

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 036 660 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.09.2000 Patentblatt 2000/38

(51) Int. Cl.⁷: **B41J 2/045**

(21) Anmeldenummer: **00105211.7**

(22) Anmeldetag: **13.03.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

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

(71) Anmelder: **Tally GmbH
89275 Elchingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Heinzl, Joachim,
Professor Dr.-Ing.
81549 München (DE)**
• **Ederer, Ingo, Dipl.-Ing.
81369 München (DE)**
• **Seitz, Hermann, Dipl.-Ing.
87764 Legau (DE)**

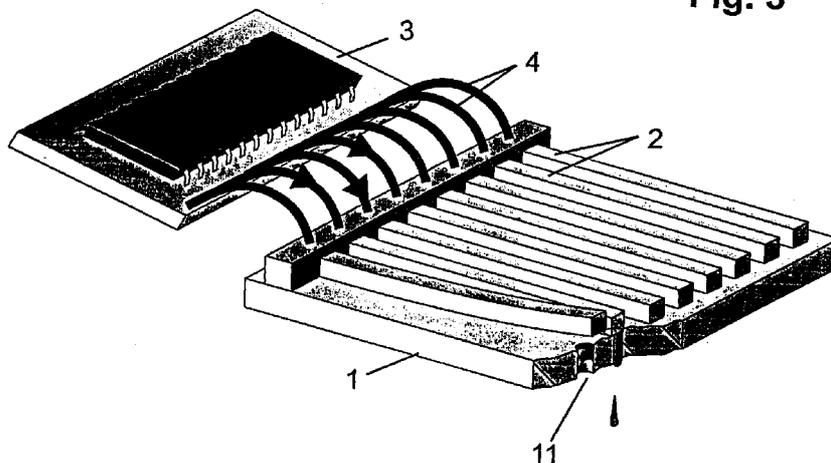
(74) Vertreter:
**Flaig, Siegfried, Dipl.-Ing.
Mendelstrasse 12
47239 Duisburg (DE)**

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

(57) Die Erfindung betrifft einen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf sowie ein Verfahren zu dessen Ansteuerung. Nach dem Verfahren wird jeder der Piezobiegewandler eines Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt, und jedem Auslösepuls zugeordnet wird jeder dem von dem Auslösepuls ausgelösten Piezobiegewandler benachbarte Piezobiegewandler mit einem diesen auslenkenden Kompensationspuls beauf-

schlagt. Der Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf weist eine Düsenplatte (1) mit in Reihe angeordneten Düsen (11), denen jeweils ein Piezobiegewandler (2) zugeordnet ist, der unter Ausstoßen eines Tropfens aus der jeweiligen Düse (11) mit einem Auslösepuls beaufschlagbar ist, und eine Steuervorrichtung (3) auf, von der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren jeder der Piezobiegewandler (2) mit Auslösepulsen und Kompensationspulsen beaufschlagbar ist.

Fig. 3



EP 1 036 660 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Tropfenerzeuger mit in Reihe angeordneten Düsen, denen zum Ausstoßen von Tropfensequenzen jeweils ein piezoelektrischer Biegewandler zugeordnet ist (Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf) sowie ein Verfahren zur Ansteuerung eines Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes.

[0002] Ein herkömmlicher Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf ist aus der DE 25 27 647 C3 bekannt. In einer Düsenplatte ist eine Reihe von senkrecht zur Plattenebene verlaufenden Düsen vorgesehen. Parallel zu der Düsenplatte sind Piezobiegewandler in Gestalt einer einseitig eingespannten langgestreckten Zunge, sogenannte Piezozungenwandler, in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, daß ihre nicht eingespannten freien Enden jeweils einer der Düsen gegenüberstehen. Jeder der Piezobiegewandler ist als Piezobimorph ausgeführt, der eine parallel zu der Düsenplatte bzw. senkrecht zu den Düsen verlaufende Biegeachse aufweist. 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 Piezobiegewandler nach Möglichkeit mit ihrer Breite die ganze zugeordnete Düse abdecken. Bei enger Düsenanordnung liegen daher die einander benachbarten Piezobiegewandler ebenso wie die diesen zugeordneten Düsen sehr eng beieinander. Die Betätigung eines Piezobiegewandlers hat infolgedessen auch eine Fluidströmung durch die den benachbarten Piezobiegewandlern 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.

[0004] Um das Problem des Übersprechens auszuschalten, wird gemäß DE 31 14 259 A1 eine spezielle Gestaltung der Düsen vorgeschlagen. Die Düsen haben an der von den Piezobiegewandlern abgewandten Seite der Düsenplatte einen Kreisquerschnitt mit einem von der gewünschten Tropfenform abhängigen Durchmesser. Zu der den Piezobiegewandlern zugewandten Seite hin erweitert sich die Düse trichterförmig, allerdings nicht rotationssymmetrisch, sondern nur in die Richtung parallel zu den Piezobiegewandlern. In Richtung senkrecht zu den Piezobiegewandlern hat die Düse eine konstante Weite, so daß die Düsen eng

nebeneinanderliegend angeordnet sein können.

[0005] Die Fertigung solcher Düsen erfordert allerdings einen hohen Aufwand. Ferner wird das Übersprechen mit diesen Düsen zwar deutlich, aber insbesondere bei Druckköpfen mit hohen Auflösungen noch nicht ausreichend reduziert.

[0006] Gemäß EP 0713 773 (Heinzl, Schullerus) wird daher vorgeschlagen, Trennwände zwischen den einzelnen Piezobiegewandlern vorzusehen. Dies führt zwar zu einem vollständigen Eliminieren des Übersprechens, erfordert aber einen enormen Aufwand bei Fertigung und Montage. Da zwecks Erhöhung der Druckauflösung stets ein sehr geringer Abstand benachbarter Düsen bzw. Piezobiegewandler angestrebt wird, müssen die Trennwände unter Einhaltung von extremen Toleranzen gefertigt und positioniert werden. Ferner führt die Flüssigkeitsreibung in den engen Spalten zwischen Piezobiegewandlern und Trennwänden zu erheblichen Einbußen bei der Geschwindigkeit der Wandlerbewegung und der Energie des ausgestoßenen Tropfens.

[0007] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, einen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf mit hoher Auflösung zu schaffen, der mit geringem Fertigungs- und Montageaufwand herstellbar ist und der ohne Übersprechen arbeitet.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst mit einem Verfahren zum Ansteuern eines Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes mit einer Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiegewandler zugeordnet ist, wobei jeder der Piezobiegewandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt wird. Jedem Auslösepuls zugeordnet wird jeder dem von dem Auslösepuls ausgelösten Piezobiegewandler benachbarte Piezobiegewandler mit einem diesen auslenkenden Kompensationspuls beaufschlagt.

[0009] Die Auslenkung des benachbarten Piezobiegewandlers durch den Kompensationspuls bewirkt lokal an der dem benachbarten Piezobiegewandler zugeordneten Düse eine Fluidbewegung. Diese Fluidbewegung wirkt der Fluidbewegung entgegen, die sich infolge des Auslösepulses und der Bewegung des ausgelösten Piezobiegewandlers unmittelbar an der dem benachbarten Piezobiegewandler zugeordneten Düse einstellt. Die Fluidbewegungen kompensieren einander gegenseitig ganz oder teilweise. Ein Tropfenausstoß an der dem benachbarten Piezobiegewandler zugeordneten Düse (Nachbardüse) kommt nicht zustande. Eine Verfälschung des Druckbildes wird verhindert. Die nachteiligen Wirkungen des Übersprechens werden somit ausgeschaltet.

[0010] Es sind keine Trennwände zwischen einander benachbarten Piezobiegewandlern oder spezielle Düsenformen erforderlich. Die Düsenplatte und die Wandung der Druckerammer können einfach gestaltet

sein. Fertigungs- und Montagekosten werden somit gering gehalten.

[0011] Ferner können einander benachbarte Piezobiegewandler so eng nebeneinander angeordnet werden, wie es die Düsenbreite gestattet. Es kann daher ein Druckkopf mit einer sehr hohen Auflösung erreicht werden.

[0012] Die engen Spalte zwischen dem Piezobiegewandler und den herkömmlich vorgesehenen Trennwänden entfallen. Während einer Aushol- oder Rückstellbewegung des Piezobiegewandlers kann somit das Nachströmen von Druckflüssigkeit seitlich vorbei an dem Piezobiegewandler schneller erfolgen. Ein weiterer Tropfenausstoß wird somit in kürzerem zeitlichen Abstand zu dem vorangehenden möglich. Die Druckfrequenz kann erhöht werden.

[0013] Erfindungsgemäß ist es möglich, daß die Piezobiegewandler mit Auslösepulsen beaufschlagt werden, die eine Auslenkung des Piezobiegewandlers zu der zugeordneten Düse hin bewirken. Bevorzugt werden die Piezobiegewandler jedoch mit Auslösepulsen beaufschlagt, die eine Auslenkung des Piezobiegewandlers von der zugeordneten Düse weg bewirken. Die eigentliche Tropfenausstoßbewegung des Piezobiegewandlers 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.

[0014] Bevorzugt wird jeder der benachbarten Piezobiegewandler mit einem Kompensationspuls einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Amplitude beaufschlagt. Damit wird erreicht, daß sich nicht aufgrund des Kompensationspulses selbst, entweder bei der Auslenk- oder bei der Rückschnellbewegung des benachbarten Piezobiegewandlers, ein Tropfenausstoß an der Nachbardüse einstellt. Ferner wird verhindert, daß der Fluidbewegung soviel Energie entzogen wird, daß es an der dem ausgelösten Piezobiegewandler zugeordneten Düse nicht mehr zu einem Tropfenausstoß kommt. Bevorzugt wird ein Kompensationspuls einer Amplitude von 10 bis 40 %, weiter bevorzugt von einem Drittel der Amplitude des Auslösepulses aufgebracht.

[0015] Bevorzugt werden die benachbarten Piezobiegewandler mit einem Kompensationspuls einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Dauer beaufschlagt. Mit einer geringeren Pulsdauer kann ebenso wie mit einer geringeren Amplitude der angelegten Spannung erreicht werden, daß die Auslenkungsamplitude des Piezobiegewandlers bei dem Kompensationspuls geringer ist als bei dem Auslösepuls. Somit können auch dadurch unerwünschter Tropfenausstoß aus der Nachbardüse und unerwünscht hoher fluidmechanischer Energieentzug vermieden werden. Im Vergleich zur geringeren Amplitude hat die geringere Pulsdauer den Vorteil, daß der Piezobiegewandler sowohl bei den

Auslösepulsen als auch bei den Kompensationspulsen mit ein und derselben Spannung betrieben werden kann, auf die der Piezobiegewandler ausgelegt ist. Eine geringere Pulsdauer läßt sich ferner steuerungstechnisch sehr einfach verwirklichen.

[0016] Bevorzugt werden die benachbarten Piezobiegewandler jeweils zeitlich verzögert nach dem zugeordneten Auslösepuls mit dem Kompensationspuls beaufschlagt. Dadurch wird erreicht, daß sich die Fluidbewegung aufgrund des Auslösepulses und die Fluidbewegung aufgrund des Kompensationspulses zeitlich weitgehend überschneiden und einander besonders gut kompensieren. Bevorzugt wird eine zeitliche Verzögerung von 60 bis 100 Mikrosekunden, besonders bevorzugt eine von 80 Mikrosekunden.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform ist es möglich, daß ein Kompensationspuls angelegt wird, von dem der benachbarte Piezobiegewandler in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt wird wie der ausgelöste Piezobiegewandler. Dazu kann entweder ein Kompensationspuls einer dem Auslösepuls entgegengerichteten Polarität angelegt werden. Oder die jeweils andere aktive Lage eines Bimorphen oder Trimorphen wird beaufschlagt. Wird der ausgelöste Piezobiegewandler zunächst von der diesem zugeordneten Düse weg bewegt und schnell dann zurück, bedeutet dies, daß der benachbarte Piezobiegewandler zunächst zu der diesem zugeordneten Düse hin ausgelenkt wird. Die eigentlich kompensierende Fluidbewegung wird dann durch das Zurückschnellen des benachbarten Piezobiegewandlers ausgelöst.

[0018] Gemäß einer anderen Ausführungsform wird der benachbarte Piezobiegewandler mit einem Kompensationspuls beaufschlagt, von dem der benachbarte Piezobiegewandler in die gleiche Richtung ausgelenkt, wie der ausgelöste Piezobiegewandler. Dies kann erfolgen, indem der benachbarte Piezobiegewandler mit einem Kompensationspuls der gleichen Polarität beaufschlagt wird wie der Auslösepuls. Wird der ausgelöste Piezobiegewandler zunächst von der diesem zugeordneten Düse weg bewegt und schnell dann zurück, wird also auch der benachbarte Piezobiegewandler zunächst von der diesem zugeordneten Düse weg ausgelenkt.

[0019] Erfindungsgemäß ist es möglich, daß unabhängig davon, wie viele Piezobiegewandler gleichzeitig ausgelöst werden und wie diese angeordnet sind, nur ein Typ von Kompensationspuls vorgesehen ist. Bevorzugt werden die den ausgelösten Piezobiegewandlern benachbarten Piezobiegewandler jedoch, wenn sie zwei ausgelösten Piezobiegewandlern benachbart sind, mit einem Kompensationspuls stärkerer Amplitude beaufschlagt als wenn sie nur einem ausgelösten Piezobiegewandler benachbart sind. Dadurch wird sichergestellt, daß eine ausreichende Kompensation der durch den Auslösepuls bewirkten Fluidbewegung in jeder Auslösekonstellation erfolgt.

[0020] Erfindungsgemäß ist es möglich, daß die

Piezobiegewandler in drei Gruppen zeitlich versetzt mit Auslösepulsen beaufschlagt werden, wobei jeweils jeder dritte Piezobiegewandler in der Reihe von Piezobiegewandlern derselben Gruppen angehört.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Piezobiegewandler in zwei Gruppen zeitlich versetzt mit Auslösepulsen beaufschlagt, wobei einander benachbarte Piezobiegewandler jeweils unterschiedlichen Gruppen angehören.

[0022] Auf diese Weise wird die Druckgeschwindigkeit erhöht. Indem zwei unterschiedliche Stärken von Kompensationspulsen vorgesehen werden, kann auch bei dieser Ausführungsform eine optimale Kompensation sichergestellt werden.

[0023] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform werden die Piezobiegewandler in einer einzigen Gruppe mit Auslösepulsen beaufschlagt und die ausgelösten Piezobiegewandler werden mit unterschiedlichen Auslösepulsen beaufschlagt, abhängig davon, ob beide, einer oder keiner der benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird/werden. Auf diese Weise kann die Druckgeschwindigkeit noch weiter erhöht werden. Die unterschiedlich starken Auslösepulse sorgen dafür, daß auch bei gleichzeitiger Auslösung einander benachbarter Piezobiegewandler ein gleichmäßiger Tropfen ausstoß aus allen Düsen erreicht wird.

[0024] Z.B. werden bei dieser Ausführungsform die Piezobiegewandler, wenn einer der jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird, mit einem Auslösepuls geringerer Amplitude beaufschlagt, als wenn keiner der jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird, und mit einem Auslösepuls noch geringerer Amplitude beaufschlagt, wenn beide jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst werden.

[0025] Erfindungsgemäß ist es möglich, daß die Kompensationspulse als Rechtecksignale vorgesehen sind. Vorzugsweise werden die benachbarten Piezobiegewandler jedoch mit Kompensationspulsen mit einer sanften abfallenden Flanke beaufschlagt. Dadurch wird erreicht, daß sich aufgrund der Bewegung der benachbarten Piezobiegewandler zu der Nachbardüse hin, d.h. je nach Polarität entweder bei der Auslenkung aufgrund des Kompensationspulses oder beim Zurückschnellen nach Einwirken des Kompensationspulses, kein Tropfen ausstoß an der Nachbardüse einstellt, sondern ein sanftes Abklingen der Strömungsbewegung erreicht wird.

[0026] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zum Ansteuern eines Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes mit einer Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiegewandler zugeordnet ist, vorgeschlagen, wobei jeder der Piezobiegewandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfen ausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt wird, und

jedem Auslösepuls zugeordnet jeder dem damit beaufschlagten Piezobiegewandler benachbarte Piezobiegewandler mit einem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt wird, von dem der Piezobiegewandler zu der zugeordneten Düse hin ausgelenkt und dort für eine Dauer während des Tropfen ausstoßes gehalten wird.

[0027] Die Auslenkung der benachbarten Piezobiegewandler und deren Festhalten bei den diesen zugeordneten Düsen sorgt dafür, daß die Düsen gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Druckkopfkammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet werden. Infolgedessen kann aus diesen Düsen kein Tropfen austreten. Eine Verfälschung des Druckbilds wird verhindert.

[0028] Bevorzugt werden die benachbarten Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandlers bereits eingetreten ist.

[0029] Erfindungsgemäß können die benachbarten Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandlern zweipoliger Bauart, d.h. Piezobimorph mit passiver Lage bzw. Monomorph. Da der Auslösepuls den Piezobiegewandler üblicherweise von der Düse weg auslenkt, sind Auslösepuls und Schließ-Steuerimpuls einander entgegengerichtet. Zweipolige Piezobiegewandler können aber eigentlich nur in einer Richtung, nämlich ihrer Vorzugsrichtung ausgelenkt werden. Bei geringer Amplitude ist aber auch bei zweipoligen Piezobiegewandlern eine Auslenkung gegen die Vorzugsrichtung möglich.

[0030] 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 Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes ein Trimmverfahren durchzuführen. D.h. für jeden der Piezobiegewandler wird vor Inbetriebnahme Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung von Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen 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 Tropfen ausstoß- bzw. Übersprechverhaltens optimiert werden. Auf diese Weise kann Herstellungsungenauigkeiten bzw. Inhomogenitäten der Piezokeramik Rechnung getragen werden. Der Kompensationspuls wird individuell an den einzelnen Piezo-

biegewandler angepaßt. Auf diese Weise kann auch bei vorhandenen Herstellungsungenauigkeiten ein gleichmäßiger Tropfenausstoß an allen Düsen bzw. Piezobiegewandlern sichergestellt werden. Wenn das Trimmverfahren nicht nur mit einzelnen Auslösepulsen sondern mit Puls kombinationen, d.h. gleichzeitigem Auslösen mehrerer Piezobiegewandler in unterschiedlichen Konstellationen durchgeführt wird, kann dabei auch Wechselwirkungen von Herstellungs- bzw. Materialungenauigkeiten mehrerer Piezobiegewandler Rechnung getragen werden.

[0031] 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 Piezobiegewandler ausschließlich bei den Spannungsamplituden betrieben werden, für die sie ausgelegt sind.

[0032] Erfindungsgemäß können die Messungen im Rahmen des Trimmverfahrens mit einer von den Piezobiegewandlern unabhängigen Vorrichtung durchgeführt werden. Bevorzugt werden bei dem Trimmverfahren die Piezobiegewandler als Sensoren verwendet, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezobiegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezobiegewandler in diesen induziert werden, gemessen und zur Optimierung des Tropfen ausstoß- 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.

[0033] Bevorzugt werden die den ausgelösten Piezobiegewandlern benachbarten Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezobiegewandler in diesen induziert werden, gemessen und verarbeitet werden. So dient ein benachbarter Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler als Aktor und um die ermittelte Zeitverzögerung nach dem Auslösepuls wird der entsprechende Kompensationspuls an den benachbarten Piezobiegewandler angelegt. Bei der Auswertung können Wechselwirkungen zwischen den an mehreren Piezobiegewandlern aufgenommenen Daten berücksichtigt werden. Ebenfalls kann berücksichtigt werden, welche Piezobiegewandler gleichzeitig beaufschlagt werden.

[0034] Durch einen solchen Abgleich der Pulse beim Betrieb können neben den Unregelmäßigkeiten des Tropfen ausstoßes, die durch Herstellungs- und Materialungenauigkeiten hervorgerufen sind, auch noch anders bedingte Unregelmäßigkeiten des Tropfen ausstoßes 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 Tropfen ausstoßes. 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.

[0035] Der laufende Abgleich beim Betrieb des Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes kann erfindungsgemäß anstelle des Trimmens oder neben dem Trimmen vor Inbetriebnahme erfolgen.

[0036] Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst mit einem Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf aufweisend eine Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiegewandler zugeordnet ist, der unter Ausstoßen eines Tropfens aus der jeweiligen Düse mit einem Auslösepuls beaufschlagbar ist, und eine Steuervorrichtung, von der jeder der Piezobiegewandler nach einem der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren mit Auslösepulsen und Kompensationspulsen beaufschlagbar ist.

[0037] Erfindungsgemäß ist es möglich, daß die Steuervorrichtung auf geeignete Weise ausgebildet ist, z.B. als Computer mit einer entsprechenden Steuer software. Bevorzugt ist die Steuervorrichtung als integrierter Schaltkreis ausgebildet.

[0038] Die Piezobiegewandler können erfindungsgemäß z.B. als an beiden Enden eingespannte langgestreckte Piezostreifen ausgebildet sein (Piezobrückenwandler). Bevorzugt sind die Piezobiegewandler als einseitig eingespannte langgestreckte Zungen ausgebildet (Piezozungenwandler). Weiter bevorzugt sind die den Piezozungenwandlern zugeordneten Düsen im Bereich der freien Enden der Piezozungenwandler angeordnet.

[0039] Die Piezobiegewandler können erfindungsgemäß 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.

[0040] Bevorzugt sind die Piezobiegewandler als Bimorphen mit zwei aktiven Lagen oder als Trimorphen ausgebildet und ist die Steuervorrichtung so ausgebil-

det, daß die benachbarten Piezobiegewandler in die entgegenetzte Richtung ausgelenkt werden wie der ausgelöste Piezobiegewandler, indem die jeweils andere aktive Lage des Piezowandlers mit dem Kompensationspuls beaufschlagt wird. Dadurch wird die Gefahr der Zerstörung des Piezobiegewandlers ausgeschaltet. Diese bestünde, wenn die Auslenkung des benachbarten Piezobiegewandlers 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.

[0041] Erfindungsgemäß können die Düsen z.B. so angeordnet sein, daß die Düsenachse parallel zu der Längsrichtung des Piezobiegewandlers verläuft und die Düse in der Verlängerung des Piezobiegewandlers angeordnet ist (Edgeshooter) Erfindungsgemäß können die Düsen z.B. auch so angeordnet sein, daß die Düsenachse senkrecht zu der Längsrichtung des Piezobiegewandlers und senkrecht zu dessen Biegeachse verläuft und die Düse im Bereich des freien Endes des Piezobiegewandlers angeordnet ist (Sideshooter).

[0042] Ferner wird ein Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf vorgeschlagen aufweisend eine Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiegewandler zugeordnet ist, der unter Ausstoßen eines Tropfens aus der jeweiligen Düse mit einem Auslösepuls beaufschlagbar ist, und eine Steuervorrichtung, von der jeder der Piezobiegewandler nach einem der Verfahren gemäß der alternativen Ausführungsform der Erfindung mit Auslösepulsen und Schließ-Steuerimpulsen beaufschlagbar ist.

[0043] Auch in diesem Fall können die oben beschriebenen Bautypen von Piezobiegewandlern bzw. Steuervorrichtung Verwendung finden.

[0044] In diesem Fall weist der Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf bevorzugt mindestens dreipolige Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandlers angelegt. Auf diese Weise wird erreicht, daß auch der Schließ-Steuerimpuls eine größere Amplitude aufweisen kann, ohne daß die Gefahr einer Zerstörung des Piezobiegewandlers besteht, wie dies bei einem Monomorphen der Fall wäre.

[0045] Erfindungsgemäß können auch Muster von Pulsen vorgesehen sein, bei denen nicht nur die einem ausgelösten Piezobiegewandler unmittelbar benachbarten Piezobiegewandler, sondern auch die übernächsten oder überübernächsten Piezobiegewandler mit Kompensationspulsen, Schließ-Steuerimpulsen oder modifizierten Auslösepulsen beaufschlagt werden.

[0046] 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 Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes bzw. eines erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

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

Figur 3 schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figuren 4a bis 4d schematisch den Aufbau von Piezobiegewandlern mit unterschiedlichen Schichtanordnungen gemäß unterschiedlichen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

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

Figur 6 schematisch den Aufbau eines Piezobiegewandlers mit einer Mehrschichtanordnung gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes;

Figur 7 in perspektivischer Darstellung drei als Bimorph aufgebaute Piezobiegewandler mit dreipoliger Kontaktierung;

Figur 8 schematisch im Querschnitt einen als Bimorph aufgebauten Piezobiegewandler mit dreipoliger Kontaktierung;

Figur 9 schematisch die Arbeitsweise eines Piezobiegewandlers beim Ausstoßen eines Tropfens zusammen mit dem zugehörigen Verlauf der an dem Piezobiegewandler anliegenden Spannung; und

Figuren 10a und 10b schematisch Aufbau und Anordnung eines Piezozungenwandlers bzw. eines Piezobrückenwandlers.

[0047] Aus den Figuren 1a bis 1e ist das Prinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens ersichtlich. Jede der Figuren zeigt schematisch einen Ausschnitt eines

Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, daß ihre nicht eingespannten freien Enden 21 jeweils einer der Düsen 11 gegenüberstehen. Jeder der Piezobiegewandler 2 ist um eine parallel zu der Düsenplatte 1 bzw. senkrecht zu den Düsen 11 verlaufende Biegeachse biegebar.

[0048] Aus jeder der Figuren 1a bis 1e ist die Stellung der drei Piezobiegewandler 2 in einem anderen Stadium der Bewegungsfolge ersichtlich, die abläuft, wenn der mittlere der drei Piezobiegewandler 2 mit einem Auslösepuls beaufschlagt wird.

[0049] In Figur 1a sind alle drei Piezobiegewandler 2 in Ruhestellung.

[0050] In Figur 1b ist der mittlere Piezobiegewandler 2 infolge des Einwirkens des Auslösepulses in der Auslenkungsbewegung, so daß dessen freies Ende 21 von der zugeordneten Düse 11 wegbewegt wird (vgl. Pfeil).

[0051] In Figur 1c ist der Auslösepuls abgeschlossen, die auslenkende Spannung wirkt nicht mehr, und der mittlere Piezobiegewandler 2 schnell 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).

[0052] In Figur 1d sind die beiden äußeren Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 zu den den äußeren Piezobiegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 hin verdrängte Flüssigkeit wird infolge der Auslenkungsbewegungen der äußeren Piezobiegewandler 2 von den zugeordneten Düsen 11 weggesaugt und tritt nicht aus den Düsen 11 aus. Es kommt daher nicht zu einer Verfälschung des Druckbildes.

[0053] In Figur 1e sind auch die Kompensationspulse abgeschlossen bzw. in der abklingenden Phase und die äußeren Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 nicht zu einer Überwindung der Oberflächenspannung an den zugeordneten Düsen 11 und damit nicht zu einem Tropfenaustritt.

[0054] Es werden konkrete Ausführungsbeispiele beschrieben.

[0055] Es wird ein Druckkopf mit Aktoren aus Pie-

zokeramik der Firma PI Ceramic, Lederhose verwendet. Ein Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler in Ruhestellung, und der Düsenplatte beträgt 20 µm. Als Testmedium zum Verdrücken wird Diethylsuccinat verwendet.

[0056] 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

[0057] Gemäß einer anderen Ausführungsform arbeitet die Ansteuerung mit den folgenden Pulsen:

Auslösepuls:

Impulsbreite 50 µs, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V

Kompensationspuls:

Impulsbreite 7 µs, Rechteckimpuls, Amplitude 55 V,
Zeitverzögerung zu Auslöseimpuls: 64 µs

[0058] 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 Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 in einer Reihe parallel nebeneinander derart angeordnet, daß ihre nicht eingespannten freien Enden 21 jeweils einer der Düsen 11 gegenüberstehen. Jeder der Piezobiegewandler 2 ist um eine parallel zu der Düsenplatte 1 bzw. senkrecht zu den Düsen 11 verlaufende Biegeachse biegebar.

[0059] Aus jeder der Figuren 2a bis 2d ist die Stellung der drei Piezobiegewandler 2 in einem anderen Stadium der Bewegungsfolge ersichtlich, die abläuft, wenn der mittlere der drei Piezobiegewandler 2 mit einem Auslösepuls beaufschlagt wird.

[0060] In Figur 2a sind alle drei Piezobiegewandler 2 in Ruhestellung.

[0061] In Figur 2b ist der mittlere Piezobiegewandler 2 infolge des Einwirkens des Auslösepulses in der Auslenkungsbewegung, so daß dessen freies Ende 21 von der zugeordneten Düse 11 wegbewegt wird (vgl.

Pfeil). Gleichzeitig sind die beiden äußeren Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 so weit zu den diesen zugeordneten Düsen 11 hin bewegt, daß die Düsen 11 gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Druckkopf-
kammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet werden.

[0062] In Figur 2c ist der Auslösepuls abgeschlossen, die auslenkende Spannung wirkt nicht mehr, und der mittlere Piezobiegewandler 2 schnell 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 Piezobiegewandler 2 zugeordneten Düse 11 der Tropfenausstoß bewirkt. Die beiden äußeren Piezobiegewandler 2 sind weiterhin mit dem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt. Deren freie Enden 21 werden infolgedessen weiter in einer Stellung nahe den jeweils zugeordneten Düsen 11 gehalten. Dabei werden die den beiden äußeren Piezobiegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 weiterhin gegen die mit Druckflüssigkeit gefüllte Druckkopf-
kammer ganz oder teilweise strömungsmechanisch abgeschottet. Infolgedessen kann die Rückschnellbewegung des mittleren Piezobiegewandlers 2 zwar zu einer Strömungsbewegung im Bereich der den äußeren Piezobiegewandlern 2 zugeordneten Düsen 11 führen, infolge der strömungsmechanischen Abschottung kommt es aber an diesen Düsen 11 nicht zu einem Tropfenaus-
tritt.

[0063] In Figur 2d, ist der mittlere Piezobiegewandler 2 infolge der beim Auslenken in der Struktur aufgebauten mechanischen Spannungen vollständig in seine Ausgangslage zurückgeschnellt. Die beiden äußeren Piezobiegewandler 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.

[0064] Aus Figur 3 ist schematisch der Aufbau eines erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes ersichtlich. Die Düsenplatte 1 und die Piezobiegewandler 2 betreffend entspricht der Aufbau der Darstellung gemäß Figuren 1a bis 1e, wobei mehr Düsen 11 und Piezobiegewandler 2 dargestellt sind. Jeder der Piezobiegewandler 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 Piezobiegewandler 2 benachbarten Piezobiegewandler 2 abgegeben werden. Dies ist mit den Pfeilen entlang den Signalleitungen 4 angedeutet. Die Steuervorrichtung 3 ist als integrierte Schaltung ausgebildet.

[0065] Aus den Figuren 4a bis 4d, 5a und 5b sowie

6 sind unterschiedliche Typen von Piezobiegewandlern ersichtlich, die bei unterschiedlichen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes vorgesehen sind. Alle dargestellten Piezobiegewandler 2 sind jeweils in Seitenansicht mit dem eingespannten Ende auf der linken Seite dargestellt. Die Achse, um die der Piezobiegewandler 2 gebogen wird, verläuft jeweils senkrecht zur Zeichnungsebene.

[0066] Aus Figur 4a ist ein Piezo-Bimorph mit passiver Lage ersichtlich. Der Piezobiegewandler 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 angelegt, so daß deren Länge verändert wird. Da die Länge der passiven Lage 23 konstant bleibt, kommt es zu einer Biegung des Piezobiegewandlers 2.

[0067] Aus Figur 4b ist ein Piezo-Monomorph ersichtlich, bei dem die passive Lage 23 durch eine nicht aus Piezokeramik bestehende Lage 24 ersetzt ist.

[0068] 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 beaufschlagt, so daß sich die eine Lage verkürzt und die andere verlängert.

[0069] 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.

[0070] Aus Figur 5a ist ein Aufbau ersichtlich, bei dem der Quereffekt der Piezokeramik genutzt wird. Die Polarisation der Piezokeramik verläuft in Richtung senkrecht zu den Lagen. Eine entlang dieser Polarisation angelegte positive Spannung bewirkt eine Dehnung des Materials in Polarisationsrichtung. Wegen der mechanischen Querkontraktion erfolgt gleichzeitig eine Kontraktion in Längsrichtung des Piezobiegewandlers 2, der wegen der starren anderen Schicht zur Biegung führt.

[0071] Aus Figur 5b ist ein Aufbau ersichtlich, bei dem der Längseffekt der Piezokeramik genutzt wird. Die Polarisation der Piezokeramik verläuft in Längsrichtung des Piezobiegewandlers 2. Eine entlang dieser Polarisation angelegte positive Spannung bewirkt eine Dehnung des Materials in Polarisationsrichtung. Wegen der starren anderen Schicht kommt es zur Biegung des Piezobiegewandlers 2.

[0072] 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 Polarisation 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.

[0073] Erfindungsgemäß kann 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 für die Piezobiege wandler des Piezobiege wandler Drop-on-Demand Druckkopfes verwendet werden.

[0074] Aus den Figuren 7 und 8 ist ersichtlich, wie die dreipolige Kontaktierung eines als Bimorph aufgebauten Piezobiege wandlers 2 ausgebildet ist. Aus Figur 8 ist im Querschnitt ein Bimorph-Piezobiege wandler 2 mit dreipoliger Kontaktierung ersichtlich, der als Mehrschicht-Piezobiege wandler ausgebildet ist. Der Piezobiege wandler 2 weist eine obere und eine untere aktive Lage 22 auf.

[0075] Der Bimorph Piezobiege wandler 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 Piezobiege wandlers 2 an eine Massekontaktbrücke angeschlossen. Die Massekontaktbrücke ist an den Massekontakt 27 angeschlossen, der an der Oberseite des Piezobiege wandlers 2 mit einem Abstand zu dem anderen Ende des Piezobiege wandlers 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 Piezobiege wandlers 2 verlaufende Kontaktbrücke angeschlossen, die an einen ersten Signalkontakt 28 angeschlossen ist, der an der Oberseite des Piezobiege wandlers 2 nahe dem anderen Ende des Piezobiege wandlers 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 Piezobiege wandlers 2 verlaufende weitere Kontaktbrücke angeschlossen, die an einen zweiten Signalkontakt 29 angeschlossen ist, der an der Unterseite des Piezobiege wandlers 2 nahe dem anderen Ende des Piezobiege wandlers 2 angeordnet ist. Der zweite Signalkontakt 29 ist über eine Signalleitung 4 an die Steuervorrichtung 3 (hier nicht gezeigt) angeschlossen.

[0076] 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 Piezobiege wandlers 2 angeordnet sind und gegeneinander isoliert sind

[0077] Aus Figur 9 ist für einen Auslösepuls der zeitliche Verlauf der unmittelbar an der Piezokeramik anliegenden Spannung während der Auslenkphase, während des Phase des Zurückschnellens des Piezo-

biege wandlers und während der anschließenden Phase des Ausschlingens des Piezobiege wandlers ersichtlich.

[0078] Aus Figur 10a ist schematisch Aufbau und Anordnung eines erfindungsgemäß verwendeten Piezozug wandlers ersichtlich.

[0079] Aus Figur 10b ist schematisch Aufbau und Anordnung eines erfindungsgemäß verwendeten Piezobrücken wandlers ersichtlich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines Piezobiege wandler Drop-on-Demand Druckkopfes mit einer Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiege wandler zugeordnet ist, wobei jeder der Piezobiege wandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt wird, und jedem Auslösepuls zugeordnet jeder dem von dem Auslösepuls ausgelösten Piezobiege wandler benachbarte Piezobiege wandler mit einem diesen auslenkenden Kompensationspuls beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jeder der benachbarten Piezobiege wandler mit einem Kompensationspuls einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Amplitude, bevorzugt einer um zwei Drittel geringeren Amplitude, beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei jeder der benachbarten Piezobiege wandler mit einem Kompensationspuls einer im Vergleich zu dem Auslösepuls geringeren Dauer beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei jeder der benachbarten Piezobiege wandler zeitlich verzögert, bevorzugt um 80 Mikrosekunden verzögert, nach dem zugeordneten Auslösepuls mit dem Kompensationspuls beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei jeder der benachbarten Piezobiege wandler mit einem Kompensationspuls beaufschlagt wird, von dem der benachbarte Piezobiege wandler zunächst in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt wird wie der ausgelöste Piezobiege wandler.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die den ausgelösten Piezobiege wandlern benachbarten Piezobiege wandler, wenn sie zwei ausgelösten Piezobiege wandlern benachbart sind, mit einem Kompensationspuls stärkerer Amplitude beaufschlagt werden als wenn sie nur einem aus-

gelösten Piezobiegewandler benachbart sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Piezobiegewandler in zwei Gruppen zeitlich versetzt mit Auslösepulsen beaufschlagt werden, wobei einander benachbarte Piezobiegewandler jeweils unterschiedlichen Gruppen angehören. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Piezobiegewandler in einer einzigen Gruppe mit Auslösepulsen beaufschlagt werden und die ausgelösten Piezobiegewandler mit unterschiedlichen Auslösepulsen beaufschlagt werden, abhängig davon, ob beide, einer oder keiner der benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird/werden. 10 15
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Piezobiegewandler, wenn einer der jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird, mit einem Auslösepuls geringerer Amplitude beaufschlagt wird, als wenn keiner der jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst wird, und mit einem Auslösepuls noch geringerer Amplitude beaufschlagt wird, wenn beide jeweils benachbarten Piezobiegewandler ebenfalls ausgelöst werden. 20 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die benachbarten Piezobiegewandler mit Kompensationspulsen mit einer sanften abfallenden Flanke beaufschlagt werden. 30
11. Verfahren zum Ansteuern eines Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf es mit einer Düsenplatte mit in Reihe angeordneten Düsen, denen jeweils ein Piezobiegewandler zugeordnet ist, wobei jeder der Piezobiegewandler mit einer dem gewünschten Druckbild entsprechenden Sequenz von jeweils eine Tropfenausstoßbewegung bewirkenden Auslösepulsen beaufschlagt wird, und jedem Auslösepuls zugeordnet jeder dem damit beaufschlagten Piezobiegewandler benachbarte Piezobiegewandler mit einem Schließ-Steuerimpuls beaufschlagt wird, von dem der benachbarte Piezobiegewandler zu der diesem zugeordneten Düse hin ausgelenkt und dort für eine Dauer gehalten wird. 35 40 45
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die benachbarten Piezobiegewandler mit einem Schließ-Steuerimpuls einer Amplitude beaufschlagt werden, die höchstens ein Sechstel, der Amplitude des Auslösepulses beträgt. 50 55
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, vor Inbetriebnahme des Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopfes wobei für jeden der Piezobiegewandler Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung von Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen mit einem Trimmverfahren ermittelt werden, 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.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei bei dem Trimmverfahren ausschließlich Dauer und/oder Zeitverzögerung von Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen variiert werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei bei dem Trimmverfahren die Piezobiegewandler als Sensoren verwendet werden, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezobiegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezobiegewandler in diesen induziert werden, gemessen und zur Optimierung des Tropfenausstoß- bzw. Übersprechverhaltens ausgewertet werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die den ausgelösten Piezobiegewandlern benachbarten Piezobiegewandler im laufenden Betrieb mit Kompensationspulsen bzw. Schließ-Steuerimpulsen beaufschlagt werden, für die Amplitude, Dauer und/oder Zeitverzögerung ermittelt werden, indem Spannungen, die infolge des Auslösens eines Piezobiegewandlers, der dadurch hervorgerufenen Fluidbewegung und des Auslenkens der benachbarten Piezobiegewandler in diesen induziert werden, gemessen und verarbeitet werden.
17. Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf aufweisend eine Düsenplatte (1) mit in Reihe angeordneten Düsen (11), denen jeweils ein Piezobiegewandler (2) zugeordnet ist, der unter Ausstoßen eines Tropfens aus der jeweiligen Düse (11) mit einem Auslösepuls beaufschlagbar ist, und eine Steuervorrichtung (3), von der jeder der Piezobiegewandler (2) nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, 13 oder 14 mit Auslösepulsen und Kompensationspulsen beaufschlagbar ist.
18. Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf, aufweisend eine Düsenplatte (1) mit in Reihe angeordneten Düsen (11), denen jeweils ein Piezobiegewandler (2) zugeordnet ist, der unter Ausstoßen eines Tropfens aus der jeweiligen Düse (11) mit einem Auslösepuls beaufschlagbar ist, und eine Steuervorrichtung (3), von der jeder der Piezobiegewandler (2) nach dem Verfahren gemäß einem

der Ansprüche 11 bis 14 mit Auslösepulsen und Schließ-Steuerimpulsen beaufschlagbar ist.

19. Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf gemäß Anspruch 18, der mindestens dreipolige Piezobiegewandler (2) mit je zwei aktiven Lagen (22) aus Piezokeramik und eine Steuervorrichtung (3) aufweist, von der die Auslösepulse an die eine aktive Lage (22) und die Schließ-Steuerimpulse an die andere aktive Lage (22) des Piezobiegewandlers (2) angelegt werden. 5 10
20. Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die Piezobiegewandler (2) als Piezozungenwandler ausgebildet sind. 15
21. Piezobiegewandler Drop-on-Demand Druckkopf gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die Piezobiegewandler (2) als Piezobrückenwandler ausgebildet sind. 20

25

30

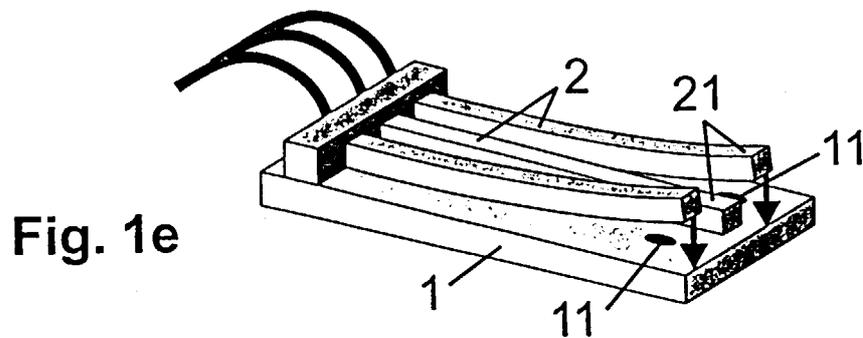
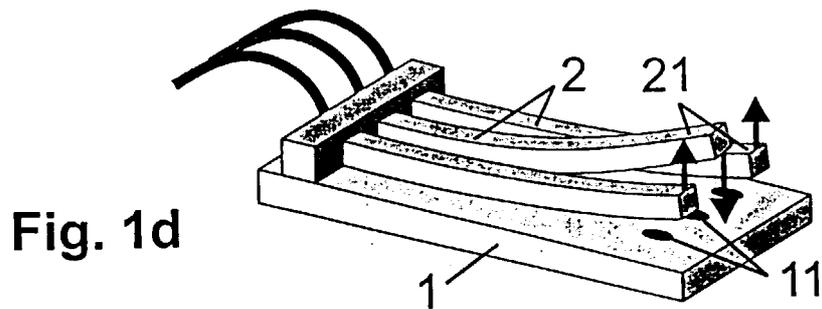
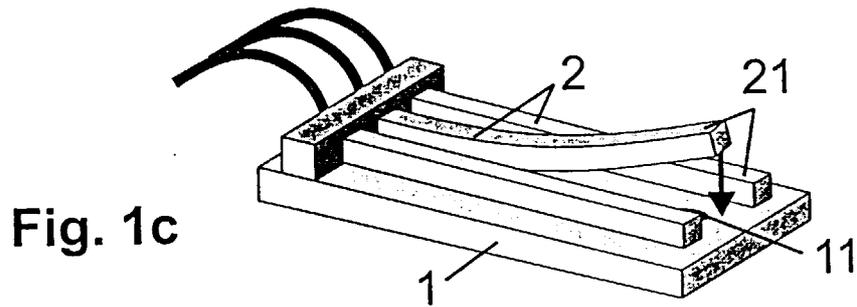
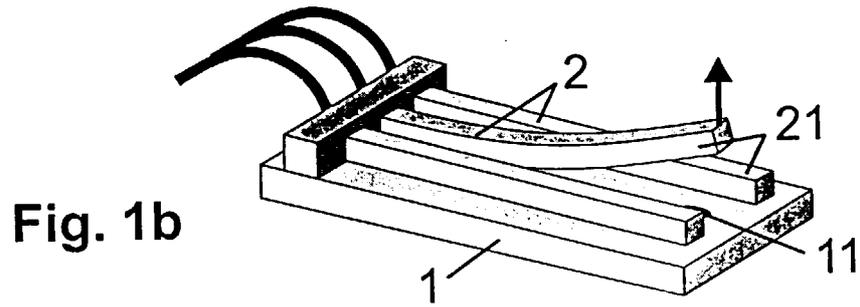
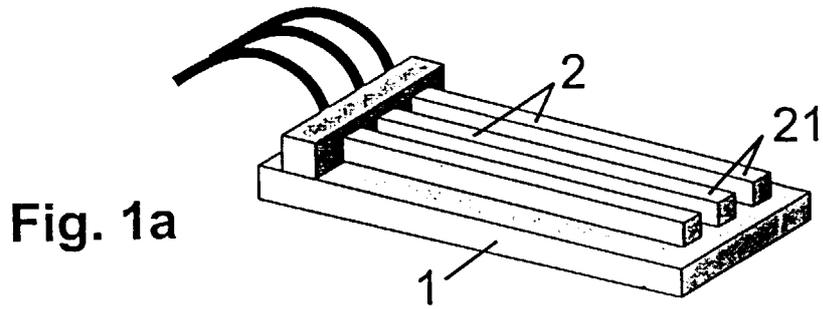
35

40

45

50

55



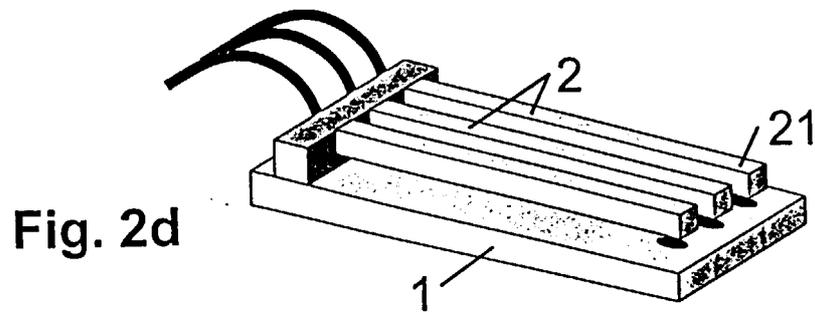
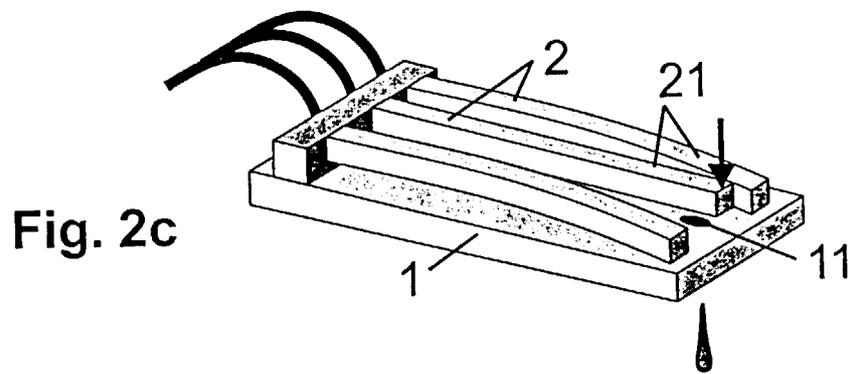
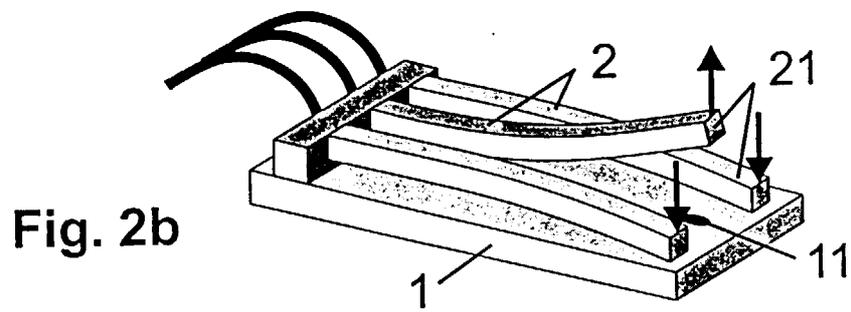
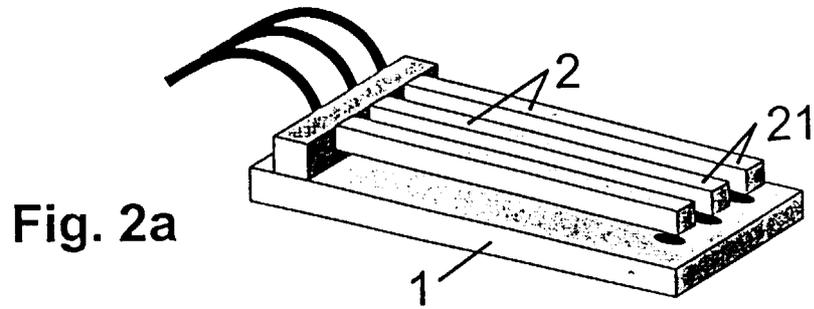


Fig. 3

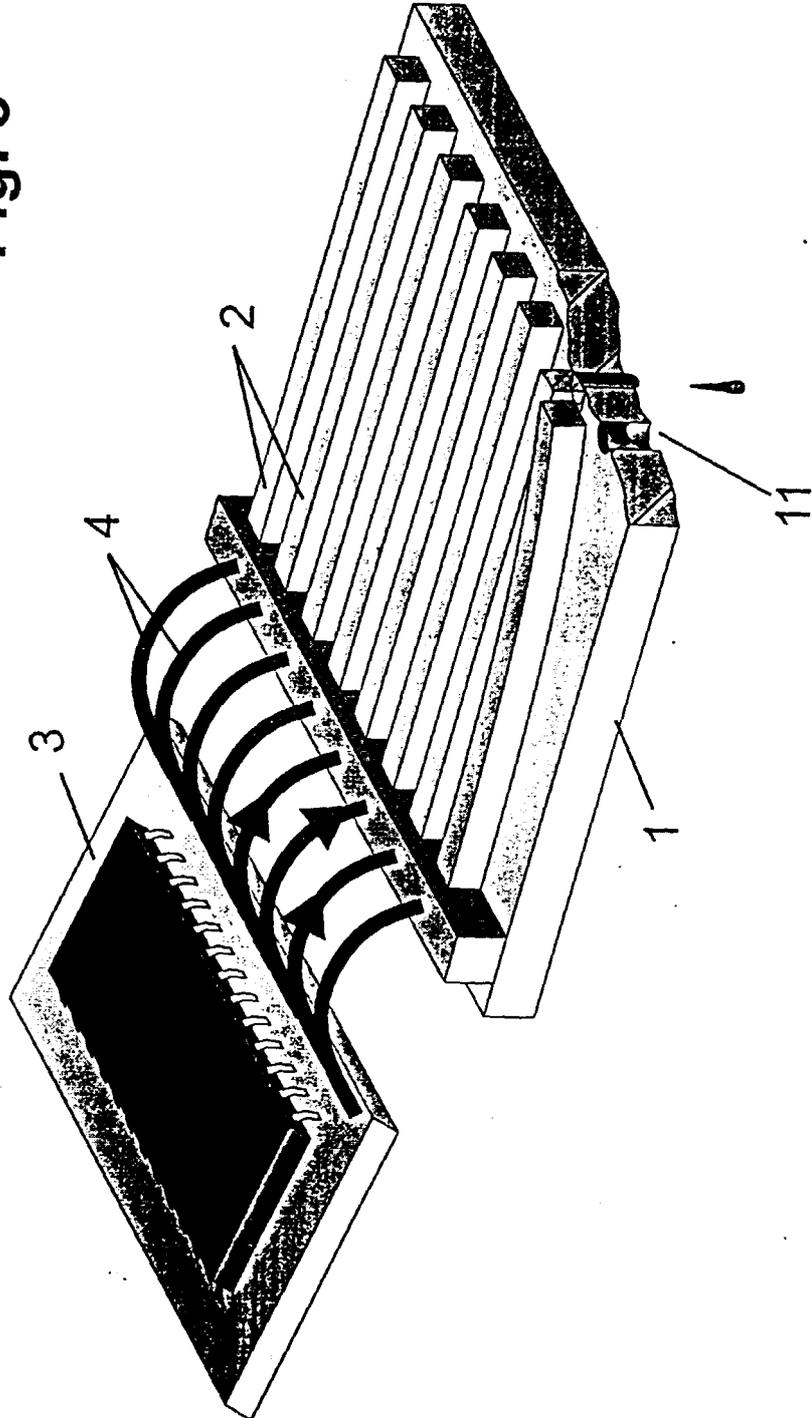


Fig. 4a

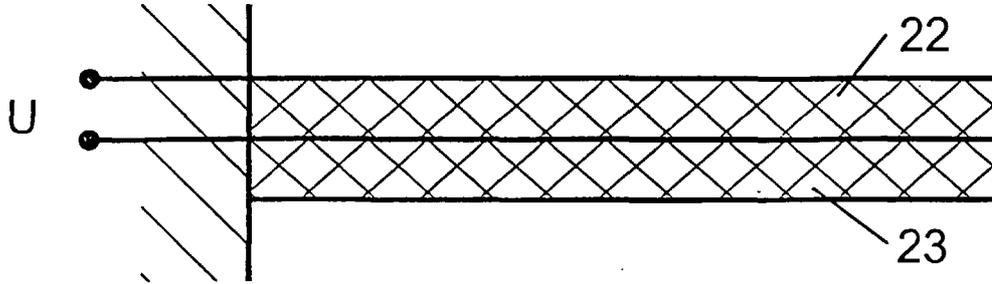


Fig. 4b

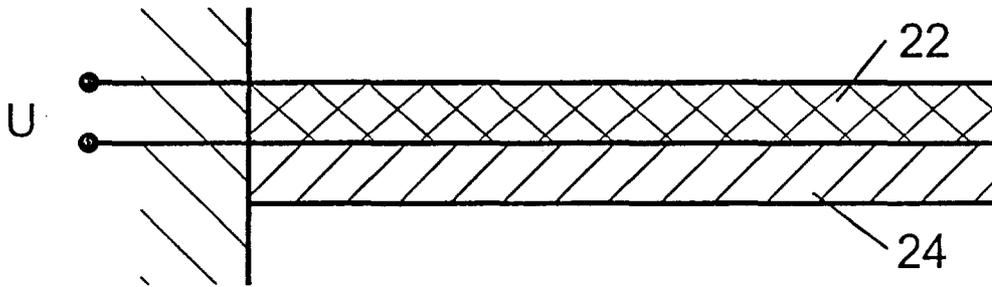


Fig. 4c

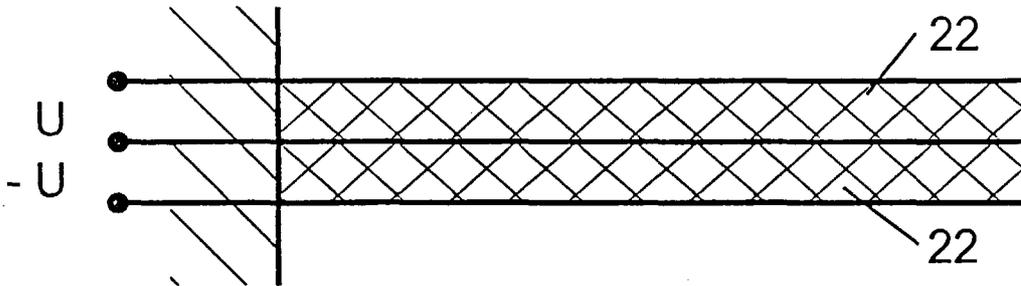
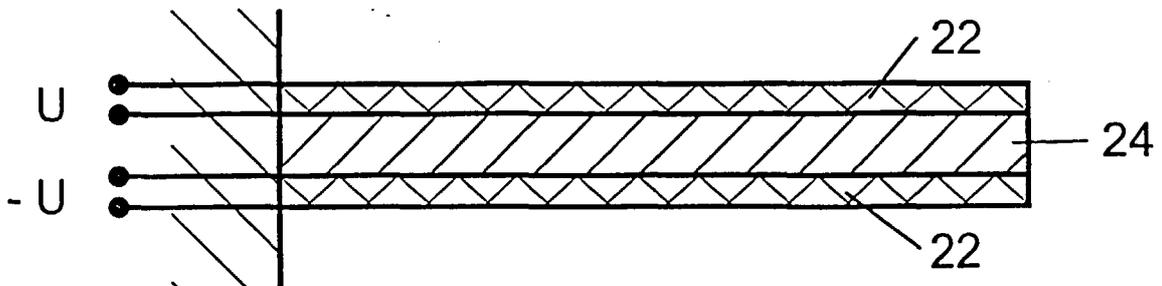


Fig. 4d



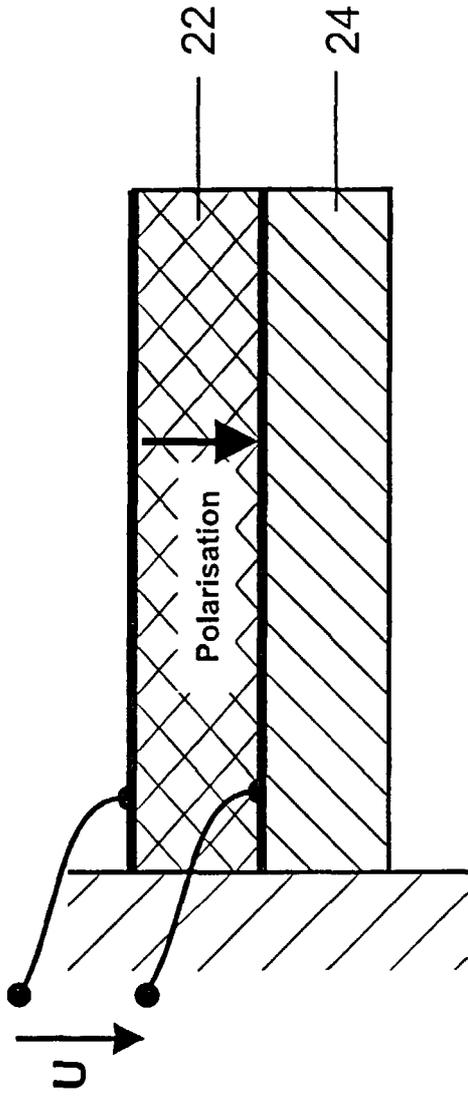


Fig. 5a

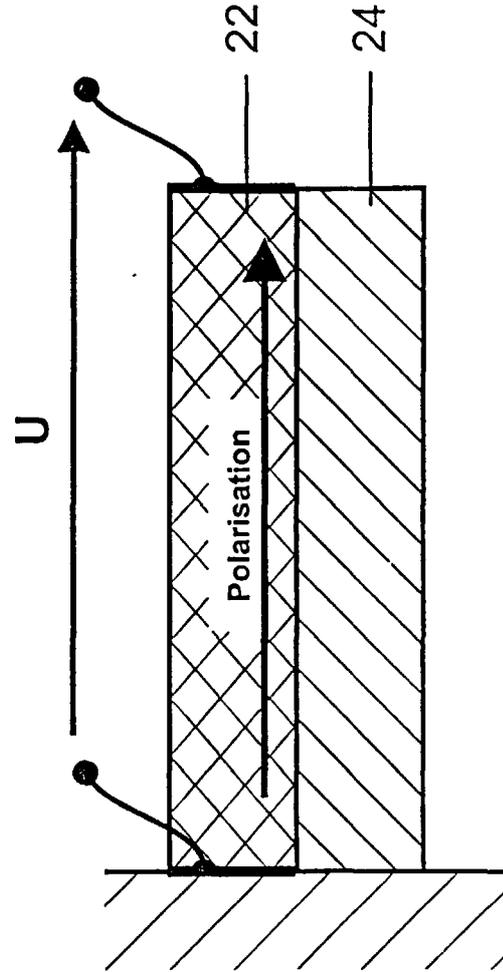


Fig. 5b

Fig. 6

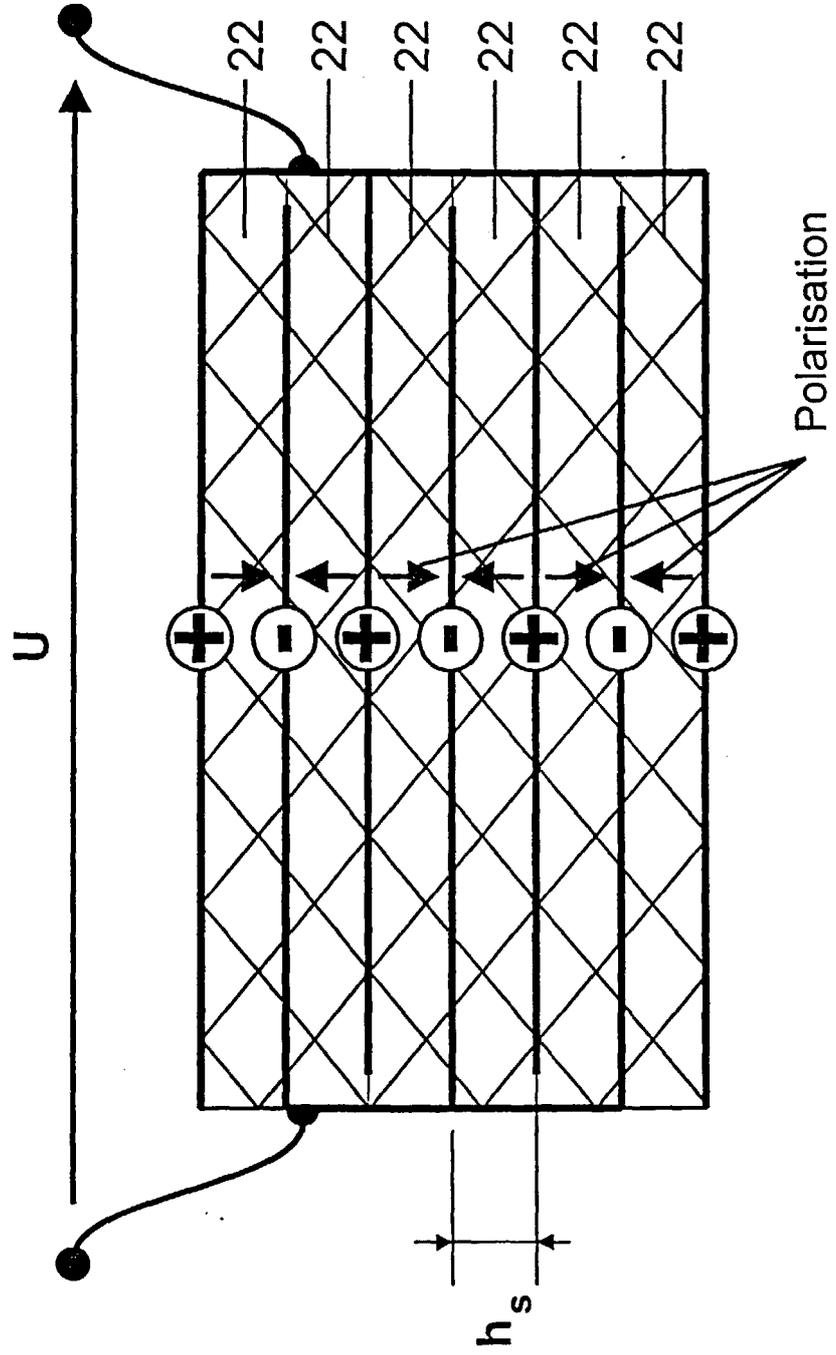
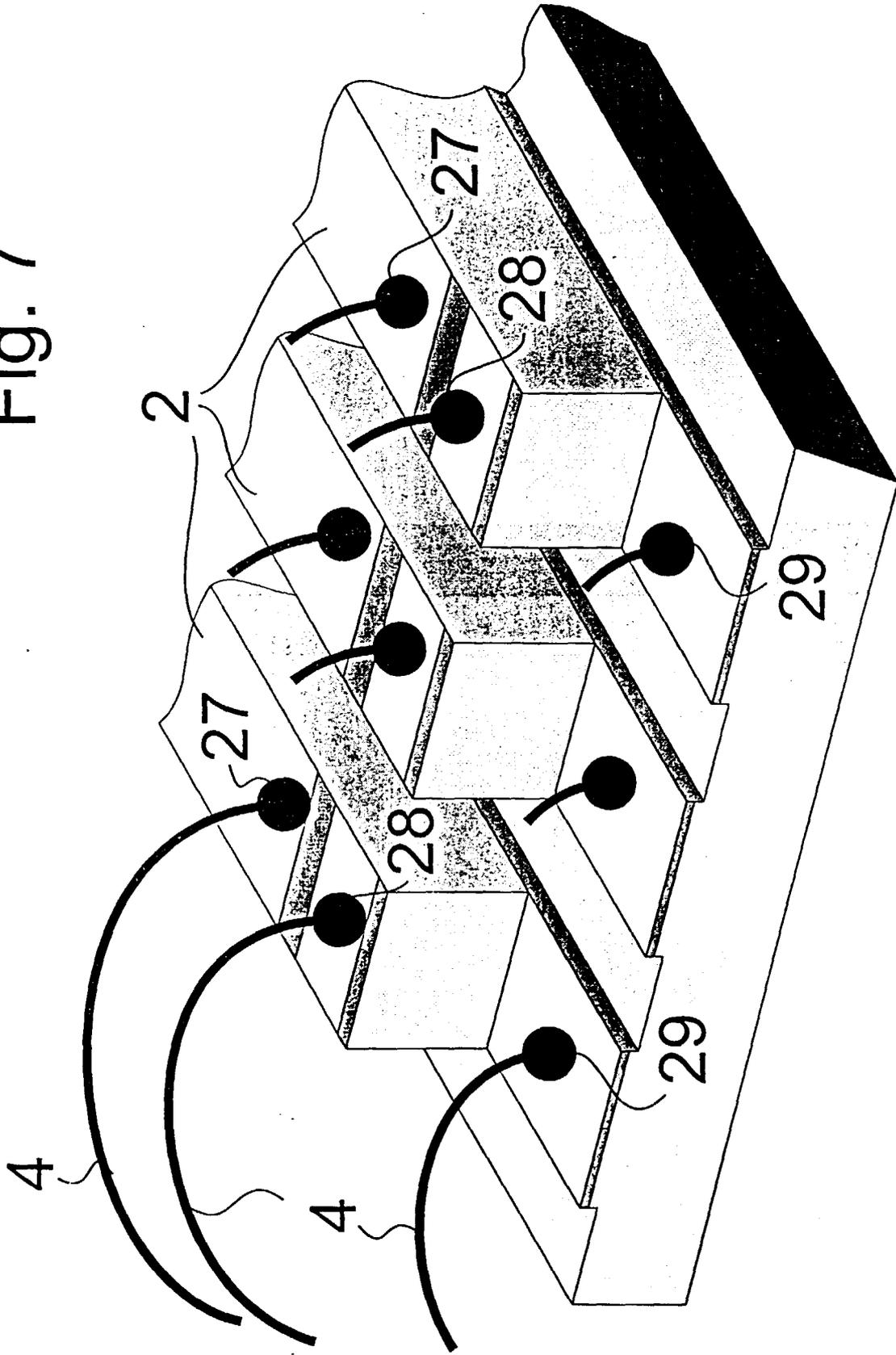


Fig. 7



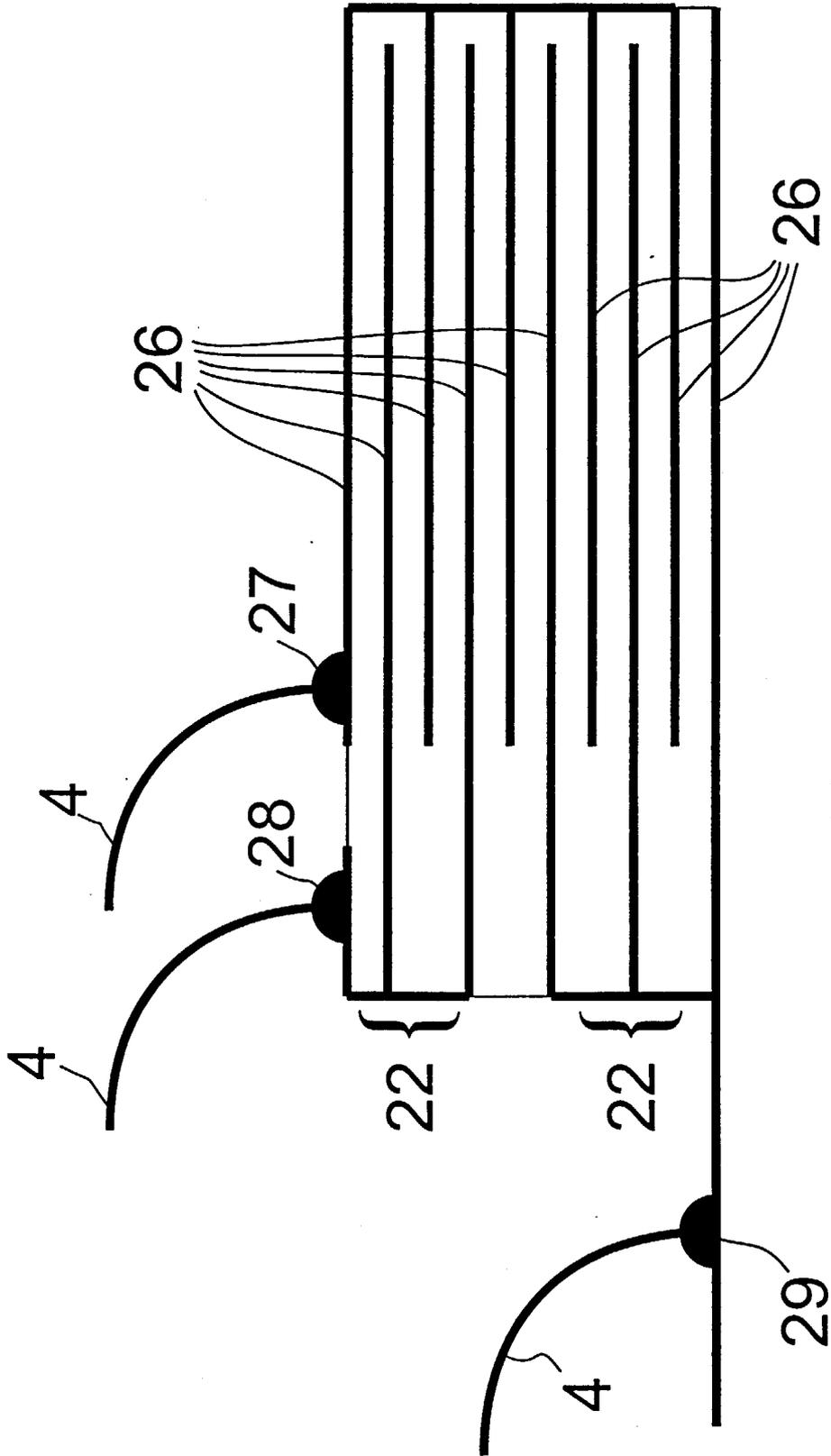
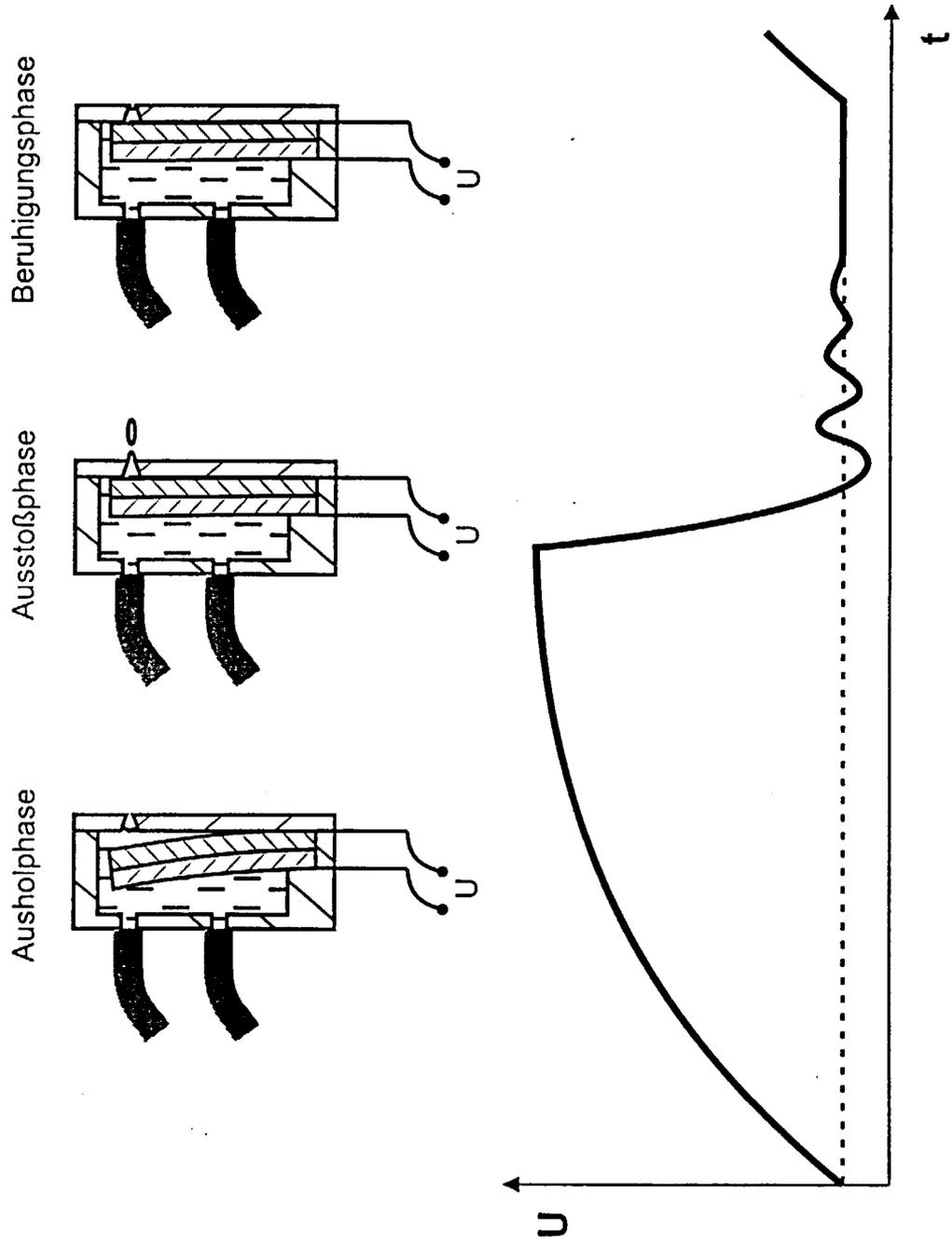


Fig. 8

Fig. 9



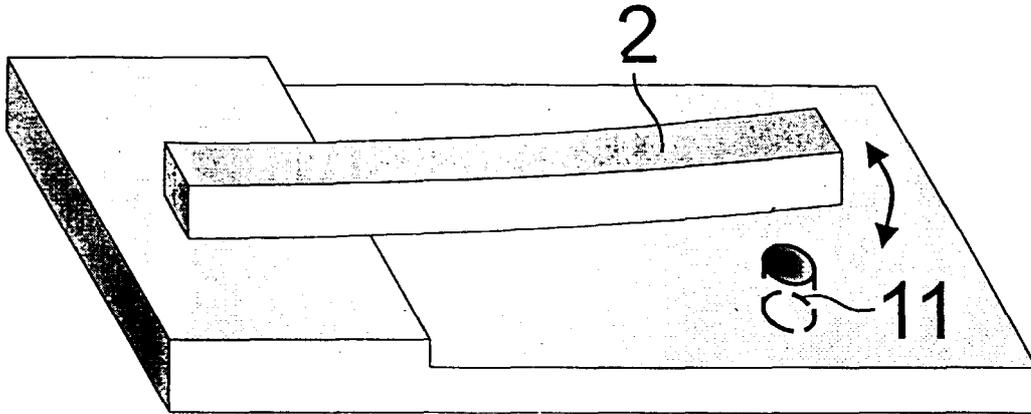


Fig. 10 A

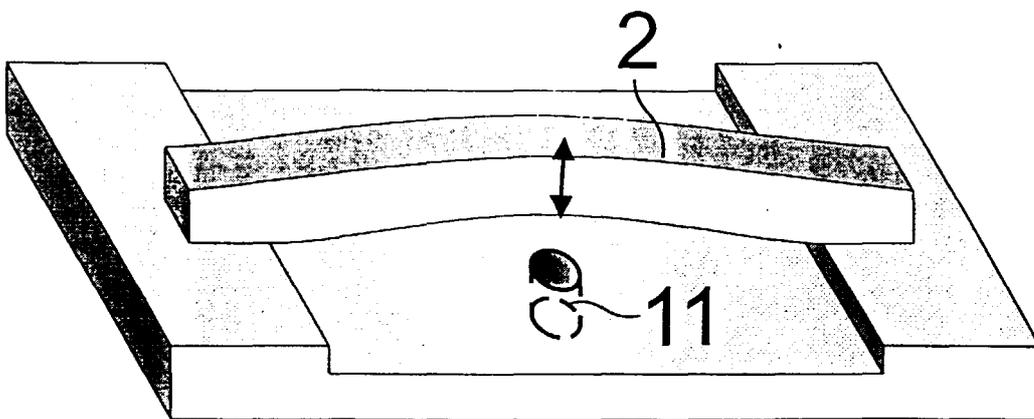


Fig. 10 B



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 5211

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 752 312 A (OCE NEDERLAND BV) 8. Januar 1997 (1997-01-08) * Spalte 4, Zeile 43 - Spalte 11, Zeile 43 *	1,2,5,7, 17	B41J2/045
A	--- 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) * Zusammenfassung *	1,11	
X	---	17,18,20	
A	US 4 438 441 A (BOLMGREN JAN ET AL) 20. März 1984 (1984-03-20) * Spalte 3 - Spalte 4 *	1,11	
X	---	17,18,20	
A	US 4 409 601 A (NILSSON KENTH ET AL) 11. Oktober 1983 (1983-10-11) * Spalte 2 - Spalte 3 *	1,11	
X	---	17,18,20	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	--- 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) * Zusammenfassung *	1,11	B41J
A	--- US 4 383 264 A (LEWIS ARTHUR M) 10. Mai 1983 (1983-05-10) * Spalte 3 - Spalte 7 *	1,11	
X	---	17,18,21	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	21. Juni 2000	Van Oorschot, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 5211

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.7)
A	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) * Zusammenfassung *	1, 11	
X	---	17, 21	
D,A	DE 25 27 647 A (SIEMENS AG) 30. Dezember 1976 (1976-12-30) * Seite 5 - Seite 7 *	1, 11	
X	---	17, 18, 20, 21	
D,A	DE 31 14 259 A (SIEMENS AG) 4. November 1982 (1982-11-04) * Seite 6 - Seite 9 *	1, 11	
X	---	17, 18, 20	
D,A	EP 0 713 773 A (PELIKAN PRODUKTIONS AG) 29. Mai 1996 (1996-05-29) * Spalte 1 - Spalte 5 *	1, 11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.CI.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21. Juni 2000	Prüfer Van Oorschot, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 10 5211

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-06-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0752312 A	08-01-1997	JP 2894992 B	24-05-1999
		JP 9099554 A	15-04-1997
		US 5831650 A	03-11-1998
JP 02024143 A	26-01-1990	KEINE	
US 4438441 A	20-03-1984	DE 3114224 A	04-11-1982
		BR 8202039 A	22-03-1983
		DE 3262280 D	28-03-1985
		EP 0062888 A	20-10-1982
		JP 1609623 C	28-06-1991
		JP 2031667 B	16-07-1990
		JP 57178769 A	04-11-1982
US 4409601 A	11-10-1983	DE 3114192 A	28-10-1982
		BR 8202012 A	15-03-1983
		DE 3260645 D	11-10-1984
		EP 0062889 A	20-10-1982
		JP 57178767 A	04-11-1982
JP 02301444 A	13-12-1990	KEINE	
US 4383264 A	10-05-1983	KEINE	
JP 02266943 A	31-10-1990	KEINE	
DE 2527647 A	30-12-1976	FR 2314832 A	14-01-1977
		IT 1081206 B	16-05-1985
		JP 1287539 C	31-10-1985
		JP 52004835 A	14-01-1977
		JP 60008953 B	06-03-1985
		SE 408285 B	21-05-1979
		SE 7602525 A	21-12-1976
		US 4072959 A	07-02-1978
DE 3114259 A	04-11-1982	BR 8202010 A	15-03-1983
		DE 3260571 D	20-09-1984
		EP 0062353 A	13-10-1982
		JP 1664025 C	19-05-1992
		JP 3024342 B	03-04-1991
		JP 57178768 A	04-11-1982
		US 4409602 A	11-10-1983
EP 0713773 A	29-05-1996	CH 688960 A	30-06-1998
		DE 59507429 D	20-01-2000
		US 5739832 A	14-04-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82