



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
13.01.93 Patentblatt 93/02

⑤① Int. Cl.⁵ : **B41J 2/14, H01L 41/08**

②① Anmeldenummer : **88905712.1**

②② Anmeldetag : **18.07.88**

⑧⑥ Internationale Anmeldenummer :
PCT/DE88/00445

⑧⑦ Internationale Veröffentlichungsnummer :
WO 89/00921 09.02.89 Gazette 89/04

⑤④ **PIEZOELEKTRISCHER TINTENDRUCKKOPF UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG.**

③⑩ Priorität : **31.07.87 DE 3725499**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
11.04.90 Patentblatt 90/15

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
13.01.93 Patentblatt 93/02

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
CH DE FR GB IT LI

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-A- 3 630 206
FR-A- 1 204 024
GB-A- 2 098 134
Patent Abstracts of Japan, volume 9, Nr. 235,
(M-415), JP-A-6090770

⑦③ Patentinhaber : **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2 (DE)

⑦② Erfinder : **LUBITZ, Karl**
Röntgenstrasse 20
W-8012 Ottobrunn (DE)
Erfinder : **MOHAUPT, Jutta**
Theresienstr. 54
W-8000 München 2 (DE)
Erfinder : **WERSING, Wolfram**
Weidenweg 4
W-8048 Kirchheim (DE)

EP 0 362 291 B1

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

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Tintendruckkopf mit einer Düsenfront mit mindestens einer Düse, mindestens einem tinteführenden Tintenkanal, der in die Düse mündet, mindestens einem einen Graben aufweisenden piezoelektrischen Antriebselement, das so auf die Tinte in dem Tintenkanal einwirkt, daß es bei piezoelektrischer Anregung einen tropfenförmigen Ausstoß von Tinte bewirkt, und mit jeweils zwei Elektroden zur Ansteuerung eines Antriebselementes.

Ein Tintendruckkopf mit tinteführenden Kanälen, auf die piezoelektrische Antriebselemente einwirken, ist aus der deutschen Patentschrift 2 543 451 bekannt. Dabei wird jeweils ein Abschnitt der Kanäle von einem piezoelektrischen Antriebselement zylindrisch umfaßt. Bei diesem Tintendruckkopf ist die Länge der von den Antriebselementen nicht umfaßten, zwischen den Austrittsöffnungen der Tintenkanäle und den Antriebselementen liegenden Abschnitte der Tintenkanäle so bemessen, daß die Tintenkanäle mit den piezoelektrischen Antriebselementen von der Abdruckstelle her strahlenförmig knickfrei wegfluchtend verlaufend anordbar sind. Dieser Tintendruckkopf hat also im Bereich der piezoelektrischen Antriebselemente wesentlich größere Abmessungen als es dem Druckraster entspricht. Für einen modularen Aufbau einer Schreibeinrichtung mit mehreren Tintendruckköpfen ist dieser Tintendruckkopf daher weniger geeignet. Eine vollständige Druckzeile kann nur realisiert werden, wenn der Tintendruckkopf in Zeilenrichtung bewegt wird. Damit ist aber die Druckgeschwindigkeit und die Auflösung begrenzt.

Aus der GB-A-2 098 134 ist ein Tintendruckkopf bekannt, dessen piezoelektrische Antriebselemente zwei Platten aus einem piezoelektrischen, polarisierten Material umfassen. Zumindest eine Platte enthält U-förmige Vertiefungen, die durch Aufkleben der zweiten Platte unter Bildung von Aufnahmeräumen abgedeckt werden. In die Aufnahmeräume ist jeweils ein Röhrchen eingeklebt, das als Tintenkanal dient und in einer Düse mündet. Elektrisch leitende Schichten an den jeweiligen Außenseiten der Platten und an den den jeweiligen Aufnahmeraum begrenzenden Innenseiten der Platten dienen als Ansteuer Elektroden. Die piezoelektrischen Antriebselemente dieses bekannten Druckkopfes weisen damit verhältnismäßig viele einzelne Bestandteile auf.

Ein aus der DE-A-36 30 206 bekannter Tintendruckkopf der eingangs genannten Art weist eine Düsenfront mit mindestens einer Düse und mindestens einen tinteführenden, in die Düse mündenden Kanal auf. Der Kanal ist von einem rillenartigen Graben in einer piezoelektrischen Platte und von einer auf der piezoelektrischen Platte durch Verklebung oder Verschweißung befestigten Deckplatte gebildet. Jedem Graben ist ein piezoelektrisches Antriebselement zu-

geordnet, das aus zwei Elektroden zur Ansteuerung und dem zwischen dem Grabenboden und der Außenseite der piezoelektrischen Platte befindlichen piezoelektrischen Material gebildet ist. Bei Anregung des Antriebselements dehnt sich dieses unter Volumenverminderung des tinteführenden Kanals aus und bewirkt damit einen tropfenförmigen Ausstoß von Tinte. Dieser bekannter Tintendruckkopf weist eine vergleichsweise aufwendig gestaltete Struktur der piezoelektrischen Platte auf. Er umfaßt mit der Deckplatte ein zusätzliches Bauteil, wodurch insgesamt eine Verringerung der Baugröße des bekannten Tintendruckkopfes erschwert ist. Der DE-A-36 30 206 sind keinerlei Hinweise über die praktische Herstellung des bekannten Tintendruckkopfes entnehmbar.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen piezoelektrischen Tintendruckkopf und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, der sehr kleine Abmessungen aufweist und Druckpunkte mit sehr hoher Druckpunktdichte liefert.

Diese Aufgabe wird bei einem piezoelektrischen Tintendruckkopf der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß

- a1) das Antriebselement ein Piezokeramikteil aufweist, in dem der Graben vorgesehen ist,
- a2) die erste Elektrode auf dem Piezokeramikteil so angeordnet ist, daß sie den Graben zur Bildung des Tintenkanals verschließt,
- a3) die zweite Elektrode isoliert zur ersten Elektrode auf dem Piezokeramikteil angeordnet ist und daß
- b) die Düsenfront direkt mit den Piezokeramikteilen verbunden ist.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß

- a) die Kanäle parallel zueinander verlaufen,
- b) die Antriebselemente einzeln ansteuerbar sind,
- c) die Gräben mit einer gemeinsamen ersten Elektrode zu Kanälen geschlossen sind
- d) die Piezokeramikteile mindestens auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche voneinander separiert sind und
- e) jeder Kanal in eine Düse mündet.

Ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Tintendruckkopfes besteht darin, daß

- a) in einer polarisierten Piezokeramikscheibe mindestens ein Graben erzeugt wird,
- b) die gemeinsame erste Elektrode auf der Grabenseite der Piezokeramikscheibe aufgebracht wird, so daß die Gräben geschlossen werden und damit Kanäle entstehen,
- c) die zweiten Elektroden auf der den Gräben gegenüberliegenden Oberfläche der Piezokeramikscheibe aufgebracht werden, so daß sie jeweils den Kanälen gegenüberliegen und einander nicht berühren,
- d) die Antriebselemente durch Zerteilen der

Piezokeramikscheibe zwischen den zweiten Elektroden mindestens auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche voneinander separiert werden und

e) auf der Frontseite der Piezokeramikscheibe (41) die mit den Kanälen (5) verbundene Düsenfront (21) hergestellt wird.

Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen, so wie nachfolgend aus der anhand eines Ausführungsbeispiels mit FIG 1 - 3 gegebenen Beschreibung hervor.

FIG 1 zeigt in schematischer Darstellung einen Schnitt durch einen piezoelektrischen Tintendruckkopf.

FIG 2 zeigt schematisch den Tintendruckkopf in Draufsicht.

FIG 3 zeigt schematisch den Verlauf der Herstellung des piezoelektrischen Tintendruckkopfs anhand aufeinanderfolgender Verfahrensschritte mit den Bezugszeichen 301, 303 bis 309, 303a, 303b, 307b bis 309b, 309a und 311a.

Bei den Verfahrensschritten, deren Bezugszeichen mit a oder b versehen sind, ist der piezoelektrische Tintendruckkopf in Draufsicht gezeigt.

FIG 1: Auf einer Trägerschicht 6 befinden sich mehrere parallel nebeneinander liegende Antriebselemente 1. Jedes Antriebselement 1 besteht aus einem Piezokeramikteil 2, einer zweiten Elektrode 4 und einem Teil einer gemeinsamen ersten Elektrode 3. Die Piezokeramikteile 2 bilden zusammen mit der gemeinsamen ersten Elektrode 3 Kanäle 5. Dabei schließt die gemeinsame erste Elektrode 3 die Gräben 44, die sich in den Piezokeramikteilen 2 befinden zu Kanälen 5 ab.

FIG 2: An der Stirnseite des piezoelektrischen Tintendruckkopfs befindet sich die Düsenfront 21 mit Düsen 22. Die Düsenfront 21 ist direkt mit den Piezokeramikteilen 2 verbunden und jeder Kanal 5 mündet in einer Düse 22. Die Piezokeramikteile 2 berühren sich auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche nicht. Die Düsenfront 22 kann aus Metall oder Piezokeramik bestehen. Die Düsen 22 sind zur Tröpfchenausbildung beim Betrieb des piezoelektrischen Tintendruckkopfs wichtig.

FIG 3: Verfahrensschnitt 301: Eine Piezokeramikscheibe 41 mit einer Dicke von 100 bis 200 µm wird beidseitig mit einer Metallschicht 42 und 43 versehen. Die Piezokeramikscheibe 41 ist aus einer Piezokeramikmasse hergestellt, die eine definiert hohe Enddichte, z. B. 99%, erreicht. Sie kann aus einer Piezokeramikfolie durch Schneiden oder aus einem Keramikblock durch Sägen und Schleifen hergestellt sein. Nach dem Aufbringen der Metallschichten 42 und 43 wird die Piezokeramikscheibe 41 durch Anlegen einer Spannung zwischen den Metallschichten 42 und 43, mit einer für die Keramik gebräuchlichen Feldstärke bei einer erhöhten Temperatur von ca.

100-150°C polarisiert.

Verfahrensschritt 303: Durch Laserätzen werden parallel nebeneinander liegende Gräben 44 auf der Seite der unteren Metallschicht 43 erzeugt.

Verfahrensschritt 303b: Wenn die Düsenfront 21 aus Metall hergestellt werden soll, werden die Gräben 44 auf der Piezokeramikscheibe 41 durchgehend erzeugt. Durchgehende Gräben 44 können auch mit den bekannten Sägetechniken hergestellt werden.

Verfahrensschritt 303a: Bei Herstellung der Gräben 44 durch Laserätzen ist es möglich die Gräben 44 sackprofilartig zu erzeugen. Der nichtstrukturierte Teil der Piezokeramikscheibe 41 kann hier zur Herstellung der Düsenfront 21 verwendet werden. Dabei ist es erforderlich, daß die obere Metallschicht 42, aus der im weiteren Herstellungsverlauf die zweiten Elektroden 4 entstehen, nur in dem Bereich der Piezokeramikscheibe 41 aufgebracht wird, in dem Gräben 44 hergestellt werden.

Verfahrensschritt 304: Die Gräben 44 werden mit Kunststoff 45 vergossen.

Verfahrensschritt 305: Die mit Kunststoff 45 vergossene Seite der Piezokeramikscheibe 41 wird so mechanisch bearbeitet, z. B. Schleifen, Läppen, daß die Piezokeramik freigelegt ist.

Verfahrensschritt 306: Die gemeinsame erste Elektrode 3 wird durch Aufsputtern einer Metallschicht aufgebracht.

Verfahrensschritt 307: Auf die gemeinsame erste Elektrode 3 kann an dieser Stelle des Herstellungsverfahrens eine Trägerschicht 6 galvanisch aufgebracht werden. Die Trägerschicht 6 kann aus einer 50 bis 100 µm dicken Metallschicht bestehen.

Verfahrensschritt 308: Der Kunststoff 45 wird aus den Kanälen 5 entfernt, z.B. ausgebrannt. Die Metallschicht 42 auf der Oberseite der Piezokeramikscheibe 41 wird durch Ätz- oder, Abhebeverfahren so strukturiert, daß daraus die zweiten Elektroden 4 entstehen, die mittig und parallel über den Kanälen 5 verlaufen und einander nicht berühren.

Eine weitere Möglichkeit zur Strukturierung der Metallschicht 42 für das Erzeugen der zweiten Elektroden 4 ist das Laserätzen. Dabei kann das Strukturieren der Metallschicht 42 zusammen mit dem Zerteilen der Piezokeramikteile 2 erfolgen, das im nächsten Verfahrensschritt (309) beschrieben ist.

Verfahrensschritt 309: Die Piezokeramikteile 2 werden durch Laserätzen so voneinander getrennt, daß sie sich mindestens auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche nicht berühren, wobei keilförmige Furchen 48 aus der Piezokeramikscheibe 41 herausgeschnitten werden.

Verfahrensschritt 307b: Zur Herstellung einer Düsenfront 21 aus Metall wird nach dem Erzeugen der gemeinsamen ersten Elektrode 3 und vor dem Entfernen des Kunststoffs 45 aus den Kanälen 5 eine metallische Sputterschicht 46 an der Frontseite der Piezokeramikscheibe 41 aufgebracht.

Verfahrensschritt 308b: Auf die Sputterschicht 46 wird die metallische Düsenfront 21 galvanisch aufgebracht. Die Düsenfront 21 kann z. B. aus Nickel bestehen. Zweckmäßigerweise wird die Düsenfront 21 gleichzeitig mit der Trägerschicht 6 galvanisch aufgebracht.

Verfahrensschritt 309b: Die Düsen 22 werden so in die Düsenfront 21 gebohrt, daß sie mittig auf die Kanäle 5 stoßen.

Verfahrensschritt 309a: Bei der Herstellung der Düsenfront 21 aus Piezokeramik werden die Düsen durch Laserätzen hergestellt. Dazu wird die Piezokeramik an der Frontseite fein geschliffen und poliert.

Verfahrensschritt 311a: Durch Laserätzen werden die Düsen 22 so erzeugt, daß sie mittig auf die Kanäle 5 treffen.

Durch die Trennung der einzelnen Piezokeramikteile 2 voneinander ist ein Übersprechen zwischen den einzelnen Antriebselementen 1 unterbunden. Dadurch wird das unerwünschte Nebensprechen, d. h. ein Ausstoß von Tintentröpfchen aus dem Kanal eines nicht angeregten Antriebselements, unterbunden. Die keilförmige Trennfuge 48 unterbindet das Auftreten von interferenzbildenden Schallwellen im Tintendruckkopf.

In der deutschen Patentanmeldung P 37 18 323 ist ein Verfahren beschrieben, mit dem die Bearbeitung von Keramikwerkstoffen ohne das Entstehen von Damageschichten möglich ist. Dabei wird eine Laserstrahlung mit einer (Luft)wellenlänge kleiner als etwa 350nm verwendet, die Beaufschlagung mit Laserstrahlung nur Impulswise durchgeführt und die Impulsdauer, die Pulswiederholungsrate und die Pulsenergie derart aufeinander abgestimmt bemessen, daß in dem bearbeiteten Werkstoff ein wesentlicher Wärmestau vermieden wird. Vorteilhaft ist der Einsatz eines Excimerlasers.

Durch Anwendung dieses Laserätzverfahrens beim Verfahren zur Herstellung des piezoelektrischen Tintendruckkopf kann das Erzeugen der Düsen, der Gräben und das Zerteilen der Piezokeramikscheibe sehr genau erfolgen, ohne daß störende Damageschichten an den Rändern der bearbeiteten Bereiche entstehen. Damit kann die Ausbeute bei der Herstellung und die Funktionsgenauigkeit der piezoelektrischen Tintendruckköpfe erhöht werden.

Als Elektrodenmaterial eignen sich besonders Verbindungen mit Chrom-Platin-Gold und Titan-Nickel-Gold. Für die galvanisch abgeschiedenen Schichten ist Nickel besonders geeignet.

Die Druckpunktdichte, die mit dem beschriebenen Tintendruckkopf erreicht werden kann, beträgt ca. 4 Punkte pro Millimeter. Der Tintendruckkopf ist für höchste Druckgeschwindigkeiten geeignet. Das Verfahren gestattet die Herstellung eines Tintendruckkopfes höchster Auflösung sozusagen in einem Stück, ohne daß aufwendige mechanische

Bearbeitungs- und Verbindungsverfahren, z. B. Schweißen, notwendig sind.

Da die Bauhöhe dieses Tintendruckkopfs sehr gering ist, einschließlich einer möglichen Kunststoffbeschichtung kleiner als 0,3 mm, können mehrere Tintendruckköpfe leicht gestapelt und gemeinsam in ein Gehäuse eingebaut werden. Das Gehäuse kann dabei als Tintenkanister dienen. In dieser Weise können auch Tintendruckköpfe für eine ganze Druckzeile aufgebaut werden. Eine Verbindungstechnik für den Zusammenbau einzelner Druckköpfe ist das Kleben.

Mit dem beschriebenen Herstellungsverfahren ist es möglich, Tintendruckköpfe großer Breite (ca. 100 mm) herzustellen. Da selbst zusammengesetzte Druckköpfe noch eine sehr geringe Bauhöhe aufweisen, ist eine weitere Stapelung solcher Druckköpfe für Mehrfarbendruck möglich.

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Tintendruckkopf mit einer Düsenfront (21) mit mindestens einer Düse (22), mindestens einem tinteführenden Tintenkanal (5), der in die Düse (22) mündet, mindestens einem einen Graben (44) aufweisenden piezoelektrischen Antriebselement (2), das so auf die Tinte in dem Tintenkanal (5) einwirkt, daß es bei piezoelektrischer Anregung einen tropfenförmigen Ausstoß von Tinte bewirkt, und mit jeweils zwei Elektroden (3, 4) zur Ansteuerung eines Antriebselementes (2), **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - a1) das Antriebselement (1) ein Piezokeramikteil (2) aufweist, in dem der Graben (44) vorgesehen ist,
 - a2) die erste Elektrode (3) auf dem Piezokeramikteil (2) so angeordnet ist; daß sie den Graben (44) zur Bildung des Tintenkanals (5) verschließt,
 - a3) die zweite Elektrode (4) isoliert zur ersten Elektrode (3) auf dem Piezokeramikteil (2) angeordnet ist und daß
 - b) die Düsenfront (21) direkt mit den Piezokeramikteilen (2) verbunden ist.
2. Piezoelektrischer Tintendruckkopf nach Anspruch 1 mit mehreren Antriebselementen, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - a) die Kanäle (5) parallel zueinander verlaufen,
 - b) die Antriebselemente (1) einzeln ansteuerbar sind,
 - c) die Gräben (44) mit einer gemeinsamen ersten Elektrode (3) zu Kanälen (5) geschlossen sind und
 - d) die Piezokeramikteile (2) mindestens auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche voneinander separiert sind und

- e) jeder Kanal (5) in eine Düse (22) mündet.
3. Piezoelektrischer Tintendruckkopf nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Piezokeramikteile (2) eine Materialdicke von größer 98% aufweisen. 5
4. Piezoelektrischer Tintendruckkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Düsenfront (21) aus Metall besteht. 10
5. Piezoelektrischer Tintendruckkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Düsenfront (21) aus Piezokeramik besteht. 15
6. Piezoelektrischer Tintendruckkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Trägerschicht (6) aus Metall auf der gemeinsamen ersten Elektrode (3) vorgesehen ist. 20
7. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Tintendruckkopfes nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem 25
- a) in einer polarisierten Piezokeramikscheibe (41) mindestens ein Graben (44) erzeugt wird, b) die gemeinsame erste Elektrode (3) auf der Grabenseite der Piezokeramikscheibe (41) aufgebracht wird, so daß die Gräben (44) geschlossen werden und damit Kanäle (5) entstehen, 30
- c) die zweiten Elektroden (4) auf der den Gräben (44) gegenüberliegenden Oberfläche der Piezokeramikscheibe (41) aufgebracht werden, so daß sie mittig und parallel über den Kanälen (5) verlaufen und einander nicht berühren, 35
- d) die Antriebselemente (1) durch Zerteilen der Piezokeramikscheibe (41) zwischen den zweiten Elektroden (4) mindestens auf der Länge der elektrisch kontaktierten Bereiche voneinander separiert werden und 40
- e) auf der Frontseite der Piezokeramikscheibe (41) die mit den Kanälen (5) verbundene Düsenfront (21) hergestellt wird. 45
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Gräben (44) durch Sägen hergestellt werden. 50
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Gräben (44) durch Laserätzen geschaffen werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Aufbringen der gemeinsamen Elektrode (3) dadurch erfolgt, das nach Erzeugen der Gräben (44) 55
- a) die Gräben (44) mit Kunststoff (45) aufgefüllt werden, b) die gemeinsame erste Elektrode (3) durch Aufputtern einer Metallschicht aufgebracht wird und c) der Kunststoff (45) anschließend entfernt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Antriebselemente (1) nach dem Aufbringen der zweiten Elektroden (4) durch Laserätzen voneinander getrennt werden, wobei keilförmige Furchen (48) aus der Piezokeramikscheibe (41) herausgeschnitten werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Aufbringen der zweiten Elektroden (4) dadurch erfolgt, daß a) auf der den Gräben (44) gegenüberliegenden Oberfläche der Piezokeramikscheibe (41) eine obere Metallschicht (42) aufgebracht wird und b) die obere Metallschicht (42) so strukturiert wird, daß die zweiten Elektroden (4) entstehen, die den Kanälen (5) gegenüberliegen und einander nicht berühren.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Düsenfront (21) aus Metall hergestellt wird, nachdem die Antriebselemente (1) voneinander getrennt werden durch Zerteilen der Piezokeramikscheibe (41) auf ihrer gesamten Länge und bevor der in die Gräben (44) eingebrachte Kunststoff (45) entfernt wird, indem die Piezokeramikscheibe (41) an der Frontseite a) geschliffen und poliert wird, b) eine metallische Sputterschicht (46) aufgebracht wird, c) auf die Sputterschicht (46) die metallische Düsenfront (21) galvanisch aufgebracht und d) die Düsen (22) mittig auf die Kanäle (5) stoßend erzeugt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Düsenfront (21) aus Piezokeramik hergestellt wird, nachdem die Antriebselemente (1) durch Zerteilen der Piezokeramikscheibe (41) so voneinander getrennt werden, daß die Piezokeramikscheibe (41) im Frontbereich unzerteilt bleibt, indem a) die Frontseite der Keramikscheibe (41) geschliffen und poliert wird, b) durch Laserätzen die Düsen (22) mittig auf die Kanäle (5) stoßend erzeugt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14,

dadurch **gekennzeichnet**, daß die Bearbeitung der Piezokeramikscheibe durch Laserätzen mit einem Verfahren durchgeführt wird, das die folgenden Merkmale aufweist

- a) es wird eine Laserstrahlung mit einer (Luft)wellenlänge kleiner als etwa 350 nm verwendet,
- b) die Beaufschlagung mit Laserstrahlung wird nur impulsweise durchgeführt und
- c) die Impulsdauer, die Pulswiederholungsrate und die Pulsenergie wird derart aufeinander abgestimmt bemessen, daß in der Piezokeramikscheibe (41) ein wesentlicher Wärmestau vermieden wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß nach dem Aufbringen der gemeinsamen ersten Elektrode (3) eine Trägerschicht (6) aus Metall galvanisch darauf aufgebracht wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Piezokeramikscheibe (41) verwendet wird, die eine Materialdicke von größer 98% aufweist.

Claims

1. Piezoelectric ink printing head with a nozzle face (21) having at least one nozzle (22), at least one ink-conveying ink duct (5) which opens into the nozzle (22), at least one piezoelectric drive element (2) with a channel (44) which acts on the ink in the ink duct (5) so that when there is piezoelectric excitation it causes a drop-like expulsion of ink, and having respectively two electrodes (3, 4) for controlling a drive element (2), characterised in that

- a1) the drive element (1) has a piezoceramics portion (2) in which the channel (44) is provided,
- a2) the first electrode (3) is arranged on the piezoceramics portion so that it closes the channel (44) to form the ink duct (5),
- a3) the second electrode (4) is arranged on the piezoceramics portion insulated from the first electrode (3) and in that
- b) the nozzle face (21) is directly connected to the piezoceramics portions (2).

2. Piezoelectric ink printing head according to claim 1 having several drive elements, characterised in that

- a) the ducts (5) extend parallel to each other,
- b) the drive elements (1) can be individually controlled,
- c) the channels (44) are closed by a common

- first electrode (3) to form ducts (5) and
- d) the piezoceramics portions (2) are separated from each other at least over the length of the electrically contacted regions and
- e) each duct (5) opens into a nozzle (22).

3. Piezoelectric ink printing head according to one of claims 1 or 2, characterised in that the piezoceramics portions (2) have a material density of more than 98%.

4. Piezoelectric ink printing head according to one of claims 1 to 3, characterised in that the nozzle face (21) is made of metal.

5. Piezoelectric ink printing head according to one of claims 1 to 3, characterised in that the nozzle face (21) is made of piezoceramics.

6. Piezoelectric ink printing head according to one of claims 1 to 5, characterised in that a carrier layer (6) made of metal is provided on the common first electrode (3).

7. Process for the production of a piezoelectric ink printing head according to one of claims 1 to 6, in which

- a) at least one channel (44) is produced in a polarised piezoceramics wafer (41),
- b) the common first electrode (3) is applied to the channel side of the piezoceramics wafer (41) so that the channels (44) are closed and hence ducts (5) are produced,
- c) the second electrodes (4) are applied to the surface of the piezoceramics wafer (41) opposite the channels (44) so that they extend axially and in parallel over the ducts (5) and do not touch each other,
- d) the drive elements (1) are separated from one another by splitting the piezoceramics wafer (41) between the second electrodes (4) at least over the length of the electrically contacted regions and
- e) on the front side of the piezoceramics wafer (41) the nozzle face (21) is established in connection with the ducts (5).

8. Process according to claim 7, characterised in that the channels (44) are produced by sawing.

9. Process according to claim 7, characterised in that the channels (44) are produced by laser etching.

10. Process according to one of claims 7 to 9, characterised in that the common electrode (3) is applied, after production of the channels (44), by the following steps;

- a) the channels (44) are filled with a plastics material (45),
 b) the common first electrode (3) is applied by sputtering on a metal layer and
 c) the plastics material (45) is then removed. 5
11. Process according to one of claims 7 to 10, characterised in that the drive elements (1) are separated from each other after the second electrode (4) has been applied by laser etching, wedge-shaped grooves (48) being cut out of the piezoceramics wafer (41). 10
12. Process according to one of claims 7 to 11, characterised in that the second electrodes (4) are applied by the following steps;
 a) an upper metal layer (42) is applied to the surface of the piezoceramics wafer (41) opposite the channels (44) and
 b) the upper metal layer (42) is structured so that the second electrodes (4) are produced, which are opposite the ducts (5) and do not contact one another. 15 20
13. Process according to one of claims 7 to 12, characterised in that the nozzle face (21) is constructed from metal, after the drive elements (1) are separated from each other by splitting the piezoceramics wafer (41) over its entire length and before the plastics material (45) introduced into the channels (44) is removed, by the piezoceramics wafer (41) on the front side
 a) being ground and polished
 b) a metallic sputter layer (46) being applied,
 c) the metallic nozzle face (21) being galvanically applied to the sputter layer (46) and
 d) the nozzles (22) being produced to meet with the ducts (5) in the middle. 25 30 35
14. Process according to one of claims 7 to 12, characterised in that the nozzle face (21) is constructed from piezoceramics, after the drive elements (1) are separated from each other by splitting the piezoceramics wafer (41) so that the piezoceramics wafer (41) in the face region remains unsplit, by
 a) the front side of the ceramics wafer (41) being ground and polished, and
 b) the nozzles (22) being produced by laser etching to meet with the ducts (5) in the middle. 40 45 50
15. Process according to one of claims 7 to 14, characterised in that processing of the piezoceramics wafer by laser etching is carried out by a process which has the following features;
 a) laser radiation with an (air) wavelength of less than about 350 nm is used, 55
- b) action with laser radiation is carried out only in pulsed manner and
 c) the impulse duration, the pulse repetition rate and the pulse energy are set with respect to each other so that a substantial heat accumulation in the piezoceramics wafer (41) is avoided.
16. Process according to one of claims 7 to 15, characterised in that after the common first electrode (3) is applied a carrier layer (6) of metal is galvanically applied thereto.
17. Process according to one of claims 7 to 16, characterised in that a piezoceramics wafer (41) with a material density of more than 98% is used.

Revendications

1. Tête piézoélectrique d'impression à encre comportant un bloc à buses (21) possédant au moins une buse (22), au moins un canal d'adduction d'encre (5), qui débouche dans la buse (22), au moins un élément d'entraînement piézoélectrique (2), qui possède un sillon (24) et agit sur l'encre située dans le canal d'adduction d'encre (5) de manière à provoquer, lors d'une excitation piézoélectrique, l'éjection de l'encre sous la forme de gouttes, et comportant respectivement deux électrodes (3,4) servant à commander un élément d'entraînement (2), caractérisée par le fait que
 a1) l'élément d'entraînement (1) possède une partie piézocéramique (2) dans laquelle est ménagé le sillon (44),
 a2) la première électrode (3) est disposée sur la partie piézocéramique (2) de telle sorte qu'elle obture le sillon (24) pour la formation du canal d'adduction d'encre (5),
 a3) la seconde électrode (4) est disposée sur la partie piézocéramique (2) en étant isolée par rapport à la première électrode (3), et
 b) le bloc à buses (21) est raccordé directement aux parties piézocéramiques (2).
2. Tête piézocéramique d'impression à encre suivant la revendication 1 comportant plusieurs éléments d'entraînement, caractérisée par le fait que
 a) les canaux (5) sont parallèles,
 b) les éléments d'entraînement (1) peuvent être commandés individuellement,
 c) les sillons (44) sont fermés par une première électrode commune (3) pour former des canaux (5), et
 d) les parties piézocéramiques (2) sont séparées les unes des autres, au moins sur la longueur des zones de contact électrique, et

- e) chaque canal (5) débouche dans une buse (22).
3. Tête piézocéramique d'impression à encre suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée par le fait que les parties piézocéramiques (2) possèdent une densité de matière supérieure à 98 %. 5
 4. Tête piézocéramique d'impression à encre suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que le bloc à buses (21) est réalisé en un métal. 10
 5. Tête piézoélectrique d'impression à encre suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que le bloc à buses (21) est réalisé en une piézocéramique. 15
 6. Tête d'impression piézoélectrique à encre suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisée par le fait que la couche de support métallique (6) est prévue sur la première électrode commune (3). 20
 7. Procédé pour fabriquer une tête piézoélectrique d'impression à encre suivant l'une des revendications 1 à 6, selon lequel 25
 - a) on forme au moins un sillon (44) dans un disque piézocéramique polarisé (41), 30
 - b) on dépose la première électrode commune (3) sur la face, dans laquelle sont ménagés les sillons, du disque piézocéramique (41) de manière à fermer les sillons (44) et à faire apparaître ainsi des canaux (5), 35
 - c) on dépose les secondes électrodes (4) sur la surface du disque piézocéramique (40), qui est situé à l'opposé des sillons (44), de telle sorte qu'elles sont disposées au centre et parallèlement au-dessus des canaux (5) et ne soient pas en contact réciproque, 40
 - d) on sépare les uns des autres des éléments d'entraînement (1) en subdivisant le disque piézocéramique (41) entre les deux électrodes (4), au moins sur la longueur des zones de contact électrique, et 45
 - e) sur la face avant du disque piézocéramique (41) on forme le bloc à buses (21) qui est raccordé aux canaux (5). 50
 8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'on forme les sillons (44) par sciage. 50
 9. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'on forme les sillons (44) par corrosion au moyen d'un laser. 55
 10. Procédé suivant l'une des revendications 7 à 9, caractérisé par le fait que le dépôt de l'électrode commune (3) s'effectue grâce au fait qu'après la formation des sillons (44),
 - a) on remplit les sillons (44) avec une matière plastique (45),
 - b) on dépose la première électrode commune (3) par pulvérisation cathodique d'une couche métallique, et
 - c) on élimine ensuite la matière plastique (45).
 11. Procédé suivant l'une des revendications 7 à 10, caractérisé par le fait qu'on sépare les uns des autres les éléments d'entraînement (1), après le dépôt des secondes électrodes (4), au moyen d'une corrosion par laser en évitant le disque piézocéramique (41) pour former des sillons en forme de coins (48).
 12. Procédé suivant l'une des revendications 7 à 11, caractérisé par le fait que le dépôt des secondes électrodes (4) est exécuté par le fait que
 - a) on dépose une couche métallique supérieure (42) sur la surface, qui est située à l'opposé des sillons (44), du disque piézocéramique (41), et
 - b) on structure la couche métallique supérieure (42) de manière à faire apparaître les secondes électrodes (4), qui sont situées à l'opposé des canaux (5) et ne se touchent pas.
 13. Procédé suivant l'une des revendications 7 à 12, caractérisé par le fait qu'on réalise le bloc à buses (22) en un métal, après avoir séparé les uns des autres les éléments d'entraînement (1) par subdivision du disque piézocéramique (41) sur toute sa longueur et avant d'avoir éliminé la matière plastique (45) insérée dans les sillons (44), par le fait que
 - a) on meule et on polit la face avant du disque piézocéramique (41),
 - b) on y dépose par pulvérisation une couche métallique (46),
 - c) on dépose galvaniquement le bloc à buses métalliques (21) sur la couche (46) déposée par pulvérisation cathodique, et
 - d) on forme les buses (22) en aboutement, de manière qu'elles soient centrées sur les canaux (5).
 14. Procédé suivant l'une des revendications 7 à 12, caractérisé par le fait qu'on réalise le bloc à buses (21) en une piézocéramique, après avoir séparé les uns des autres les éléments d'entraînement (1) par subdivision du disque piézocéramique (41), en laissant ce dernier non subdivisé dans sa partie avant par le fait que
 - a) on meule et on polit la face avant du disque piézocéramique (41),

b) on forme les buses (22) en aboutement, dans des positions centrées sur les canaux (5), par corrosion laser.

- 15.** Procédé suivant l'une des revendications 7 à 14, caractérisé par le fait qu'on exécute l'usinage du disque piézocéramique par corrosion par laser en utilisant un procédé qui présente les caractéristiques suivantes :
- a) on utilise un rayonnement laser possédant une longueur d'onde (dans l'air) inférieure à environ 350 nm,
 - b) on applique seulement de façon impulsionnelle le rayonnement laser, et
 - c) on règle la durée des impulsions, la fréquence de répétition des impulsions et l'énergie des impulsions les unes sur les autres de manière à éviter une accumulation de chaleur importante dans le disque piézocéramique (41).
- 16.** Procédé suivant l'une des revendications 7 à 15, caractérisé en ce que, après le dépôt de la première électrode commune (3), on dépose dessus une couche de support métallique (6) par électrolyse.
- 17.** Procédé suivant l'une des revendications 7 à 16, caractérisé à ce qu'on utilise un disque piézocéramique (41) qui a une masse volumique supérieure à 98%.

35

40

45

50

55

FIG 1

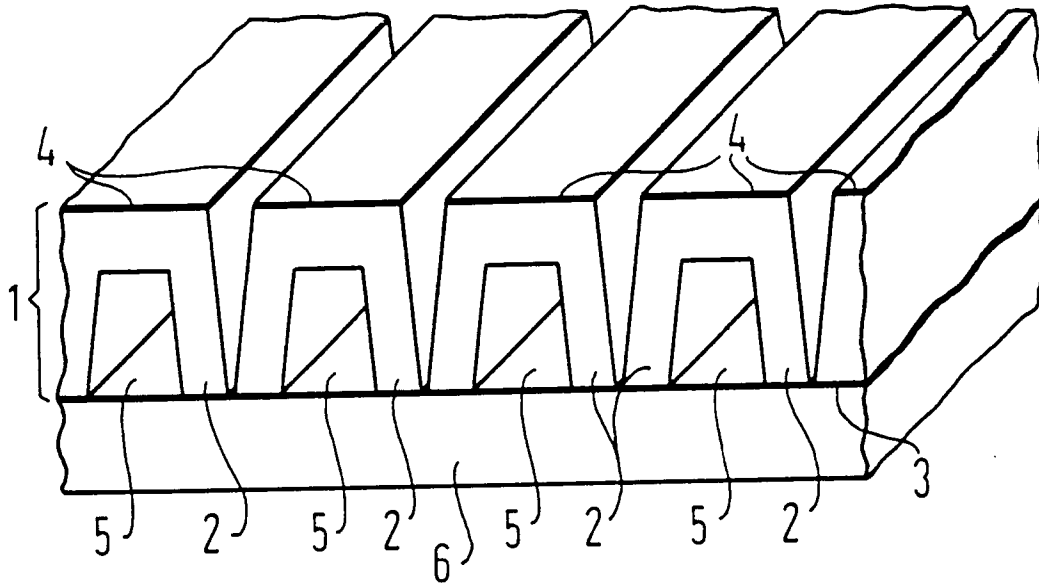


FIG 2

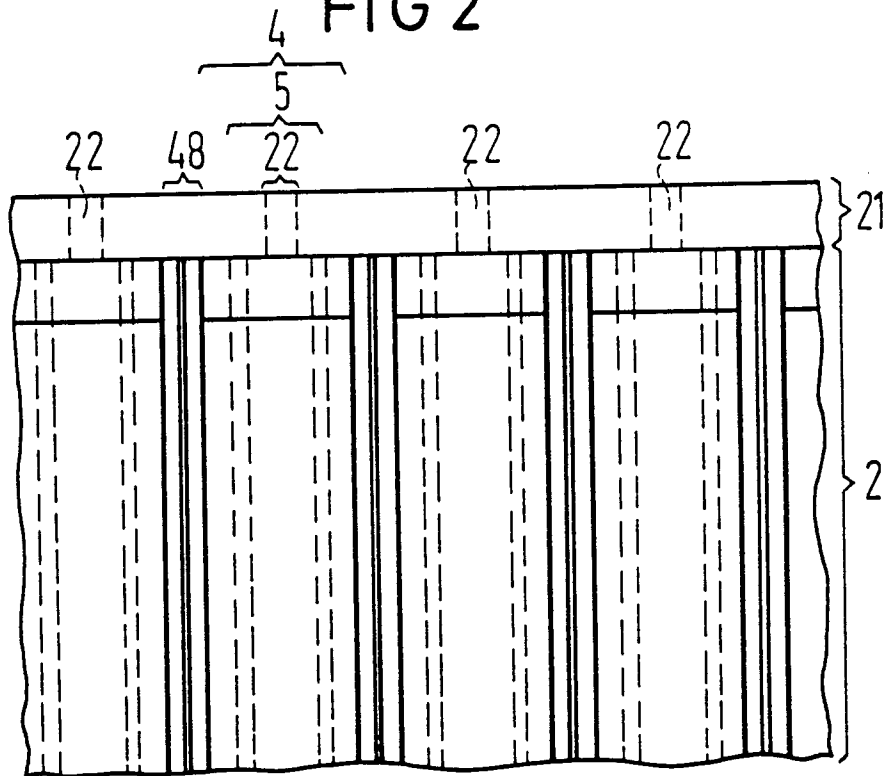


FIG 3

