließt. Das Handgerät **100** ist ka-

bellos und wird über einen Akku **101** (in der Regel 12V) zur Anregung des piezoelektrischen Transformators **5** mit Energie versorgt. Zusätzlich kann ein Gasanschluss **102** vorgesehen sein, über den das Handgerät **100** mit einem Arbeitsgas versorgt wird, das nicht Luft ist. Ferner ist eine Lüfter **17** vorgesehen, der in Richtung einer Achse A der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** wirkt. Der Lüfter **17** sorgt dafür, dass innerhalb des Handgeräts **100** das Arbeitsgas (in der Regel Umgebungsluft) zum zweiten freien Ende des piezoelektrischen Transformators **5** transportiert wird. Das strömende Arbeitsgas sorgt ebenfalls für eine Kühlung des piezoelektrischen Transformators **5** und somit einem Abtransport der thermischen Verlustleistung. Das Handgerät **100** hat ein Gehäuse **30**, in dem die Vorrichtung **1** als Bauteil aufgenommen wird.

[0059] Fig. 12 ist eine weitere Ausführungsform eines Handgeräts **100**, das die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** umschließt. Das Handgerät **100** ist mit einem Anschluss **103** für ein Kabel eines Standard-Netzteils ausgebildet. Ebenso kann ein zusätzlicher Gasanschluss **102** vorgesehen sein, über den das Handgerät **100** mit einem Arbeitsgas (außer Umgebungsluft) versorgt wird. Das Handgerät **100** hat zylindrische Form, so dass sind in Inneren des Gehäuses **30** ebenfalls eine Lüfter (hier nicht dargestellt) anbietet, der das Arbeitsgas in Richtung der Öffnung **32** des Gehäuses **30** bzw. zu zweiten freien Ende **8** des piezoelektrischen Transformators **5** drängt.

[0060] Obwohl in der gegenwärtigen Beschreibung lediglich zwei Ausführungsformen für Handgeräte **100** offenbart sind, soll dies nicht als Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass das Gehäuse **30** des Handgeräts **100** unterschiedliche Formen annehmen kann. Einschneidend ist lediglich, dass eine Öffnung **32** im Gehäuse **30** ausgebildet ist, so dass das Plasma P bei Atmosphärendruck austreten kann.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
3	Steuerschaltung
4	elektronische Bauelemente
5	piezoelektrischer Transformator
6	erstes Ende
6B	Bereich
7	Platine
8	zweites freies Ende
10	Seitenfläche
11	Verbindung
12	elektrischer Anschluss
13	Schwingungsmodus
14	Schwingungsknoten

15	Strom eines Arbeitsgases
17	Lüfter
18	Spalt
20	Anschlußpad
21	Kabel von Netzteil
24	Tempernsensor
25	Halterung
27	Leiterschicht
28	Umhüllung
30	Gehäuse
32	Öffnung
40	thermische Verlustleistung
41	E-Feldverlauf
42	Strömungsgeschwindigkeit
50	Spannungsquelle
100	Handgerät
101	Akku
102	Gasanschluß
103	Anschluss
A	Achse der Vorrichtung
L	Länge
B	Breite
D	Dicke
P	Plasma
S₁, S₂, ..., S_N	Schichten

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**1**) zur Erzeugung eines Plasmas (P) mit einer Steuerschaltung (**3**), die zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators (**5**) mit diesem elektrisch verbunden ist und einer Platine (**7**), auf der die Steuerschaltung (**3**) realisiert ist, wobei der piezoelektrische Transformator (**5**) mit einem Bereich (**6B**) eines ersten Endes (**6**) derart in Bezug zur Platine (**7**) gehalten ist und an einem zweiten freien Ende (**8**) des piezoelektrischen Transformators (**5**) eine Hochspannung ausprägar und das Plasma (P) bei Atmosphärendruck zündbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der piezoelektrische Transformator (**5**) aus mehreren Schichten (S_1, S_2, \dots, S_N) aufgebaut ist, wobei jede Schicht (S_1, S_2, \dots, S_N), zumindest zum Teil, mit einer Leiterschicht (**27**) versehen ist; dass jeweils ein elektrisches Anschlußpad (**20**) an Seitenflächen (**10**) und im Schwingungsknoten (**14**) des piezoelektrischen Transformators (**5**) angebracht ist; und dass elektrische Anschlüsse (**12**) zusammen mit den Anschlußpads (**20**) eine Halterung für den piezoelektrischen Transformator (**5**) bilden, wobei das erste Ende (**6**) des piezoelektrischen Transformator (**5**) durch einen Spalt (**18**) von der Platine (**7**) beabstandet ist.

2. Vorrichtung (**1**) nach Anspruch 1, wobei der piezoelektrische Transformator (**5**) quaderförmig ist und eine Länge (L) und eine Breite (B) des piezoelektri-

schen Transformators (5) größer ist als eine Dicke (D) des piezoelektrischen Transformators (5).

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 bis 2, wobei an gegenüberliegenden Seitenflächen (10) des piezoelektrischen Transformators (5), die durch die Länge (L) und die Dicke (D) des piezoelektrischen Transformators (5) bestimmt sind, jeweils ein elektrisches Anschlusspad (20) für eine Anregungsspannung in einem Schwingungsknoten (14) des piezoelektrischen Transformators (5) angebracht ist.

4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 3, wobei eine Halterung (25) den piezoelektrischen Transformator (5) im Schwingungsknoten (14) über der Platine (7) trägt und die Halterung (25) aus elastischem Material ist.

5. Vorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Strom (15) eines Arbeitsgases derart ausgebildet ist, dass er zumindest von dem ersten Ende (6) des auf der Platine (7) gehaltenen piezoelektrischen Transformators (5) zum zweiten freien Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) hin gerichtet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei ein Lüfter (17) vorgesehen ist, der den Strom (15) des Arbeitsgases über den piezoelektrischen Transformator (5) zum zweiten, freien Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) hin unterstützt.

7. Vorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in einem mit einer Resonanzfrequenz angeregten, piezoelektrischen Transformator (5) mindestens zwei Schwingungsknoten (14) ausbildbar sind, die beide von ersten Ende (6) bzw. vom zweiten freien Ende (8) beabstandet sind.

8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, wobei von der Platine (7) jeweils ein elektrischer Anschluss (12) zu je einer Seitenfläche (10) des piezoelektrischen Transformators (5) geführt ist und mit je einem Anschlusspad (20) verbunden ist, das in einem Schwingungsknoten (14) an jeder Seitenfläche (10) des piezoelektrischen Transformators (5) vorgesehen ist, wobei der Schwingungsknoten (14) näher zum ersten Ende (6) als zum zweiten Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) hin liegt.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, wobei mindestens einem Schwingungsknoten (14) des piezoelektrischen Transformators (5) ein Temperatursensor (24) zugeordnet ist.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, wobei der elektrische Anschluss (12), die Halterung (25) für den piezoelektrischen Transformator (5) und die Halterung (25) aus einem Material ist, das elastisch und elektrisch leitfähig ist.

11. Vorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Platine (7) und der piezoelektrische Transformator (5) eine bauliche Einheit bilden.

12. Handgerät (100) zur Plasmabehandlung von Oberflächen, mit einem Gehäuse (30), einer Spannungsquelle (50) und einer im Gehäuse (30) vorgesehenen Platine (7) mit einer Steuerschaltung (3) zur Anregung eines piezoelektrischen Transformators (5), wobei der piezoelektrische Transformator (5) mit einem ersten Ende, mit einer Halterung (25), über der Platine (7) geführt ist und somit eine bauliche Einheit bildet und dass ein zweites freies Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) zu einer Öffnung (32) im Gehäuse (30) hin ausgerichtet ist, wobei am zweiten freien Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) eine Hochspannung ausprägar und das Plasma (P) bei Atmosphärendruck zündbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der piezoelektrische Transformator (5) aus mehreren Schichten (S_1, S_2, \dots, S_N) aufgebaut ist, wobei jede Schicht (S_1, S_2, \dots, S_N), zumindest zum Teil, mit einer Leiterschicht (27) versehen ist; dass jeweils ein elektrisches Anschlusspad (20) an Seitenflächen (10) und im Schwingungsknoten (14) des piezoelektrischen Transformators (5) angebracht ist; und dass elektrische Anschlüsse (12) zusammen mit den Anschlusspads (20) eine Halterung für den piezoelektrischen Transformator (5) bilden, wobei das erste Ende (6) des piezoelektrischen Transformators (5) durch einen Spalt (18) von der Platine (7) beabstandet ist.

13. Handgerät (100) nach Anspruch 12, wobei ein Akku (101) und/oder ein Anschluss (103) für ein Standard-Netzteil vorgesehen sind, womit eine Energieversorgung des Handgeräts (100) durchführbar ist.

14. Handgerät (100) nach den Ansprüchen 12 bis 13, wobei das Gehäuse (30) einen Lüfter (17) trägt, mit dem ein Luftstrom über den piezoelektrischen Transformator (5) hin zur Öffnung (32) im Gehäuse (30) erzeugbar ist.

15. Handgerät (100) nach Anspruch 14, wobei der Lüfter (17) ein Axiallüfter ist.

16. Handgerät (100) nach den Ansprüchen 12 bis 15, wobei ein zusätzlicher Gasanschluss (102) vorgesehen ist, über den ein anderes Arbeitsgas als Luft dem zweiten freien Ende (8) des piezoelektrischen Transformators (5) zuführbar ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

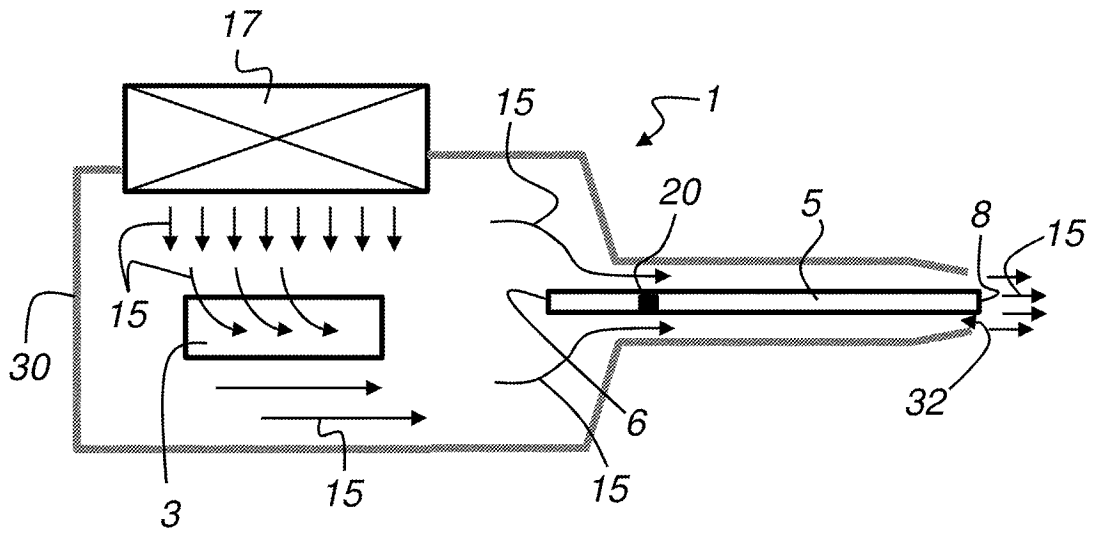


Fig. 1

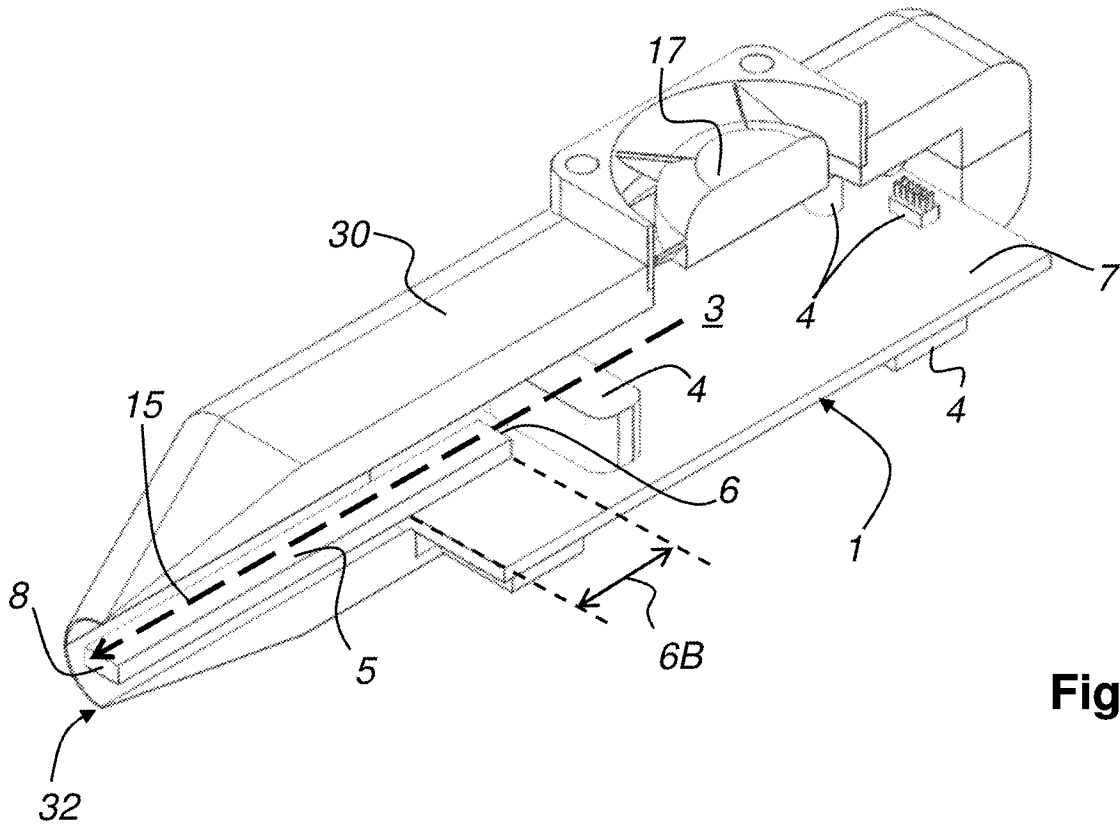


Fig. 2

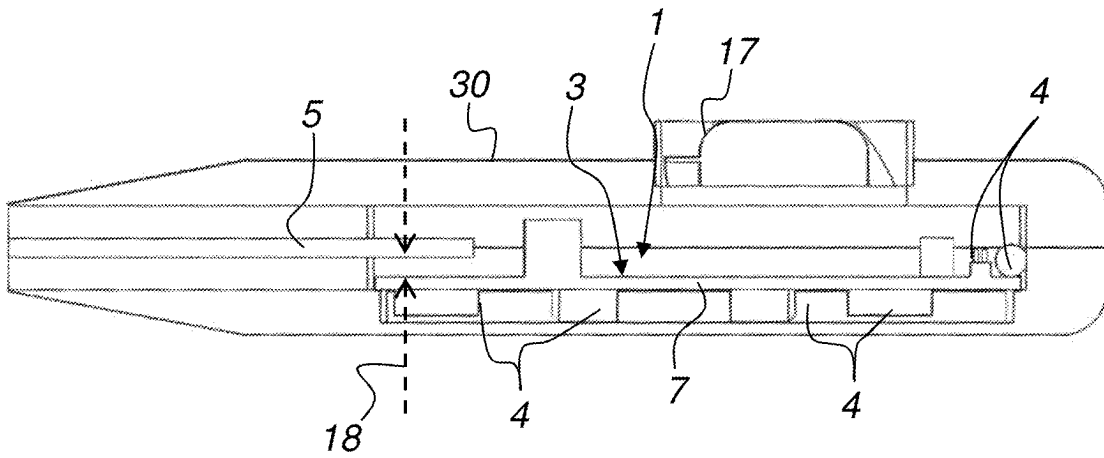


Fig. 3

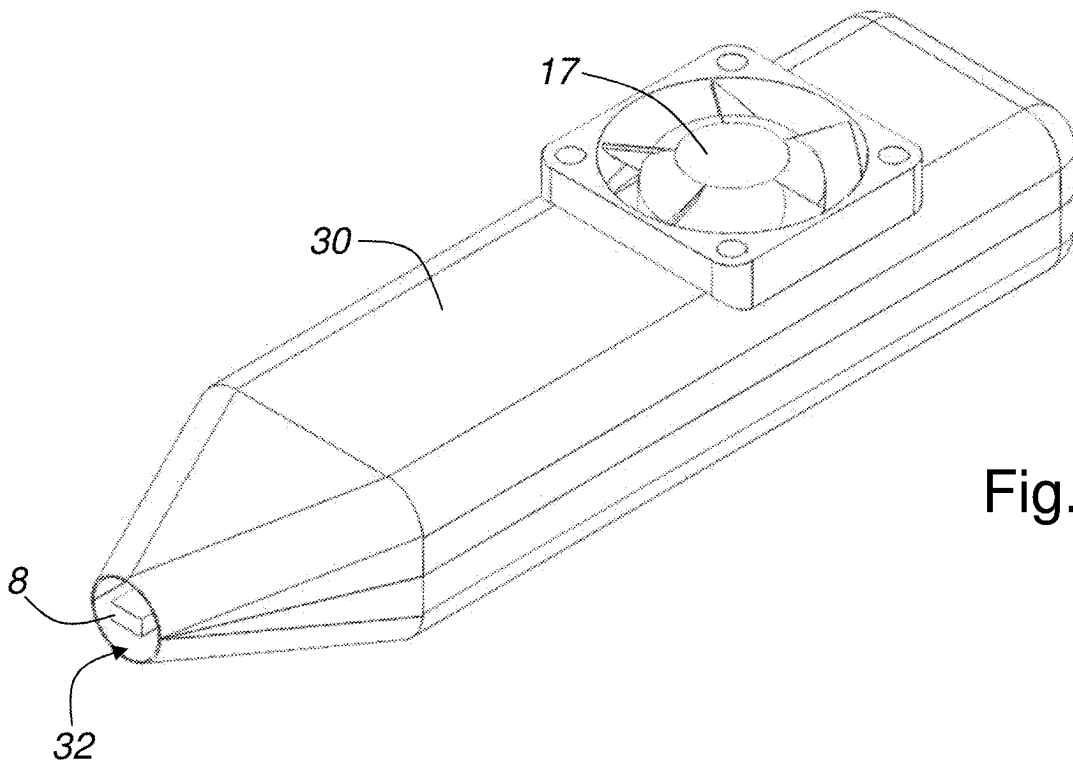


Fig. 4

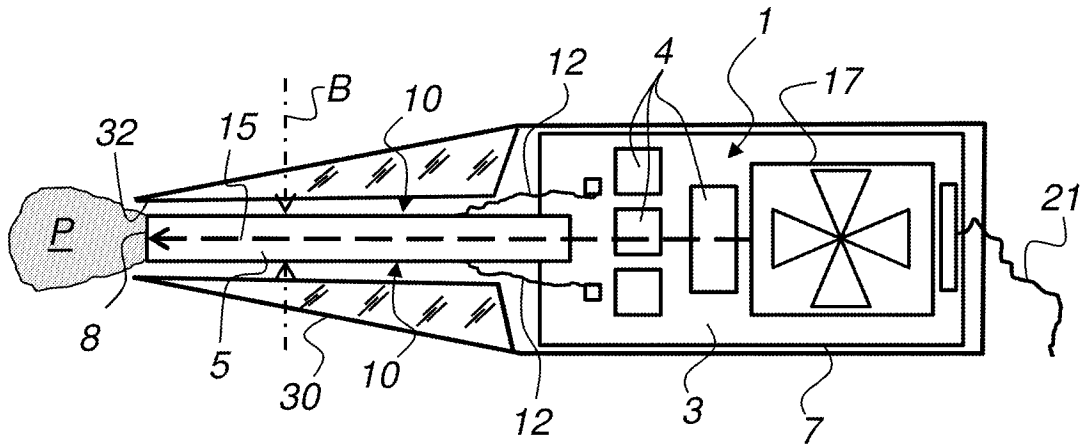


Fig. 5

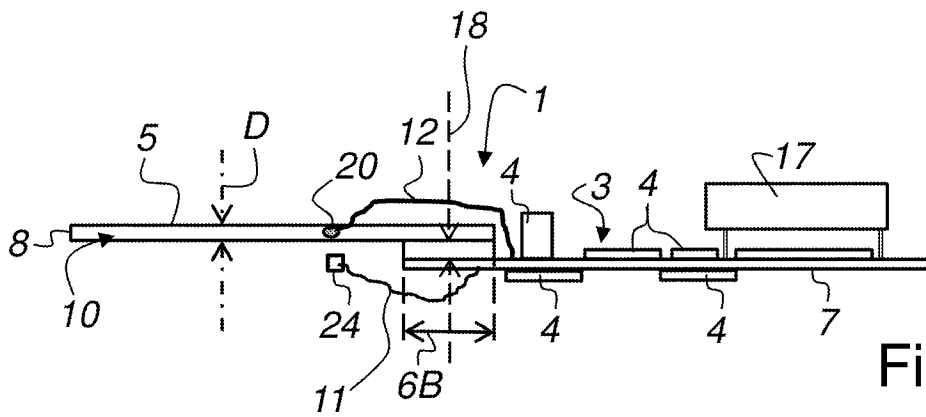
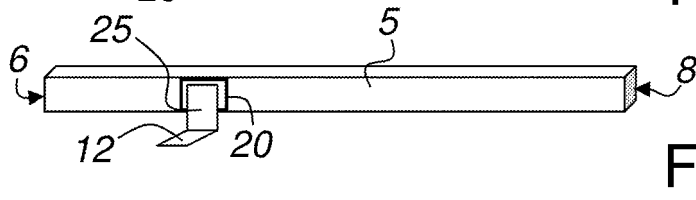
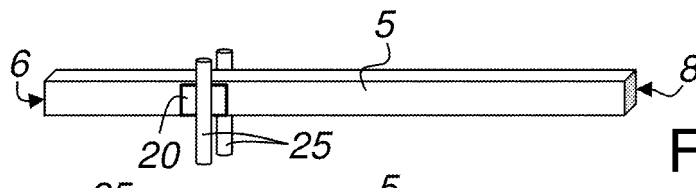
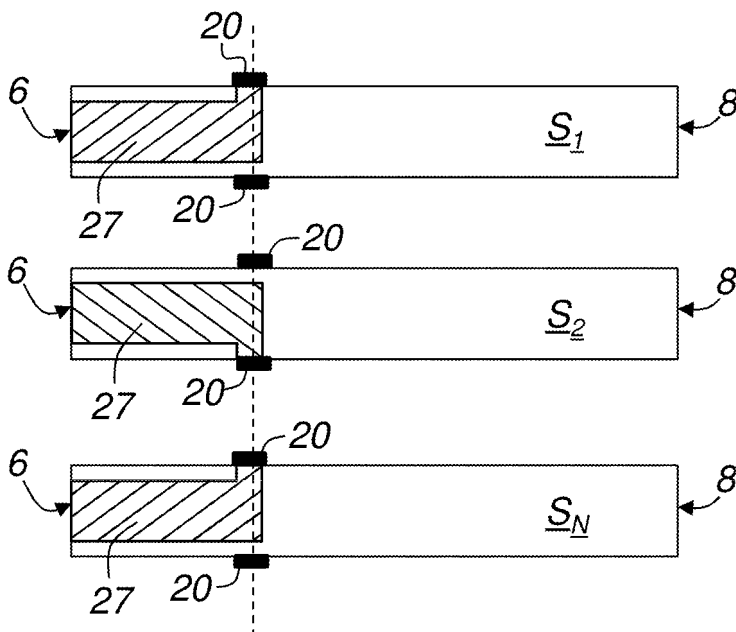
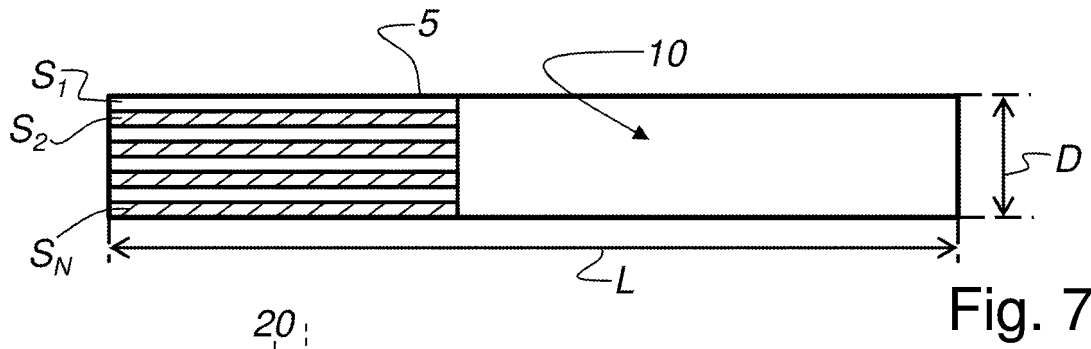


Fig. 6



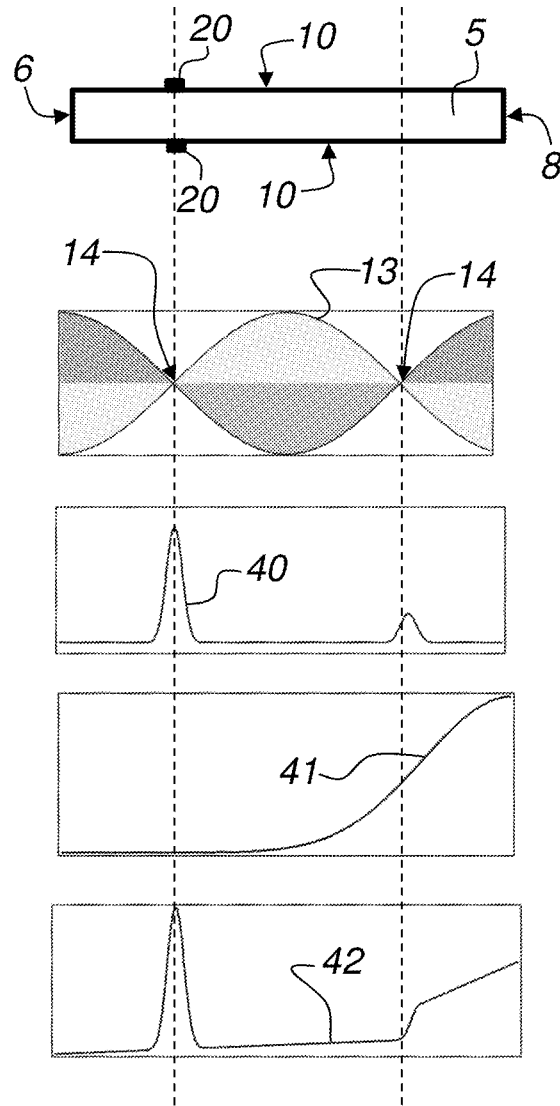


Fig. 10

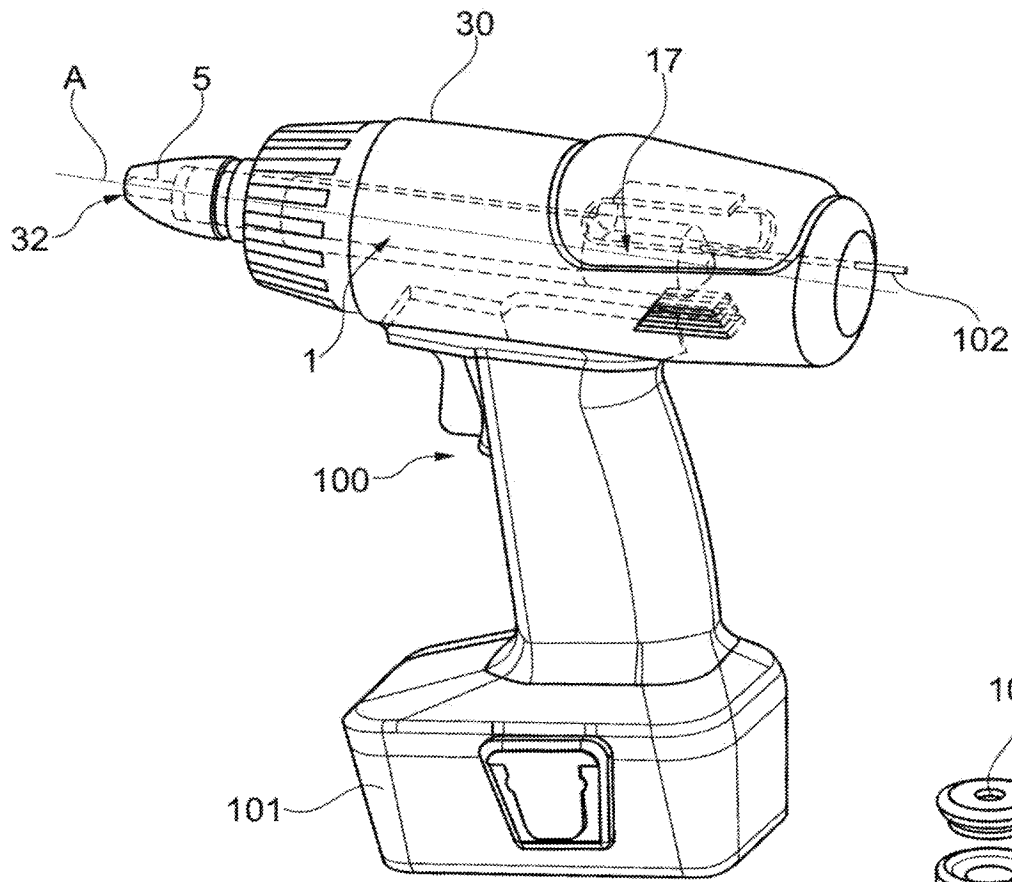


Fig. 11

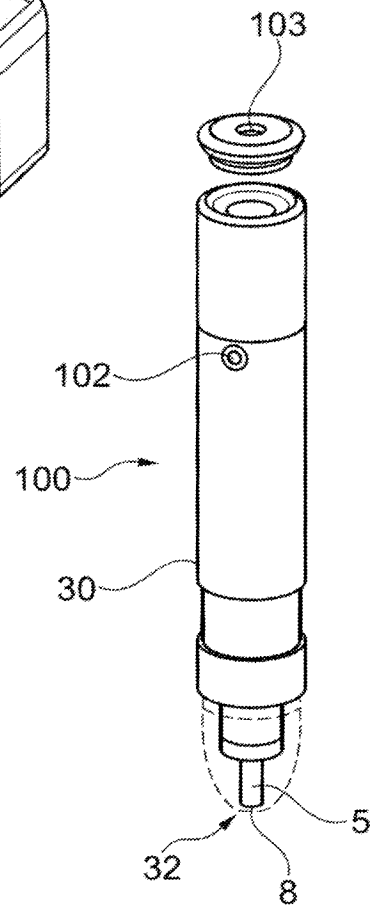


Fig. 12