

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 036 660 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.08.2002 Patentblatt 2002/35

(51) Int Cl.7: **B41J 2/045**

(21) Anmeldenummer: **00105211.7**

(22) Anmeldetag: **13.03.2000**

(54) **Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf sowie Verfahren zu dessen Ansteuerung**

Drop-on-Demand printhead with piezo bending transducers and driving method for the same

Tête d'impression à éjection de goutte à la demande utilisant des transducteurs piézo déformable en flexion, et sa méthode de commande

(84) Benannte Vertragsstaaten:
FR GB NL SE

(30) Priorität: **15.03.1999 DE 19911399**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.2000 Patentblatt 2000/38

(73) Patentinhaber: **Tally Computerdrucker GmbH**
89275 Elchingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Heinzl, Joachim, Professor Dr.-Ing.**
81549 München (DE)
• **Ederer, Ingo, Dr.**
86167 Augsburg (DE)
• **Seitz, Hermann, Dipl.-Ing.**
87764 Legau (DE)

(74) Vertreter: **Flaig, Siegfried, Dipl.-Ing.**
Mendelstrasse 12
47239 Duisburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 713 773	EP-A- 0 752 312
EP-B- 0 553 153	DE-A- 2 527 647
DE-A- 3 114 259	JP-A- 1 271 248
US-A- 4 383 264	US-A- 4 409 601
US-A- 4 438 441	

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 164 (M-0957), 30. März 1990 (1990-03-30) -& JP 02 024143 A (SEIKO EPSON CORP), 26. Januar 1990 (1990-01-26)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 081 (M-1086), 25. Februar 1991 (1991-02-25) -& JP 02 301444 A (SEIKO EPSON CORP), 13. Dezember 1990 (1990-12-13)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 021 (M-1070), 17. Januar 1991 (1991-01-17) -& JP 02 266943 A (FUJITSU LTD), 31. Oktober 1990 (1990-10-31)**

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).

EP 1 036 660 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines Piezo-Druckkopfes und einen nach diesem Verfahren angesteuerten Piezo-Druckkopf.

[0002] Ein herkömmlicher Piezo-Biegewandler Drop-on-Demand Druckkopf ist z.B. aus DE2527647A, DE3114259A und JP 01-271 248 A bekannt. In einer Düsenplatte ist eine Reihe von senkrecht zur Platten-ebene verlaufenden Düsen vorgesehen. Parallel zu der Düsenplatte sind Piezo-Biegewandler in Gestalt einer einseitig eingespannten langgestreckten Zunge, sogenannte Piezo-Zungenwandler, in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, dass ihre nicht eingespannten freien Enden jeweils einer der Düsen gegenüberstehen. Jeder der Piezo-Biegewandler weist eine parallel zu der Düsenplatte bzw. senkrecht zu den Düsen verlaufende Biegeachse auf. Zum Ausstoßen eines Tropfens wird die Piezozunge durch Anlegen einer Spannung gebogen, so dass sich das freie Ende von der zugeordneten Düse wegbewegt. Die Spannung wird abgeschaltet und das freie Ende schnell zu der Düse hin und drückt eine Flüssigkeitsmenge durch die Düse, so dass ein Tropfen ausgestoßen wird.

[0003] Soll mit einem Aufbau dieser Art ein Druck mit einer hohen Auflösung, d.h. großer Punktzahl pro Länge, erzeugt werden, müssen die Düsen sehr eng nebeneinander angeordnet werden. Um einen sauberen Tropfenausstoß zu erreichen, müssen die Piezo-Biegewandler nach Möglichkeit mit ihrer Breite die ganze zugeordnete Düse abdecken. Bei enger Düsenanordnung liegen daher die einander benachbarten Piezo-Biegewandler ebenso wie die diesen zugeordneten Düsen sehr eng beieinander. Die Betätigung eines Piezo-Biegewandlers hat infolge dessen auch eine Fluidströmung durch die den benachbarten Piezo-Biegewandlern zugeordneten Düsen zur Folge (Übersprechen). Dadurch kommt ein Anteil der erzeugten Strömungsenergie nicht dem zu druckenden Tropfen zu. Ferner kann es zu einem Ausstoß eines Tropfens aus der Nachbardüse kommen, der in einer Verfälschung des angestrebten Druckbildes resultiert. JP02024143 A zeigt ein Verfahren und ein Piezo-Druckkopf gemäß Oberbegriffe der Ansprüche 1, 9, 15 und 16.

[0004] Aus DE 691 19 088 T2 ist ein Betriebsverfahren für ein vielkanaliges Gerät zum Niederschlag von Tröpfchen bekannt. Dabei wird ein Feld mit Düsen versehener paralleler Kanäle, die gleichförmig durch kanal-trennende Seitenwände beabstandet sind, angeordnet, wobei die Seitenwände eine Wandnachgiebigkeit aufweisen. Zum Ausstoßen eines Tropfens werden die den Kanal von den beiden benachbarten Kanälen trennenden Seitenwände durch den piezoelektrischen Scher-Effekt verformt. Dadurch verengt sich der Kanal, und es wird ein Tropfen ausgestoßen. Die benachbarten Kanäle werden aufgeweitet, wodurch dort der Flüssigkeitsdruck sinkt. Bei einem starken Auslösepuls besteht die Gefahr, dass in den Düsen der benachbarten Kanäle

der Meniskus so weit zurückgezogen wird, dass Luft eindringen kann. Dadurch wird die Stärke des Tropfenausstoßes und die damit erreichbare Fluggeschwindigkeit des Tropfens begrenzt. Benachbarte Düsen können deswegen nicht gleichzeitig zum Tropfenausstoß angesteuert werden. EP 752312A zeigt einen Druckkopf wobei Piezo elemente von benachbarten Tinten-kammern zur Kompensierung mit beaufschlagt werden.

[0005] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zum Ansteuern eines Piezo-Druckkopfes der eingangs genannten Art anzugeben, durch das ein Übersprechen verhindert ist, sowie einen durch dieses Verfahren ansteuerbaren Piezo-Druckkopf anzugeben, der mit geringem Fertigungs- und Montageaufwand herstellbar ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen nach den Ansprüchen 1 bzw. 9 sowie durch einen Piezo-Druckkopf mit den Merkmalen nach den Ansprüchen 15 bzw. 16.

[0007] Bevorzugte Ausführungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Auslenkung des benachbarten Piezo-Biegewandlers durch den Kompensationspuls bewirkt lokal an der dem benachbarten Piezo-Biegewandler zugeordneten Düse eine Fluidbewegung. Diese Fluidbewegung wirkt der Fluidbewegung entgegen, die sich infolge des Auslösepulses und der Bewegung des ausgelösten Piezo-Biegewandlers unmittelbar an der dem benachbarten Piezo-Biegewandler zugeordneten Düse einstellt. Die Fluidbewegungen kompensieren einander gegenseitig ganz oder teilweise. Ein Tropfenausstoß an der dem benachbarten Piezo-Biegewandler zugeordneten Düse (Nachbardüse) kommt nicht zustande. Eine Verfälschung des Druckbildes wird verhindert. Die nachteiligen Wirkungen des Übersprechens werden somit ausgeschaltet.

[0008] Es sind keine Trennwände (siehe EP 713773A) zwischen einander benachbarten Piezo-Biegewandlern oder spezielle Düsenformen erforderlich. Die Düsenplatte und die Wandung der Flüssigkeitskammer können einfach gestaltet sein. Fertigungs- und Montagekosten werden somit gering gehalten.

[0009] Ferner können einander benachbarte Piezo-Biegewandler so eng nebeneinander angeordnet werden, wie es die Düsenbreite gestattet. Es kann daher ein Druckkopf mit einer sehr hohen Auflösung erreicht werden.

[0010] Die engen Spalte zwischen dem Piezo-Biegewandler und den herkömmlich vorgesehenen Trennwänden entfallen. Während einer Aushol- oder Rückstellbewegung des Piezo-Biegewandlers kann somit das Nachströmen von Druckflüssigkeit seitlich vorbei an dem Piezo-Biegewandler schneller erfolgen. Ein weiterer Tropfenausstoß wird somit in kürzerem zeitlichen Abstand zu dem vorangehenden möglich. Die Druckfrequenz kann erhöht werden.

[0011] Die Piezo-Biegewandler können mit Auslösepulsen beaufschlagt werden, die eine Auslenkung des

Piezo-Biegewandlers zu der zugeordneten Düse hin bewirken. Bevorzugt werden die Piezo-Biegewandler jedoch mit Auslöseimpulsen beaufschlagt, die eine Auslenkung des Piezo-Biegewandlers von der zugeordneten Düse weg bewirken. Die eigentliche Tropfenausstoßbewegung des Piezo-Biegewandlers besteht dann in dem Zurückschnellen der Piezostruktur aufgrund der während des Einwirkens des Auslösepulses und der damit verbundenen Auslenkung aufgebauten mechanischen Spannung. Eine solche Rückschnellbewegung ist im allgemeinen schneller als die Auslenkungsbewegung.

[0012] Die Auslenkung der benachbarten Piezo-Biegewandler und deren Festhalten bei den diesen zugeordneten Düsen sorgt dafür, dass die Düsen gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Flüssigkeitskammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet werden. Infolge dessen kann aus diesen Düsen kein Tropfen austreten. Eine Verfälschung des Druckbilds wird verhindert.

[0013] Bevorzugt werden die benachbarten Piezo-Biegewandler mit dem Schließ-Steuerimpuls dem zugeordneten Auslösepuls zeitlich vorangehend oder gleichzeitig beaufschlagt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Abschottung beim Einsetzen der den Tropfen ausstoßenden Bewegung des mit dem Auslösepuls beaufschlagten Piezo-Biegewandlers bereits eingetreten ist.

[0014] Die benachbarten Piezo-Biegewandler können mit einem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt werden, dessen Amplitude der eines Auslösepulses nahekommt. Bevorzugt werden sie mit einem Schließ-Steuerimpuls einer Amplitude beaufschlagt, die höchstens ein Sechstel der Amplitude des Auslösepulses beträgt. Dies ermöglicht die Verwendung von Piezo-Biegewandlern zweipoliger Bauart, d.h. Piezo-Bimorph mit passiver Lage bzw. Monomorph. Da der Auslösepuls den Piezo-Biegewandler üblicherweise von der Düse weg auslenkt, sind Auslösepuls und Schließ-Steuerimpuls einander entgegengerichtet. Zweipolige Piezo-Biegewandler können aber eigentlich nur in einer Richtung, nämlich ihrer Vorzugsrichtung ausgelenkt werden. Bei geringer Amplitude ist aber auch bei zweipoligen Piezo-Biegewandlern eine Auslenkung gegen die Vorzugsrichtung möglich.

[0015] Sowohl bei den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Kompensationspulsen als auch bei der alternativen Ausführungsform mit Schließ-Steuerimpulsen wird bevorzugt, vor oder bei Inbetriebnahme des Piezo-Biegewandlers Drop-on-Demand Druckkopfes ein Trimmverfahren durchzuführen. D.h. für jeden der Piezo-Biegewandler wird vor Inbetriebnahme Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung der Kompensationspulse bzw. Schließ-Steuerimpulse mit einem Trimmverfahren ermittelt, bei dem für vorgesehene Konstellationen von Auslösepulsen die jeweils angelegten Kompensationspulse bzw. Schließ-Steuerimpulse hinsichtlich Amplitude, Dauer

und/oder Zeitverzögerung variiert und unter Messen des Tropfenausstoß- bzw. Übersprechverhaltens optimiert werden. Auf diese Weise kann Herstellungsungenauigkeiten bzw. Inhomogenitäten der Piezokeramik Rechnung getragen werden. Der Kompensationspuls wird individuell an den einzelnen Piezo-Biegewandlern angepasst. Auf diese Weise kann auch bei vorhandenen Herstellungsungenauigkeiten ein gleichmäßiger Tropfenausstoß an allen Düsen bzw. Piezo-Biegewandlern sichergestellt werden. Wenn das Trimmverfahren nicht nur mit einzelnen Auslösepulsen sondern mit Puls-kombinationen, d.h. gleichzeitigem Auslösen mehrerer Piezo-Biegewandler in unterschiedlichen Konstellationen durchgeführt wird, kann dabei auch Wechselwirkungen von Herstellungs- bzw. Materialungenauigkeiten mehrerer Piezo-Biegewandler Rechnung getragen werden.

[0016] Bevorzugt werden bei dem Trimmverfahren ausschließlich Dauer und/oder Zeitverzögerung von Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen variiert. Dies ermöglicht, dass das Trimmverfahren bei geringem Aufwand durchgeführt wird. Ferner können die Piezo-Biegewandler ausschließlich bei den Spannungsamplituden betrieben werden, für die sie ausgelegt sind.

[0017] Die Messungen können im Rahmen des Trimmverfahrens mit einer von den Piezo-Biegewandlern unabhängigen Vorrichtung durchgeführt werden. Bevorzugt werden bei dem Trimmverfahren die Piezo-Biegewandler als Sensoren verwendet, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezo-Biegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezo-Biegewandler in diesen induziert werden, gemessen und zur Optimierung des Tropfenausstoß- bzw. Übersprechverhaltens ausgewertet werden. Dadurch lässt sich ohne zusätzlichen apparativen Aufwand und somit kostengünstig das Übersprechverhalten ermitteln. Dadurch, dass Effekte im Druckkopf selbst aufgenommen werden, kann das Übersprechverhalten besonders exakt ermittelt werden.

[0018] Bevorzugt werden die den ausgelösten Piezo-Biegewandlern benachbarten Piezo-Biegewandler im laufenden Betrieb mit Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen beaufschlagt, für die Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung ermittelt werden, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezo-Biegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezo-Biegewandler in diesen induziert werden, gemessen und verarbeitet werden. So dient ein benachbarter Piezo-Biegewandler nach Anlegen eines Auslösepulses zunächst als Sensor. Die aufgenommenen Daten werden ausgewertet und Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung des optimalen Kompensationspulses werden ermittelt. Dann dient der benachbarte Piezo-Biegewandler als Aktor und um die ermittelte Zeitverzögerung nach dem Auslösepuls wird der entsprechende

Kompensationspuls an den benachbarten Piezo-Biege-
wandler angelegt. Bei der Auswertung können Wechselwirkungen zwischen den an mehreren Piezo-Biege-
wandlern aufgenommenen Daten berücksichtigt werden. Ebenfalls kann berücksichtigt werden, welche Piezo-Biege-
wandler gleichzeitig beaufschlagt werden.

[0019] Durch einen solchen Abgleich der Pulse beim Betrieb können neben den Unregelmäßigkeiten des Tropfenausstoßes, die durch Herstellungs- und Materialungenauigkeiten hervorgerufen sind, auch noch anders bedingte Unregelmäßigkeiten des Tropfenausstoßes durch eine Anpassung der Pulse ausgeglichen werden. So kann z.B. Unterschieden in den Temperaturbedingungen Rechnung getragen werden. Es können z.B. Unregelmäßigkeiten der strömungsmechanischen Anfangsbedingungen bei Beginn des Auslösepulses ausgeglichen werden, so etwa eine Restströmung infolge des vorherigen Tropfenausstoßes. Z.B. können auch Erschütterungen kompensiert werden. Der in den Betrieb integrierte Abgleich der Pulse führt somit zu einer erheblichen Verbesserung des Druckergebnisses, insbesondere zu einer weitgehenden Unabhängigkeit des Druckergebnisses von äußeren Einflüssen.

[0020] Der laufende Abgleich beim Betrieb des Piezo-Biege-
wandler Drop-on-Demand Druckkopfes kann erfindungsgemäß anstelle des Trimmens oder neben dem Trimmen vor Inbetriebnahme erfolgen.

[0021] Die Steuervorrichtung ist auf geeignete Weise ausgebildet, z.B. als Computer mit einer entsprechenden Steuersoftware. Bevorzugt ist die Steuervorrichtung als integrierter Schaltkreis ausgebildet.

[0022] Die Piezo-Biege-
wandler können z.B. als an beiden Enden eingespannte langgestreckte Piezostreifen ausgebildet sein (Piezo-Brückenwandler). Bevorzugt sind die Piezo-Biege-
wandler als einseitig eingespannte langgestreckte Zungen ausgebildet (Piezo-Zungenwandler). Weiter bevorzugt sind die den Piezo-Zungenwandlern zugeordneten Düsen im Bereich der freien Enden der Piezo-Zungenwandler angeordnet.

[0023] Die Piezo-Biege-
wandler können als Monomorphen, als Bimorphen mit je einer passiven Lage, als Bimorphen mit je zwei aktiven Lagen oder als Trimorphen ausgebildet sein. Ferner können sie den Längseffekt der Piezokeramik oder den Quereffekt der Piezokeramik ausnutzend ausgebildet sein. Sie können als Einzelschichtwandler oder als Mehrschichtwandler aufgebaut sein.

[0024] Bevorzugt sind die Piezo-Biege-
wandler als Bimorphen mit zwei aktiven Lagen oder als Trimorphen ausgebildet und ist die Steuervorrichtung so ausgebildet, dass die benachbarten Piezo-Biege-
wandler in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt werden wie der ausgelöste Piezo-Biege-
wandler, indem die jeweils andere aktive Lage des Piezowandlers mit dem Kompensationspuls beaufschlagt wird. Dadurch wird die Gefahr der Zerstörung des Piezo-Biege-
wandlers ausgeschaltet. Diese bestünde, wenn die Auslenkung des benachbarten Piezo-Biege-
wandlers in die entgegengesetzte

Richtung durch Anlegen einer entgegengesetzt polarisierten Spannung an dieselbe Lage eines Monomorphen erfolgen würde. Entgegen der Polarisationsrichtung kann eine Piezokeramik nur mit ca. 10 % der Maximalspannung beaufschlagt werden.

[0025] Die Düsen können so angeordnet sein, dass die Düsenachse parallel zu der Längsrichtung des Piezo-Biege-
wandlers verläuft und die Düse in der Verlängerung des Piezo-Biege-
wandlers angeordnet ist (Edgeshooter).

[0026] Die Düsen können auch so angeordnet sein, dass die Düsenachse senkrecht zu der Längsrichtung des Piezo-Biege-
wandlers und senkrecht zu dessen Biege-
achse verläuft und die Düse im Bereich des freien Endes des Piezo-Biege-
wandlers angeordnet ist (Sideshooter).

[0027] Der Piezo-Druckkopf weist bevorzugt mindestens dreipolige Piezo-Biege-
wandler mit je zwei Piezokeramiksichten auf, und von der Steuervorrichtung werden die Auslösepulse an die eine Piezokeramiksicht und die Schließ-Steuerimpulse an die andere Piezokeramiksicht des Piezo-Biege-
wandlers angelegt. Auf diese Weise wird erreicht, dass auch der Schließ-Steuerimpuls eine größere Amplitude aufweisen kann, ohne dass die Gefahr einer Zerstörung des Piezo-Biege-
wandlers besteht, wie dies bei einem Monomorphen der Fall wäre.

[0028] Es können auch Muster von Pulsen vorgesehen sein, bei denen nicht nur die einem ausgelösten Piezo-Biege-
wandler unmittelbar benachbarten Piezo-Biege-
wandler, sondern auch die übernächsten oder überübernächsten Piezo-Biege-
wandler mit Kompensationspulsen, Schließ-Steuerimpulsen oder modifizierten Auslösepulsen beaufschlagt werden.

[0029] Ausführungsformen der Erfindung werden in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Figuren 1a bis 1e schematisch die Arbeitsweise eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren angesteuerten Piezo-Biege-
wandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figuren 2a bis 2d schematisch die Arbeitsweise eines mit der alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens angesteuerten Piezo-Biege-
wandler Drop-on-Demand Druckkopfes bzw. eines nach diesem Verfahren arbeitenden erfindungsgemäßen Piezo-Biege-
wandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figur 3 schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Piezo-Biege-
wandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figuren 4a bis 4d schematisch den Aufbau von Piezo-Biege-
wandlern mit unterschiedlichen Schichtanordnungen gemäß unterschiedlichen

Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figuren 5a und 5b schematisch den Aufbau von Piezo-Biegewandlern mit unterschiedlichen Kontaktierungsanordnungen gemäß unterschiedlichen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figur 6 schematisch den Aufbau eines Piezo-Biegewandlers mit einer Mehrschichtanordnung gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figur 7 in perspektivischer Darstellung drei als Bimorph aufgebaute Piezo-Biegewandler mit dreipoliger Kontaktierung;

Figur 8 schematisch im Querschnitt einen als Bimorph aufgebauten Piezo-Biegewandler mit dreipoliger Kontaktierung;

Figur 9 schematisch die Arbeitsweise eines Piezo-Biegewandlers beim Ausstoßen eines Tropfens zusammen mit dem zugehörigen Verlauf der an dem Piezo-Biegewandler anliegenden Spannung; und

Figuren 10a und 10b schematisch Aufbau und Anordnung eines Piezo-Zungenwandlers bzw. eines Piezo-Brückenwandlers.

[0030] Aus den Figuren 1a bis 1e ist das Prinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens ersichtlich. Jede der Figuren zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Piezo-Biegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes. In einer Düsenplatte 1 sind in Reihe drei senkrecht zur Plattenfläche verlaufende Düsen 11 vorgesehen. Parallel zu der Düsenplatte 1 sind drei Piezo-Biegewandler 2 in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, dass ihre nicht eingespannten freien Enden 21 jeweils einer der Düsen 11 gegenüberstehen. Jeder der Piezo-Biegewandler 2 ist um eine parallel zu der Düsenplatte 1 bzw. senkrecht zu den Düsen 11 verlaufende Biegeachse biegebar.

[0031] Aus jeder der Figuren 1a bis 1e ist die Stellung der drei Piezo-Biegewandler 2 in einem anderen Stadium der Bewegungsfolge ersichtlich, die abläuft, wenn der mittlere der drei Piezo-Biegewandler 2 mit einem Auslösepuls beaufschlagt wird.

[0032] In Figur 1a sind alle drei Piezo-Biegewandler 2 in Ruhelage.

[0033] In Figur 1b ist der mittlere Piezo-Biegewandler 2 infolge des Einwirkens des Auslösepulses in der Auslenkungsbewegung, so dass dessen freies Ende 21 von der zugeordneten Düse 11 wegbewegt wird (vgl. Pfeil).

[0034] In Figur 1c ist der Auslösepuls abgeschlossen, die auslenkende Spannung wirkt nicht mehr, und der

mittlere Piezo-Biegewandler 2 schnellte infolge der beim Auslenken in der Struktur aufgebauten mechanischen Spannungen zurück, so dass das freie Ende 21 zu der zugeordneten Düse 11 hin bewegt wird (vgl. Pfeil).

[0035] In Figur 1d sind die beiden äußeren Piezo-Biegewandler 2 mit dem Kompensationspuls beaufschlagt und werden infolgedessen ausgelenkt, so dass deren freie Enden 21 von den jeweils zugeordneten Düsen 11 wegbewegt werden (vgl. Pfeile), während der mittlere Piezo-Biegewandler 2 weiter infolge der mechanischen Spannungen zurückschnellt, so dass dessen freies Ende 21 zu der zugeordneten Düse 11 hin bewegt wird (vgl. Pfeil). Die von dem mittleren Piezo-Biegewandler 2 zu den den äußeren Piezo-Biegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 hin verdrängte Flüssigkeit wird infolge der Auslenkungsbewegungen der äußeren Piezo-Biegewandler 2 von den zugeordneten Düsen 11 abgesaugt und tritt nicht aus den Düsen 11 aus. Es kommt daher nicht zu einer Verfälschung des Druckbildes.

[0036] In Figur 1e sind auch die Kompensationspulse abgeschlossen bzw. in der abklingenden Phase und die äußeren Piezo-Biegewandler 2 schnellen infolge der mechanischen Spannungen zurück, so dass deren freie Enden 21 zu den zugeordneten Düsen 11 hin bewegt werden (vgl. Pfeil). Infolge der geringeren Amplitude der Kompensationspulse bzw. einer geeigneten Abklingflanke führt die Rückschnellbewegung der äußeren Piezo-Biegewandler 2 nicht zu einer Überwindung der Oberflächenspannung an den zugeordneten Düsen 11 und damit nicht zu einem Tropfenaustritt.

[0037] Es werden konkrete Ausführungsbeispiele beschrieben.

[0038] Es wird ein Druckkopf mit Aktoren aus Piezokeramik verwendet. Ein Piezo-Biegewandler 2 hat eine Länge von 5 mm, eine Höhe von 0,32 mm und eine Breite von 0,4 mm. Die freie Länge beträgt 3,2 mm. Die Düsenplatte ist aus Silizium und weist eine Dicke von 400 µm auf. Der Düsendurchmesser beträgt 60 µm. Die Düsenkanallänge beträgt 380 µm. Der Abstand zwischen der Lamelle, d.h. dem Piezo-Biegewandler in Ruhelage, und der Düsenplatte beträgt 20 µm. Als Testmedium zum Verdrucken wird Diethylsuccinat verwendet.

[0039] Gemäß einer Ausführungsform arbeitet die Ansteuerung mit den folgenden Pulsen:

Auslösepuls:

Impulsbreite 50 µs, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V,

Kompensationspuls:

Impulsbreite 17 µs, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V,

Zeitverzögerung zum Auslöseimpuls: 67 µs

[0040] Gemäß einer anderen Ausführungsform arbeitet die Ansteuerung mit den folgenden Pulsen:

Auslösepuls:

Impulsbreite 50 μ s, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V

Kompensationspuls:

Impulsbreite 7 μ s, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V,
Zeitverzögerung zum Auslöseimpuls: 64 μ s

[0041] Aus den Figuren 2a bis 2d ist das Prinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß der alternativen Ausführungsform ersichtlich. Jede der Figuren zeigt schematisch einen Ausschnitt eines Piezo-Biegewandlers Drop-on-Demand Druckkopfes. In einer Düsenplatte 1 sind in Reihe drei senkrecht zur Plattenebene verlaufende Düsen 11 vorgesehen. Parallel zu der Düsenplatte 1 sind drei Piezo-Biegewandler 2 in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, dass ihre nicht eingespannten freien Enden 21 jeweils einer der Düsen 11 gegenüberstehen.

[0042] Jeder der Piezo-Biegewandler 2 ist um eine parallel zu der Düsenplatte 1 bzw. senkrecht zu den Düsen 11 verlaufende Biegeachse biegebar.

[0043] Aus jeder der Figuren 2a bis 2d ist die Stellung der drei Piezo-Biegewandler 2 in einem anderen Stadium der Bewegungsfolge ersichtlich, die abläuft, wenn der mittlere der drei Piezo-Biegewandler 2 mit einem Auslösepuls beaufschlagt wird.

[0044] In Figur 2a sind alle drei Piezo-Biegewandler 2 in Ruhelage.

[0045] In Figur 2b ist der mittlere Piezo-Biegewandler 2 infolge des Einwirkens des Auslösepulses in der Auslenkbewegung, so dass dessen freies Ende 21 von der zugeordneten Düse 11 wegbewegt wird (vgl. Pfeil). Gleichzeitig sind die beiden äußeren Piezo-Biegewandler 2 mit dem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt und werden infolgedessen ausgelenkt, so dass deren freie Enden 21 zu den jeweils zugeordneten Düsen 11 hin bewegt werden (vgl. Pfeile). Dabei werden die beiden äußeren Piezo-Biegewandler 2 so weit zu den diesen zugeordneten Düsen 11 hin bewegt, dass die Düsen 11 gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Flüssigkeitskammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet werden.

[0046] In Figur 2c ist der Auslösepuls abgeschlossen, die auslenkende Spannung wirkt nicht mehr, und der mittlere Piezo-Biegewandler 2 schnellte infolge der beim Auslenken in der Struktur aufgebauten mechanischen Spannungen zurück, so dass das freie Ende 21 zu der zugeordneten Düse 11 hin bewegt wird (vgl. Pfeil). Dadurch wird an der dem mittleren Piezo-Biegewandler 2 zugeordneten Düse 11 der Tropfenausstoß bewirkt. Die beiden äußeren Piezo-Biegewandler 2 sind weiterhin mit dem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt. Deren freie Enden 21 werden infolgedessen weiter in einer Stellung nahe den jeweils zugeordneten Düsen 11 ge-

halten. Dabei werden die den beiden äußeren Piezo-Biegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 weiterhin gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Flüssigkeitskammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet. Infolgedessen kann die Rückschnellbewegung des mittleren Piezo-Biegewandlers 2 zwar zu einer Strömungsbewegung im Bereich der den äußeren Piezo-Biegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 führen, infolge der strömungsmechanischen Abschottung kommt es aber an diesen Düsen 11 nicht zu einem Tropfenausstoß.

[0047] In Figur 2d, ist der mittlere Piezo-Biegewandler 2 infolge der beim Auslenken in der Struktur aufgebauten mechanischen Spannungen vollständig in seine Ausgangslage zurückgeschnellt. Die beiden äußeren Piezo-Biegewandler 2 werden nicht mehr weiter mit dem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt und sind infolgedessen ebenfalls infolge der beim Auslenken in der Struktur aufgebauten mechanischen Spannungen vollständig in ihre Ausgangslagen zurückgeschnellt.

[0048] Aus Figur 3 ist schematisch der Aufbau eines erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandlers Drop-on-Demand Druckkopfes ersichtlich. Die Düsenplatte 1 und die Piezo-Biegewandler 2 betreffend entspricht der Aufbau der Darstellung gemäß Figuren 1a bis 1e, wobei mehr Düsen 11 und Piezo-Biegewandler 2 dargestellt sind. Jeder der Piezo-Biegewandler 2 ist über eine Signalleitung 4 an eine Steuervorrichtung 3 angeschlossen. Die Steuervorrichtung 3 ist so gestaltet, dass entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren mit jedem Auslösepuls zeitlich verzögert Kompensationspulse an die dem ausgelösten Piezo-Biegewandler 2 benachbarten Piezo-Biegewandler 2 abgegeben werden. Dies ist mit den Pfeilen entlang den Signalleitungen 4 angedeutet. Die Steuervorrichtung 3 ist als integrierte Schaltung ausgebildet.

[0049] Aus den Figuren 4a bis 4d, 5a und 5b sowie 6 sind unterschiedliche Typen von Piezo-Biegewandlern ersichtlich, die bei unterschiedlichen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandlers Drop-on-Demand Druckkopfes vorgesehen sind. Alle dargestellten Piezo-Biegewandler 2 sind jeweils in Seitenansicht mit dem eingespannten Ende auf der linken Seite dargestellt. Die Achse, um die der Piezo-Biegewandler 2 gebogen wird, verläuft jeweils senkrecht zur Zeichnungsebene.

[0050] Aus Figur 4a ist ein Piezo-Bimorph mit passiver Lage ersichtlich. Der Piezo-Biegewandler 2 besteht aus zwei Schichten von Piezokeramik, einer aktiven Lage 22 und einer passiven Lage 23. Nur an die aktive Lage 22 wird eine Spannung U angelegt, so dass deren Länge verändert wird. Da die Länge der passiven Lage 23 konstant bleibt, kommt es zu einer Biegung des Piezo-Biegewandlers 2.

[0051] Aus Figur 4b ist ein Piezo-Monomorph ersichtlich, bei dem die passive Lage 23 durch eine nicht aus Piezokeramik bestehende Lage 24 ersetzt ist.

[0052] Aus Figur 4c ist ein Piezo-Bimorph ersichtlich,

bei dem zwei aktive Lagen 22 vorhanden sind. Diese sind entgegengesetzt polarisiert und werden mit entgegengesetzt polarisierter Spannung U beaufschlagt, so dass sich die eine Lage verkürzt und die andere verlängert.

[0053] Aus Figur 4d ist ein Piezo-Trimorph ersichtlich, bei dem zwei aktive Lagen 22 vorhanden sind, zwischen denen eine nicht aus Piezokeramik bestehende Lage 24 angeordnet ist. Ein solcher Aufbau ermöglicht größere Auslenkungen bei gleicher Spannung U .

[0054] Aus Figur 5a ist ein Aufbau ersichtlich, bei dem der Quereffekt der Piezokeramik genutzt wird. Die Polarisierung der Piezokeramik verläuft in Richtung senkrecht zu den Lagen. Eine entlang dieser Polarisierung angelegte positive Spannung U bewirkt eine Dehnung des Materials in Polarisationsrichtung. Wegen der mechanischen Querkontraktion erfolgt gleichzeitig eine Kontraktion in Längsrichtung des Piezo-Biegewandlers 2, der wegen der starren anderen Schicht zur Biegung führt.

[0055] Aus Figur 5b ist ein Aufbau ersichtlich, bei dem der Längseffekt der Piezokeramik genutzt wird. Die Polarisierung der Piezokeramik verläuft in Längsrichtung des Piezo-Biegewandlers 2. Eine entlang dieser Polarisierung angelegte positive Spannung bewirkt eine Dehnung des Materials in Polarisationsrichtung. Wegen der starren anderen Schicht kommt es zur Biegung des Piezo-Biegewandlers 2.

[0056] Aus Figur 6 ist ein Mehrschichtaufbau einer Piezokeramiklage ersichtlich. Anstelle einer einheitlich polarisierten und an den zwei entgegengesetzten Enden mit Kontakten versehenen Schicht sind mehrere Schichten vorgesehen, die jeweils abwechselnd mit entgegengesetzter Polarisierung versehen sind. Zwischen den Schichten sind abwechselnd an den Plus- bzw. an den Minuspol angeschlossene Kontakte vorgesehen. Auf diese Weise wird bei geringer Baugröße ein großer Längseffekt der Piezokeramik erzielt.

[0057] Jede der aus den Figuren 4a bis 4d ersichtlichen Bauformen mit Längseffekt gemäß Figur 5a, ggf. Mehrschichtaufbau gemäß Figur 6, oder mit Quereffekt gemäß Figur 5b kann für die Piezo-Biegewandler des Piezo-Biegewandlers Drop-on-Demand Druckkopfes verwendet werden.

[0058] Aus den Figuren 7 und 8 ist ersichtlich, wie die dreipolige Kontaktierung eines als Bimorph aufgebauten Piezo-Biegewandlers 2 ausgebildet ist. Aus Figur 8 ist im Querschnitt ein Bimorph-Piezo-Biegewandler 2 mit dreipoliger Kontaktierung ersichtlich, der als Mehrschicht-Piezo-Biegewandler ausgebildet ist. Der Piezo-Biegewandler 2 weist eine obere und eine untere aktive Lage 22 auf.

[0059] Der Bimorph-Piezo-Biegewandler 2 ist über seine gesamte Dicke aus Schichten von Piezokeramik aufgebaut. Benachbarte Schichten sind jeweils mit entgegengesetzter Polarisierung versehen. Zwischen den Schichten sind jeweils Kontaktfolien 26 angeordnet. Jede zweite der Kontaktfolien 26 ist an dem einen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 an eine Massekontaktbrück-

ke angeschlossen. Die Massekontaktbrücke ist an den Massekontakt 27 angeschlossen, der an der Oberseite des Piezo-Biegewandlers 2 mit einem Abstand zu dem anderen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 angeordnet ist. Der Massekontakt 27 ist über eine Signalleitung 4 an die Steuervorrichtung 3 (hier nicht gezeigt) angeschlossen. Die übrigen Kontaktfolien 26 sind den beiden aktiven Lagen 22 zugeordnet. Im Bereich der oberen aktiven Lage 22 sind diese Kontaktfolien 26 an eine an dem anderen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 verlaufende Kontaktbrücke angeschlossen, die an einen ersten Signalkontakt 28 angeschlossen ist, der an der Oberseite des Piezo-Biegewandlers 2 nahe dem anderen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 angeordnet ist. Der erste Signalkontakt 27 ist über eine Signalleitung 4 an die Steuervorrichtung 3 (hier nicht gezeigt) angeschlossen. Im Bereich der unteren aktiven Lage 22 sind diese Kontaktfolien 26 an eine an dem anderen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 verlaufende weitere Kontaktbrücke angeschlossen, die an einen zweiten Signalkontakt 29 angeschlossen ist, der an der Unterseite des Piezo-Biegewandlers 2 nahe dem anderen Ende des Piezo-Biegewandlers 2 angeordnet ist. Der zweite Signalkontakt 29 ist über eine Signalleitung 4 an die Steuervorrichtung 3 (hier nicht gezeigt) angeschlossen.

[0060] Aus Figur 7 ist in perspektivischer Darstellung die räumliche Anordnung von Massekontakt 27, erstem Signalkontakt 28 und zweitem Signalkontakt 29 ersichtlich. Insbesondere ist ersichtlich, dass der Massekontakt 27 und der erste Signalkontakt 28 beide an der Oberseite des Piezo-Biegewandlers 2 angeordnet sind und gegeneinander isoliert sind.

[0061] Aus Figur 9 ist für einen Auslösepuls der zeitliche Verlauf der unmittelbar an der Piezokeramik anliegenden Spannung während der Auslenkphase, während der Phase des Zurückschnellens des Piezo-Biegewandlers und während der anschließenden Phase des Ausschlagens des Piezo-Biegewandlers ersichtlich.

[0062] Aus Figur 10a ist schematisch Aufbau und Anordnung eines erfindungsgemäß verwendeten Piezo-Zungenwandlers ersichtlich.

[0063] Aus Figur 10b ist schematisch Aufbau und Anordnung eines erfindungsgemäß verwendeten Piezo-Brückenwandlers ersichtlich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines Piezo-Druckkopfes zum Ausstoßen von Flüssigkeitstropfen im Drop-on-Demand-Betrieb, welcher Piezo-Druckkopf eine Düsenplatte mit in Reihe in einer einzigen Flüssigkeitskammer angeordneten Düsen und jeweils einen jeder Düse zugeordneten stabförmigen Piezo-Biegewandler aufweist, wobei jeder der Piezo-Biegewandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfen-ausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen be-

aufschlägt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Abschalten des Auslösepulses für den den Tropfenausstoß bewirkenden Piezo-Biegewandler benachbarte Piezo-Biegewandler mit einem gegenüber dem Auslösepuls schwächeren Impuls derart zeitverzögert beaufschlagt werden, dass diese eine zu der des den Tropfenausstoß bewirkenden Piezo-Biegewandlers gegenläufige Bewegung geringerer Auslenkung ausführen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der schwächere Impuls mit einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Amplitude ausgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der schwächere Impuls mit einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Dauer ausgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der geringeren Auslenkung abhängig ist von der Anzahl der zwischen den zu den auslösenden benachbarten Piezo-Biegewandlern befindlichen, den Tropfenausstoß bewirkenden Piezo-Biegewandlern.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Piezo-Biegewandler in zwei Gruppen zeitlich versetzt mit Auslösepulsen beaufschlagt werden, wobei nebeneinanderliegende Piezo-Biegewandler jeweils unterschiedlichen Gruppen zugeordnet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Piezo-Biegewandler in einer einzigen Gruppe mit unterschiedlichen Auslösepulsen beaufschlagt werden und die Auslösepulse der ausgelösten Piezo-Biegewandler davon abhängig sind, ob beide, einer oder keiner der benachbarten Piezo-Biegewandler ebenfalls ausgelöst wird bzw. werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei gleichzeitigem Auslösen einer Anzahl nebeneinanderliegender Piezo-Biegewandler diese mit einem Auslösepuls geringerer Amplitude beaufschlagt werden, als wenn eine kleinere Anzahl der nebeneinanderliegenden Piezo-Biegewandler gleichzeitig ausgelöst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** gleichzeitig ausgelöste, nebeneinanderliegende Piezo-Biegewandler mit Impulsen beaufschlagt werden, die eine sanft abfallende Flanke aufweisen.

9. Verfahren zum Ansteuern eines Piezo-Druckkopfes

zum Ausstoßen von Flüssigkeitstropfen im Drop-on-Demand-Betrieb, welcher Piezo-Druckkopf eine Düsenplatte mit in Reihe in einer einzigen Flüssigkeitskammer angeordneten Düsen und jeweils einen jeder Düse zugeordneten stabförmigen Piezo-Biegewandler aufweist, wobei jeder der Piezo-Biegewandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass jedem Auslösepuls zugeordnet jeder zu dem damit beaufschlagten benachbarte Piezo-Biegewandler mit einem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt wird derart, dass der benachbarte Piezo-Biegewandler zu der ihm zugeordneten Düse hin ausgelenkt wird zum Verschließen der Düse gegen Austritt von Flüssigkeit und für eine Dauer die Düse verschließend gehalten wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schließ-Steuerimpuls eine Amplitude hat, die höchstens ein Sechstel der Amplitude des Auslösepulses beträgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Inbetriebnahme des Piezo-Druckkopfes für jeden der Piezo-Biegewandler Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung der Schließ-Steuerimpulse mit einem Trimmverfahren ermittelt werden, bei dem für vorgesehene Konstellationen von Auslösepulsen die jeweils angelegten Schließ-Steuerimpulse hinsichtlich Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung variiert und unter Messen des Tropfenausstoß- bzw. Übersprechverhaltens optimiert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Trimmverfahren ausschließlich Dauer und/oder Zeitverzögerung der Schließ-Steuerimpulse variiert werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Trimmverfahren die Piezo-Biegewandler als Sensoren verwendet werden, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezo-Biegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezo-Biegewandler in diesen induziert werden, gemessen und zur Optimierung des Tropfenausstoß- bzw. Übersprechverhaltens ausgewertet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die benachbarten Piezo-Biegewandler im laufenden Betrieb mit Schließ-Steuerimpulsen beaufschlagt werden, für die Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung er-

mittelt werden, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezo-Biegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezo-Biegewandler in diesen induziert werden, gemessen und verarbeitet werden.

15. Piezo-Druckkopf zum Ausstoßen von Flüssigkeitstropfen im Drop-on-Demand-Betrieb, mit

- einer Düsenplatte (1) mit in Reihe in einer einzigen Flüssigkeitskammer angeordneten Düsen (11) und jeweils einem jeder Düse (11) zugeordneten stabförmigen Piezo-Biegewandler (2),
- einer Steuereinrichtung (3) zum Beaufschlagen der Piezo-Biegewandler (2) mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (3) nach dem Abschalten des Auslösepulses für einen den Tropfenausstoß bewirkenden Piezo-Biegewandler (2) zu diesem benachbarte Piezo-Biegewandler (2) mit einem gegenüber dem Auslösepuls schwächeren Impuls derart zeitverzögert beaufschlagt, dass diese eine zu der Bewegung des den Tropfenausstoß bewirkenden Piezo-Biegewandler (2) gegenläufige Bewegung ausführen.

16. Piezo-Druckkopf zum Ausstoßen von Flüssigkeitstropfen im Drop-on-Demand-Betrieb, mit

- einer Düsenplatte (1) mit in Reihe in einer einzigen Flüssigkeitskammer angeordneten Düsen (11) und jeweils einem jeder Düse (11) zugeordneten stabförmigen Piezo-Biegewandler (2),
- einer Steuereinrichtung (3) zum Beaufschlagen der Piezo-Biegewandler (2) mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (3) jedem Auslösepuls zugeordnet jeden zu dem damit beaufschlagten benachbarten Piezo-Biegewandler (2) mit einem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt, von dem der benachbarte Piezo-Biegewandler (2) zu der ihm zugeordneten Düse (11) hin ausgelenkt wird zum Verschließen der Düse (11) gegen Austritt von Flüssigkeit und für eine Dauer die Düse (11) verschließend gehalten wird.

17. Piezo-Druckkopf nach Anspruch 16, dadurch ge-

kennzeichnet, dass der Piezo-Biegewandler (2) mindestens dreipolig ist mit je zwei aktiven Lagen (22) aus Piezokeramik, und dass die Steuereinrichtung (3) die Auslösepulse an die eine aktive Lage (22) und die Schließ-Steuerimpulse an die andere aktive Lage (22) anlegt.

18. Piezo-Druckkopf nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezo-Biegewandler (2) als Piezo-Zungenwandler ausgebildet sind.

19. Piezo-Druckkopf nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezo-Biegewandler (2) als Piezo-Brückenwandler ausgebildet sind.

Claims

1. A method for controlling a piezo-pressure head for ejecting liquid droplets in a drop-on-demand operation, said piezo-pressure head including a jet plate with a row of jets located on a single liquid chamber and one bar-like piezo bending transducer each assigned to each jet whereby a sequence of trigger pulses is applied to each piezo bending transducer, said sequence corresponding to a desired print image and effecting a droplet ejection motion for each pulse respectively, **characterised in that,** after switching off the trigger pulse for the piezo bending transducer effecting the droplet ejection, a pulse weaker than the trigger pulse is applied to neighbouring piezo bending transducers with a delay such that they carry out an opposite motion of smaller deflection compared to the piezo bending transducer effecting the droplet ejection.
2. The method according to claim 1, **characterised in that,** the weaker impulse is carried out with a lesser amplitude when compared to the trigger pulse.
3. The method according to one of the claims 1 or 2, **characterised in that,** the weaker impulse is carried out with a lesser duration when compared to the trigger pulse.
4. The method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the amount of the smaller deflection is dependent on the number of piezo bending transducers which are located between the neighbouring triggering piezo bending transducers effecting the droplet ejection.
5. The method according to one of the claims 1 to 3,

characterised in that,

the trigger pulses are applied to two groups of piezo bending transducers, with a time delay between groups, whereby adjacent piezo bending transducers are assigned to different groups respectively.

6. The method according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that,**

differing trigger pulses are applied to piezo bending transducers in a single group and the trigger pulses of the triggered piezo bending transducers are dependent on whether both, one or none of the neighbouring piezo bending transducer(s) has or have been triggered.

7. The method according to claim 6, **characterised in that,**

for a simultaneous triggering of a number of adjacent piezo bending transducers, a trigger pulse of a smaller amplitude is applied than for the case where a smaller number of adjacent piezo bending transducers is triggered simultaneously.

8. The method according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that**

impulses are applied to simultaneously triggered, adjacent piezo bending transducers, said impulses having a gently falling edge.

9. A method for controlling a piezo-pressure head for ejecting liquid droplets in a drop-on-demand operation, said piezo-pressure head including a jet plate with a row of jets located on a single liquid chamber and one bar-like piezo bending transducer each assigned to each jet whereby a sequence of trigger pulses is applied to each piezo bending transducer, said sequence corresponding to a desired print image and effecting a droplet ejection motion for each pulse respectively,

characterised in that,

corresponding to each trigger pulse, a closing control impulse is applied to each neighbouring piezo bending transducer that received said trigger pulse such that the neighbouring piezo bending transducer is deflected towards the jet assigned to it in order to close the jet off against ejection of liquid and to keep the jet closed for a period of time.

10. The method according to claim 9, **characterised in that**

the closing control impulse has an amplitude which is no more than one sixth of the amplitude of the trigger pulse.

11. The method according to one of the claims 9 to 10, **characterised in that,**

prior to commissioning of the piezo print head, amplitude, duration and/or delay of the closing control

impulses are determined with a trimming procedure for each of the piezo bending transducers whereby, for available constellations of trigger pulses, the closing control impulses being activated at the time are varied in terms of amplitude, duration and/or delay and optimised based on measurements of the droplet ejection or the crosstalk behaviour.

12. The method according to claim 11, **characterised in that,**

during the trimming procedure, varying takes place exclusively for duration and/or delay of the closing control impulses.

13. The method according to one of the claims 11 or 12, **characterised in that,**

during the trimming procedure, the piezo bending transducers are used as sensors whereby voltages, which are induced into said sensors as a result of triggering a piezo bending transducer, the fluid motion triggered thereby and the deflection of the neighbouring piezo bending transducers, are measured and evaluated for the optimisation of the droplet ejection or the crosstalk behaviour.

14. The method according to one of the claims 9 or 13, **characterised in that**

closing control impulses are applied to the neighbouring piezo bending transducers while in operation, for which amplitude, duration and/or time delay are ascertained by measuring and processing the voltages which have been induced into them as a result of triggering a piezo bending transducer, the fluid motion resulting from that and the deflection of the neighbouring piezo bending transducers.

15. A piezo pressure head for ejecting liquid droplets in a drop-on-demand operation comprising

- a jet plate (1) with a row of jets (11) located on a single liquid chamber and one bar-like piezo bending transducer (2) each assigned to one jet (11) each,
- a control unit (3) for applying a relevant sequence of trigger pulses to the piezo bending transducer (2), said sequence corresponding to a desired print image and effecting a droplet ejection motion for each pulse respectively,

characterised in that,

after switching off the trigger pulse for the piezo bending transducer (2) effecting the droplet ejection, the control unit (3) applies a pulse weaker than the trigger pulse is applied to neighbouring piezo bending transducers (2) with a delay such that they carry out an opposite motion of smaller deflection compared to the piezo bending transducer (2) ef-

fecting the droplet ejection

16. The piezo pressure head for ejecting liquid droplets in a drop-on-demand operation comprising

- a jet plate (1) with a row of jets (11) located on a single liquid chamber and one bar-like piezo bending transducer (2) each assigned to one jet (11) each,
- a control unit (3) for applying a relevant sequence of trigger pulses to the piezo bending transducer (2), said sequence corresponding to a desired print image and effecting a droplet ejection motion for each pulse respectively,

characterised in that,

corresponding to each trigger pulse, a closing control impulse is applied by the control unit (3) to each neighbouring piezo bending transducer (2) that received said trigger pulse, by which the neighbouring piezo bending transducer (2) is deflected towards the jet (11) assigned to it in order to close the jet (11) off against ejection of liquid and to keep the jet (11) closed for a period of time.

17. The piezo pressure head according to claim 16, **characterised in that**

the piezo bending transducer (2) has at least three poles with two active layers (22) of piezo ceramics, and that the control unit (3) sends the trigger pulses to one active layer (22) and the closing control impulses to the other active layer (22).

18. The piezo pressure head according to one of the claims 16 or 17, **characterised in that**

the piezo bending transducers (2) are designed as piezoelectric reed transducers.

19. The piezo pressure head according to one of the claims 16 or 17, **characterised in that**

the piezo bending transducers (2) are designed as piezoelectric bridge transducers.

Revendications

1. Procédé pour la commande d'une tête d'impression piézoélectrique pour l'éjection de gouttes de liquide à la demande, la tête d'impression piézoélectrique présentant une plaque de buses comportant des buses alignées dans une chambre de liquide unique et respectivement un transducteur piézoélectrique sollicité en flexion ayant la forme d'une barre et associé à chaque buse, l'un des transducteurs piézoélectriques recevant une séquence d'impul-

sions de déclenchement correspondant à l'image d'impression souhaitée et provoquant respectivement un déplacement d'éjection de gouttes, **caractérisé en ce qu'**

après la désactivation de l'impulsion de déclenchement pour le transducteur piézoélectrique sollicité en flexion provoquant l'éjection de gouttes, des transducteurs voisins piézoélectriques sollicités en flexion sont alimentés par une impulsion plus faible que l'impulsion de déclenchement de manière décalée dans le temps de sorte que ces derniers exécutent un mouvement de déviation plus faible qui est opposé à celui du transducteur piézoélectrique sollicité en flexion provoquant l'éjection de gouttes.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'impulsion plus faible est exécutée avec une amplitude plus faible comparé à l'impulsion de déclenchement.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce que

l'impulsion plus faible est exécutée avec une durée plus courte comparé à l'impulsion de déclenchement.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

l'ampleur de la plus faible déviation dépend du nombre des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion provoquant l'éjection de gouttes, lesquels se trouvent entre les transducteurs piézoélectriques voisins aux transducteurs piézoélectriques déclencheurs sollicités en flexion.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

les transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion répartis en deux groupes reçoivent des impulsions de déclenchement décalées dans le temps, des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion disposés les uns à côté des autres étant associés à des groupes différents.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que

les transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion réunis en un seul groupe reçoivent des impulsions de déclenchement différentes et les impulsions de déclenchement des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion déclenchés dépendent du fait si les deux, un ou aucun des transducteurs piézoélectriques voisins sollicités en flexion sont ou est également déclenché(s).

7. Procédé selon la revendication 6,

caractérisé en ce qu'

en cas de déclenchement simultané de transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion disposés les uns à côté des autres, ceux-ci reçoivent une impulsion de déclenchement de plus faible amplitude que si un plus petit nombre des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion disposés les uns à côté des autres sont déclenchés simultanément.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**

des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion disposés les uns à côté des autres déclenchés simultanément reçoivent des impulsions qui présentent un flanc en pente douce.

9. Procédé pour la commande d'une tête d'impression piézoélectrique pour l'éjection de gouttes de liquide à la demande, la tête d'impression piézoélectrique présentant une plaque de buses comportant des buses alignées dans une chambre de liquide unique et respectivement un transducteur piézoélectrique sollicité en flexion ayant la forme d'une barre et associé à chaque buse, l'un des transducteurs piézoélectriques reçoit une séquence d'impulsions de déclenchement correspondant à l'image d'impression souhaitée et provoquant respectivement un déplacement d'éjection de gouttes, **caractérisé en ce qu'**

en association à chaque impulsion de déclenchement, chaque transducteur piézoélectrique sollicité en flexion et voisin du transducteur piézoélectrique sollicité en flexion et alimenté par l'impulsion de déclenchement reçoit une impulsion de commande de fermeture de sorte que le transducteur piézoélectrique sollicité en flexion est dévié en direction de la buse qui lui est associée pour fermer la buse afin d'éviter la sortie de liquide et **en ce que** la buse est maintenue fermée pour une certaine durée.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**

l'impulsion de commande de fermeture a une amplitude qui s'élève au plus à un sixième de l'amplitude de l'impulsion de déclenchement.

11. Procédé selon l'une des revendications 9 à 10, **caractérisé en ce qu'**

avant la mise en service de la tête d'impression piézoélectrique, pour chacun des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion, l'amplitude, la durée et/ou le décalage dans le temps des impulsions de commande de fermeture sont déterminés par un procédé de compensation où pour des constellations prévues d'impulsions de déclenchement, les impulsions de commande appliquées respectives varient en fonction de l'amplitude, la durée et/ou le décalage dans le temps et sont optimisées en mesurant le comportement d'éjection de gouttes res-

pectivement de parasitage inductif.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que**

lors du procédé de compensation exclusivement la durée et/ou le décalage dans le temps des impulsions de commande d'ouverture varient.

13. Procédé selon l'une des revendications 11 ou 12, **caractérisé en ce que**

lors du procédé de compensation, les transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion sont utilisés comme capteurs dans le fait que des tensions, qui sont induites dans celui-ci à la suite du déclenchement d'un transducteur piézoélectrique sollicité en flexion, du mouvement de fluide provoqué et de la déviation des transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion voisins, sont mesurées et sont analysées pour l'optimisation du comportement d'éjection de gouttes respectivement de parasitage inductif.

14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce que**

les transducteurs piézoélectriques voisins reçoivent des impulsions de commande de fermeture pour lesquelles l'amplitude, la durée et/ou le décalage dans le temps sont déterminés dans le fait que des tensions, qui sont induites dans les transducteurs piézoélectriques voisins sollicités en flexion à la suite du déclenchement d'un transducteur piézoélectrique sollicité en flexion, du mouvement de fluide en décollant et de la déviation des transducteurs piézoélectriques voisins sollicités en flexion, sont mesurées et sont traitées.

15. Tête d'impression piézoélectrique pour l'éjection de gouttes de liquide à la demande, comprenant

- une plaque de buse (1) avec des buses (11) disposées alignées dans une chambre de liquide unique et respectivement un transducteur piézoélectrique (2) sollicité en flexion associé à chaque buse (11),
- un dispositif de commande (3) pour la transmission aux transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion (2) d'une séquence correspondant à l'image d'impression souhaitée d'impulsions de déclenchement provoquant respectivement un mouvement d'éjection de gouttes,

caractérisée en ce qu'

après la déconnexion de l'impulsion de déclenchement pour un transducteur piézoélectrique (2) sollicité en flexion, provoquant l'éjection de gouttes le dispositif de commande (3) envoie à ce transducteur piézoélectrique (2) voisin sollicité en flexion

une impulsion plus faible que l'impulsion de déclenchement décalée dans le temps de sorte que ces transducteurs exécutent un mouvement opposé au mouvement du transducteur piézoélectrique (2) sollicité en flexion provoquant l'éjection de gouttes. 5

16. Tête d'impression piézoélectrique pour l'éjection de gouttes de liquide à la demande, comprenant

- une plaque de buse (1) avec des buses (11) disposées alignées dans une chambre de liquide unique et respectivement un transducteur piézoélectrique (2) sollicité en flexion associé à chaque buse (11), 10
15
- un dispositif de commande (3) pour la transmission aux transducteurs piézoélectriques sollicités en flexion (2) d'une séquence correspondant à l'image d'impression souhaitée d'impulsions de déclenchement provoquant respectivement un mouvement d'éjection de gouttes, 20

caractérisée en ce que

le dispositif de commande (3) envoie à chaque transducteur piézoélectrique voisin (2) sollicité en flexion et associé à l'impulsion de déclenchement, une impulsion de commande de fermeture qui dévie le transducteur piézoélectrique voisin (2) sollicité en flexion en direction de la buse (11), qui lui est associée, pour fermer la buse (11) afin d'éviter une sortie de liquide, et qui maintient la buse (11) fermée pour une durée. 25
30

17. Tête d'impression piézoélectrique selon la revendication 16, 35

caractérisée en ce que

le transducteur piézoélectrique (2) sollicité en flexion est au moins tripolaire avec respectivement deux couches actives (22) en piézocéramique et **en ce que** le dispositif de commande (3) applique les impulsions de déclenchement à l'une des couches actives (22) et les impulsions de commande de fermeture à l'autre couche active (22). 40

18. Tête d'impression piézoélectrique selon l'une des revendications 16 ou 17, 45

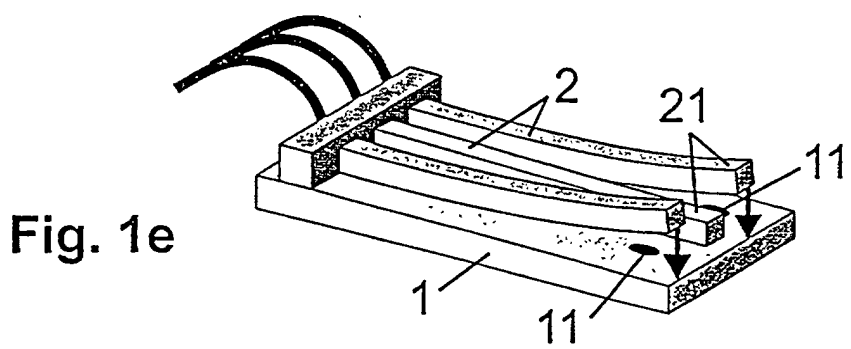
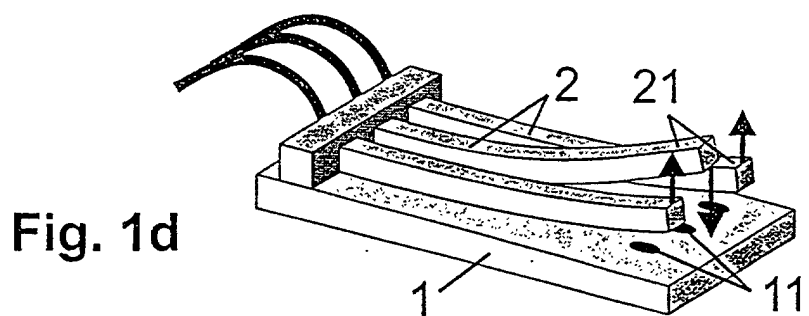
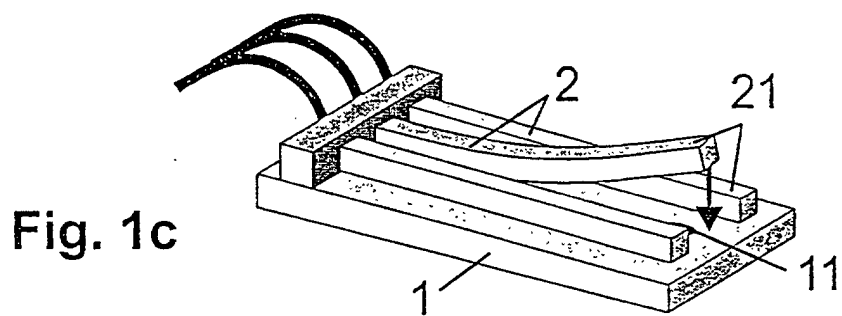
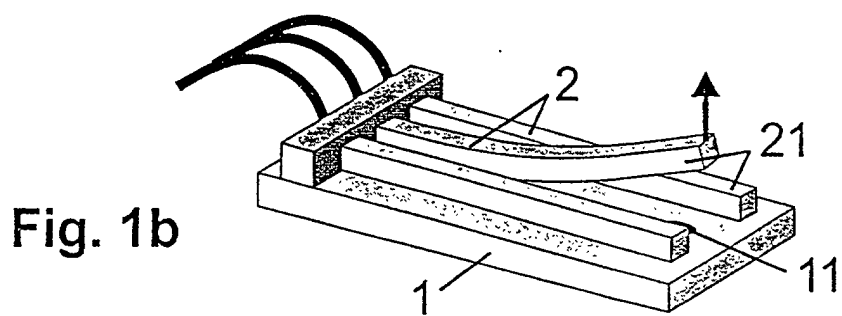
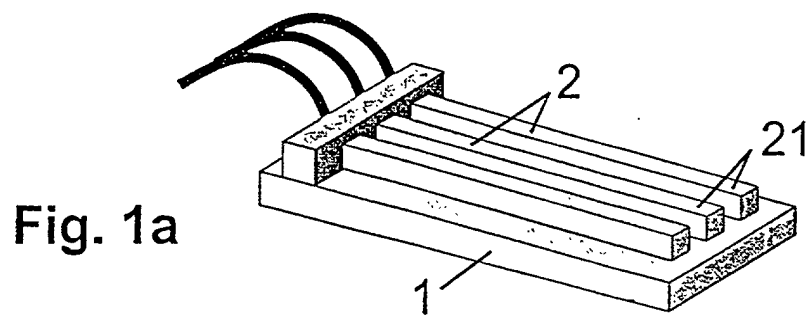
caractérisée en ce que

les transducteurs piézoélectriques (2) sollicités en flexion sont réalisés comme des transducteurs piézoélectriques à lames. 50

19. Tête d'impression piézoélectrique selon l'une des revendications 16 ou 17,

caractérisée en ce que

les transducteurs piézoélectriques (2) sollicités en flexion sont réalisés comme des transducteurs piézoélectriques à pont. 55



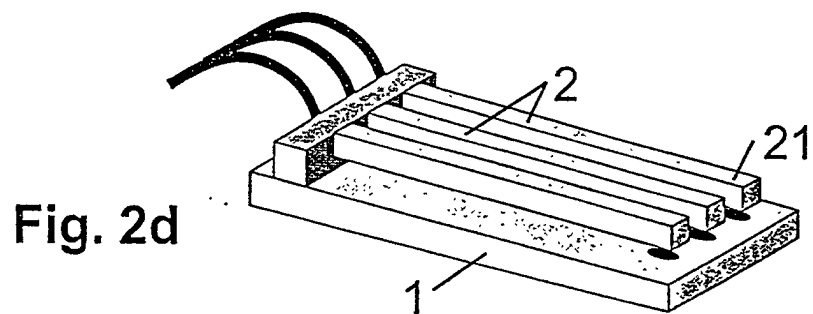
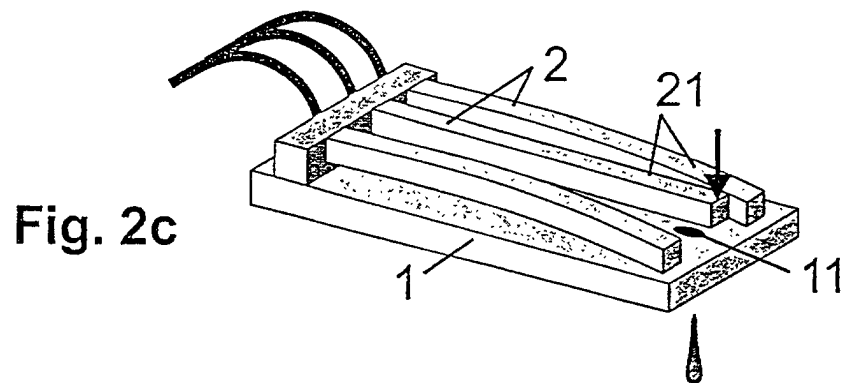
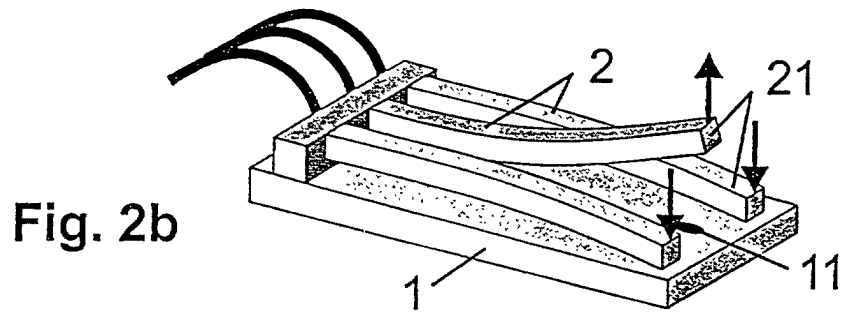
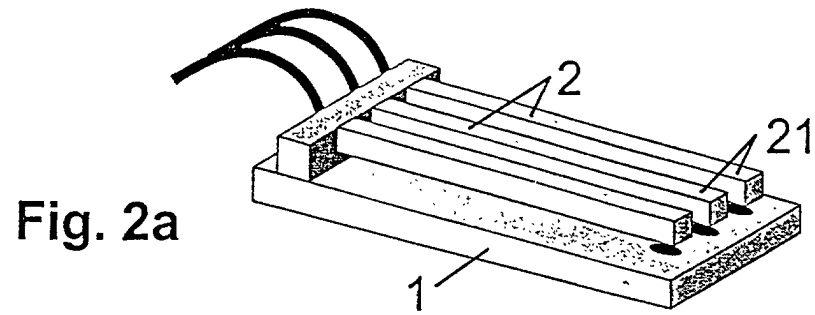


Fig. 3

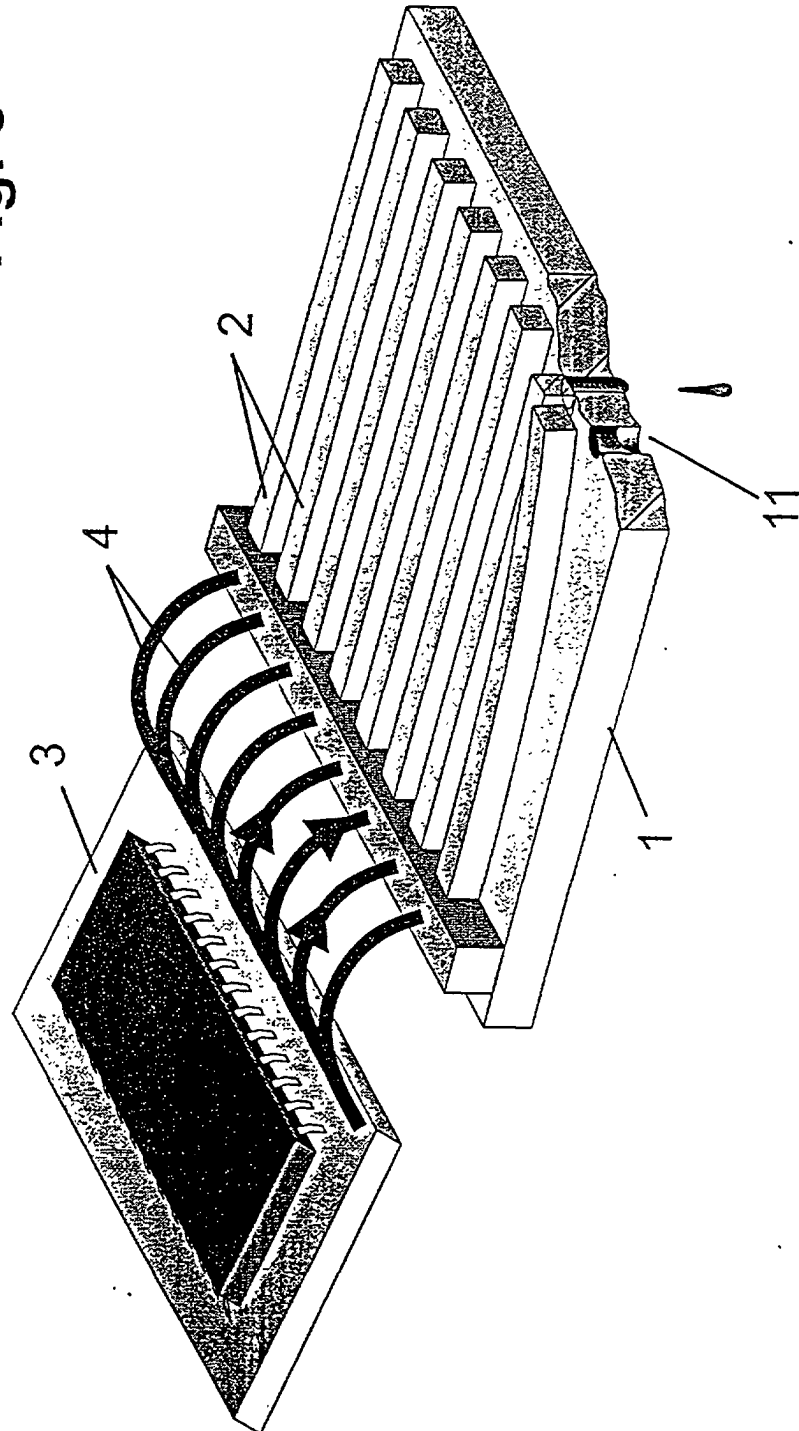


Fig. 4a

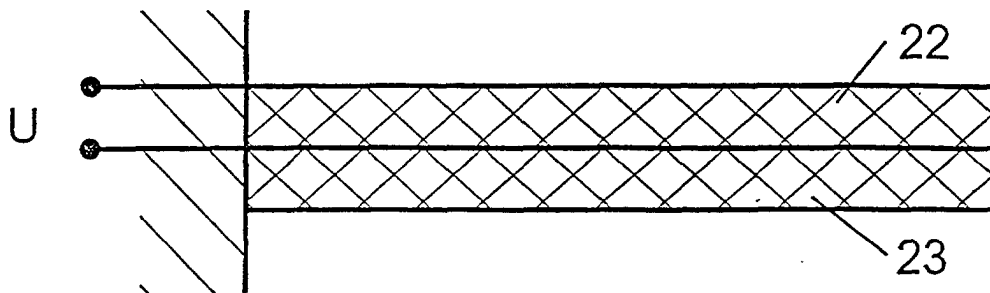


Fig. 4b

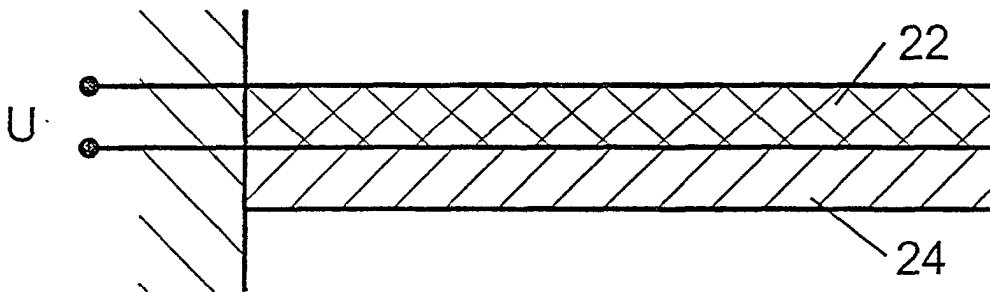


Fig. 4c

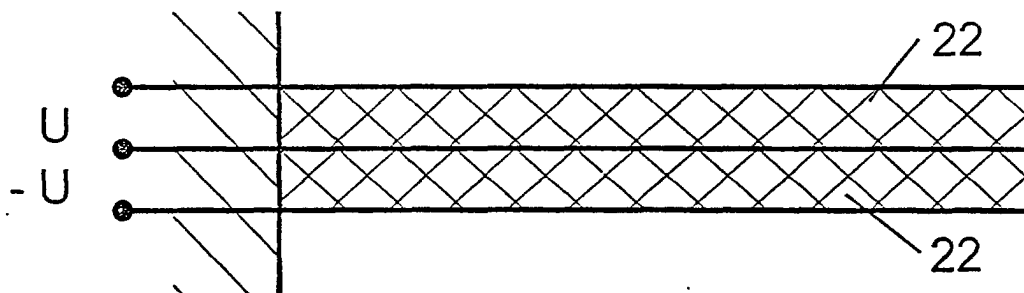
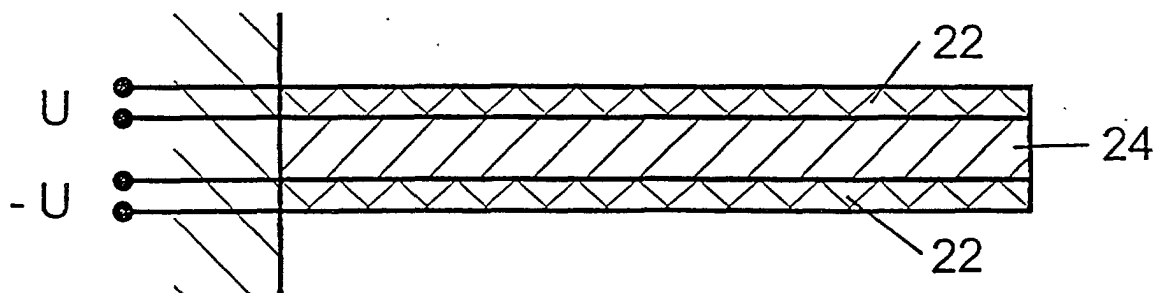


Fig. 4d



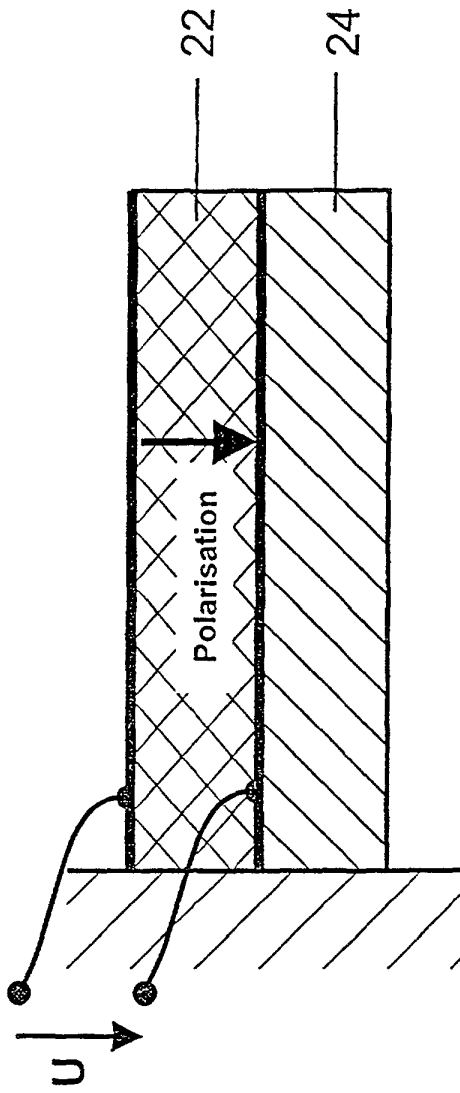


Fig. 5a

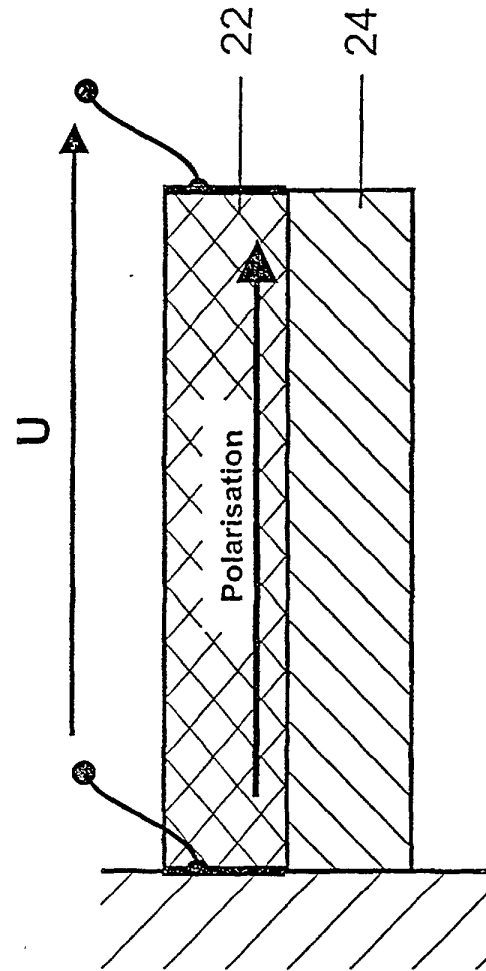


Fig. 5b

Fig. 6

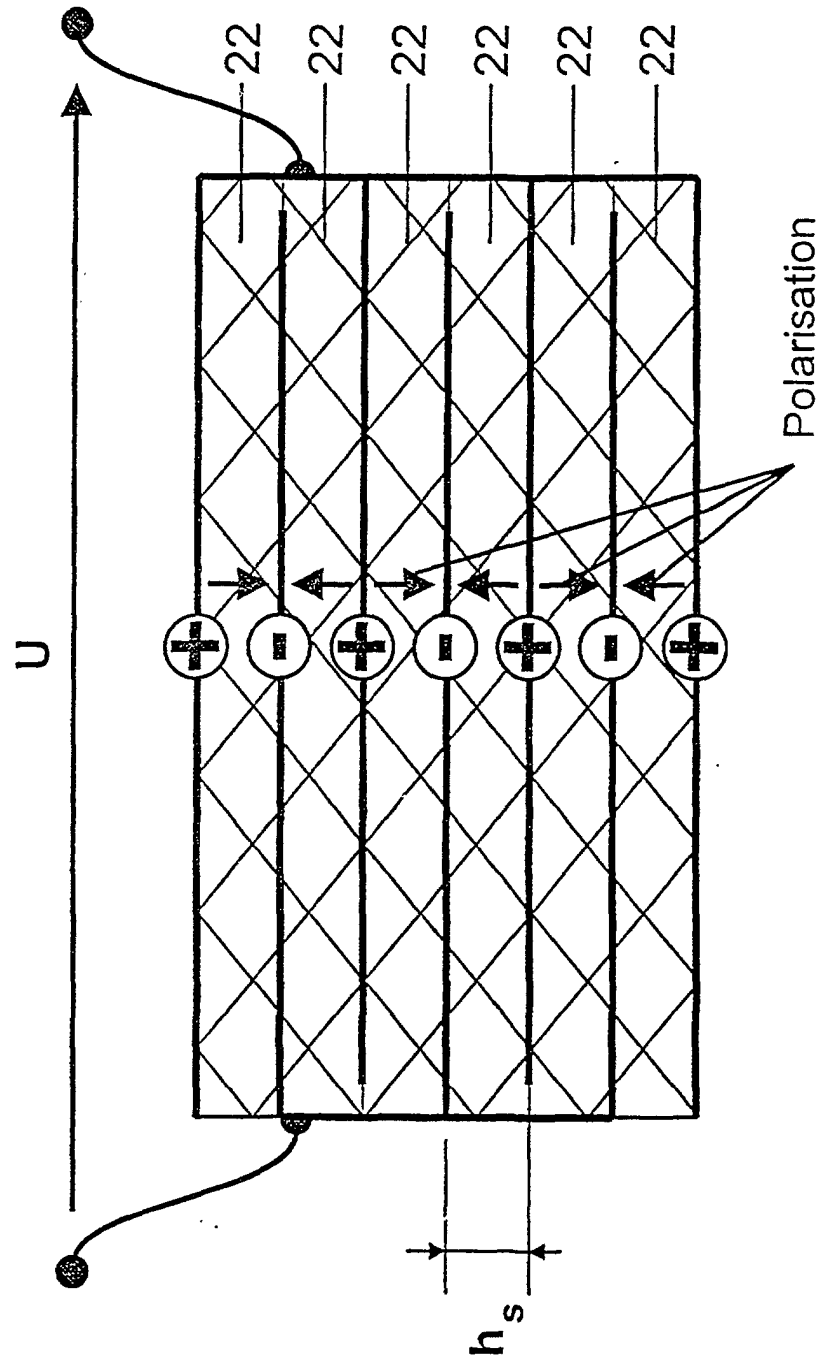
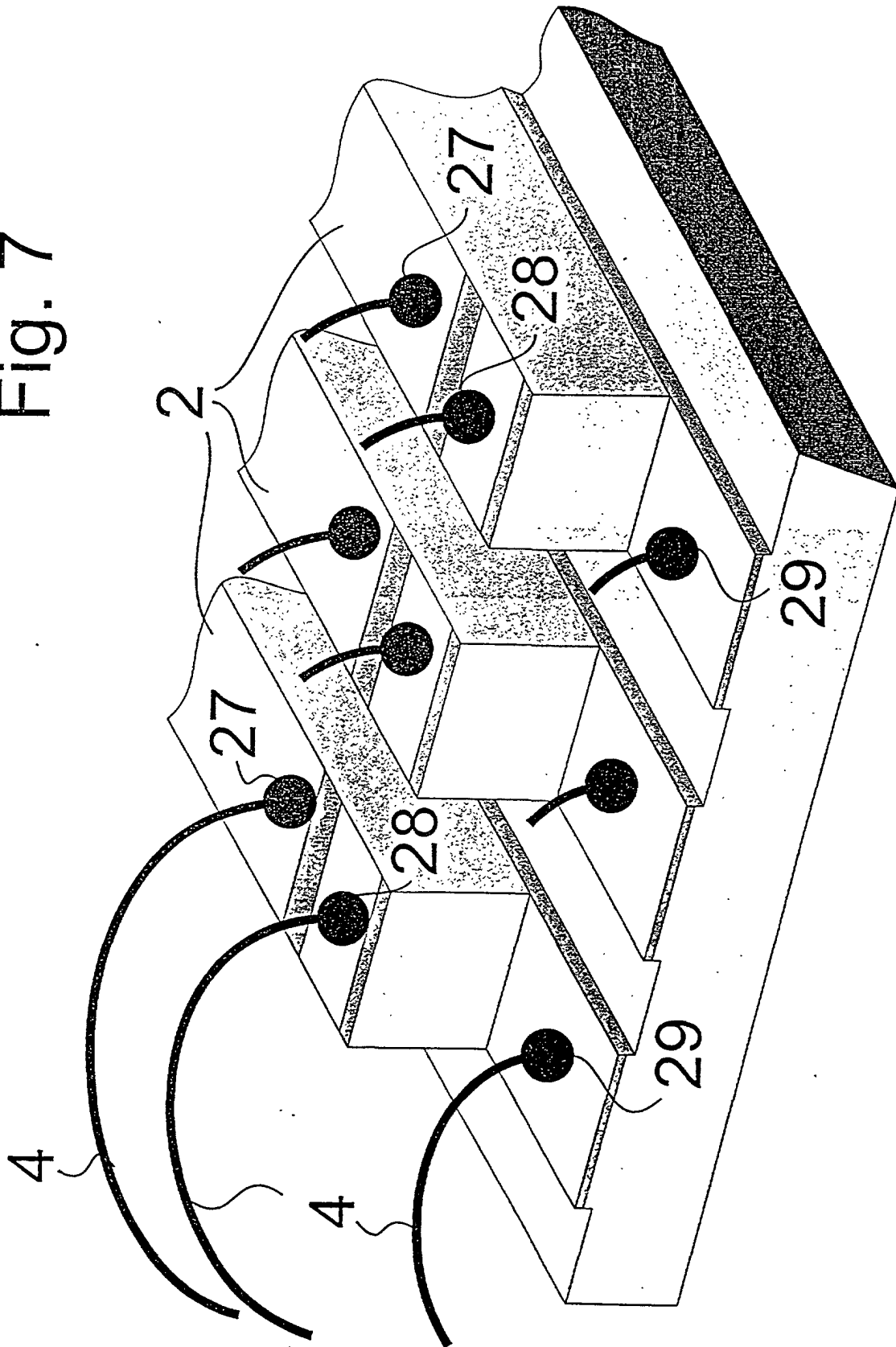


Fig. 7



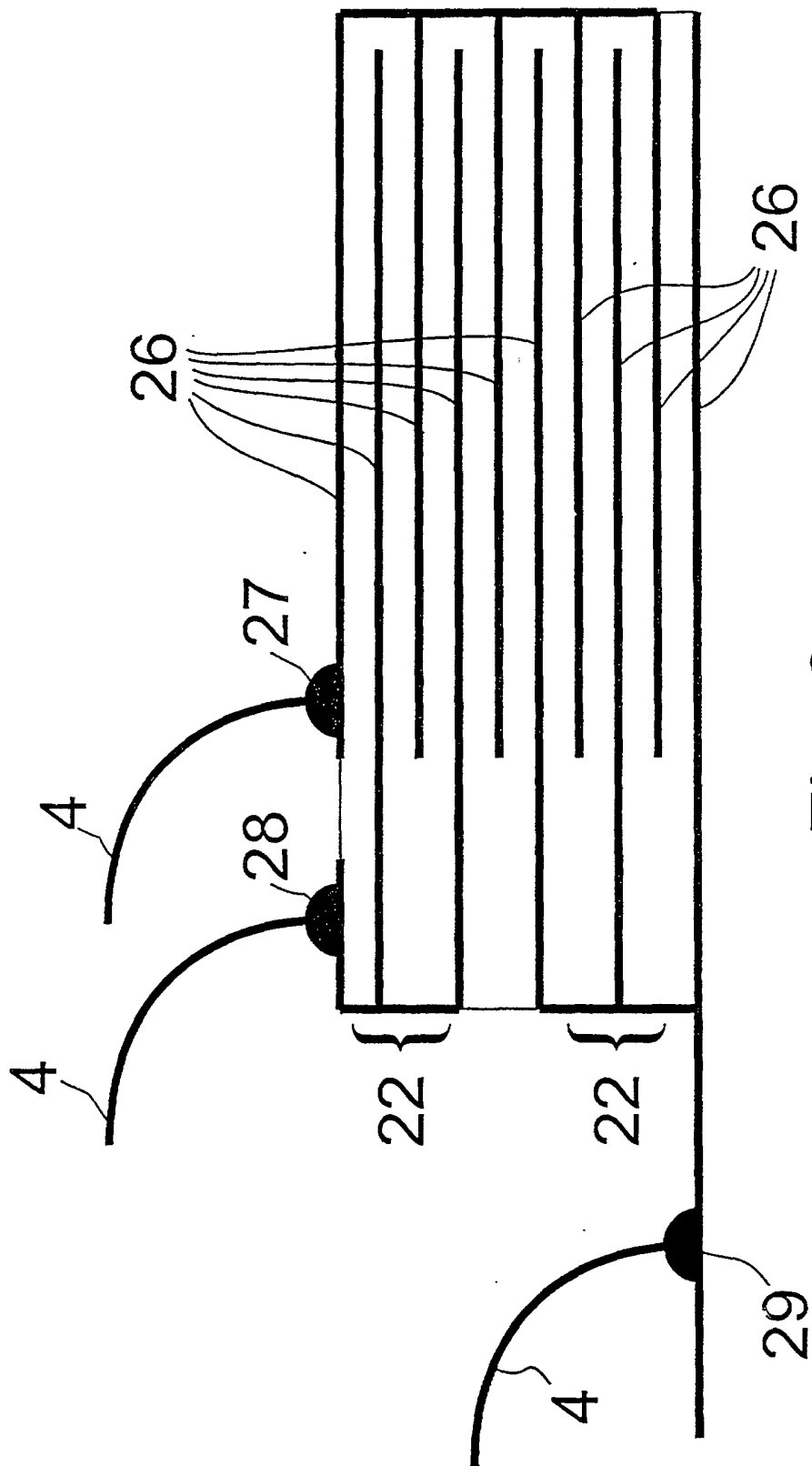
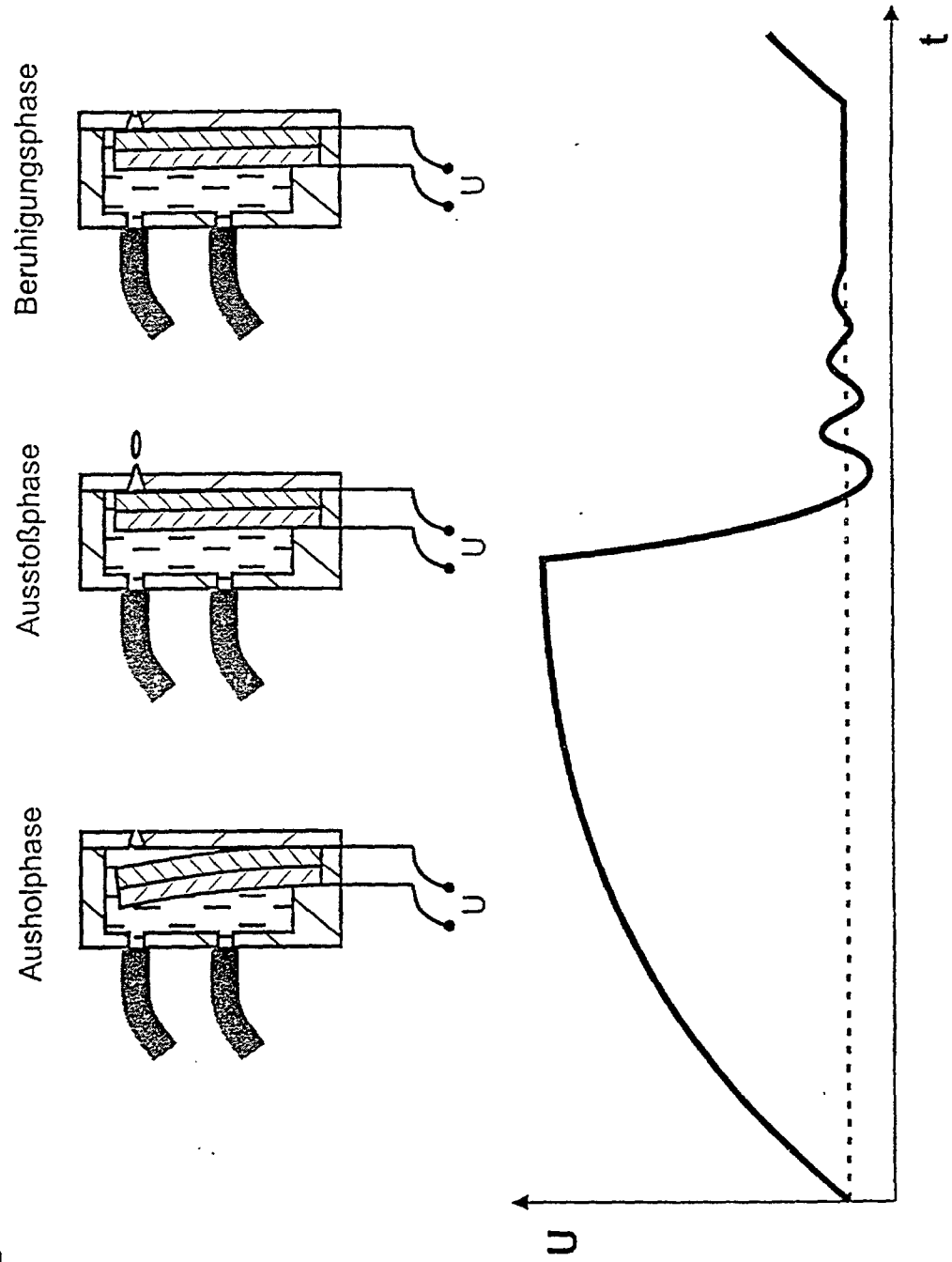


Fig. 8

Fig. 9



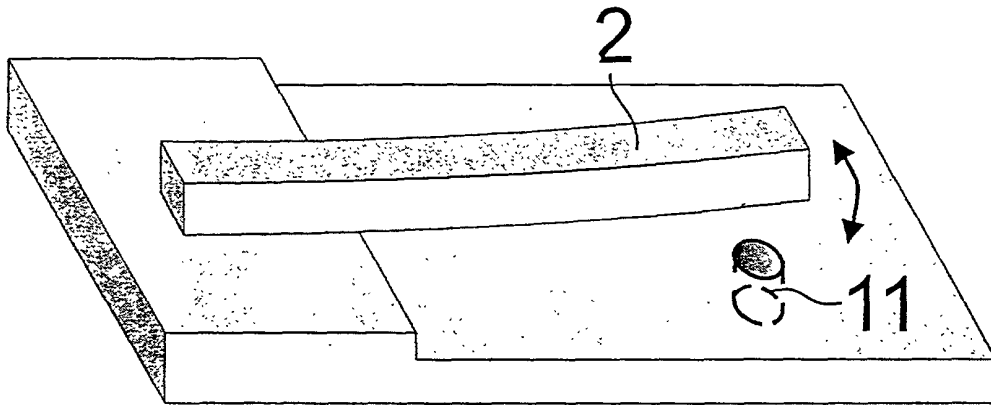


Fig. 10 A

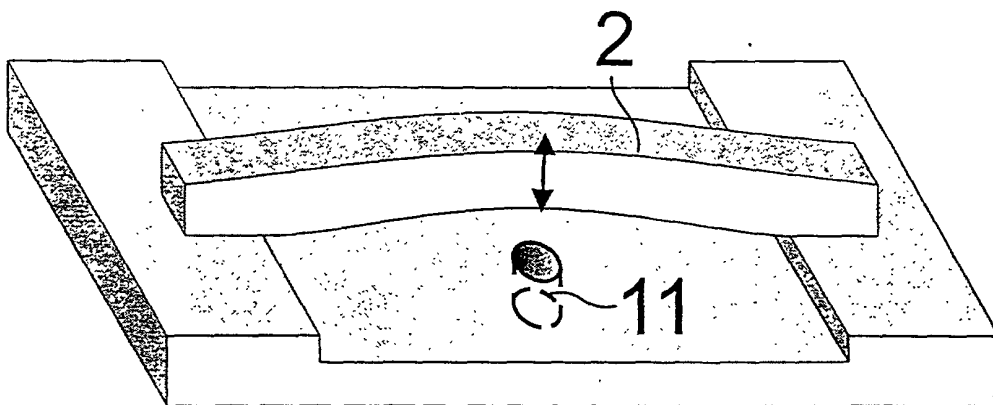


Fig. 10 B