

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift: **01.08.90**

⑤① Int. Cl.⁵: **B 41 J 2/045**

②① Anmeldenummer: **87903243.1**

②② Anmeldetag: **19.05.87**

⑧⑧ Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE87/00229

⑧⑦ Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 87/07217 03.12.87 Gazette 87/27

⑤④ **TINTENSCHREIBKOPF MIT PIEZOELEKTRISCH ANREGBARER MEMBRAN.**

③⑩ Priorität: **30.05.86 DE 3618107**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.03.89 Patentblatt 89/12

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
01.08.90 Patentblatt 90/31

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP-A- 95 911
EP-A- 145 066
DE-A-3 320 443
DE-B-1 065 880
DE-B-1 165 667
DE-B-1 287 135
US-A-4 539 575

⑦③ Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2 (DE)

⑦⑦ Erfinder: **HEINZL, Joachim**
Dreisesselbergstra e 16
D-8000 München 90 (DE)
Erfinder: **LEHMANN, Manfred**
Edelwei stra e 114
D-8039 Puchheim (DE)
Erfinder: **TRAUSCH, Günter, Elmar**
Feldafinger Stra e 39B
D-8000 München 71 (DE)

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

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Tintenschreibkopf und ein Verfahren zum Herstellen eines Tintenschreibkopfes gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 13.

Piezoelektrisch betriebene Antriebselemente in Tintenschreibern sind allgemein bekannt. So wird in der DE—A—21 64 614 eine Anordnung in Schreibwerken zum Schreiben mit farbiger Flüssigkeit auf Papier beschrieben, bei der über ein piezoelektrisch betriebenes Antriebselement eine in einer Tintenkanne befindliche Flüssigkeit aus einer Schreibdüse ausgestoßen wird. Die Volumenveränderung in der Kammer wird durch eine elektrisch angesteuerte Piezokeramik bewirkt, die auf einer Metallplatte sitzt und die sich in die Kammer hineinwölbt. Das verwendete Piezoantriebselement besteht aus einer durchgehend polarisierten Piezokeramiksicht, die auf einer Metallplatte angeordnet ist, wobei die Metallplatte als Gegenelektrode dient. Wenn ein geeigneter Spannungsimpuls angelegt wird, zieht sich die Piezokeramik zusammen. Da die Keramik auf einer Metallplatte befestigt ist, wirkt sich auf diese Platte ein Biegemoment aus. Das hat zur Folge, daß sich der Mittelteil der Platte in die Flüssigkeitskammer hineinwölbt.

Die Längenänderungen, die man direkt piezoelektrisch erzeugen kann, sind verschwindend klein. Sie sind außerdem begrenzt durch die elektrischen Feldstärken, die man an der Keramik anlegen darf, ohne daß dies zu Durch- oder Überschlagen führt. Weiters dürfen die angelegten Feldstärken nicht zu einer Umpolarisation führen, sie müssen außerdem über entsprechende Ansteuerschaltkreise schaltbar sein.

Es ist deshalb üblich, eine Spannung von ca. 200 V nicht zu Es ist deshalb üblich, eine Spannung von ca. 200 V nicht zu überschreiten. Die Feldstärke sollte dabei kleiner sein als ein 1 V/µm in Gegenrichtung zur Polarisation. Die Abstände zwischen Elektroden an Luft sollten außerdem nicht kleiner als 1 µm/V sein. Die direkte Längenänderung, die auf diese Weise erzielbar ist, ist damit rund 1 % oder etwa 0,2 µm bei 200 µm Schichtdicke, vorausgesetzt die Keramik ist durch und durch aktiv und nicht etwa durch eine Brennhaut teilweise inaktiv. Beim Tintendruck sind die Antriebselemente, seien es nun Piezoröhrchen oder Piezoplättchen, für eine ganze Reihe von Funktionen notwendig. Sie sollen steuerbar kleine Tintenmengen beschleunigen, als Tropfen ausstoßen und Tinte aus einem Reservoir nachfördern. Sie sollen aber auch, wenn möglich, die Ausstoßöffnungen verschließen, um das Auslaufen und das Austrocknen der Tinte zu verhindern. Schließlich sollen mit derartigen Elementen die Tintenkanäle und die Austrittsöffnungen gereinigt und entlüftet werden können.

Bei den bekannten Antriebselementen mit akustischer Tropfenbildung wird nur ein Teil dieser Funktionen voll erfüllt. Schallwellen im Tintenkanal können zwar schnellfliegende Tropfen formen, aber statischer Druck zur Beseitigung von

Hindernissen im Kanal kann nicht erzeugt werden. Lufteinschlüsse im Tintenkanal begrenzen die Ausbreitung der Druckwellen im Kanal und leergebliebene Kanäle lassen sich nur durch einen Eingriff von außen wieder füllen. Der Verschuß der Austrittsöffnungen kann bei akustischer Tropfenbildung ebenfalls nur mechanisch von außen erfolgen.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, einen Tintenkopf der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß er einerseits einfach im galvanoplastischen Verfahren hergestellt werden kann und daß er andererseits einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gemäß dem kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruches gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Dadurch, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich verlängert wird, ergibt sich ein besonders großer Hub. Dieser Hub ist das Ergebnis der Ausnutzung von zwei Wirkungen, nämlich der Ausnutzung der Querkontraktion in der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Durch die Querkontraktion läßt sich der Hub der Membran durch Verringerung der Schichtdicken und Vergrößerung der Längenabmessungen steigern.

Eine besonders vorteilhafte Kraftwirkung ergibt sich, wenn man die Membranbereiche konzentrisch zueinander anordnet, sodaß sie sich bei der Anregung warzenartig auswölben. Diese warzenartige Auswölbung stellt die kleinste und kompaktestegeometrische Form dar, die von einer ebenen Schicht ausgeht und einen Hohlraum erweitert und schließt. Sie ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht. An der Übergangslinie ändert sich der benötigte Krümmungszustand. Entsprechend sind die Elektroden so angeordnet bzw. die entsprechenden Membranbereiche so polarisiert und über die Elektroden angesteuert, daß sich der periphere Bereich (Kreisring) verkürzt, der zentrale Bereich dagegen verlängert. Der Rand der Membran verändert bei Auslenkung seine Neigung nicht, weswegen er fest eingespannt werden kann. Die Biegelinie entspricht im wesentlichen einer Auslenkung unter Innendruck. Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind mehrere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membranen auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet, wobei die Ansteuerleitungen für die einzelnen Membranbereiche über unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen, damit bei der Ansteuerung über diese Ansteuerleitungen keine unerwünschten piezoelektrischen Effekte auftreten.

Um den Hub noch weiter zu vergrößern, kann anstelle der Stützschiene eine weitere piezoelektrisch anregbare Schicht angeordnet sein, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zur ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht polarisiert ist. Damit ergibt sich nahezu eine Verdoppelung des Hubes.

Einen besonders einfachen betriebssicher arbeitenden Tintenschreibkopf kann man dadurch bilden, daß jedem Tintenkanal drei über einen Pumpkanal für die Schreibflüssigkeit miteinander verbundene Membranen zugeordnet sind, die eine statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern und einen veränderlichen Hohlraum bilden. Der erste Membranbereich steht einerseits über einen Versorgungskanal mit dem Tintenversorgungssystem, andererseits mit dem veränderlichen Hohlraum in Verbindung und dient als Einlaßventil. Der zweite Membranbereich ist dem veränderlichen Hohlraum zugeordnet und ein dritter Membranbereich ist zwischen dem Hohlraum und dem Tintenkanal als Auslaßventil angeordnet. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist der die Membranen verbindende Pumpkanal im Bereich der als Ventile ausgebildeten Membranen Trennsteg auf, die mit den Membranflächen derart zusammenwirken, daß sich der Pumpkanal nach Auslenken der Membranflächen über die Trennsteg öffnet und der Pumpkanal im Bereich der Trennsteg über die Membranflächen im nichtausgelenkten Zustand der Membranflächen unterbrochen ist.

Die Trennsteg können dabei als durchgehende Stege ausgebildet sein oder auch als kragenförmige Erhebungen mit dazwischenliegenden Austrittsöffnungen bzw. Einlaßöffnungen.

Da bei dem erfindungsgemäßen Tintenschreibkopf Tinte mit niedriger Viskosität verwendet werden kann, kann die Tinte erheblich besser gefiltert werden, womit das Eindringen von Schmutz in die Tintenkanäle vermieden wird. Zusätzlich ist es möglich, zu Reinigungszwecken den Durchlaßquerschnitt elektrisch zu erweitern und die Pumprichtung umzukehren. Außerdem läßt sich der Trennsteg unmittelbar mit Ultraschall reinigen und es lassen sich Verunreinigungen an dem Trennsteg zermahlen.

Da die Wandlerelemente die Tintenkanäle verschlossen halten solange die Wandlerelemente nicht angesteuert werden, ist ein mechanischer Verschluß der Düsen zwischen Schreibkopf und Papier nicht notwendig und der Antrieb eines solchen Verschlusses kann entfallen. Damit ist es möglich, den Papierabstand sehr stark zu verringern, womit das Schriftbild weniger durch die Streuung der Fluggeschwindigkeit und der Flugrichtung der Tropfen beeinträchtigt wird. Da der Druck auf der Düse statisch aufgeprägt werden kann, läßt sich die Fluggeschwindigkeit erhöhen. Ein Übersprechen zwischen den Düsen entfällt, da beim Spritzen keine Fließverbindung besteht.

Die Spritzfrequenz ist nicht durch Reflexionen im Kanal und nicht durch das Übersprechen von Nachbardüsen begrenzt sondern nur durch die Eigenwerte der einzelnen Wandlerelemente. Ein

individueller Abgleich der Wandlerelemente kann entfallen, da die Kopplung des Wandlers an die Tinte viel direkter und gleichmäßiger erfolgt.

Da das erfindungsgemäße Tintenversorgungssystem unabhängig ist von statischem Unterdruck, wird es wesentlicher unempfindlicher, womit auch die Beschleunigungsempfindlichkeit des Tintenschreibkopfes verschwindet.

Durch statisches Pumpen lassen sich Luftblasen aus dem Tintenkanal entfernen. Leere Kanäle lassen sich elektrisch gesteuert füllen.

Das Tintenreservoir kann ohne Schwierigkeiten stationär im Drucker untergebracht werden. Druckwellen aus dem bewegten Versorgungsschlauch wirken sich nicht auf die Tropfenbildung aus.

Die Überwachung des Tintenvorrates ist nicht mehr an die engen Grenzen eines statischen Druckes im Vorratsgefäß gebunden.

Der gesamte Schreibkopf läßt sich in besonders einfacher Weise in planaren Techniken herstellen. Der kritische Teil, nämlich die Piezokeramik, kann vor dem eigentlichen Aufbau geprüft werden.

Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden beispielsweise näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Vergleichsdarstellung zwischen der Verformung einer Membranplatte unter Innendruck und einer Membranplatte mit aufgeprägter Wölbung,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Membran im ausgelenkten Zustand,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Membran im unerregten Zustand,

Fig. 4 eine statische Pumpe aus drei miteinander verbundenen Membranen in Draufsicht,

Fig. 5 eine statische Pumpe gemäß Fig. 4 im Querschnitt,

Fig. 6 bis Fig. 11 schematische Darstellungen des Schichtaufbaues des erfindungsgemäßen Tintenschreibkopfes,

Fig. 12 eine schematische Schnittdarstellung eines Wandlerelementes mit kragenförmigen Trennstegen,

Fig. 13 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Tintenschreibkopfes und

Fig. 14 eine schematische Darstellung der Schrägstellung des Tintenschreibkopfes in einer Zeilendruckeinrichtung.

Ein planarer Wandler aus Piezokeramik, wie er in den Fig. 2 und 3 dargestellt ist, besteht aus einer piezoelektrisch anregbaren durchgehend in eine Richtung polarisierten Schicht 1 aus piezokeramik und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschiene 2, z.B. aus Nickel. Diese so gebildete elektrisch ansteuerbare Membran wird über entsprechende Elektroden 3, 4 angesteuert, wobei die Stützschiene 2 als durchgehende Massenelektrode dient und die eigentlichen Ansteuerelektroden aus einer peripheren Ansteuerelektrode 3 und einer zentralen Ansteuerelektrode 4 bestehen. Diese Ansteuerelektroden 3 und 4 definieren konzentrisch zueinander angeordnete Membranbereiche in Form von Kreisflächen bzw. Kreisringflächen. Steuert man nun eine

derartig aufgebaute Membran so an, daß sich zwischen den Elektroden 3 und 4 der polarisierten Piezokeramik 1 und der gemeinsamen Gegenelektrode 2 elektrische Felder unterschiedlicher Richtung ausbilden, so wölbt sich die Membran in der in der Fig. 2 dargestellten Richtung aus, wenn es durch die Kreisringelektrode 3 zu einer Kontraktion der Piezokeramikschiicht 1 im Bereich der Ringelektrode 3 kommt und im Bereich der Elektrode 4 zu einer Dehnung der Piezokeramikschiicht 1.

Dies wird im folgenden anhand der Fig. 1 näher erläutert.

Die kleinste und kompakteste geometrische Form, die von einer ebenen Schicht ausgeht, nur schwache Krümmungen benötigt, und einen Hohlraum erweitert und schließt, ist eine Warze oder eine domartige Auswölbung. Eine derartige Form ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht.

Eine derartige Idealform kann man nun dadurch erzeugen, daß man eine ebene elastische Membran einem gleichmäßigen Innendruck aussetzt. Damit ergibt sich die auf der linken Seite der Fig. 1a dargestellte Form mit dem in der Fig. 1b dargestellten Neigungsverlauf und einem Krümmungsverlauf gemäß Fig. 1c, wobei die Abszisse dem Radius der Membranfläche zugeordnet ist.

Um diese ideale Warzenform zu erreichen, sind nun erfindungsgemäß die Ansteuerelektroden 3 und 4 in Verbindung mit der piezoelektrisch anregbaren Schicht 1 und der Stüttschicht 2, die als Masseelektrode dient, so ausgebildet, daß sich näherungsweise diese Idealform bei der Auslenkung ergibt.

Zu diesem Zweck ist die kreisförmige Außenelektrode 3 im äußeren Krümmungsbereich der Membran angeordnet und wird mit einem derartigen elektrischen Feld beaufschlagt, daß sich die piezoelektrische Schicht in diesem Krümmungsbereich zusammenzieht. Die konzentrisch dazu angeordnete Innenelektrode 4 wiederum wird mit einem derartigen Feld beaufschlagt, daß sich der zentrale Bereich der Piezokeramikschiicht 1 ausdehnt. Damit werden zwei Effekte gleichzeitig ausgenutzt, nämlich die Querkontraktion der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Der Krümmungsradius, bis zu dem sich ebene Schichten derartig erwölben lassen liegt etwa bei 0,1 m bis 0,4 m je nachdem wie dünn man die Schichten fertigen kann. Das Verhältnis der Elektrodenflächen zueinander ist nun so dimensioniert, daß sich die gewünschte Näherung des Verlaufes in Fig. 1a ergibt. Dies ergibt eine Neigung gemäß Fig. 1b mit zugehöriger Krümmung Fig. 1c (rechte Seite Fig. 1).

Wie in den Fig. 2 bis 5 dargestellt, läßt sich mit einem derartigen planaren Wandler aus Piezokeramik eine statische Pumpe bestehend aus zwei steuerbaren Sperrschiebern SE und SA und einem veränderlichen Hohlraum H ausbilden. Zu diesem Zwecke sind in einem Keramiksubstrat

drei Membranbereiche für SE, H, SA ausgebildet. In einer das Substrat 1 mit seiner zugehörigen Stüttschicht 2 tragenden Trägerschicht T ist ein Pumpkanal P ausgebildet. Dieser Pumpkanal P steht mit einem Fluidvorrat V (Fig. 4) in Verbindung. In dem Pumpkanal ist im Bereich des Einlaßventiles SE eine Querrippe Q ausgeformt, an die sich im unerregten Zustand die Membran aus Piezokeramik 1 und Stüttschicht 2 anlegt und damit den Kanal verschließt. Im angeregten Zustand entsprechend der Fig. 2 hebt sich die Membran warzenförmig ab und öffnet damit den Kanal P.

Derselbe Aufbau, wie beim Einlaßventil SE mit der Querrippe Q, ergibt sich beim Auslaßventil SA mit der dortigen Querrippe Q. Zwischen dem Einlaßventil SE und dem Auslaßventil SA befindet sich der als eigentliche Pumpe H dienende Membranbereich, der entsprechend den Membranen der Einlaßventile SE und SA aufgebaut ist. Eine derartig aufgebaute Pumpe, wie in den Fig. 4 und 5, läßt sich nun in vorteilhafter Weise z.B. über einen Dreiphasendrehstrom ansteuern und zwar dadurch, daß mit einer ersten Phase in einem Pumpschritt zunächst das Einlaßventil SE geöffnet wird, daß durch Auslenkung der Membran H Fluid aus dem Vorrat V angesaugt wird und daß dann nach Schließen des Einlaßventiles SE und nach Öffnen des Auslaßventiles SA (3. Phase) durch Betätigung der eigentlichen Pumpmembran H Fluid aus dem Auslaßbereich A ausgestoßen wird.

Je nach Verwendungszweck läßt sich der Pumpkanal auch in anderer Weise ausbilden. So ist es auch möglich, durch kragenförmig ausgeformte Wände runder Ein- und Auslaßöffnungen A, die in die Pumpkanäle ragen die Querrippen Q zu ersetzen. Die Membranfläche legt sich dann im unerregten Zustand in analoger Weise wie auf die Querrippe auf diesen Kragen auf und verschließt so den Ein- oder Auslaß.

Für eine derartige statische Pumpe sind nun vielerlei Anordnungen möglich. So kann entsprechend der Fig. 13 damit ein Tintenschreibkopf aufgebaut werden, bei dem auf einem einzigen Substrat 1 z.B. neun Schreibdüsen S1 bis S9 angeordnet sind. Jede dieser Schreibdüsen besteht aus einem Einlaßventil SE, einem veränderlichen Hohlraum H und einem Auslaßventil SA. Die Schreibdüsen S1 bis S9 stehen dabei mit dem Vorratsbereich V in Verbindung. Um einen Schreibkopf mit einer größeren Anzahl von Düsen bilden zu können, ist es auch möglich, mehrere Substrate 1 mit Schreibdüsen übereinander zu packen.

Bei einem derartigen Tintenschreibkopf sind die Schreibdüsen S1 bis S9 funktionell vollständig von der Tintenversorgung V getrennt. Damit kann ein mechanischer Verschluß der Düsen zwischen Schreibkopf und dem davor angeordneten Papier und der Antrieb dieses Verschlusses entfallen, da die Tintenkanäle durch die Auslaßventile SA geschlossen sind, solange diese Auslaßventile SA nicht angesteuert werden. Ein Übersprechen zwischen den Düsen entfällt, da beim eigentlichen

Spritzvorgang keine Fließverbindung besteht. Die Spritzvorgänge werden dabei nicht durch die Reflektion im Spritzkanal und nicht durch das Übersprechen von Nachbardüsen begrenzt, sondern nur durch die Eigenwerte der einzelnen Schreibdüsen S1 bis S9. Durch statisches Pumpen lassen sich Luftblasen aus dem Tintenkanal P entfernen und leere Kanäle wieder füllen.

Wie in den Fig. 6 bis 10 dargestellt, läßt sich der erfindungsgemäße Tintenschreibkopf besonders einfach in planarer Technik herstellen. Zu diesem Zwecke wird gemäß Fig. 6 ein aus Piezokeramik bestehendes Substrat 1 von einer Stärke von etwa 200 µm zunächst polarisiert und geprüft. Dann wird die Piezokeramik 1 beidseitig durch Vakuumbedampfen oder Sputtern metallisiert (z.B. 50 nm Ti und 500 nm Cu). Die Stützschrift 2 wird ganzflächig galvanisch abgeschieden. Gleichzeitig können auf der gegenüberliegenden Seite der Keramik 1 mit Hilfe einer Fotoresistmarkierung die peripheren und zentralen Ansteuerelektroden 3 und 4 samt Zuleitungen L erzeugt werden (z.B. 100 µm Ni).

Damit später die Warze vom Steg Q getrennt werden kann bedarf es in diesem Bereich einer zum übrigen Aufbau selektiv ätzbaren, dünnen Zwischenschicht Z (z.B. 0,2 mm Al oder Cu). Sie wird aufgedampft oder gesputtert und fotolithographisch-ätztechnisch strukturiert.

Die Ausformung der Kanäle P kann durch galvanische Abscheidung einer Metallschicht W zwischen einer Fotoresiststruktur erfolgen (z.B. 50 µm Ni). Nach Aufbringen einer metallischen Leitschicht über den nichtleitenden Fotoresist wird dann galvanisch die Trägerschicht T ganzflächig abgeschieden (z.B. 100 µm Ni). Die Kanalwände W können aber auch mit der Trägerschicht T in einem Schritt zusammen erzeugt werden. Dazu wird auf der Stützschrift 2 eine Struktur K aus Fotoresist oder Metall (z.B. Cu) von der Gestalt der späteren Kanäle und Hohlräume erzeugt. Verwendet man Fotoresist so muß anschließend seine Oberfläche mit einer weiteren dünnen Metallschicht leitfähig gemacht werden. Bei Verwendung von Metall kann auf der Struktur K und der restlichen freiliegenden Substratfläche 2 direkt das Kanalwand-Trägerschicht Metall galvanisch abgeschieden werden (z.B. 100 µm Ni), FIG 11.

Die Struktur K aus Fotoresist oder Metall wird dann selektiv zum Gesamtaufbau herausgelöst und abschließend der Quersteg Q durch Herauslösen der Zwischenschicht von der Warze getrennt.

Es ist aber auch möglich, zunächst auf den dünnen Hilfsschichten (ALU) die Wände der Kanalstruktur (W) zu strukturieren und in die so gebildeten Kanäle P einen ätzbaren Füllstoff einzufüllen. Nach Aufbringen der Trägerschicht T wird dann der ätzbare Füllstoff entfernt und die Hilfsschicht (Z) ebenfalls entfernt, damit sich die Querrippen Q beim Hochwölben des Substrates 1 von der Stützschrift 2 lösen können.

Zur Erleichterung der ätztechnischen Entfernung der Hilfsschichten bzw. der die Kanäle strukturierenden Werkstoffe können Öffnungen vorgesehen sein, die später wieder geschlossen werden.

Um ein Verlaufen des Verbundes bei Temperaturänderungen zu verhindern, kann außerhalb der Elektroden auf der Rückseite der Keramikschicht 1 eine weitere Stützschrift SS aufgebracht werden. Es ist auch möglich, die Leitungen L für die Elektroden 3 und 4 (Fig. 10) gleichzeitig mit der Stützschrift also aus dem gleichen Material und in gleicher Dicke zu erzeugen.

Anstelle der beschriebenen Querrippe Q ist es gemäß Fig. 12 auch möglich die Querrippe kreisförmig auszubilden, womit dann die Achse der Auslaßdüse A eine Richtung senkrecht zur Substratfläche 1 aufweist. Es ist also möglich, den Tintenschreibkopf so aufzubauen, daß die Austrittsdüsen A stirnseitig am Substrat angeordnet sind oder derartig, daß sie an der Substratoberfläche angeordnet sind. Welches die vorteilhaftere Anordnung ist, hängt von dem Verwendungszweck ab. Wie außerdem in der Fig. 14 dargestellt, kann zur Erhöhung der Teilungssichte zwischen der Rasterzeile RZ der Tintenschreibkopf gegen die Rasterzeile in einem Winkel geneigt sein.

Patentansprüche

1. Tintenschreibkopf mit Tintenausstoßkanälen (P) und den Tintenausstoßkanälen (P) zugeordneten piezoelektrischen Wandlerelementen (3,4), die über Versorgungsleitungen (V) mit Schreibflüssigkeit versorgt werden, wobei die Wandlerelemente (3, 4) eine elektrisch ansteuerbare Membran mit einer ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht (1) und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschrift (2) enthalten und die Tinte aus den Tintenausstoßkanälen (P) durch Auslenkungen der Membran ausgestoßen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare Schicht (1) einen peripheren Bereich (3) und einen zentralen Bereich (4) aufweist, die zum Erzeugen einer zum Schreibbetrieb notwendigen Auslenkung der Membran derart angesteuert werden, daß der Peripheriebereich (3) durch Querkontraktion verkürzt und der zentrale Bereich (4) durch Dehnung verlängert wird.

2. Tintenschreibkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare, durchgehend in eine Richtung polarisierte Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine durchgehende Masseelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine dem Peripheriebereich zugeordnete erste Ansteuerelektrode (3) und eine dem zentralen Bereich zugeordnete zweite Ansteuerelektrode (4) aufweist, wobei der Peripheriebereich und der Zentralbereich zum Ansteuern mit unterschiedlichen elektrischen Feldern beaufschlagt werden.

3. Tintenschreibkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare Schicht auf ihrer einen Seite eine durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine gemeinsame Ansteuerelektrode aufweist, wobei die peripheren Bereiche und der Zentralbereich unterschiedlich polarisiert sind.

4. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranbereiche (3, 4) einer Membran konzentrisch

zueinander angeordnet sind und sich bei Ansteuerung warzenförmig auswölben.

5. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membranbereiche (3, 4) auf einer gemeinsamen Substratfläche (1) angeordnet sind.

6. Tintenschreibkopf nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerleitungen (L) für die einzelnen Membranbereiche über unpolarierte Bereiche der Membranfläche führen.

7. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Stützschrift (2) eine weitere piezoelektrisch anregbare Schicht angeordnet ist, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zur ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht polarisiert ist.

8. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran im nichtaktivierten Zustand die Tintenkanäle mechanisch abschließt.

9. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Tintenkanal drei über einen Pumpkanal (P) für die Schreibflüssigkeit miteinander verbundene Membranbereiche zugeordnet sind, die eine statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern (SE, SA) und einen veränderlichen Hohlraum (H) bilden, wobei der erste Membranbereich (SE) einerseits über einen Versorgungskanal mit dem Tintenversorgungssystem (V), andererseits mit dem veränderlichen Hohlraum (H) in Verbindung steht und als Einlaßventil zwischen dem Versorgungskanal und dem Hohlraum angeordnet ist, der zweite Membranbereich (PH) mit seinem veränderlichen Hohlraum den Pumpenhub bewirkt und ein dritter Membranbereich (SA) zwischen dem Hohlraum (PH) und dem Austrittsbereich (A) des Tintenkanals als Auslaßventil angeordnet ist.

10. Tintenschreibkopf nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der die Membranbereiche verbindende Pumpkanal (P) im Bereich der als Ventile ausgebildeten Membranflächen Trennstege (Q) aufweist, die mit den Membranflächen derart zusammenwirken, daß sich der Pumpkanal nach Auswölben der Membranflächen über die Trennstege öffnet und der Pumpkanal im Bereich der Trennstege (Q) über die Membranflächen im nichtausgelenkten Zustand der Membranflächen unterbrochen ist.

11. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Membranflächen übereinander im Tintenschreibkopf angeordnet sind.

12. Tintenschreibkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verkleinerung der Teilung zwischen den Rasterzeilen (RZ) der Tintenschreibkopf (TS) gegen die Rasterzeilen geneigt ist.

13. Verfahren zum Herstellen eines Tintenschreibkopfes nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Substrat (1) eine dünne Schicht aus Piezokeramik verwendet wird, auf der die erforderliche Struktur des Tintenkopfes galvanoplastisch aufgebaut wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Piezokeramikschrift (1) vor dem galvanoplastischen Aufbau polarisiert wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Piezokeramik (1) beidseitig durch Bedampfen oder Sputtern metallisiert wird, danach fotolithographisch-galvanisch auf ihrer einen Seite Ansteuerrelektroden (3, 4) sowie die dazugehörigen Zuleitungen (Z) strukturiert werden, daß gleichzeitig auf der anderen Seite der Piezokeramik galvanisch die Stützschrift (2) abgeschieden wird und, daß dann auf der Stützschrift (2) eine oder mehrere dünne Hilfsschichten erzeugt und strukturiert werden, durch deren späteres Herauslösen die Membran von der Querrippe (Q) in der Kanalstruktur (P) getrennt werden kann.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Wände (W) der Kanalstruktur (P) galvanisch über der Stützschrift (2) und den dünnen Hilfsschichten Z zwischen Fotoresiststrukturen abgeschieden werden, daß über die Fotoresiststrukturen und die Kanalwandschicht eine dünne Metallschicht aufgebracht wird, daß darauf die Trägerschicht (T) ganzflächig galvanisch abgeschieden und, daß der Fotoresist selektiv herausgelöst wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß über der Stützschrift (2) und den dünnen Hilfsschichten (Z) eine Struktur (K) von der Form der Kanäle aus Fotoresist oder Metall erzeugt wird, daß, wenn die Struktur (K) aus Fotoresist besteht ein dünner Metallfilm darüber aufgebracht wird, daß dann die Kanalwände (W) und die Trägerschicht (T) gemeinsam über der Stützschrift (2) und der Struktur (K) als eine topographische Schicht galvanisch abgeschieden werden und, daß schließlich die Struktur K selektiv herausgelöst wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf den dünnen Hilfsschichten die Wände (W) der Kanalstrukturen zur Aufnahme der Schreibflüssigkeit strukturiert werden, daß dann die so gebildeten Kanäle (P) mit einem ätzbaren Füllstoff gefüllt und auf den so gefüllten Kanälen (P) eine Deckschicht (T) aufgebracht wird, und daß dann der Füllstoff entfernt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erleichterung der ätztechnischen Entfernung der Hilfsschichten bzw. der die Kanäle (P) strukturierenden Werkstoffe Öffnungen vorgesehen sind, die später verschlossen werden.

Revendications

1. Tête d'écriture à encre comportant des canaux (P) d'éjection de l'encre et des éléments transducteurs piézoélectriques (3, 4), qui sont associés aux canaux (P) d'éjection de l'encre et qui sont alimentés en encre par l'intermédiaire de conduits d'alimentation (V), les éléments transducteurs (3, 4) contenant une membrane, pouvant

être commandée électriquement et comportant une première couche (1) pouvant être excitée par voie piézoélectrique et une couche de soutien (2) reliée rigidement à cette couche pouvant être excitée, et l'encre sortant des canaux (P) d'éjection de l'encre étant éjectée sous l'effet de déviations de la membrane, caractérisée par le fait que la couche (1) pouvant être excitée par voie piézoélectrique possède une zone périphérique (3) et une zone centrale (4), qui sont commandées de manière à produire une déviation de la membrane, nécessaire pour l'opération d'écriture, de telle sorte que la zone périphérique (3) est raccourcie par contraction transversale et la zone centrale (4) est allongée par dilatation.

2. Tête d'écriture à encre suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que la couche (1), qui peut être excitée par voie piézoélectrique et qui est polarisée continuellement dans un sens, possède, sur l'une de ses faces, une électrode continue de masse (2) et, sur son autre face, une première électrode de commande (3) associée à la zone périphérique et une seconde électrode de commande (4) associée à la zone centrale, la zone périphérique et la zone centrale étant chargées, pour la commande, par des champs électriques différents.

3. Tête d'écriture à encre suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que la couche pouvant être excitée par voie piézoélectrique, comporte, sur l'une de ses faces, une électrode continue de masse (2) et, sur son autre face, une électrode commune de commande, les zones périphériques et la zone centrale étant polarisées différemment.

4. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les zones (3,4) de la membrane sont disposées concentriquement entre elles et se cintrent en prenant la forme d'un têtou, lors de la commande.

5. Tête d'écriture suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que plusieurs zones (3, 4) de la membrane, qui peuvent être activées individuellement, indépendamment les unes des autres, sont disposées sur une surface commune (1) d'un substrat.

6. Tête d'écriture à encre suivant la revendication 5, caractérisée par le fait que les conducteurs de commande (L) pour les différentes zones de la membrane s'étendent sur des zones non polarisées de la surface de la membrane.

7. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisée par le fait qu'à la place de la couche de soutien (2) est prévue une seconde couche, qui peut être excitée par voie piézoélectrique et qui est polarisée en sens opposé par rapport à la première couche qui peut être excitée par voie piézoélectrique.

8. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisée par le fait qu'à l'état non activé, la membrane ferme mécaniquement les canaux d'adduction d'encre.

9. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisée par le fait qu'à chaque canal d'adduction d'encre sont associées

trois zones de la membrane, qui sont reliées entre elles par l'intermédiaire d'un canal (B) de pompage pour l'encre et forment une pompe statique comportant deux registres d'arrêt commandables (SE, SA) et une cavité variable (H), la première zone (SE) de la membrane étant reliée d'une part par l'intermédiaire d'un canal d'alimentation au système d'alimentation d'encre (V) et d'autre part à la cavité variable (H) et étant disposée en, tant que soupape d'admission entre le canal d'alimentation et la cavité, tandis que la seconde zone (PH) de la membrane produit la course de la pompe, avec sa cavité variable, et qu'une troisième zone (SA) de la membrane est disposée entre la cavité (PH) et la zone de sortie (A) du canal d'adduction d'encre, en tant que soupape de sortie.

10. Tête d'écriture à encre suivant la revendication 9, caractérisée par le fait que le canal de pompage (P), qui relie les zones de la membrane, comporte, au niveau des surfaces de la membrane agencées sous la forme de soupapes, des barrettes de séparation (Q), qui coopèrent avec les surfaces de la membrane de telle sorte que le canal de pompage s'ouvre après l'écartement par cintrage des surfaces de la membrane au-dessus des barrettes de séparation, et que le canal de pompage est interrompu dans la zone des barrettes de séparation (Q) au-dessus des surfaces de la membrane, lorsque les surfaces de la membrane sont à l'état non dévié.

11. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait que plusieurs surfaces de la membrane sont superposées dans la tête d'écriture à encre.

12. Tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 11, caractérisée par le fait que pour réduire la subdivision entre les lignes de trame (RZ), la tête d'écriture à encre (TS) est inclinée par rapport à ces lignes.

13. Procédé pour fabriquer une tête d'écriture à encre suivant l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait qu'on utilise, comme substrat (1), une couche mince formée d'une piézocéramique, sur laquelle la structure nécessaire de la tête à encre est formée par galvanoplastie.

14. Procédé suivant la revendication 13, caractérisé par le fait que la couche de piézocéramique (1) est polarisée avant la structuration galvanoplastique.

15. Procédé suivant l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé par le fait que la piézocéramique (1) est métallisée sur ses deux faces par dépôt par évaporation ou par pulvérisation, puis que des électrodes de commande (3,4) ainsi que les conducteurs d'alimentation associés (Z) sont structurés par voie photolithographique-galvanique sur l'une des faces de la piézocéramique, que la couche de soutien (2) est déposée par voie galvanique simultanément sur l'autre face de la piézocéramique et qu'ensuite on produit sur la couche de soutien (2) et on structure une ou plusieurs couches auxiliaires minces, desquelles on peut séparer, par dissolution ultérieure, la membrane de la nervure transversale (Q) située dans la structure (P) du canal.

16. Procédé suivant l'une des revendications 13 à 15, caractérisé par le fait qu'on dépose les parois (W) de la structure (P) du canal par voie galvanique au-dessus de la couche de soutien (2) et des couches auxiliaires minces (Z) entre des structures de résine photosensible, qu'on dépose une couche métallique mince au-dessus des structures de résine photosensible et de la couche des parois du canal, qu'on dépose sur la surface de l'ensemble, par voie galvanique, la couche de support (T) et qu'on élimine la résine photosensible d'une manière sélective par dissolution.

17. Procédé suivant l'une des revendications 13 à 15, caractérisé par le fait qu'on forme, au-dessus de la couche de soutien (2) et des couches auxiliaires minces (Z), une structure (K) possédant la forme des canaux, et ce au moyen d'une résine photosensible ou d'un métal, que lorsque la structure (K) est constituée par une résine photosensible, on dépose par-dessus une pellicule métallique mince, qu'on dépose ensuite par voie galvanique les parois (W) du canal et la couche de support (T) en commun sous la forme d'une couche topographique, au-dessus de la couche de soutien (2) et de la structure (K), et qu'enfin on élimine de façon sélective par dissolution la structure (K).

18. Procédé suivant l'une des revendications 13 à 15, caractérisé par le fait que sur les couches auxiliaires minces, on structure les parois (W) des structures des canaux destinées à recevoir l'encre, qu'on remplit ensuite les canaux (P) ainsi formés, avec une substance de remplissage pouvant être éliminée par corrosion et on dépose une couche de revêtement (R) sur les canaux (P) ainsi remplis, et on élimine ensuite la substance de remplissage.

19. Procédé suivant l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé par le fait que pour faciliter l'élimination, au moyen d'une technique de corrosion, des couches auxiliaires ou des matériaux formant la structure des canaux (P), on prévoit des ouvertures que l'on obture ultérieurement.

Claims

1. Ink writing head comprising ink ejection channels (P) and piezoelectric transducer elements (3, 4) allocated to the ink ejection channels (P), said transducer elements being supplied with writing fluid via supply lines (V), said transducer elements (3, 4) containing an electrically drivable membrane having a first piezoelectrically excitable layer (1) and a supporting layer (2) firmly joined to this excitable layer and the ink being ejected from the ink ejection channels (P) due to excursions of the membrane, characterized in that the piezoelectrically excitable layer (1) has a peripheral region (3) and a central region (4) which are driven in such a way for generating an excursion of the membrane needed for writing operation that the peripheral region (3) is shortened by transversal contraction and the central region (4) is lengthened by dilation.

2. Ink writing head according to Claim 1, characterized in that the piezoelectrically excitable layer (1), continuously polarized in one direction, has a through electrode (2) to earth on its one side and a first drive electrode (3), allocated to the peripheral region, and a second drive electrode (4), allocated to the central region, on its other side, the peripheral region and the central region being charged with different electrical fields for driving.

3. Ink writing head according to Claim 1, characterized in that the piezoelectrically excitable layer has a through electrode (2) to earth on its one side and a common drive electrode on its other side, the peripheral regions and the central region being being differently polarized.

4. Ink writing head according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the membrane regions (3, 4) of a membrane are arranged concentrically relative to one another and arc outwards in button-like fashion when driven.

5. Ink writing head according to one of Claims 1 to 4, characterized in that a plurality of membrane regions (3, 4) individually activatable independently of one another are arranged on a common substrate surface (1).

6. Ink writing head according to Claim 5, characterized in that the drive lines (L) for the individual membrane regions lead across unpolarized regions of the membrane surface.

7. Ink writing head according to one of Claims 1 to 6, characterized in that the supporting layer (2) is replaced by a further piezoelectrically excitable layer which is respectively polarized in a direction opposite the first piezoelectrically excitable layer.

8. Ink writing head according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the membrane mechanically closes the ink channels in its non-activated condition.

9. Ink writing head according to one of Claims 1 to 8, characterized in that every ink channel has three membrane regions which are connected to one another via a pump channel (P) for the writing fluid allocated to it, said three membrane regions forming a static pump having two controllable rotary pistons (SE, SA) and a variable cavity (H), the first membrane region (SE) being connected on the one hand to the ink supply system (V) via a supply channel and on the other hand to the variable cavity (H) and arranged as an admission valve between the supply channel and the cavity, the second membrane region (PH) effecting the pump stroke with its variable cavity, and a third membrane region (SA) being arranged as outlet valve between the cavity (PH) and the outlet region (A) of the ink channel.

10. Ink writing head according to Claim 9, characterized in that the pump channel (P) connecting the membrane regions has parting webs (Q) in the region of the membrane surfaces fashioned as valves, said parting webs cooperating with the membrane surfaces such that, after outward arcing of the membrane surfaces, the pump channel opens via the parting webs and, in the non-deflected condition of the membrane surfaces, the pump channel is

interrupted in the region of the parting webs (Q) via the membrane surfaces.

11. Ink writing head according to one of Claims 1 to 10, characterized in that a plurality of membrane surfaces are arranged over one another in the ink writing head.

12. Ink writing head according to one of Claims 1 to 11, characterized in that the ink writing head (TS) is inclined towards the scan lines in order to diminish the division between the scan lines (RZ).

13. Method of manufacturing an ink writing head according to one of Claims 1 to 12, characterized in that a thin layer of piezoceramic is used as substrate (1), the required structure of the ink head being galvanoplastically constructed thereon.

14. Method according to Claim 13, characterized in that the piezoceramic layer (1) is polarized before the galvanoplastic structuring.

15. Method according to one of Claims 13 or 14, characterized in that the piezoceramic (1) is metallized on both sides by vapour-deposition or sputtering, drive electrodes (3, 4) as well as the leads (Z) appertaining thereto are subsequently photolithographically-voltaically structured on the one side thereof, in that, simultaneously, the supporting layer (2) is electro-deposited on the other side of the piezoceramic and in that one or more thin auxiliary layers are then generated and structured on the supporting layer (2), the membrane being capable of being separated from the cross-rib (Q) in the channel structure (P) on the basis of the later dissolving-out of said auxiliary layers.

16. Method according to one of Claims 13 to 15,

characterized in that the walls (W) of the channel structure (P) are electro-deposited over the supporting layer (2) and the thin auxiliary layers (Z) between photoresist structures, in that a thin metal layer is applied over the photoresist structures and over the channel wall layer, in that the carrier layer (T) is electro-deposited thereon surface-wide and in that the photoresist is selectively dissolved out.

17. Method according to one of Claims 13 to 15, characterized in that a structure (K) of photoresist or metal having the shape of the channels is generated over the supporting layer (2) and over the thin auxiliary layers (Z), in that, if the structure (K) is composed of photoresist, a thin metal film is applied thereover, in that the channel walls (W) and the carrier layer (T) are then electro-deposited in common over the supporting layer (2) and over the structure (K) as a topographic layer and in that, finally, the structure (K) is selectively dissolved out.

18. Method according to one of Claims 13 to 15, characterized in that the walls (W) of the channel structures for the acceptance of the writing fluid are structured on the thin auxiliary layers, in that the channels (P) formed in this way are then filled with an etchable filler and a cover layer (T) is applied to the channels (P) filled in this way and in that the filler is then removed.

19. Method according to one of Claims 16 or 17, characterized in that openings which are later closed are provided for facilitating the etched removal of the auxiliary layers or, respectively, of the materials which structure the channels (P).

40

45

50

55

60

65

FIG 1

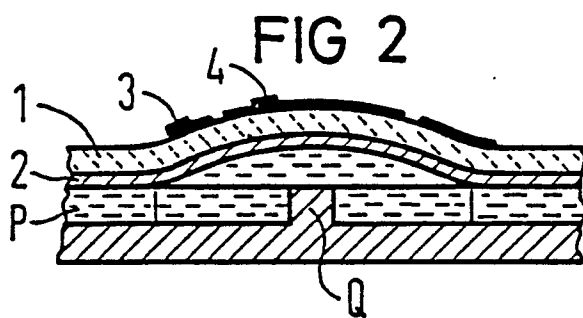
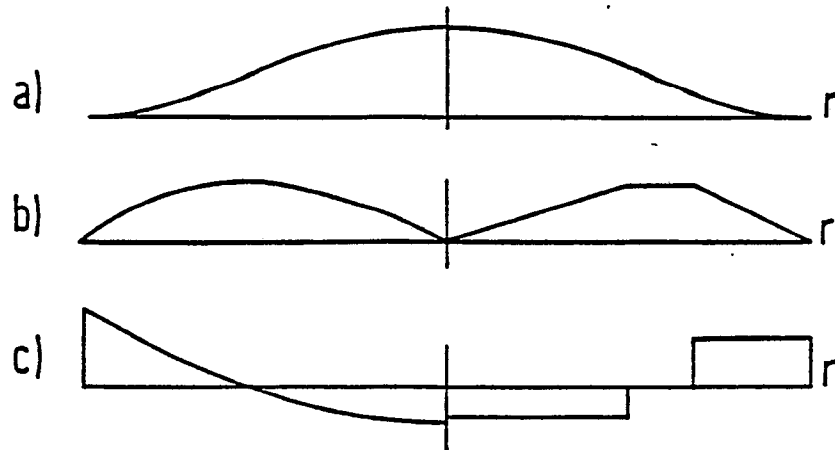


FIG 3

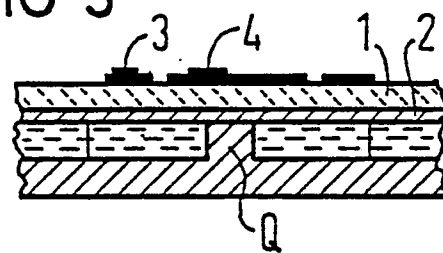


FIG 4

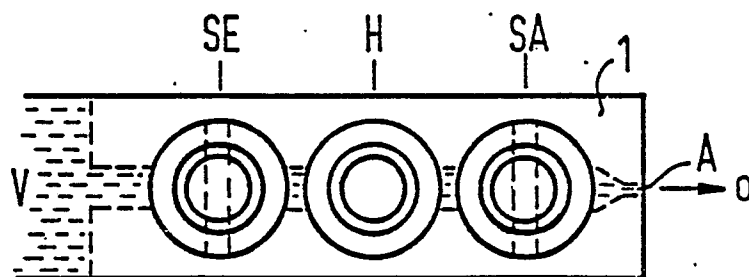


FIG 5

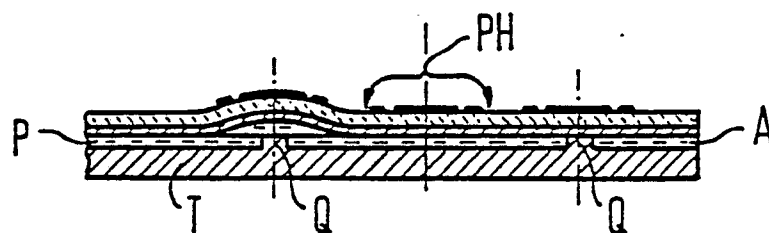


FIG 6

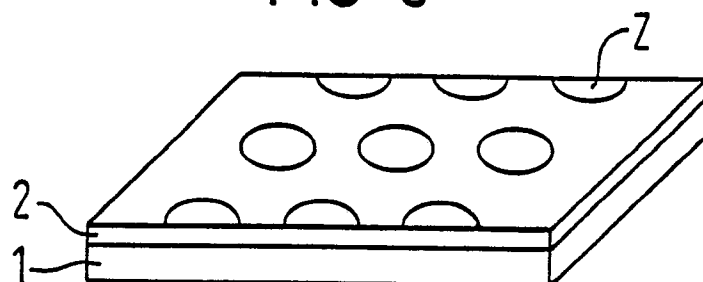


FIG 7

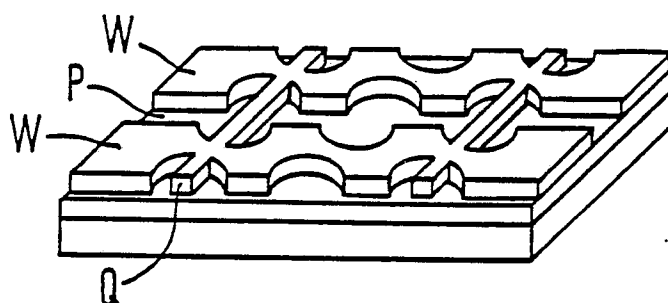


FIG 8

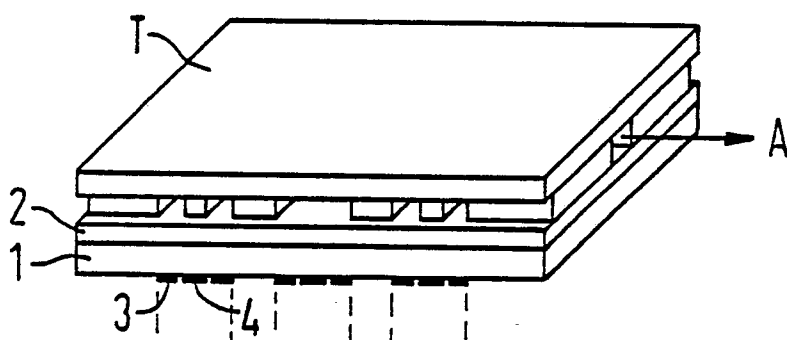


FIG 9

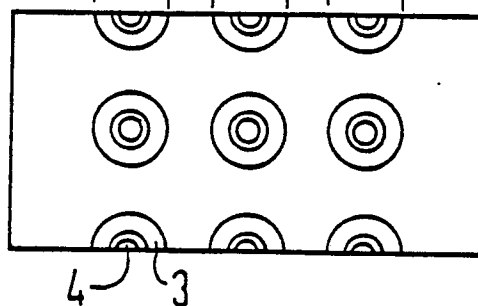


FIG 10

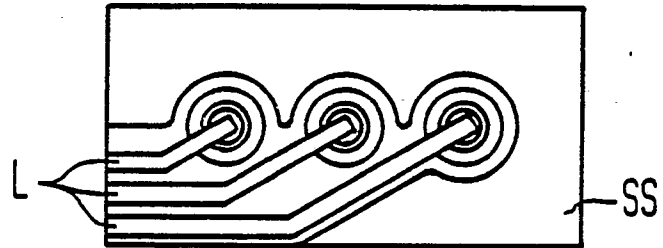


FIG 11

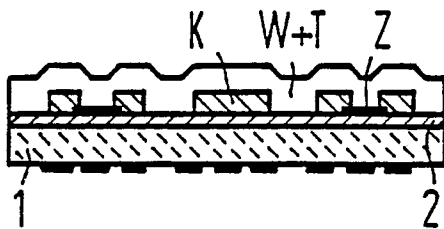


FIG 12

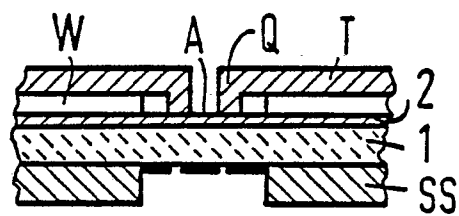


FIG 13

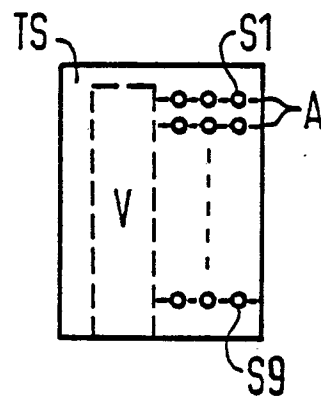


FIG 14

