



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 907 421 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2002 Patentblatt 2002/09
- (21) Anmeldenummer: **97930351.8**
- (22) Anmeldetag: **24.06.1997**
- (51) Int Cl.7: **B05B 17/06**, F23D 11/34,
B41J 2/14
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE97/01307
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 98/00237 (08.01.1998 Gazette 1998/01)

(54) **TRÖPFCHENWOLKENERZEUGER**
DROPLET MIST GENERATOR
GENERATEUR DE NUAGE DE GOUTTELETES

- (84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE
- (30) Priorität: **01.07.1996 DE 19626428**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.04.1999 Patentblatt 1999/15
- (73) Patentinhaber: **Heinzl, Joachim, Prof. Dr.-Ing.**
D-81549 München (DE)
- (72) Erfinder:
 - **HEINZL, Joachim**
D-81549 München (DE)
 - **EDERER, Ingo**
D-81369 München (DE)
 - **GRASEGGER, Josef**
D-82467 Garmisch-Partenkirchen (DE)
 - **SCHULLERUS, Wolfgang**
D-83075 Bad Feilnbach (DE)
 - **TILLE, Carsten**
D-81673 München (DE)
- (74) Vertreter: **Viering, Jentschura & Partner**
Steinsdorfstrasse 6
80538 München (DE)
- (56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 337 429 **EP-A- 0 427 291**
EP-A- 0 516 188 **EP-A- 0 612 621**
DE-A- 2 912 620 **DE-A- 3 306 101**
DE-A- 3 317 082
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 185 (C-357), 27.Juni 1986 & JP 61 033257 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 17.Februar 1986,**
 - **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 320 (M-853), 20.Juli 1989 & JP 01 105746 A (RICOH CO LTD), 24.April 1989,**
 - **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 493 (M-1191), 13.Dezember 1991 & JP 03 216344 A (SEIKO EPSON CORP), 24.September 1991,**

EP 0 907 421 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Tröpfchenwolken-erzeuger und insbesondere einen Tröpfchenwolken-erzeuger als Bestandteil eines Brenners.

[0002] Mikrotropfenerzeuger für die Erzeugung von einzelnen Tropfen auf Abruf sind aus dem Tintendruck bekannt. In der EP-0 713 773 wird z.B. ein Tropfenerzeuger mit piezoelektrischen Biegewandlern und je einer Düse unter dem Wandler vorgeschlagen, bei dem die einzelnen Wandler mit Trennwänden voneinander getrennt sind, damit verhindert wird, daß beim Auslenken eines Wandlers aus der einem anderen Wandler zugeordneten Düse ein Tropfen ausgestoßen wird.

[0003] Aus der älteren deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 19507978.7 ist ein Dosiersystem für die Brennstoffdosierung mit einer Vielzahl von Mikrodüsen bekannt, das elektrothermische, elektrostatische, elektrodynamische oder piezoelektrische Wandler aufweist, mit denen aufgrund eines elektrischen Ansteuersignals eine Expansion von Dampfblasen in einer brennstoffgefüllten Kammer bzw. eine Volumenänderung dieser Kammer bewirkt wird und die sich somit zum wiederholten Ausstoß von im wesentlichen gleichgroßen Brennstofftröpfchen eignen. Als bevorzugtes Wandlerprinzip ist der Einsatz eines Piezomembran-Aktors beschrieben.

[0004] Beim Einsatz der Dampfblasenexpansion als Aktorprinzip zum Dosieren von gebräuchlichen Brennstoffen verdampfen die unterschiedlichen Kraftstoffbestandteile unter sehr unterschiedlichen Bedingungen. Die Verdampfung tritt daher nicht abrupt genug ein, um eine gute Tröpfchenbildung zu erreichen. Schwankungen in der Brennstoffzusammensetzung führen zudem zu Unregelmäßigkeiten, so daß eine zuverlässige Dosierung oder Förderung mit dem Dampfblasenprinzip nicht möglich ist. Wandler, bei denen das Kammervolumen verändert wird, sind kompliziert aufgebaut. Bei einem Piezobiege wandler ist z.B. ein Piezokeramikelement mit einer die Kammerwand bildenden Membran abgedeckt. Dies ist notwendig, um die Volumenveränderung zu erzielen, weil mit der Dehnung eines Piezokristalls in eine Richtung stets ein Zusammenziehen senkrecht dazu verbunden ist. In dem Piezowandler und der Membran muß bei der Auslenkung in großem Umfang Material verformt werden, so daß gegen hohe innere mechanische Widerstände Verformungsarbeit geleistet werden muß. Derartige Wandler arbeiten daher mit einem schlechten Wirkungsgrad. Im Verhältnis zur Baugröße der Wandlerelemente läßt sich infolge der Widerstände auch nur ein geringer Hub erzielen. Eine hohe Beschleunigung von Flüssigkeit läßt sich ebenfalls nicht erreichen.

[0005] Durch die Erfindung wird das Problem gelöst, eine kostengünstige Pumpe mit geringer Baugröße zu schaffen, mit der ein Flüssigkeitsstrom in Form einer Tröpfchenwolke bei einer hohen Förderleistung unter Einhaltung bestimmter Tropfengröße und Tropfendichte

dosiert werden kann.

[0006] Das Problem wird erfindungsgemäß mit einem Tröpfchenwolken-erzeuger mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst.

5 **[0007]** Durch die Idee, mit einem innerhalb einer mit Flüssigkeit gefüllten Kammer strömungstechnisch effektiv angeordneten Piezobiege wandler ein ganzes Feld von Düsen mit Druck zu beaufschlagen, wird ein Tröpfchenwolken-erzeuger mit besonders hoher Förderleistung bei geringer Baugröße und hohem Wirkungsgrad geschaffen, wobei Tropfengröße und Tropfendichte mit der Gestaltung des Düsenfelds und mittels der Dauer, Stärke und Frequenz der von der Steueranordnung abgegebenen Pulse bestimmbar sind.

10 **[0008]** Piezobiege wandler erzeugen eine besonders hohe Auslenkung bei großer Beschleunigung und sie lassen sich mit hohen Frequenzen betätigen. Sie weisen darüber hinaus nur geringe innere mechanische Widerstände auf. Mit dem Piezobiege wandlerprinzip kann auf die Baugröße bezogen eine hohe Umsetzungsrate von elektrischer in mechanische Energie erzielt werden. Zudem sind Piezobiege wandler einfach aufgebaut und somit kostengünstig und zuverlässig.

15 **[0009]** Die spezielle Anordnung des Wandlers und die Vielzahl der Düsen führt dazu, daß sich die gewandelte mechanische Energie mit einem hohen Wirkungsgrad für die Erzeugung und Förderung des Tröpfchenstroms nutzen läßt. Dadurch, daß die Energie unmittelbar in der Nähe der Düsen, an denen die Tröpfchen geformt werden, gewandelt wird, wird ein hoher Anteil der strömungsmechanischen Energie der Tröpfchenbildung und Tröpfchenförderung zugeführt.

20 **[0010]** Die strömungsmechanischen Verluste infolge des Verdrängens von Flüssigkeit werden außerdem minimiert, weil der Wandlerfläche, vor der bei der Schlagbewegung eine Druckspitze erzeugt wird, mit den Düsenfeldern eine große Düsenquerschnittsfläche gegenübersteht, in der eine Umsetzung des erzeugten Druckes in Förderleistung erfolgt, indem Tröpfchen gebildet und ausgestoßen werden. Es wird also ein hoher Anteil des erzeugten Druckes umgesetzt.

25 **[0011]** Durch die hohe Beschleunigung des Piezobiege wandlers wird den sich an der Düse bildenden Tröpfchen die gesamte Energie in kürzester Zeit zugeführt, was zu einem abrupten Tropfenabriß unter Vermeidung größerer Rückströmung zurück in die Kammer führt.

30 **[0012]** Die Spalte zwischen den Rändern des Piezobiege wandlers und der Gehäusewand sorgen dafür, daß bei der Zurückbewegung des Piezobiege wandlers Flüssigkeit seitlich um den Piezobiege wandler herumströmen kann, so daß das sich vergrößernde Volumen zwischen dem Piezobiege wandler und dem Düsenfeld mit nachströmender Flüssigkeit gefüllt wird und keine Luft durch die Düsen in die Kammer eingezogen wird. Die Spalte sind dabei derart groß bemessen, daß aufgrund von Reibung auftretende strömungsmechanische Widerstände gering genug bleiben, daß die Auslenkung des Piezobiege wandlers nicht stark beein-

trächtig ist. Gleichzeitig sind die Spalte derart klein bemessen, daß während der schnellen Schlagbewegung des Piezobiegewandlers die vor dem Wandler befindliche Flüssigkeit nicht schnell genug durch die Spalte verdrängt werden kann und daß sie durch die Düsen gepreßt wird.

[0013] Die von der Steueranordnung abgegebenen Spannungspulse sind derart abgestimmt, daß die Flüssigkeitsförderung ermöglicht wird. Die Schlagbewegung, die den Tropfenausstoß durch die Düse bewirkt, kann erheblich schneller erfolgen als die Zurückbewegung des Piezobiegewandlers, so daß bei der Schlagbewegung keine Strömung durch die Spalte erfolgt, bei der Zurückbewegung dagegen eine ausreichend starke Strömung stattfindet. Es kann dabei für den Zweck der vorliegenden Erfindung eine an sich bekannte Steueranordnung verwendet werden.

[0014] Dadurch, daß ein einzelner Piezobiegewandler zur Beaufschlagung mehrerer Düsen verwendet wird, ist das System kostengünstig und wenig störungsanfällig.

[0015] Erfindungsgemäß kann eine Verbindung zwischen der Kammer und dem Flüssigkeitsvorrat an einer beliebigen geeigneten Stelle der Kammer angeschlossen sein. Bevorzugt ist eine Verbindungsleitung jedoch an einer von dem Düsenfeld abgewandten Seite des Piezobiegewandlers angeordnet. Dadurch, daß nicht das Volumen der Kammer im ganzen verringert wird, sondern das Volumen zwischen dem Piezobiegewandler und den Düsen verringert wird, während das Volumen auf der gegenüberliegenden Seite erhöht wird, kann dann bereits während des Tropfenausstoßvorgangs das Nachziehen von Flüssigkeit aus dem mit der Pumpenkammer in Verbindung stehenden Flüssigkeitsvorrat eingeleitet werden. Es lassen sich dadurch besonders kurze Wiederholungszeiten zwischen den aufeinanderfolgenden Spannungsstößen bzw. Biegevorgängen und Tropfenausstoßvorgängen erzielen, wodurch die Förderleistung noch weiter erhöht wird.

[0016] Erfindungsgemäß kann die Kammer mit dem Flüssigkeitsvorrat über eine Leitung oder einen sonstigen Anschluß in Verbindung stehen. Bevorzugt steht die Kammer mit dem Flüssigkeitsvorrat aber über eine Mehrzahl von Leitungen, insbesondere zwei Leitungen, in Verbindung. Dadurch kann ermöglicht werden, daß der Tröpfchenwolkenerzeuger bei der Inbetriebnahme entgast wird, indem Flüssigkeit über die eine Verbindungsleitung zugeführt und über die andere Verbindungsleitung Gas bzw. Flüssigkeit abgeführt wird. Außerdem kann mit einer Mehrzahl von Leitungen in jeweils geeigneter Anordnung eine verbesserte und schnellere Flüssigkeitszufuhr ermöglicht werden, was zu einem Verkürzen der Dauer des Auffüllvorgangs zwischen zwei Tröpfchenenerzeugungspulsen führt.

[0017] Erfindungsgemäß können die Verbindungen zwischen Kammer und Flüssigkeitsvorrat strömungsmechanisch so widerstandsarm wie möglich ausgebildet sein. Bevorzugt sind aber Drosselstellen in diesen

Verbindungen vorgesehen, die dafür sorgen, daß während des Tropfenausstoßvorgangs möglichst wenig Flüssigkeit durch die Zuführleitungen, über die die Kammer mit dem Flüssigkeitsvorrat in Verbindung steht, verdrängt wird, und somit eine hohe Förderleistung des Tröpfchenwolkenerzeugers gewährleistet ist. Bevorzugt sind die Drosselstellen derart ausgestaltet, daß mit ihnen der Flüssigkeit bei dem hohen Druckimpuls während des Tropfenausstoßes ein hoher strömungsmechanischer Widerstand entgegengesetzt wird, während mit ihnen der Flüssigkeit bei einer geringeren Druckdifferenz während des Nachfüllvorgangs nur ein geringer strömungsmechanischer Widerstand entgegengesetzt wird, so daß das Nachfüllen schnell erfolgen und somit die Spritzfrequenz gesteigert werden kann. Es können auch Rückschlagventile in den Verbindungen vorgesehen sein, um zu erreichen, daß ein Einströmen von Flüssigkeit in die Kammer über die Verbindung ermöglicht, ein Ausströmen aber gleichzeitig gehemmt wird.

[0018] Erfindungsgemäß können die Düsen als zylinderförmige Kanäle, Spalte, Kanäle mit eckigen Querschnittflächen oder beliebig geformte Kanäle ausgebildet sein und sie können einen gleichbleibenden Kanalquerschnitt aufweisen. Sie können auch zu der Kammer hin verjüngt ausgebildet sein. Bevorzugt sind sie jedoch in Richtung von der Kammer weg verjüngt ausgebildet. Damit wird erreicht, daß an der Öffnung der Düsen zur Umgebung hin die Querschnittsfläche der Düse mit dem geringsten Durchmesser vorhanden ist. Da Grenzflächen zwischen zwei Fluiden stets dazu streben, einen möglichst energiearmen Zustand anzunehmen und dieser bei einem möglichst geringen Flächeninhalt der Grenzfläche erreicht wird, führt eine sich nach außen verjüngende Düse dazu, daß der Rand des Meniskus zwischen Flüssigkeit und gasförmiger Umgebung stets danach strebt, am äußeren Ende der Düse zu verharren. Durch ein Vermindern des Ausmaßes der Lageveränderung des Meniskusrandes wird ein besonders stabiles Arbeiten des Tröpfchenwolkenerzeugers gewährleistet, was zu einer höheren Förderleistung führt, weil sich keine Ausfallzyklen ergeben.

[0019] Erfindungsgemäß kann die Außenseite der Gehäusewand in dem Teil der Gehäusewand, in dem das Düsenfeld angeordnet ist, aus beliebigen geeigneten Materialien sein, Bevorzugt ist aber eine Beschichtung mit Teflon oder mit einem anderen geeigneten antiadhäsiven Material vorgesehen. Mit einer solchen Beschichtung wird verhindert, daß die Außenseite benetzt wird, d.h. ein Vorrücken der Dreiphasengrenzlinie zwischen Flüssigkeit, gasförmiger Umgebung und der Gehäusewandstruktur aus der Düsenöffnung heraus erfolgt. Es wird dadurch erreicht, daß der Meniskusrand während der Tropfenbildung an dem Ende der Düse zur Außenseite hin verharrt, wodurch ein stabiles Arbeiten und eine hohe Förderleistung gewährleistet werden.

[0020] Erfindungsgemäß kann der Tröpfchenwolkenerzeuger einen beliebigen geeigneten Piezobiegewandler aufweisen. Bevorzugt ist der Piezobiegewand-

ler jedoch ein Mehrlagenpiezokeramikwandler mit einer zusätzlichen passiven Piezokeramiklage. Dies führt dazu, daß mit einer geringen Ansteuerspannung dieselbe Auslenkung des Piezowandlers erzielbar ist. Dies hat den Vorteil, daß die bei vielen möglichen Anwendungen des Tröpfchenwolkenerzeugers zu beachtenden Vorschriften für Maximalspannungen eingehalten werden können, ohne daß die Leistungsfähigkeit eingeschränkt ist.

[0021] Erfindungsgemäß kann der Tröpfchenwolkenerzeuger nur einen Piezobiegewandler und nur ein Düsenfeld aufweisen. Erfindungsgemäß können aber ebenso eine Mehrzahl von Piezobiegewandlern und/oder eine Mehrzahl von Düsenfeldern in dem Tröpfchenwolkenerzeuger vorgesehen sein. Dabei können mehrere Piezobiegewandler derart angeordnet sein, daß ihre Plattenflächen in einer Ebene nebeneinander angeordnet sind, oder derart angeordnet sind, daß die Plattenflächen in unterschiedlichen Ebenen einander überlappend oder nebeneinander angeordnet sind. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist dem freien Ende des ersten Piezobiegewandlers gegenüberliegend eine Anordnung mit einem zweiten Piezobiegewandler und einem zweiten Düsenfeld vorgesehen, die zu dem ersten Piezobiegewandler und dem ersten Düsenfeld im wesentlichen spiegelverkehrt ist. Die Steueranordnung ist in diesem Fall derart aufgebaut, daß der Piezobiegewandler und der zweite Piezobiegewandler mit unterschiedlichen Pulsfrequenzen, Pulsdauern und/oder Pulsphasen ansteuerbar sind. Die einander gegenüberliegende Anordnung der beiden Piezobiegewandler führt bei gleichartiger Ansteuerung der Piezobiegewandler dazu, daß Flüssigkeit, die zu dem jeweils anderen Piezobiegewandler hin verdrängt wird, einem strömungsmechanischen Widerstand durch die ihr entgegenkommende von dem anderen Piezobiegewandler verdrängte Flüssigkeit ausgesetzt ist. Es läßt sich dadurch ein hoher Druck aufbauen und der Förderdurchsatz steigern. Mittels einer Ansteuerung mit verschobener Pulsphase kann der Förderdurchsatz variiert werden. Eine Ansteuerung kann auch mit unterschiedlichen Pulsfrequenzen und/oder Pulsdauern durchgeführt werden. Eine Variation oder unterschiedliche Ansteuerung hinsichtlich einem oder mehrerer der Parameter Pulsfrequenz, Pulsdauer und Pulsphase kann auch dazu genutzt werden, daß bei feststehender Düsenanordnung im Düsenfeld die Tropfengröße und die Tropfengeschwindigkeit variierbar sind.

[0022] Erfindungsgemäß kann das Düsenfeld in einem beliebigen geeigneten Teil der Gehäusewand ausgebildet sein. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Düsenfeld in einem Teil der Gehäusewand ausgebildet, der innerhalb der Projektion der Plattenfläche des Piezobiegewandlers in die Richtung, in die das freie Ende des Piezobiegewandlers beim Durchgang durch seine Ruhelage bewegbar ist, angeordnet ist. Die Düsen des Düsenfeldes sind also im wesentlichen derart angeordnet, daß alle Düsen von der

Wandlerfläche abgedeckt wären, wenn man den Piezobiegewandler bis an den Teil der Gehäusewand bewegen würde, in dem die Düsen ausgebildet sind. Bei dieser Ausführungsform ist zwischen dem freien Ende des Piezobiegewandlers und dem in Verlängerung des Wandlers gegenüberliegenden Teil der Gehäusewand ein Spalt von geeigneter Größe ausgebildet.

[0023] Der Piezobiegewandler kann dabei erfindungsgemäß gar keinen oder einen beliebigen geeigneten Abstand zu dem Teil der Gehäusewand aufweisen, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist in der Ruhelage des Piezobiegewandlers ein geringer Abstand zwischen dem Piezobiegewandler und dem Teil der Gehäusewand gebildet, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist. In diesem Fall kann der Piezobiegewandler unter Anlegen eines Spannungspulses entweder zunächst von dem Düsenfeld wegbewegt werden und dann unter Anlegen einer umgekehrt polarisierten Spannung oder unter Ausnutzen mechanischer Rückstellkräfte zu dem Düsenfeld hin zurückbewegt werden, wobei der Tropfen ausstoß bewirkt wird. Wenn der Abstand klein genug gewählt ist, kann ein Überschwingen über die Ruhelage hinaus bei der Zurückbewegung dazu führen, daß der Piezobiegewandler gegen den Teil der Gehäusewand stößt, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist. Das Piezobiegeelement kann aber unter Anlegen des Spannungspulses auch sofort in Richtung zu dem Düsenfeld hin bewegt werden, so daß direkt beim Anlegen des Spannungspulses der Tropfen ausstoß eingeleitet wird. Auch in diesem Fall kann das Piezobiegeelement gegen die Gehäusewand stoßen. Ein solches Anstoßen an die Gehäusewand kann den vorteilhaften Effekt haben, daß die Flüssigkeitsbeschleunigung besonders abrupt abgebrochen wird und sich dadurch ein besonders regelmäßiger und schneller Tropfenabriß einstellt. Wie stark dieser Effekt ist, kann davon abhängen, wie der Piezobiegewandler und der Teil der Gehäusewand, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist, geformt sind. Handelt es sich um ebene Flächen, wird das Anstoßen eher flächig erfolgen, handelt es sich um gewölbte oder anders geformte unebene Flächen, erfolgt das Anstoßen lediglich an einer oder wenigen Stellen.

[0024] Der Spalt zwischen dem freien Ende des Piezobiegewandlers und der in Verlängerung des Piezobiegewandlers gegenüberliegenden Gehäusewand kann erfindungsgemäß eine beliebige geeignete Breite aufweisen. Bevorzugt ist sie aber nicht mehr als fünf mal so groß wie der Abstand, der sich in der Ruhelage des Piezobiegewandlers einstellt, wenn keine Spannung anliegt.

[0025] Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform liegt der Piezobiegewandler in seiner Ruhelage, die sich einstellt wenn keine Spannung anliegt, an dem Teil der Gehäusewand an, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist, und der Piezobiegewandler wird unter Anlegen einer Spannung mittels der Steueranordnung von dem Düsenfeld wegbewegt. In diesem Fall wird die

Tropfenformung erst beim Zurückschnellen des Piezobiegewandlers nach Ende des Spannungspulses mittels Anlegen eines umgekehrten Spannungsimpulses oder mechanischer Rückstellkräfte eingeleitet.

[0026] Der Teil der Gehäusewand, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist kann erfindungsgemäß wie die anderen Teile der Gehäusewand ausgebildet sein. Bevorzugt ragt der Teil der Gehäusewand jedoch in die Kammer hinein. Eine solche Gestaltung hat den Vorteil, daß der hohe Druck, der sich beim Bewegen der Fläche des Piezobiegewandlers zu der Gehäusewand hin in dem immer enger werdenden Abstand aufbaut, nur in dem Bereich aufgebaut wird, in dem er auch durch das Austreten von Tropfen aus Düsen abgebaut und somit genutzt werden kann. Es kommt dadurch zu einer Verminderung der strömungsmechanischen Verluste während des Tropfenausstoßvorgangs und damit zu einer Erhöhung der Förderleistung und des Wirkungsgrades der Pumpe. Auch während des Nachfüllvorgangs von Flüssigkeit aus dem Reservoir wird ein vorteilhafter Effekt erzielt. Der enge Abstand zwischen dem Piezobiegewandler und der Gehäusewand, in den Flüssigkeit nur gegen einen hohen strömungsmechanischen Widerstand nachströmen kann, ist gegenüber einer Ausführungsform ohne in die Kammer hineinragend ausgebildeten Gehäusewandteil kürzer. Es kann somit schneller die erforderliche Flüssigkeit nachgezogen werden und die Tröpfchenerzeugungsfrequenz und die Fördermenge kann weiter gesteigert werden.

[0027] Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist das Düsenfeld in der Verlängerung des Piezobiegewandlers dem freien Ende des Piezobiegewandlers gegenüberliegend angeordnet. Dabei kann das Düsenfeld auch ein gewisses Stück gegenüber dem freien Ende des Piezobiegewandlers versetzt angeordnet sein. Die Düsen sind dabei bevorzugt in der Auskragrichtung des Piezobiegewandlers orientiert. Eine solche Anordnung hat den Vorteil, daß es bei besonders geringer Baugröße möglich ist, eine Mehrzahl von Piezobiegewandlern in Richtung der Plattenfläche hintereinander oder innerhalb der Plattenflächenebene nebeneinander anzuordnen, wobei jedem Piezobiegewandler ein entsprechendes Düsenfeld zugeordnet sein kann, ohne daß der Bauraum, der zum Anordnen der Piezobiegewandler erforderlich ist, wegen des Düsenfelds weiter vergrößert werden muß. Bevorzugt kann auch bei dieser Anordnung in der Ruhestellung des Piezobiegewandlers ein Abstand zwischen dem Piezobiegewandler und der in Richtung senkrecht zu der Plattenfläche des Piezobiegewandlers nächstliegenden Wand vorhanden sein.

[0028] Erfindungsgemäß kann der Tröpfchenwolken-erzeuger ein Tröpfchenwolken-erzeuger für beliebige geeignete Flüssigkeiten sein. Dabei kann der Tröpfchenwolken-erzeuger erfindungsgemäß separat oder als Bestandteil beliebiger geeigneter Systeme eingesetzt sein. Bevorzugt ist der Tröpfchenwolken-erzeuger jedoch Bestandteil eines Brenners, wobei der Flüssig-

keitsvorrat ein Flüssigbrennstoffvorrat ist. Die als Brennerdüsen dienenden Düsen des Düsenfelds weisen dann einen engsten Durchmesser von mindestens 10 µm und höchstens 100 µm auf. Dadurch werden Tröpfchengrößen erzielt, die sich besonders gut für die Herstellung eines zündfähigen Gemisches aus Brennstofftröpfchen und einem gasförmigen Oxidationsmittel eignen. Bei herkömmlichen Flüssigbrennstoffen, wie z.B. Diesel- oder Ottokraftstoff führen derartige Tröpfchengrößen dazu, daß bereits kurz nach dem Ausstoßen der Tröpfchen aus den Düsen eine vollständige Verdampfung der Kraftstofftröpfchen erreicht wird und sich ein zündfähiges und/oder gut verbrennbares Gemisch einstellt. Je nach Viskosität und Fördermenge weisen die Düsen erfindungsgemäß größere Durchmesser als 100 µm entsprechend den strömungsmechanischen Erfordernissen auf.

[0029] Erfindungsgemäß können die Mittelpunkte von jeweils benachbarten, als Brennerdüsen dienenden Düsen des Düsenfelds einen beliebigen geeigneten Abstand voneinander aufweisen. Bevorzugt weisen die Mittelpunkte jedoch Abstände von mindestens 50 µm und höchstens 2000 µm voneinander auf. Durch die Wahl von Abständen von benachbarten Düsen in dieser Größenordnung wird eine weitere Verbesserung des Brennstoff/Oxidationsmittel-Gemisches und damit eine weitere Erhöhung einer Brennerleistung erzielt.

[0030] Erfindungsgemäß kann der Tröpfchenwolken-erzeuger je nach Einsatzzweck eine beliebige Anzahl von Düsen aufweisen. Bevorzugt weist ein Tröpfchenwolken-erzeuger jedoch mindestens 50 Düsen auf. Von einer solchen Düsenanzahl an eignet sich ein Brenner besonders gut zum Einsatz als Brenner für Fahrzeugheizungen oder Haushaltsheizgeräte.

[0031] Bei anderen bevorzugten Ausführungsformen sind erfindungsgemäß Löcher in dem Piezobiegewandler vorgesehen, um den strömungsmechanischen Widerstand des Piezobiegewandlers zu vermindern. Bei noch anderen Ausführungsformen können erfindungsgemäß Ventile in dem Tröpfchenwolken-erzeuger vorgesehen sein, mit denen auch bei größeren Düsendurchmessern eine Flüssigkeitsförderung möglich ist. Dabei ist es erfindungsgemäß vorgesehen, daß entweder Tropfen oder ein kontinuierlicher Flüssigkeitsstrom gefördert wird. Die Betätigung von vorhandenen Ventilen wird dabei bevorzugt mit einem Piezobiegewandler ausgeführt, der gleichzeitig die strömungsmechanische Energie umsetzt. Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, daß die Kammer an den Düsen mittels Bringen des Piezobiegewandlers in eine bestimmte Stellung gegen die Umgebung abdichtbar sind.

[0032] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1a eine Schnittansicht in einer Richtung quer zur Auskragrichtung des Piezobiegewandlers eines Tröpfchenwolken-erzeugers gemäß einer Ausfüh-

rungsform der Erfindung, wobei der Piezobiege-
wandler sich in seiner Ruhestellung befindet;
Figur 1b die Schnittansicht des Tröpfchenwolken-
erzeugers gemäß Figur 1a, wobei der Piezobiege-
wandler unter einer angelegten Spannung ausge-
lenkt ist;

Figur 1c eine Schnittansicht des Tröpfchenwolken-
erzeugers aus Figur 1a entlang der in Figur 1b ein-
gezeichneten Schnittlinie;

Figur 2a eine Schnittansicht eines Tröpfchenwolken-
erzeugers gemäß einer anderen Ausführungs-
form der Erfindung, bei der der Teil der Gehäuse-
wand, in dem das Düsenfeld ausgebildet ist, in die
Kammer hineinragt, wobei sich der Piezobiege-
wandler in seiner Ruhestellung befindet.

Figur 2b die Schnittansicht des Tröpfchenwolken-
erzeugers gemäß Figur 2a, wobei der Piezobiege-
wandler unter einer angelegten Spannung ausge-
lenkt ist;

Figuren 3, 4 und 5 jeweils eine Schnittansicht eines
Tröpfchenwolkenenerzeugers gemäß noch einer an-
deren Ausführungsform der Erfindung;

Figur 6 eine Schnittansicht eines Tröpfchenwolken-
erzeugers gemäß noch einer anderen Ausführungs-
form der Erfindung, bei der sich zwei Anord-
nungen jeweils aus einem Piezobiege-
wandler und einem Düsenfeld mit den freien Enden der Piezo-
biegewandler aufeinander hin zeigend spiegelbild-
lich gegenüberstehen;

Figur 7 eine Schnittansicht eines Tröpfchenwolken-
erzeugers gemäß noch einer anderen Ausführungs-
form der Erfindung, bei der das Düsenfeld in
Verlängerung des Piezobiegewandlers dessen frei-
em Ende gegenüberliegend angeordnet ist;

Figuren 8, 9, 10, 11 und 12 jeweils eine Schnittan-
sicht eines Tröpfchenwolkenenerzeugers gemäß
noch einer anderen Ausführungsform der Erfin-
dung, bei der das Düsenfeld in Verlängerung des
Piezobiegewandlers dem freien Ende gegenüber-
liegend angeordnet ist;

Figur 13a eine Schnittansicht eines erfindungsge-
mäß ausgestalteten Düsenfelds;

Figur 13b eine Draufsicht auf das in Figur 13a dar-
gestellte erfindungsgemäß ausgestaltete Düsen-
feld;

Figur 14 eine Ansicht des Tröpfchenwolkenenerzeu-
gers aus Figur 9 in Draufsicht in der Richtung senk-
recht zur Plattenfläche des Piezobiegeelements;

Figur 15 eine Darstellung eines Beispiels der Kon-
taktierung eines Piezobiegewandlers in einem er-
findungsgemäß ausgestalteten Tröpfchenwolken-
erzeuger;

Figur 16 eine Prinzipdarstellung eines bimorphen
Piezobiegewandlers;

Figur 17 eine Prinzipdarstellung eines monomorphen
Piezobiegewandlers;

Figur 18 eine Prinzipdarstellung eines Mehrschicht-
Piezobiegewandlers; und

Figur 19 eine Prinzipdarstellung einer gemäß einer
Ausführungsform der Erfindung verwendeten Steu-
erordnung.

5 **[0033]** Aus den Figuren 1a bis 1c ist der Aufbau eines
Tröpfchenwolkenenerzeugers gemäß einer vorteilhaften
Ausführungsform der Erfindung ersichtlich. In einem
Gehäuse ist eine Pumpenkammer 1 ausgebildet, die mit
Flüssigkeit füllbar ist. Die Gehäusewand 2 ist von einem
10 Gehäusebodenteil 2c, einem Gehäusemittelteil 2b und
einem Gehäusedeckelteil 2d gebildet. Innerhalb der
Kammer 1 ist ein Piezobiege-
wandler 4 auskragend be-
festigt, der mittels Ansteuerung über die Ansteueran-
15 ordnung 6 (in Figuren 1a bis 1c nicht gezeigt) auslenk-
bar ist. Wie aus den Figuren 1a und 1c ersichtlich ist der
Piezobiege-
wandler 4 plattenförmig ausgebildet. Er ist
mit seinem Ende 4e innerhalb des Gehäuses befestigt.
Das gegenüberliegende Ende 4d ist frei. Die Plattenflä-
20 che 4c ist von den in Auskragrichtung seitlich angeord-
neten Rändern 4b begrenzt. Der Piezobiege-
wandler 4
ist aus zwei Schichten 4f, 4g aus Piezokeramik aufge-
25 baut. Unter Anlegen einer Spannung ist der Piezobie-
gewandler 4 um die quer zur Auskragrichtung verlau-
fende Achse 4a biegsam. Bei einer solchen Biegung, wie
sie aus Figur 1b ersichtlich ist, bewegt sich das freie En-
30 de 4d entlang einer Kurve, die näherungsweise einer
Bewegung senkrecht zur Auskragrichtung und senk-
recht auf die Biegeachse 4a entspricht.

[0034] Ein Teil 2a der Gehäusewand 2 ist innerhalb
30 der Projektion der Plattenfläche 4c auf die Gehäuse-
wand 2 in Richtung der Bewegungsrichtung des freien
Endes 4d des Piezobiegewandlers 4 beim Durchgang
durch dessen Ruhelage auf den benachbarten Teil der
Gehäusewand hin angeordnet. In dem Teil 2a der Ge-
35 häusewand 2 ist ein Düsenfeld 3 mit einer Mehrzahl von
Düsen 3a ausgebildet. Im hier gezeigten Ausführungs-
beispiel handelt es sich bei der Plattenfläche 4c und
dem Teil 2a der Gehäusewand 2 um jeweils ebene Flä-
40 chen, die parallel zueinander verlaufen.

[0035] Wie aus Figur 1a ersichtlich, ist in der Ruhela-
ge des Piezobiegewandlers 4, die sich einstellt, wenn
keine Spannung anliegt, ein Abstand 7 zwischen dem
Piezobiegewandler 4 und dem Teil 2a der Gehäuse-
wand 2 gebildet, in dem das Düsenfeld 3 ausgebildet ist.

45 **[0036]** Zwischen den Rändern 4b des Piezobiege-
wandlers 4 und der Gehäusewand 2, sind wie aus Figur
1c ersichtlich Spalte 5a vorgesehen, die ausreichend
groß dimensioniert sind, so daß einer Bewegung des
Piezobiegewandlers 4 kein zu großer Strömungswider-
50 stand entgegengesetzt wird und bei der Zurückbewe-
gung des Piezobiegewandlers 4 von dem Düsenfeld 3
weg eine ausreichende Umströmung stattfinden kann,
so daß keine Luft durch die Düsen 3a in die Kammer 1
gezogen wird. Gleichzeitig sind die Spalte 5a ausrei-
55 chend eng ausgebildet, daß beim Bewegen des Piezo-
biegewandlers 4 auf die Düsen 3a hin die Flüssigkeit
nicht ausreichend schnell durch die Spalte 5a auswei-
chen kann, sondern durch die Düsen 3a gepreßt wird.

Zwischen dem freien Ende 4d des Piezobiegewandlers und dem in dessen Verlängerung gegenüberliegenden Teil der Gehäusewand ist ebenfalls ein Spalt 5b ausgebildet, der weniger als 5mal so breit, nämlich ca. 4mal so breit ist, wie der Abstand 7. In dem aus Figur 1 ersichtlichen Ausführungsbeispiel hat der Piezobiege-

wandler Abmessungen von 9 x 4 x 0,5 mm. Die aktive, freie Länge beträgt 5,5 mm. Die erreichbaren Auslenkungen am freien Ende betragen bei 50 V ca. 25 µm. **[0037]** Wie aus Figur 1 ersichtlich, ist auf der dem Düsenfeld 3 abgewandten Seite des Piezobiegewandlers 4 die Kammer 1 größer ausgebildet als auf der anderen Seite der Abstand 7. Beim Auslenken des Piezobiegewandlers 4 kommt es infolgedessen nicht zu übermäßig großen Druckveränderungen in diesem Teil der Kammer 1. Das Gehäusemittelteil 2b der Gehäusewand 2, das zwischen dem Gehäusebodenteil 2c und dem Gehäusedeckelteil 2d angeordnet ist und dessen Bauhöhe die Kammerhöhe bestimmt, weist in diesem Ausführungsbeispiel eine Höhe von 675 µm auf. Die Gehäusebauteile sind vorzugsweise aus Silizium gefertigt.

[0038] Wie ferner aus Figur 1 ersichtlich, steht die Kammer 1 über Leitungen 8 mit einem Flüssigkeitsvorrat (nicht gezeigt) in Verbindung. In den Leitungen 8 sind Drosselstellen 8a ausgebildet. Die Leitungen 8 weisen einen wesentlichen Abstand voneinander auf. Sie können daher auch zum Spülen bei der Inbetriebnahme der Pumpe verwendet werden. Dabei ist es von Vorteil, daß eine der beiden Leitungen 8 am Ende des Gehäuses in Richtung zu dem freien Ende 4d des Piezobiegewandlers 4 angeordnet ist. Bei entsprechender Orientierung der Kammer 1 relativ zur Schwerkraft kann mittels Flüssigkeitszufuhr über die mittig angeordnete Leitung 8 und Abfuhr aus der am Ende angeordneten Leitung 8 die Pumpe entgast werden. Vorhandene Gasblasen steigen nach oben und werden aus der Kammer 1 gespült. Auch beim Pumpbetrieb ist die aus Figur 1 ersichtliche Anordnung mehrerer Leitungen 8, über die die Kammer 1 mit dem Flüssigkeitsvorrat in Verbindung steht, vorteilhaft. In der Ansaugphase stellt sich ein über die Kammer 1 hin gleichmäßig verlaufendes Druckgefälle ein. Der Wiederbefüllvorgang kann deshalb schneller abgeschlossen werden, wenn zwei Leitungen 8 vorhanden sind. In dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel hat eine Leitung 8 einen Innendurchmesser von 1 mm.

[0039] Unter Anlegen von Spannungspulsen an den Piezobiegewandler 4 mittels der Steueranordnung 6 ist der Piezobiegewandler auslenkbar. Dadurch kann Flüssigkeit auf die Düsen hin verdrängt werden und es werden Tröpfchen aus den Düsen 3a ausgestoßen. In der beschriebenen Ausführungsform ist der Piezobiegewandler 4 unter Anlegen einer Spannung mittels der Steueranordnung 6 auf das Düsenfeld 3 hin- und von dem Düsenfeld 3 wegbewegbar. Wie aus Figur 1b ersichtlich, ist der Piezobiegewandler 4 bei der Bewegung auf das Düsenfeld 3 hin soweit auslenkbar, daß das freie Ende 4d des Piezobiegewandlers 4 gegen den Teil 2a der Gehäusewand 2 stößt, in dem das Düsenfeld 3 aus-

gebildet ist. Die Bewegung des Piezobiegewandlers 4 wird dadurch abrupt abgebremst, was zu einem besonders günstigen Tropfenabriß führt. Zum Erzielen eines besseren Tropfenausstoßverhaltens kann der Piezobiege-
wandler 4 jedoch zunächst ein gewisses Ausmaß von dem Düsenfeld 3 weg bewegt werden, damit eine höhere Flüssigkeitsmenge zwischen dem Piezobiege-
wandler 4 und dem Düsenfeld 3 vorhanden ist, bevor der Piezobiegewandler 4 auf das Düsenfeld 3 hinbewegt wird.

[0040] Wie aus Figur 1 ersichtlich besteht das Piezobiegeelement aus zwei Schichten 4f, 4g. Diese sind schubfest miteinander verbunden. Aus Figur 17 ist der Aufbau des in dieser Ausführungsform der Erfindung verwendeten Piezobiegeelements genauer ersichtlich. Es handelt sich um einen monomorphen Aktor. Von den Schichten ist die eine eine Piezokeramikschiicht, die andere eine Schicht aus Metall oder einem sonstigen geeigneten Material. Infolge des Piezoeffekts wird mittels Anlegen einer Spannung die Piezokeramikschiicht gedehnt oder gestaucht. Durch die Verlängerung oder Verkürzung der einen Schicht gegenüber der anderen Schicht kommt es zu einer Verbiegung des Schichtaufbaus. Der Vorgang kann durch Entladen rückgängig gemacht werden. Dies kann entweder durch Anlegen einer entsprechenden Gegenspannung oder durch langsames selbständiges Entladen erfolgen.

[0041] Andere erfindungsgemäß verwendete Ausführungsformen von Piezobiegeaktoren sind mit einem bimorphen Piezobiegeaktor aus Figur 16 und einem Mehrschichtaufbau-Piezobiegeaktor aus Figur 18 ersichtlich. Bei dem bimorphen Aktoren sind zwei Piezokeramikplatten in der Mitte mit einer Elektrode versehen, wodurch beide Schichten umgekehrt polarisiert sind. Unter Anlegen der Spannung wird die eine Schicht gedehnt und die andere Schicht gestaucht, so daß sich eine größere Biegung bei gleicher angelegter Spannungsdifferenz einstellt. Bei einem Mehrschichtaufbau-Piezobiegeelement ist die dehnbare oder stauchbare Schicht aus abwechselnd übereinandergestapelten sehr dünnen, z.B. 20 µm dünnen Piezoschichten und Elektroden aufgebaut, die fest verklebt oder miteinander versintert sind. Die Elektroden sind dabei wie bei einem Schichtkondensator ineinander verzahnt, d.h. die umgekehrt polarisierten Elektroden wechseln einander ab. Dadurch wird bei geringerer Spannung die gleiche elektrische Feldstärke in den Piezokeramikschiichten und somit das gleiche Ausmaß eines Piezoeffekts erzeugt. Die Betriebsspannung reduziert sich in einem solchen Fall erheblich, z.B. von mehreren 100 V bis ca. 30 bis 60 V.

[0042] Wie aus Figur 1 ersichtlich, sind mindestens zwei Düsen 3a vorhanden, die das Düsenfeld 3 bilden.

[0043] Aus den Figuren 13a und 13b ist ersichtlich, wie die Düsen 3a und die Düsenfelder 3 bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform gestaltet sind. Wie aus Figur 13a ersichtlich sind die Düsen derart ausgebildet, daß sie sich von der Kammerinnenseite zur Kam-

meraussenseite hin verjüngen. Der Teil 2a der Gehäusewand, in der die Düsen 3a des Düsenfelds ausgebildet sind, ist auf der Außenseite mit einer 35 µm starken Teflonschicht versehen (nicht gezeigt).

[0044] Aus Figur 13b ist die Anordnung des in Figur 13a gezeigten Düsenfelds in der Draufsicht gezeigt. Die Düsen sind regelmäßig mit gleichen Abständen zwischen jeweils benachbarten Düsen angeordnet. Die Düsenreihen sind jeweils zu einer benachbarten Düsenreihe mit versetzten Düsen angeordnet. Auf diese Weise ergibt sich die Möglichkeit, die Düsen unter Berücksichtigung fertigungstechnischer Vorgaben so dicht wie möglich zu packen.

[0045] Eine andere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ist aus den Figuren 2a und 2b ersichtlich. Der Teil 2a der Gehäusewand 2 in dem das Düsenfeld 3 ausgebildet ist, ragt in die Kammer 1 hinein. Der Piezobiegewandler 4 liegt in seiner Ruhelage an dem Teil 2a der Gehäusewand 2 an, in dem das Düsenfeld 3 ausgebildet ist. In dem Bereich, der dem Düsenfeld 3 benachbart ist, besteht ein Abstand 7 zwischen dem Piezobiegewandler 4 und der Gehäusewand 2. Beim Betrieb des Tröpfchenwolkenerzeugers wird der Piezobiegewandler 4 aus seiner Ruhelage zunächst von dem Düsenfeld wegbewegt und dann entweder durch Anlegen einer entgegengesetzt polarisierten Spannung oder aufgrund mechanischer Rückstellkräfte auf das Düsenfeld 3 hinbewegt.

[0046] Aus Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ersichtlich. Das Gehäuse ist aus den drei Bauteilen 2d, 2c und 2e aufgebaut, die die Gehäusewand 2 bilden. Dabei ist das Gehäusebodenteil 2c als Platte ausgebildet. Der Piezobiegewandler 4 ist zwischen den Gehäuseteilen 2c und 2d eingeklemmt und auf diese Weise befestigt. Aus Figur 15 ist die bei dieser Ausführungsform vorgesehene Ausgestaltung der Kontaktierung des Piezobiegewandlers mit Kontaktfedern 10a, b ersichtlich.

[0047] Eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ist aus Figur 4 ersichtlich. Das Gehäuse ist nur aus zwei Gehäuseteilen aufgebaut, wobei der Piezobiegewandler 4 zwischen dem Gehäusebodenteil 2c und dem gegenüberliegenden Gehäusedeckelteil 2d eingeklemmt befestigt ist.

[0048] Aus Figur 5 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ersichtlich. Wie bei der aus Figur 2 ersichtlichen Ausführungsform ist der Teil 2a der Gehäusewand 2 in die Kammer 1 hineinragend ausgebildet. In diesem Fall liegt jedoch das Piezobiegeelement 4 in seiner Ruhelage nicht auf dem Teil 2a der Gehäusewand 2 auf, sondern es besteht ein Abstand zwischen dem Piezobiegewandler 4 und dem Teil 2a der Gehäusewand 2. Das Piezobiegeelement kann daher mittels der Steueranordnung 6 direkt auf das Düsenfeld hin bewegt werden, so daß Tropfen ausgestoßen werden. Wird das Piezo-

biegeelement 4 bei dieser Ausführungsform mittels der Steueranordnung 6 zunächst von dem Düsenfeld 3 weg bewegt, ergeben sich im Vergleich zu der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform Vorteile. Die einander gegenüberstehenden Flächen des Piezobiegewandlers 4 und des Teils 2a der Gehäusewand 2 sind bereits mit Flüssigkeit benetzt, wenn die Bewegung des Piezobiegewandlers 4 von dem Teil 2a der Gehäusewand weg erfolgt, wodurch schneller Flüssigkeit in den sich vergrößernden Abstand nachgezogen wird und eine höhere Spritzfrequenz ermöglicht ist.

[0049] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ist aus Figur 6 ersichtlich. Zwei Piezobiegewandler 4 und zwei Düsenfelder 3 stehen einander jeweils spiegelbildlich gegenüber.

[0050] Eine andere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeugers ist aus Figur 7 ersichtlich. Das Düsenfeld 3 ist dabei in der Verlängerung des Piezobiegewandlers 4 dem freien Ende 4d des Piezobiegewandlers gegenüberstehend in der Gehäusewand ausgebildet. In der aus Figur 7 ersichtlichen Ausführungsform liegt der Piezobiegewandler 4 auf seiner ganzen Länge an der Gehäusewand 2 an und das Düsenfeld 3 ist in einer dem Ende des Piezobiegewandlers 4 gegenüberliegenden Ecke der Gehäusewand 2 ausgebildet. Dabei ist das Düsenfeld an der Grenzfläche zwischen den beiden Gehäusebauteilen, dem Gehäusebodenteil 2c und dem Gehäusedeckelteil 2c, ausgebildet.

[0051] Bei zwei anderen vorteilhaften Ausführungsformen, die aus den Figuren 8 und 9 ersichtlich sind, liegt der Piezobiegewandler 4 in seiner Ruhelage nicht auf seiner ganzen Länge auf der Gehäusewand 2 auf, sondern er ist mit seinem befestigten Ende 4e auf dem Gehäusebodenteil 2c der Gehäusewand 2 anliegend befestigt und im Bereich des freien Endes 4d des Piezobiegewandlers 4 sind in dem Gehäusebodenteil 2c Ausnehmungen 9 vorgesehen, die als Rinnen ausgebildet sind. Mit den Ausnehmungen 9 ist der Raum der Kammer 1, auf der von den Leitungen 8, über die die Kammer 1 mit dem Flüssigkeitsvorrat in Verbindung steht, abgewandten Seite des Piezobiegewandlers, erweitert. Die Ausnehmungen 9 in dem Gehäusebodenteil 2c erstrecken sich im wesentlichen in Auskragrichtung des Piezobiegewandlers 4. In der von der Gehäusewand 2 an der Stelle, an der das Gehäusebodenteil 2c und das Gehäusedeckelteil 2d aneinanderstoßen, gebildeten Ecke der Kammer 1 gehen die Ausnehmungen 9 in die Düsen 3a des Düsenfelds 3 über. Die Ausnehmungen 9 bilden in dieser Ecke allein oder zusammen mit anderen Teilausnehmungen in dem Gehäusedeckelteil 2d die Düsen 3a in der Gehäusewand, wie aus den Figuren 8 und 9 ersichtlich ist.

[0052] Aus den Figuren 10, 11 und 12 sind Ausführungsformen ersichtlich, bei denen die Pumpenkammer 1 und die Düsen 3a im wesentlichen ausgebildet sind wie bei den Ausführungsformen der Figuren 7, 8 und 9.

Jedoch ist der Piezobiegewandler 4 nicht, wie aus den Figuren 7, 8 und 9 ersichtlich, lediglich an einem Gehäusebauteil 2c befestigt, sondern der Piezobiegewandler 4 ist zwischen dem Gehäusebodenteil 2c und dem Gehäusedeckelteil 2d eingeklemmt an dem Gehäuse befestigt.

[0053] In Figur 14 ist in einer Draufsicht dargestellt, wie die bei den in den Figuren 8, 9, 11 und 12 gezeigten Ausführungsformen der Erfindung vorgesehenen Ausnehmungen 9 angeordnet sind.

[0054] Ein Beispiel für eine Steueranordnung 6 bei einem erfindungsgemäßen Tröpfchenwolkenerzeuger ist aus Fig. 19 ersichtlich. Es können beliebige für den Zweck der vorliegenden Erfindung geeignete an sich bekannte Steueranordnungen verwendet werden.

[0055] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist einem Frequenzgenerator ein MOSFET-Schalter nachgeschaltet, der das Laden und somit das Auslenken des Piezobiegeelements, das über ein Netzteil und einen Widerstand erfolgt, unterbricht und die Piezokeramik entlädt. Dadurch wird die schlagartige Bewegung des Piezobiegewandlers erzielt. In der Ladephase, d.h. zum Beispiel bei der Bewegung des Piezobiegewandlers 4 vom Düsenfeld 3 weg, wird der Piezobiegewandler 4 über einen 270Ω - Widerstand in ca. 150 Mikrosekunden auf 95 % der Netzteilspannung aufgeladen. Mit der steigenden Flanke des Rechtecksignals des Generators am Gate des MOSFET erfolgt die Entladung über den Innenwiderstand des FETs. Diese dauert ca. 100 Nanosekunden. Aufgrund der mechanischen Trägheit des Aktors muß die Entladephase solange verlängert werden, bis der durch die Flüssigkeit gebremste Piezobiegewandler 4 die Bewegung vollendet hat und der Tropfen ausgestoßen ist. Dies wird bei der Standardfrequenz von 5000 bis 6000 Hz über ein Tastverhältnis von 25 %, also in einer Zeit von 40 bis 50 Mikrosekunden erreicht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung einer Tröpfchenwolke, insbesondere Tröpfchenwolkenerzeuger in einem Brenner, mit einer mit einem Flüssigkeitsvorrat in Verbindung stehenden Pumpenkammer (1), in deren Gehäusewand (2) ein Düsenfeld (3) mit einer Mehrzahl von Düsen (3a) ausgebildet ist und in der ein plattenförmiger, auskragend befestigter Piezobiegewandler (4) angeordnet ist, der den Düsen (3a) des Düsenfeldes (3) gemeinsam ist und um eine quer zur Auskragrichtung verlaufende Querachse (4a) unter Ausführung eines Verdrängungshubes, in dem Flüssigkeit zu den Düsen (3a) des Düsenfeldes (3) hin verdrängt und in Form von die Tröpfchenwolke erzeugenden Flüssigkeitstropfen aus den Düsen (3a) ausgestoßen wird und eines Rückstellhubes biegsam ist, wobei der Piezobiegewandler (4) den Düsen (3a) des Düsenfeldes (3) gemeinsam ist und zwischen den seitlichen Rändern (4b) des Piezobiegewandlers (4) und den jeweiligen gegenüberliegenden Gehäusewänden (2) seitliche Durchtrittsspalte (5a) für die Flüssigkeit ausgebildet sind und die Verbindung des Flüssigkeitsvorrats mit der Pumpenkammer (1) auf der dem Düsenfeld (3) abgewandten Seite des Piezobiegewandlers (4) mündet, und einer Steueranordnung (6), von der der Piezobiegewandler (4) über Spannungspulse für einen Verdrängungshub gesteuert ist, der schneller abläuft als sein Rückstellhub, bei dem ein Nachströmen der Flüssigkeit durch die seitlichen Durchtrittsspalte erfolgt.
2. Tröpfchenwolkenerzeuger nach Anspruch 1, wobei die Kammer (1) mit dem Flüssigkeitsvorrat über mehrere Leitungen (8) in Verbindung steht.
3. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Verbindung zwischen Kammer (1) und Flüssigkeitsvorrat eine Drosselstelle (8a) aufweist.
4. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Düsen (3a) in Richtung von der Kammer (1) weg verjüngt ausgebildet sind.
5. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Teil (2a) der Gehäusewand (2) mit dem Düsenfeld (3) auf der Außenseite (2a) mit Teflon beschichtet ist.
6. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Piezobiegewandler (4) ein Mehrlagen-Piezokeramikwandler mit einer zusätzlichen passiven Piezokeramiklage ist.
7. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Düsenfeld (3) in einem Teil (2a) der Gehäusewand (2) ausgebildet ist, der sich innerhalb der Projektion der Plattenfläche (4c) des Piezobiegewandlers (4) in die Richtung befindet, in die das freie Ende des Piezobiegewandlers (4) bewegbar ist und zwischen dem freien Ende des Piezobiegewandlers (4) und dem in Verlängerung des Piezobiegewandlers (4) gegenüberliegenden Teil (2a) der Gehäusewand (2) ein Stirnspalt (5b) ausgebildet ist.
8. Tröpfchenwolkenerzeuger nach Anspruch 7, wobei in der Ruhelage des Piezobiegewandlers (4), die sich einstellt, wenn keine Spannung anliegt, ein Ruheabstand (7) zwischen dem Piezobiegewandler (4) und dem Teil (2a) der Gehäusewand (2) gebildet ist, in dem das Düsenfeld (3) ausgebildet ist, und der Piezobiegewandler (4) unter Anlegen einer Spannung auf das Düsenfeld (3) hin oder von dem Düsenfeld (3) weg bewegbar ist.

9. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei der zwischen dem freien Ende (4d) des Piezobiegewandlers (4) und dem in Verlängerung des Piezobiegewandlers (4) gegenüberliegenden Teil (2a) der Gehäusewand (2) ausgebildete Stirnspalt (5b) nicht mehr als fünfmal so groß ist wie der Ruheabstand (7).
10. Tröpfchenwolkenerzeuger nach Anspruch 9, wobei in der Ruhelage des Piezobiegewandlers (4), die sich einstellt, wenn keine Spannung anliegt, der Piezobiegewandler (4) an dem Teil (2a) der Gehäusewand (2), in dem das Düsenfeld (3) ausgebildet ist, anliegt und der Piezobiegewandler (4) unter Anlegen einer Spannung von dem Düsenfeld (3) weg bewegbar ist.
11. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei der Teil (2a) der Gehäusewand (2), in dem das Düsenfeld (3) ausgebildet ist, in die Kammer (1) hineinragt.
12. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei gegenüber dem freien Ende (4d) des Piezobiegewandlers (4) eine zu dem Piezobiegewandler (4) und dem Düsenfeld (3) im wesentlichen spiegelverkehrte Anordnung mit einem zweiten Piezobiegewandler (4) und einem zweiten Düsenfeld (3) angeordnet ist, und die Steueranordnung (6) derart aufgebaut ist, daß der Piezobiegewandler (4) und der zweite Piezobiegewandler (4) mit unterschiedlichen Pulsfrequenzen, Pulsdauern und/oder Pulsphasen ansteuerbar sind.
13. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Düsenfeld (3) in der Verlängerung des Piezobiegewandlers (4) dem freien Ende (4d) des Piezobiegewandlers (4) gegenüberliegend angeordnet ist.
14. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 13 als Bestandteil eines Brenners, wobei der Flüssigkeitsvorrat ein Flüssigbrennstoffvorrat ist und die als Brennerdüsen dienenden Düsen (3a) des Düsenfelds (3) einen engsten Durchmesser von mindestens 10 µm und höchstens 100 µm aufweisen.
15. Tröpfchenwolkenerzeuger nach Anspruch 15, wobei der Abstand der Mittelpunkte von jeweils benachbarten als Brennerdüsen dienenden Düsen (3a) des Düsenfelds (3) mindestens 50 µm und höchstens 2000 µm beträgt.
16. Tröpfchenwolkenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 15, der mindestens 50 Düsen (3a) aufweist.

Claims

- Device for generating a droplet mist, particularly a droplet mist generator in a burner, with a pump chamber (1) which communicates with a fluid supply and in which a nozzle array (3) with a plurality of nozzles (3a) is constructed in one housing wall (2) thereof and in which there is disposed and fixed a plate-like overhanging piezoelectric flexural transducer (4) which is common to the nozzles (3a) of the nozzle array (3) and can be flexed about a transverse axis (4a) extending transversely with respect to the direction of overhang to carry out a displacement movement, in which fluid is displaced towards the nozzles (3a) of the nozzle array (3) and expelled from the nozzles (3a) in the form of drops of fluid which produce the droplet mist, and a restoring movement, wherein the piezoelectric flexural transducer (4) is common to the nozzles (3a) of the nozzle array (3) and gaps (5a) for the fluid are constructed between the lateral edges (4b) of the piezoelectric flexural transducer (4) and the respective opposing housing walls (2) and the connection of the fluid supply to the pump chamber (1) opens on the side of the piezoelectric flexural transducer (4) remote from the nozzle array (3), and with a control arrangement (6) by which the piezoelectric flexural transducer (4) is controlled by way of voltage pulses for a displacement movement which proceeds more quickly than its restoring movement, in which the fluid flows in through the lateral gaps.
- Droplet mist generator as claimed in Claim 1, in which the chamber (1) communicates with the fluid supply via a plurality of conduits (8).
- Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 2, in which the connection between the chamber (1) and the fluid supply has a throttle point (8a).
- Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 3, in which the nozzles (3a) are tapered in the direction away from the chamber (1).
- Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 4, in which the part (2a) of the housing wall (2) with the nozzle array (3) is coated on the outer face (2a1) with Teflon.
- Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 5, in which the piezoelectric flexural transducer (4) is a multi-layer piezoelectric ceramic transducer with an additional passive piezoelectric ceramic layer.
- Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 6, in which the nozzle array (3) is constructed in a part (2a) of the housing wall (2) which is located

within the projection of the plate surface (4c) of the piezoelectric flexural transducer (4) in the direction in which the free end of the piezoelectric flexural transducer (4) is movable and an end gap (9b) is constructed between the free end of the piezoelectric flexural transducer (4) and the part (2a) of the housing wall (2) which lies opposite in the extension of the piezoelectric flexural transducer (4).

8. Droplet mist generator as claimed in Claim 7, in which in the rest position of the piezoelectric flexural transducer (4) which is assumed when no voltage is applied a rest space (7) is formed between the piezoelectric flexural transducer (4) and the part (2a) of the housing wall (2), the nozzle array (3) being constructed in this rest space, and when a voltage is applied the piezoelectric flexural transducer is movable towards the nozzle array (3) or away from the nozzle array (3).

9. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 7 or 8, in which the end gap (5b) which is constructed between the free end of the piezoelectric flexural transducer (4) and the part (2a) of the housing wall (2) which lies opposite in the extension of the piezoelectric flexural transducer (4) is no more than five times as great as the rest space (7).

10. Droplet mist generator as claimed in Claim 9, in which in the rest position of the piezoelectric flexural transducer (4) which is assumed when no voltage is applied the piezoelectric flexural transducer (4) bears on the part (2a) of the housing wall (2) in which the nozzle array (3) is constructed and when a voltage is applied the piezoelectric flexural transducer (4) is movable away from the nozzle array (3).

11. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 7 to 10, in which the part (2a) of the housing wall (2) in which the nozzle array (3) is constructed protrudes into the chamber (1).

12. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 7 to 11, in which opposite the free end (4d) of the piezoelectric flexural transducer (4) an arrangement with a second piezoelectric flexural transducer (4) and a second nozzle array (3) is disposed substantially in mirror image to the piezoelectric electric flexural transducer (4) and the nozzle array (3), and the control arrangement (6) is designed in such a way that the piezoelectric flexural transducer (4) and the second piezoelectric flexural transducer (4) can be controlled with different pulse frequencies, pulse widths and/or pulse phases.

13. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 6, in which the nozzle array (3) is disposed in the extension of the piezoelectric flexural transduc-

er (4) opposite the free end (4d) of the piezoelectric flexural transducer (4).

14. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 13 as a component of a burner, in which the fluid supply is a liquid fuel supply and the nozzles (3a) of the nozzle array (3) which serve as burner nozzles have a narrowest diameter of at least 10 μm and at most 100 μm .

15. Droplet mist generator as claimed in Claim 15, in which the distance between the centre points of respective adjacent nozzles (3a) of the nozzle array (3) which serve as burner nozzles is at least 50 μm and at most 2000 μm .

16. Droplet mist generator as claimed in one of Claims 1 to 15 which has at least 50 nozzles (3a).

Revendications

1. Dispositif destiné à générer un nuage de gouttelettes, en particulier un atomiseur de gouttelettes dans un brûleur à injection, comprenant une chambre de pompe (1) communiquant avec un réservoir de liquide, dans laquelle l'une des parois du carter (2) est formée par une zone de gicleurs (3) comprenant une pluralité de gicleurs (3a) et dans laquelle est disposé un transducteur piézoélectrique flexible (4) en forme de plaque, disposé en porte-à-faux, qui est commun aux gicleurs (3a) de la zone de gicleurs (3) et qui est susceptible de fléchir autour d'un axe transversal (4a) disposé transversalement au sens d'orientation du porte-à-faux en exécutant un déplacement par lequel le liquide est refoulé vers les gicleurs (3a) de la zone de gicleurs (3) et est projeté hors des gicleurs (3a) sous forme de gouttelettes de liquide formant le nuage de gouttelettes, et un déplacement de retour, dispositif dans lequel le transducteur piézoélectrique flexible (4) est commun aux gicleurs (3a) de la zone de gicleurs (3), des fentes de passage (5a) latérales pour le liquide sont réalisées entre les bords latéraux (4b) du transducteur piézoélectrique flexible (4) et chacune des parois du carter (2) en face, et la liaison entre le réservoir de liquide et la chambre de pompe (1) débouche sur le côté du transducteur piézoélectrique flexible (4) opposé à la zone de gicleurs (3), et comprenant un dispositif de commande (6) par lequel le transducteur piézoélectrique flexible (4) est activé par des impulsions de tension pour exécuter un déplacement qui est plus rapide que son déplacement de retour, au cours duquel le liquide afflue à travers les fentes de passage latérales.

2. Atomiseur de gouttelettes selon la revendication 1, dans lequel la chambre (1) communique avec le ré-

- servoir de liquide par l'intermédiaire de plusieurs conduites (8).
3. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel la liaison entre la chambre (1) et le réservoir de liquide comporte une zone d'étranglement (8a). 5
 4. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les gicleurs (3a) sont conçus en se rétrécissant dans le sens qui s'écarte de la chambre (1). 10
 5. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la partie (2a) de la paroi de carter (2) munie de la zone de gicleurs (3) est revêtue de téflon sur sa face extérieure (2a1). 15
 6. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le transducteur piézoélectrique flexible (4) est un transducteur céramique piézoélectrique à plusieurs couches muni d'une couche céramique piézoélectrique passive supplémentaire. 20 25
 7. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la zone de gicleurs (3) est réalisée dans une partie (2a) de la paroi de carter (2), qui se situe à l'intérieur de la projection de la surface plane (4c) du transducteur piézoélectrique flexible (4) dans le sens dans lequel l'extrémité libre du transducteur piézoélectrique flexible (4) peut se déplacer, et une fente frontale (5b) est formée entre l'extrémité libre du transducteur piézoélectrique flexible (4) et la partie (2a) de la paroi de carter (2) en face, dans le prolongement du transducteur piézoélectrique flexible (4). 30 35
 8. Atomiseur de gouttelettes selon la revendication 7, dans lequel, dans la position de repos du transducteur piézoélectrique flexible (4), qui apparaît lorsque aucune tension n'est appliquée, il se forme une distance de repos (7) entre le transducteur piézoélectrique flexible (4) et la partie (2a) de la paroi de carter (2), dans laquelle est formée la zone de gicleurs (3), et le transducteur piézoélectrique flexible (4) peut, sous l'effet de l'application d'une tension, se déplacer dans un mouvement vers la zone de gicleurs (3) ou en s'écartant de la zone de gicleurs (3). 40 45 50
 9. Atomiseur de gouttelettes selon la revendication 7 ou 8, dans lequel la fente frontale (5b), formée entre l'extrémité libre (4d) du transducteur piézoélectrique flexible (4) et la partie (2a) de la paroi de carter (2) en face, dans le prolongement du transducteur piézoélectrique flexible (4), n'est pas plus de cinq fois supérieure à la distance de repos (7). 55
 10. Atomiseur de gouttelettes selon la revendication 9, dans lequel, dans la position de repos du transducteur piézoélectrique flexible (4), qui apparaît lorsque aucune tension n'est appliquée, le transducteur piézoélectrique flexible (4) est en appui contre la partie (2a) de la paroi de carter (2), dans laquelle est formée la zone de gicleurs (3), et, sous l'effet de l'application d'une tension, le transducteur piézoélectrique flexible (4) peut se déplacer dans un mouvement s'écartant de la zone de gicleurs (3).
 11. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel la partie (2a) de la paroi de carter (2), dans laquelle est formée la zone de gicleurs (3), s'avance à l'intérieur de la chambre (1).
 12. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel en face de l'extrémité libre (4d) du transducteur piézoélectrique flexible (4) est disposé un système muni d'un deuxième transducteur piézoélectrique flexible (4) et d'une deuxième zone de gicleurs (3), sensiblement symétriquement inversé au transducteur piézoélectrique flexible (4) et à la zone de gicleurs (3), et le dispositif de commande (6) est monté de telle sorte que le transducteur piézoélectrique flexible (4) et le deuxième transducteur piézoélectrique flexible (4) peuvent être activés par des fréquences d'impulsions, des durées d'impulsions et/ou des phases d'impulsions différentes.
 13. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la zone de gicleurs (3) est disposée dans le prolongement du transducteur piézoélectrique flexible (4) en face de l'extrémité libre (4d) du transducteur piézoélectrique flexible (4).
 14. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, formant une partie intégrante d'un brûleur à injection, dans lequel le réservoir de liquide est un réservoir de carburant et les gicleurs (3a) de la zone de gicleurs (3), destinés à former les gicleurs du brûleur à injection, ont un diamètre relativement étroit de 10 µm au minimum et de 100 µm au maximum.
 15. Atomiseur de gouttelettes selon la revendication 13, dans lequel la distance entre les centres des gicleurs (3a) de la zone de gicleurs (3), destinés à former les gicleurs du brûleur à injection, est égale à 50 µm au minimum et 2 000 µm au maximum.
 16. Atomiseur de gouttelettes selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, qui comporte au moins

50 gicleurs (3a).

5

10

15

20

25

30

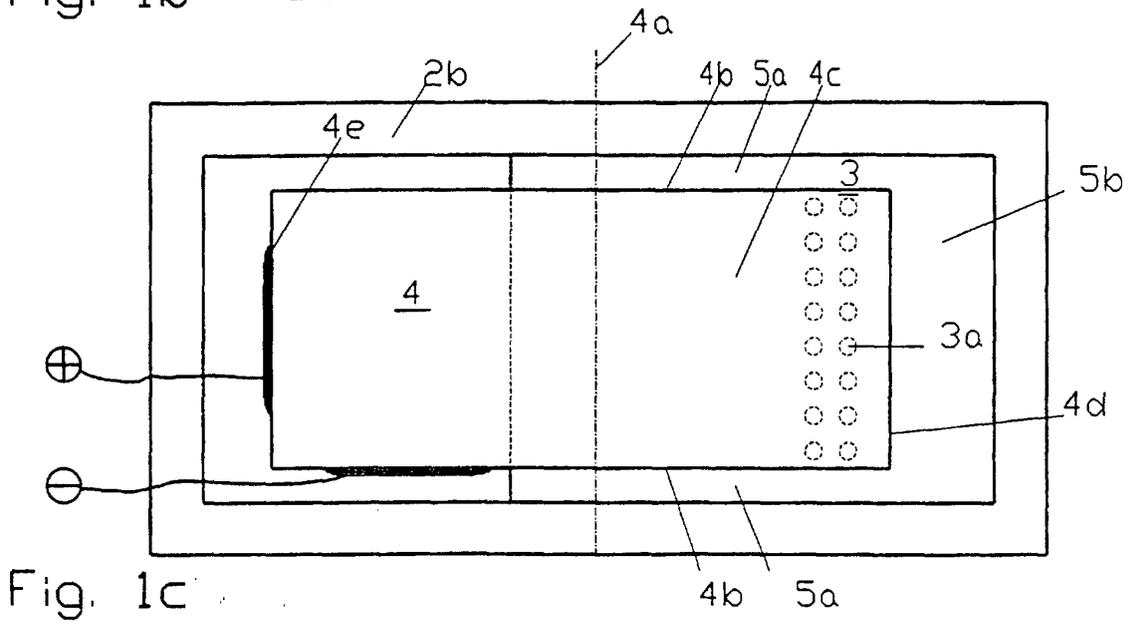
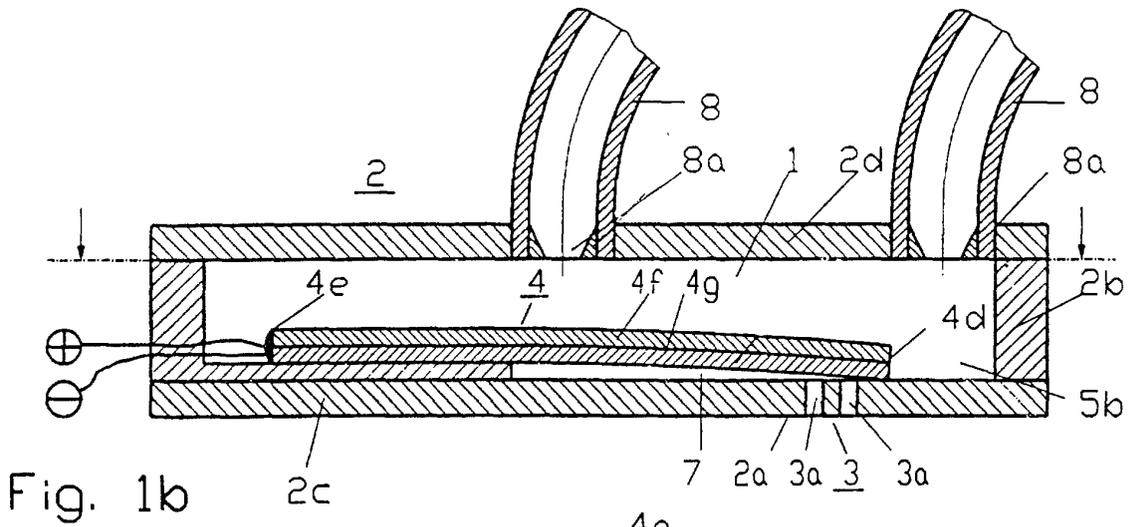
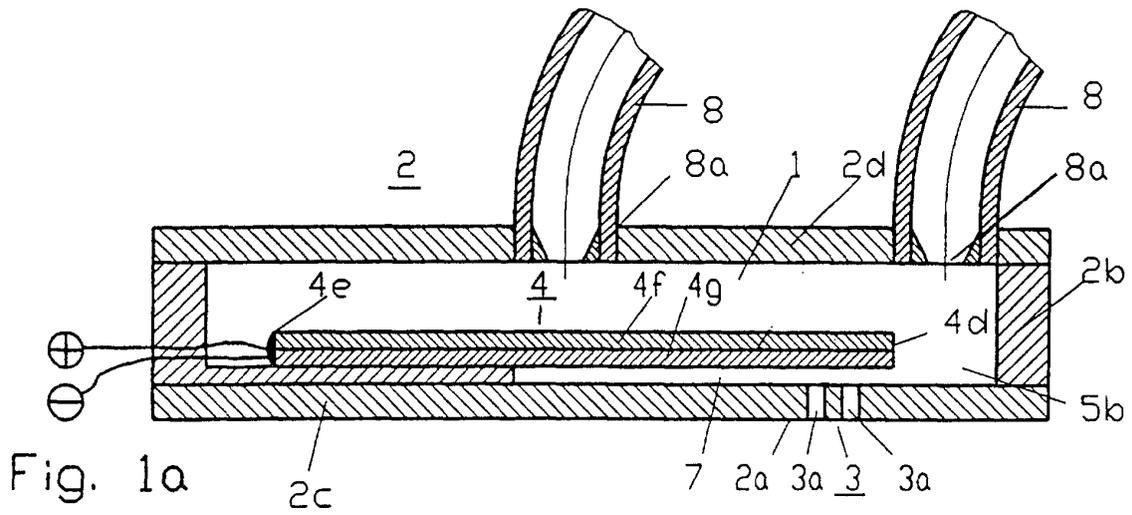
35

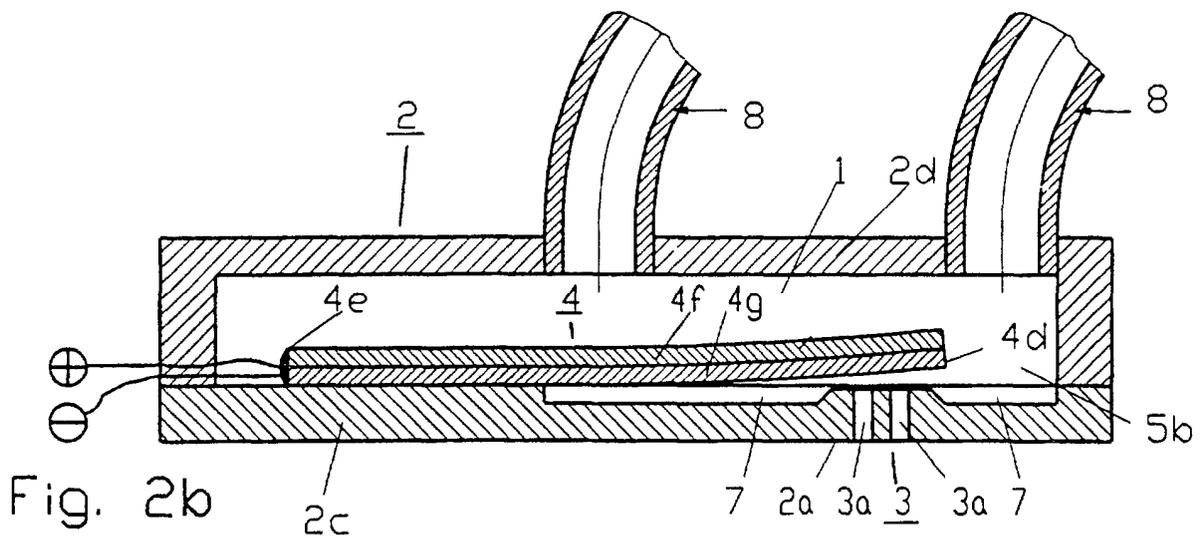
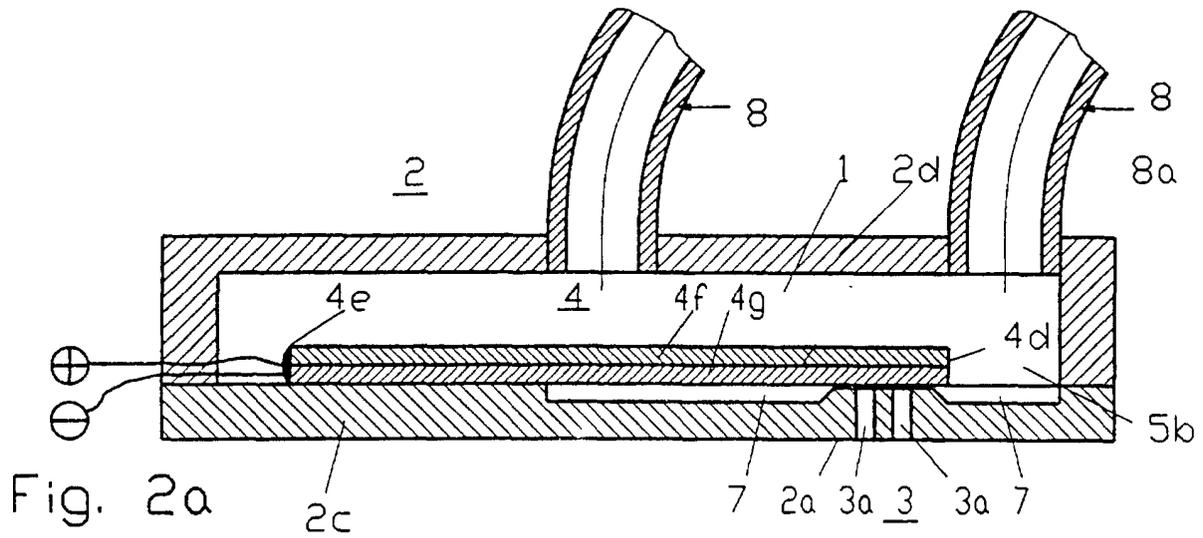
40

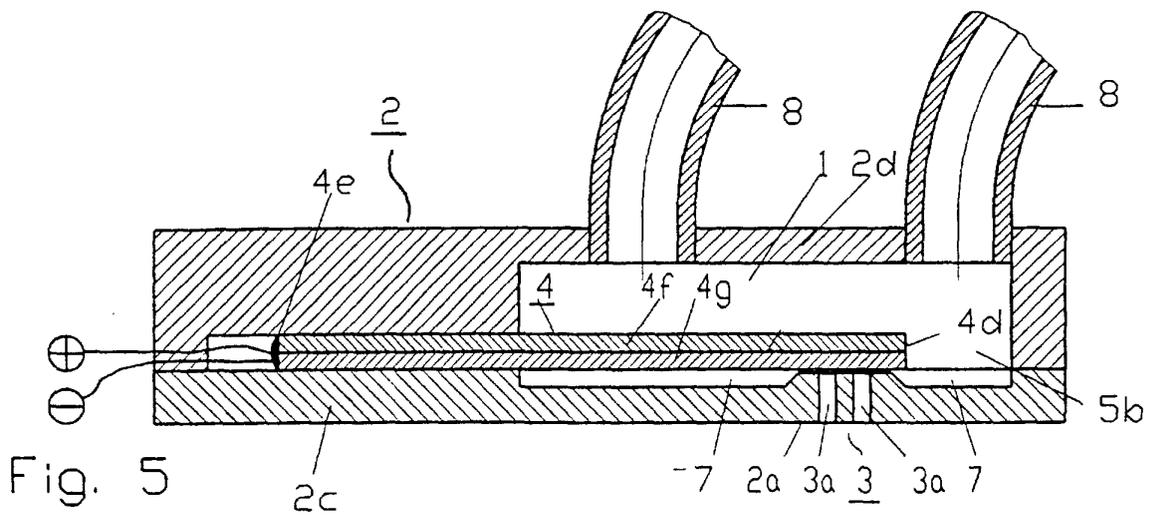
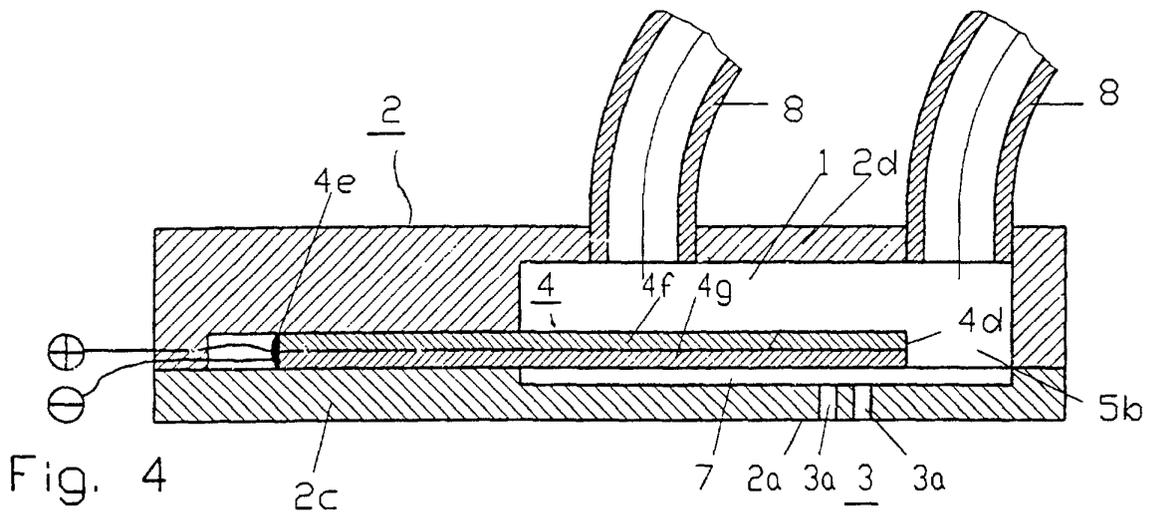
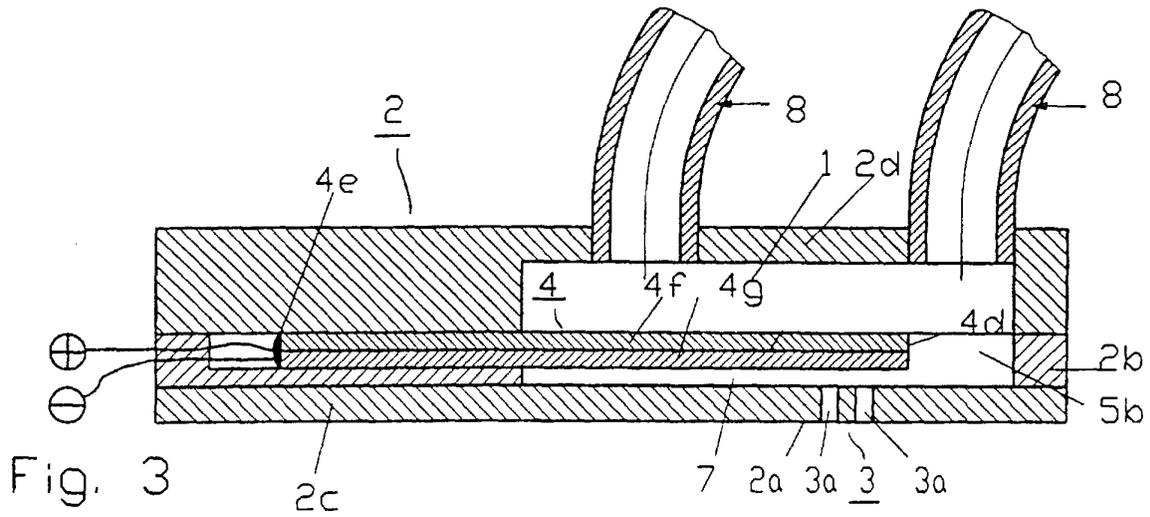
45

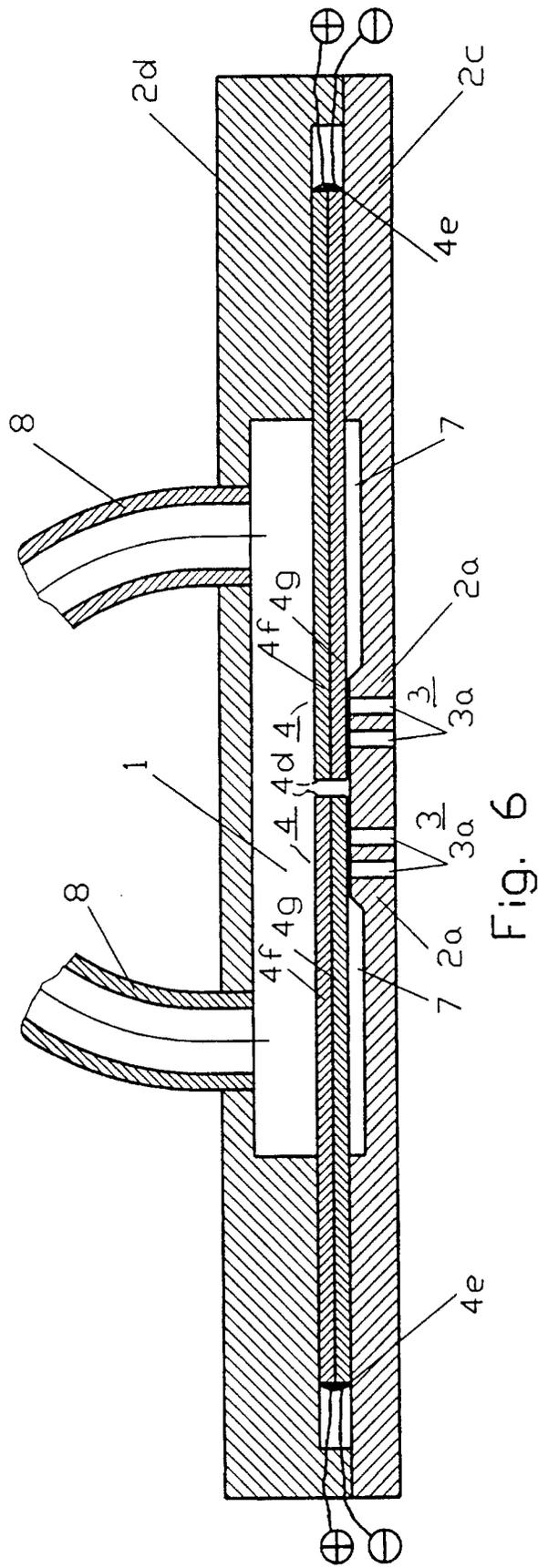
50

55









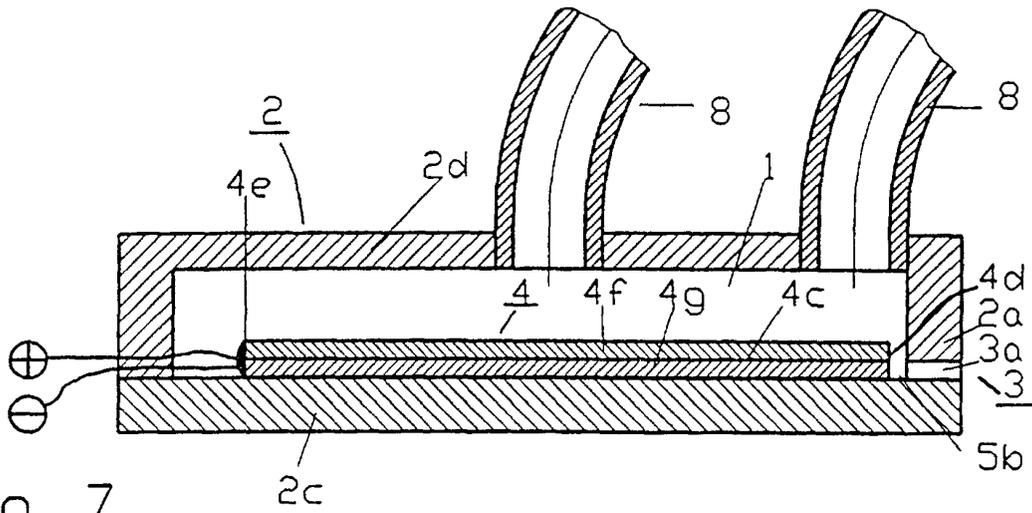


Fig. 7

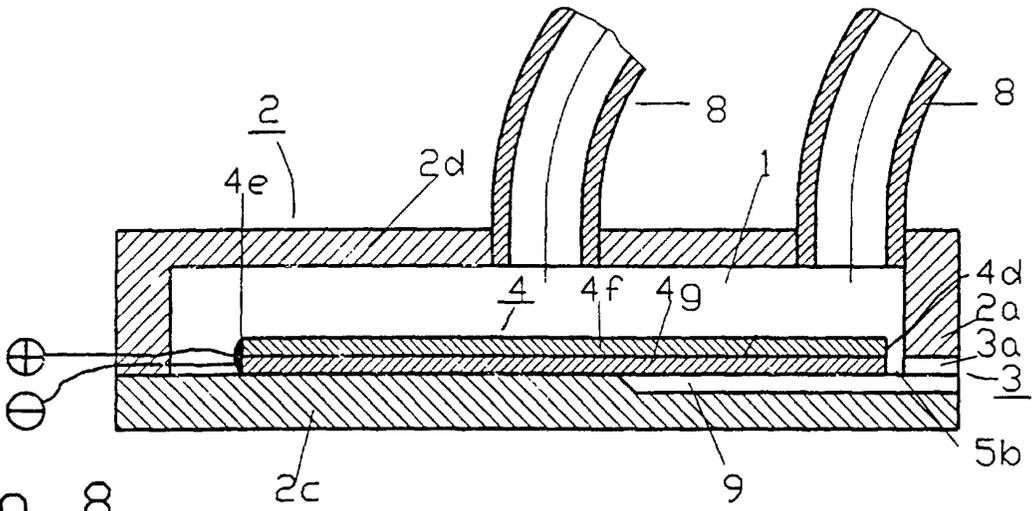


Fig. 8

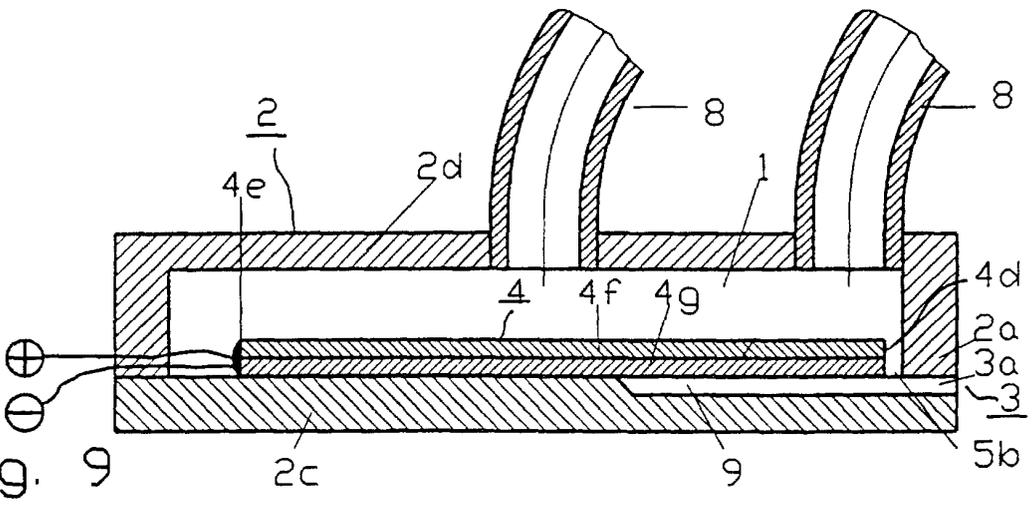


Fig. 9

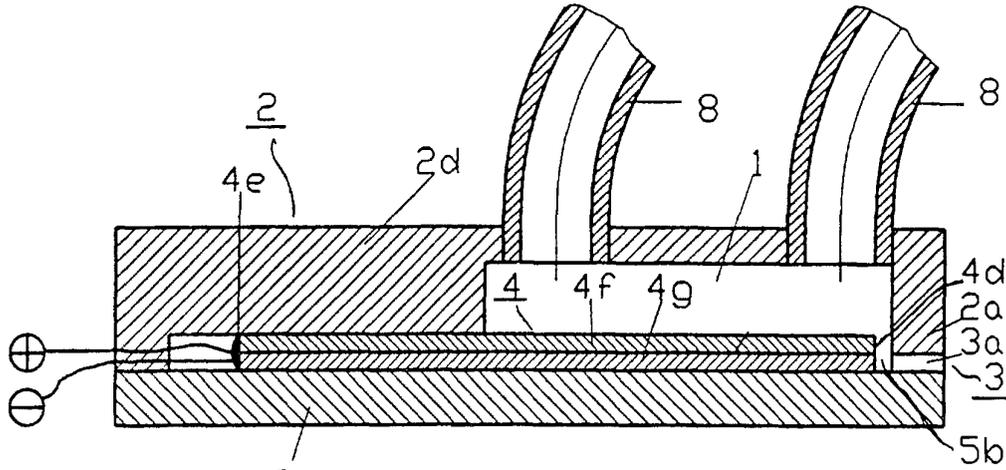


Fig. 10

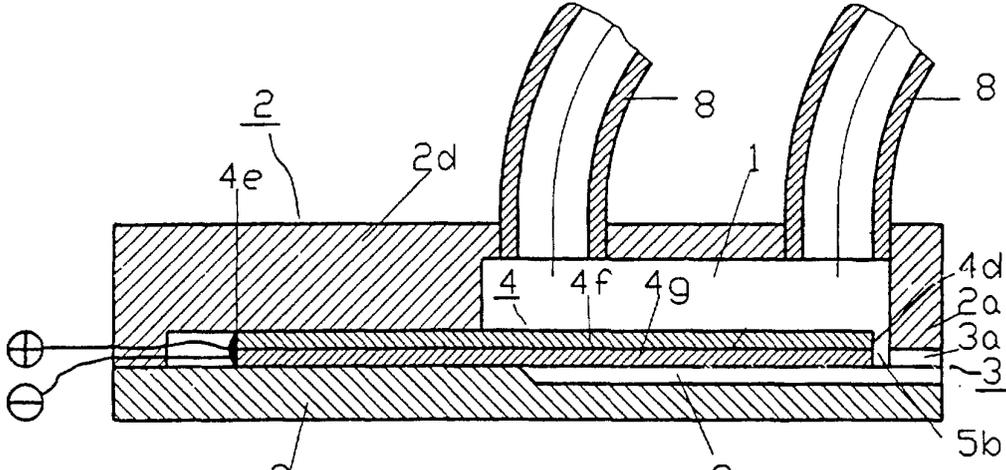


Fig. 11

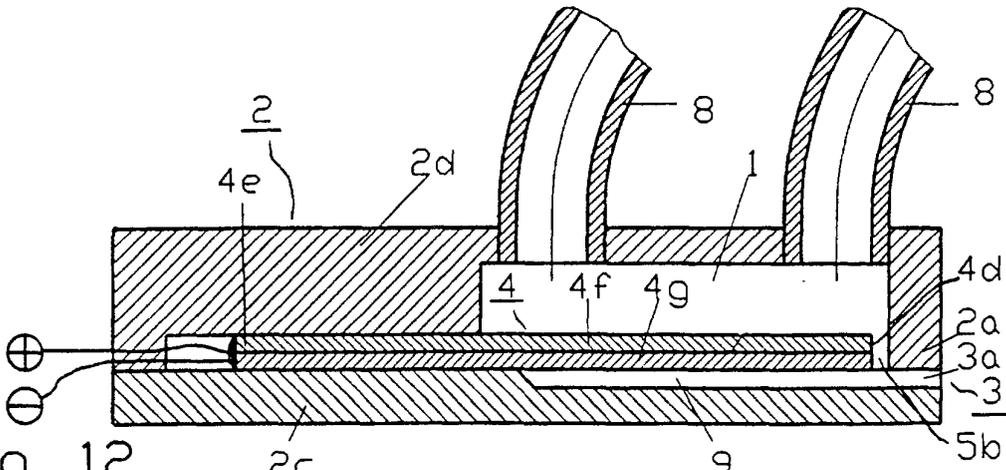


Fig. 12

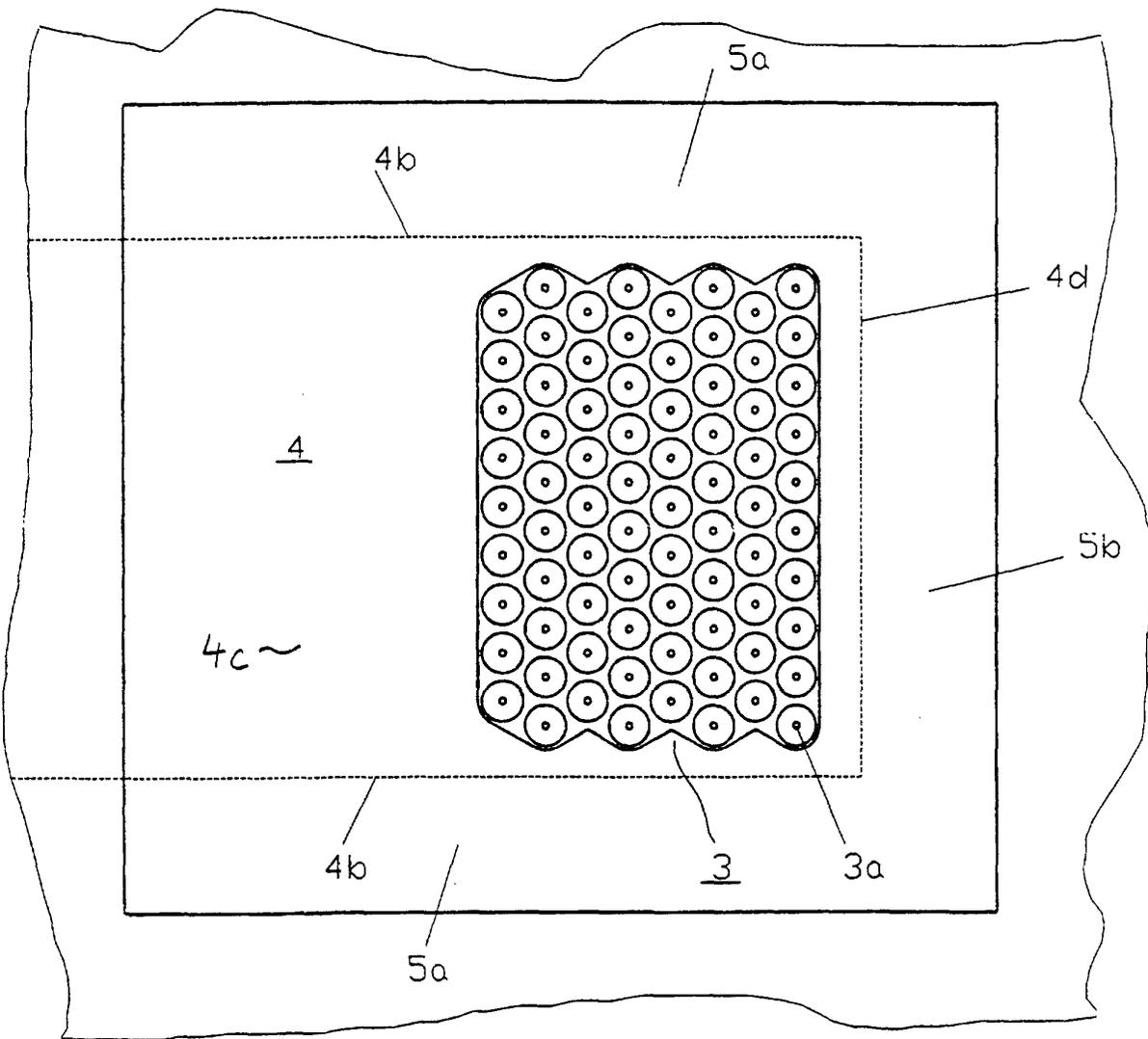
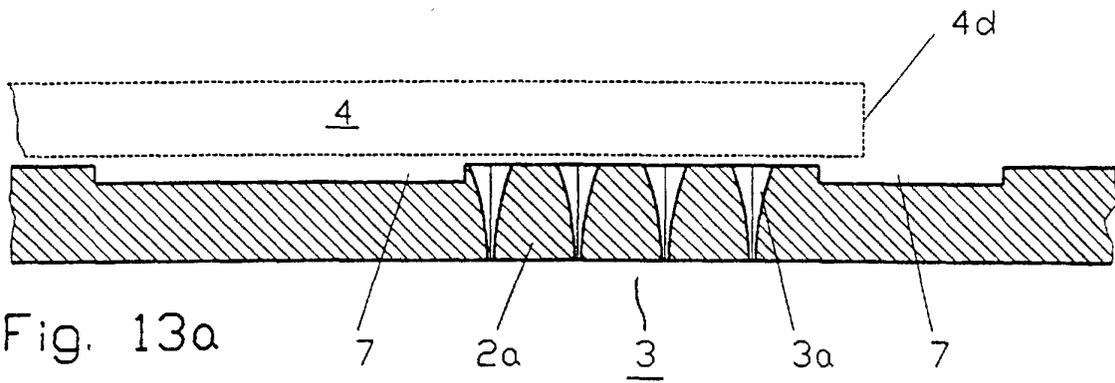


Fig. 13b

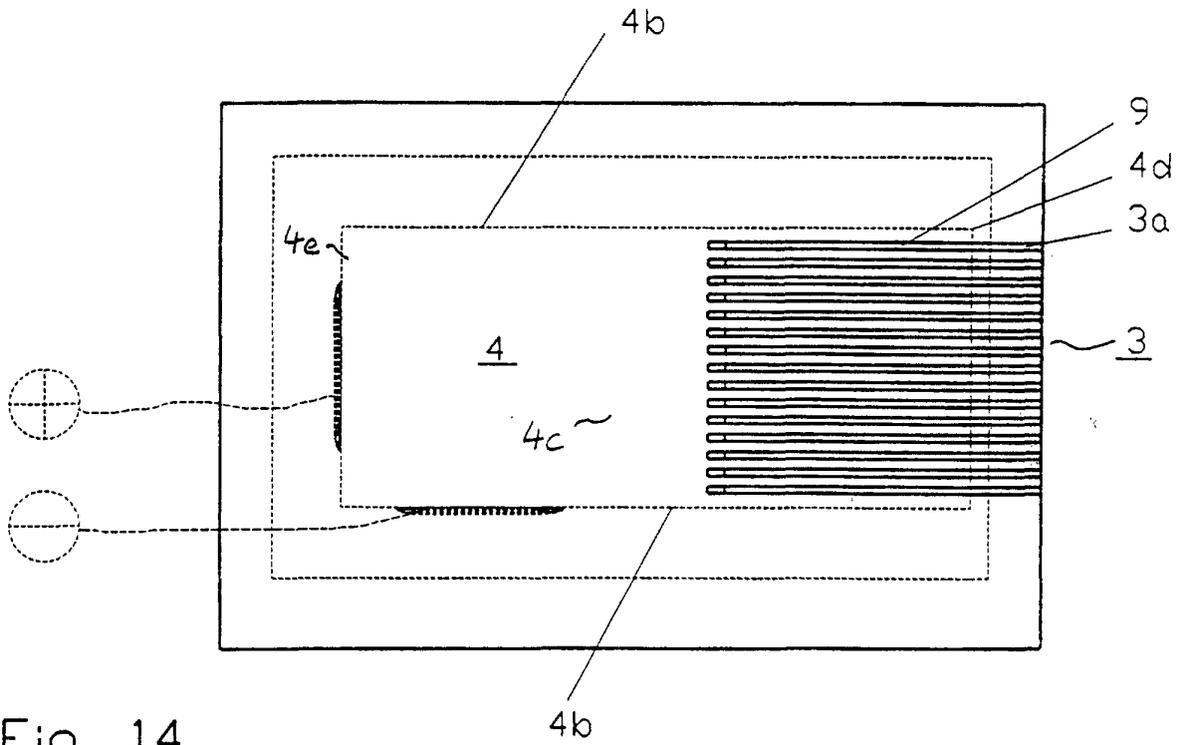


Fig. 14

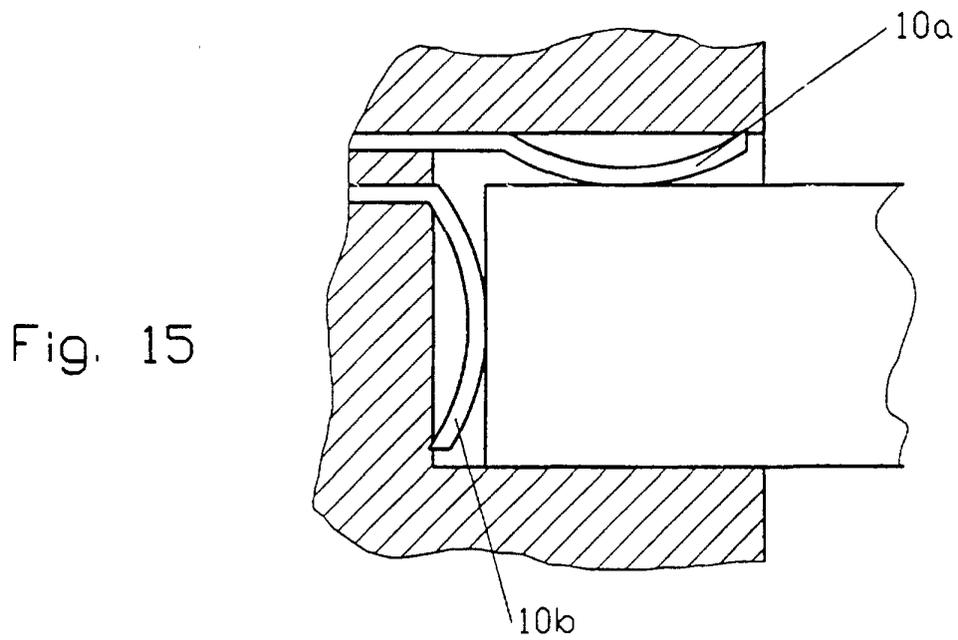
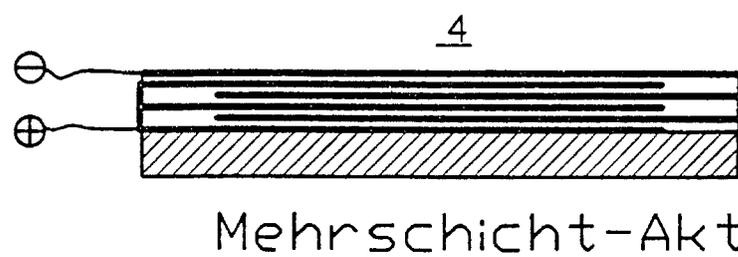
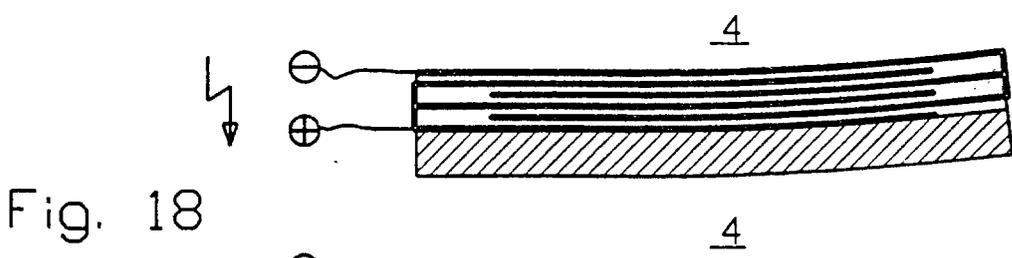
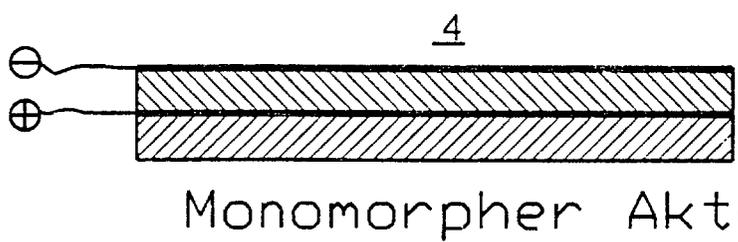
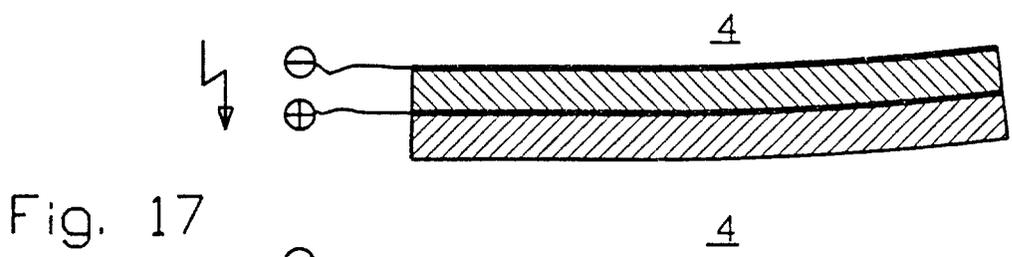
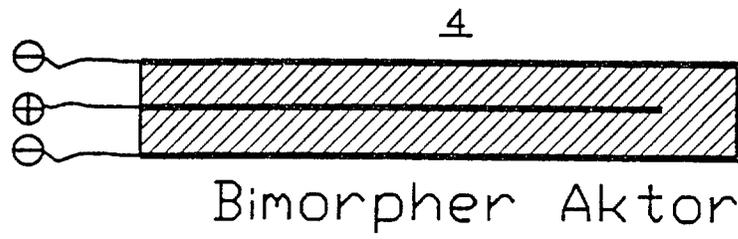
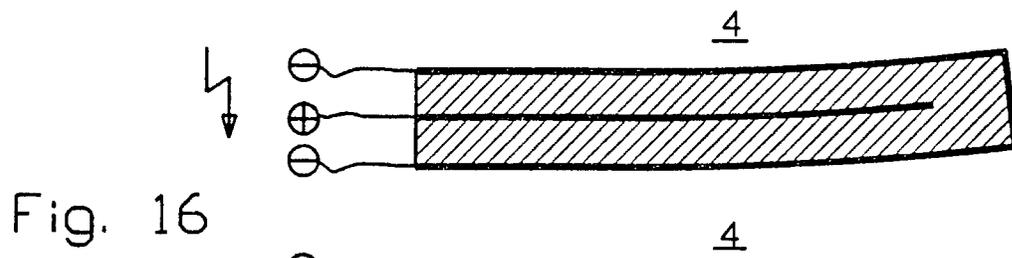


Fig. 15



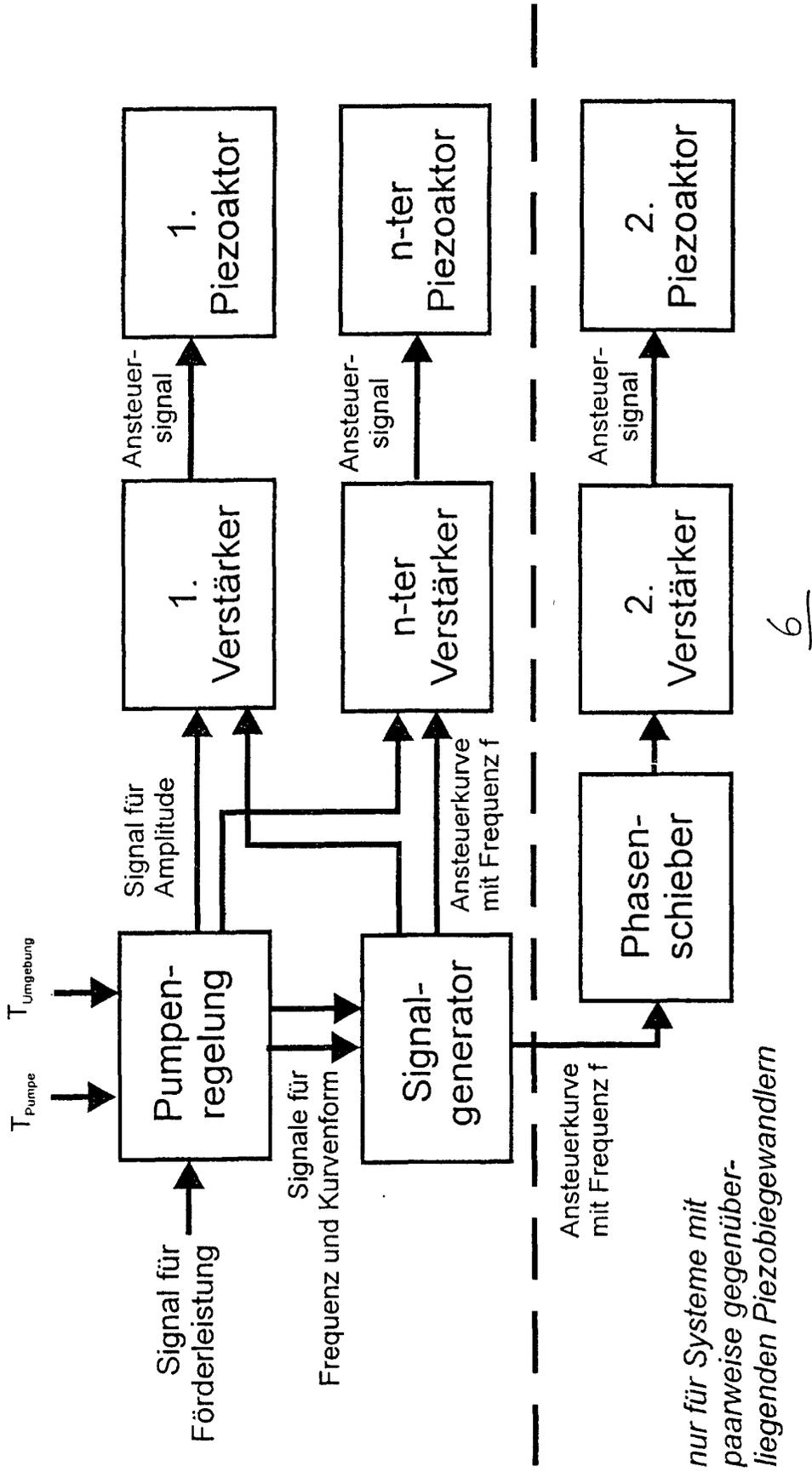


Fig. 19