(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 25 390 T2** 2004.07.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 816 081 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 25 390.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 111 367.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **04.07.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **08.10.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.07.2004**

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

(30) Unionspriorität:
19562496 05.07.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Seiko Epson Corp., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Hosono, Satoru, Suwa-shi, Nagano, JP

(74) Vertreter:
Diehl, Glaeser, Hiltl & Partner, 80333 München

(54) Bezeichnung: **Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung und Verfahren zum Antreiben derselben**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, ein Verfahren zum Antreiben derselben und im Allgemeinen eine Technologie zum Antreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, in dem ein piezoelektrischer Vibrator als Stellglied verwendet wird.

[0002] Piezoelektrische Vibratoren vom Vertikalmodus und piezoelektrische Vibratoren vom Biegevibrationsmodus sind Beispiele für Hochgeschwindigkeits-Antriebsstellglieder, die in Tintenstrahlaufzeichnungsköpfen verwendet werden. Hochgeschwindigkeits-Antriebsstellglieder sind zum Teil aus einer elastischen Platte gebildet. Solche Stellglieder werden in Tintenstrahlaufzeichnungsköpfen der in der Folge beschriebenen Art verwendet.

[0003] Solche Tintenstrahlaufzeichnungsköpfe enthalten piezoelektrische Vibratoren, Druckerzeugungskammern und Düsenöffnungen. Insbesondere kann ein Tintenstrahlaufzeichnungskopf Tinte von einer Tintenquelle unter Anwendung einer Saugkraft ansaugen. Die derart angesaugte Tinte tritt in eine Druckerzeugungskammer. Die Druckerzeugungskammer steht mit einer Düsenöffnung in Verbindung. Die Druckerzeugungskammer kann ausgedehnt und zusammengezogen werden. Das Ausdehnen und Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer wird von einem piezoelektrischen Vibrator ausgeführt.

[0004] Das Ausdehnen und Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer durch den piezoelektrischen Vibrator erzeugt die Saugkraft, die Tinte in die Druckerzeugungskammer saugt. Das Ausdehnen und Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer durch den piezoelektrischen Vibrator bewirkt auch das Ausstoßen eines gewünschten Tintentröpfchens durch die Düsenöffnung.

[0005] Ein piezoelektrischer Vibrator vom Vertikalmodus wird durch Aufeinanderlaminieren eines piezoelektrischen Materials und einer leitenden Schicht hergestellt. Ein piezoelektrischer Vibrator vom Biegemodus wird durch Anordnen einer piezoelektrischen, vibrierenden Dünnschicht auf einer Oberfläche einer Vibrationsplatte gebildet. Ein solcher Dünnfilm kann zum Beispiel durch Sputtern oder Dampfabscheidung gebildet werden.

[0006] Ein solcher piezoelektrischer Vibrator hat nur eine kleine Fläche in Kontakt mit der Vibrationsplatte und kann bei hoher Geschwindigkeit angetrieben werden. Diese Art von piezoelektrischem Vibrator ist dahingehend vorteilhaft, dass sie die hochdichte Anordnung der Druckerzeugungskammern ermöglicht. Infolgedessen kann ein Druck hoher Auflösung und hoher Geschwindigkeit erreicht werden.

[0007] Die Europäische Patentanmeldung EP-A-0 596 530 offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, wobei ein Tintenpunktausstoßbefehl verzögert ist, so dass er in Übereinstimmung mit einer Tintenmeniskusbewegung ist.

[0008] Die Europäische Patentanmeldung EP-A-0 575 204 offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, wobei rechteckige, bipolare Antriebsimpulse zeitlich so gesteuert sind, dass sie einen minimalen Energiegehalt bei der Tintenmeniskus-Resonanzfrequenz haben.

[0009] Die Europäische Patentanmeldung EP-A-0 541 129 offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, in dem eine sphärische Tröpfchenform und konstante Tintenausstoßparameter durch die zeitliche Steuerung des Zusammenziehens der Tintenkammer in Übereinstimmung mit der Tintenmeniskusposition beeinflusst sind.

[0010] Die Europäische Patentanmeldung EP-A-0 728 583 offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, wobei ein Verhältnis von Düseninertanz und Zufuhröffnungsinertanz so eingestellt ist, dass das Volumen und die Geschwindigkeit des Tintentröpfchens beeinflusst sind.

[0011] U.S. Patent US 4,697,193 offenbart ein "Füllen vor dem Ausstoß"-Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfs.

[0012] Die Europäische Patentanmeldung EP-A-0 700 783 offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, wobei die vordere Flanke eines Tintenausstoßimpulses zu einem Moment unterbrochen wird, der in Übereinstimmung mit einer natürlichen Vibrationsperiode einer piezoelektrischen Vibrationsplatte gewählt wird.

[0013] Die hochdichte Anordnung der Druckerzeugungskammern ist jedoch nicht frei von Problemen. Ein Problem beinhaltet unerwünschte Vibrationen.

[0014] Zur Erklärung ist es zunächst wichtig, einige Begriffe zu definieren, die in dieser Beschreibung verwendet werden. Diese Begriffe sind "erwünschte Druckerzeugungskammer", "erwünschter piezoelektrischer Vibrator", "physisch benachbarte Kammer", "physisch benachbarter piezoelektrischer Vibrator", "unerwünschte benachbarte Druckerzeugungskammer" und "unerwünschter benachbarter piezoelektrischer Vibrator".

[0015] Für den Zweck dieser Beschreibung bezieht sich der Begriff "erwünschte Druckerzeugungskammer" auf eine Druckerzeugungskammer, die gegenwärtig angetrieben werden sollte, um ein Tintentröpfchen zu erzeugen. Ob eine Druckerzeugungskammer gegenwärtig angetrieben werden sollte, hängt normalerweise von den Druckdaten ab. Der piezoelektrische Vibrator einer erwünschten Druckerzeugungskammer soll als ein "erwünschter piezoelektrischer Vibrator" bezeichnet werden.

[0016] Für den Zweck dieser Beschreibung bezieht sich der Begriff "physisch benachbarte Kammer" auf eine Druckerzeugungskammer, die physisch neben einer anderen Druckerzeugungskammer liegt. Ob eine Druckerzeugungskammer eine physisch benachbarte Kammer einer anderen Druckerzeugungskammer ist, hängt von der physischen Anordnung der Druckerzeugungskammern ab. Der piezoelektrische Vibrator eines physisch benachbarten piezoelektri-

schen Vibrators soll als "physisch benachbarter piezoelektrischer Vibrator" bezeichnet werden.

[0017] In dieser Beschreibung bezieht sich der Begriff "unerwünschte benachbarte Druckerzeugungskammer" auf eine physisch benachbarte Kammer einer erwünschten Druckerzeugungskammer und insbesondere auf eine, die gegenwärtig nicht angetrieben werden sollte, um ein Tintentröpfchen zu erzeugen. Somit ist eine unerwünschte benachbarte Druckerzeugungskammer nicht nur eine physisch benachbarte Kammer, sondern auch eine Kammer, aus der gegenwärtig ein Ausstoß eines Tintentröpfchens nicht erwünscht ist. Ob eine physisch benachbarte Kammer gegenwärtig angetrieben werden sollte, hängt normalerweise von den Druckdaten ab. Der piezoelektrische Vibrator einer unerwünschten benachbarten Druckerzeugungskammer soll als "unerwünschter benachbarter piezoelektrischer Vibrator" bezeichnet werden.

[0018] Wie zuvor erwähnt, besteht ein Problem bei einem Tintenstrahlaufzeichnungskopf, in dem Druckerzeugungskammern bei hoher Dichte angeordnet sind, darin, dass sich die Vibration einer erwünschten Druckerzeugungskammer bis zu einer unerwünschten benachbarten Druckerzeugungskammer fortpflanzen kann. Die derart fortgepflanzten Vibrationen können einen Ausstoß eines unerwünschten Tintentröpfchens aus der unerwünschten benachbarten Druckerzeugungskammer bewirken. Dieser Ausstoß eines Tintentröpfchens aus einer unerwünschten benachbarten Druckerzeugungskammer ist als Kreuzkopplungsphänomen bekannt. Das Kreuzkopplungsphänomen ist ein Problem, da es zu dem Ausstoß eines Tintentröpfchens unabhängig von dem Anlegen eines Antriebssignals führt. Mit anderen Worten, selbst obwohl der unerwünschte benachbarte piezoelektrische Vibrator der unerwünschten benachbarten Druckerzeugungskammer nicht angetrieben wird, kann dennoch ein Tintentröpfchen ausgestoßen werden.

[0019] Zur Erfüllung des Bedarfs an einem Druck hoher Dichte kann ein Tintenstrahlaufzeichnungskopf nicht nur eine hochdichte Anordnung von Druckerzeugungskammern bereitstellen, sondern könnte auch eine geringere Tintenmenge zur Bildung seiner Tintentröpfchen verwenden. Bei einem solchen Drucker muss zur Bereitstellung des richtigen gedruckten Ausgangs auf das Kreuzkopplungsphänomen geachtet werden. Das Problem eines Kreuzkopplungsphänomens tritt jedoch in einem solchen Tintenstrahlaufzeichnungskopf besonders leicht auf, da die Nachgiebigkeit der Druckerzeugungskammer auf einen kleinen Wert eingestellt ist.

[0020] Eine ausführlichere Erklärung dieses Problems folgt nun unter Bezugnahme auf **Fig.** 10 und 11. In **Fig.** 10 sind piezoelektrische Vibratoren D und F gleichzeitig erwünschte piezoelektrische Vibratoren. Mit anderen Worten, die piezoelektrischen Vibratoren D und F werden beide gegenwärtig in Übereinstimmung mit Druckdaten angetrieben, so dass Tintentröpfchen aus den Druckerzeugungskammern ausgestoßen werden, welchen die piezoelektrischen Vibratoren D und F entsprechen. Die Druckerzeugungskammern, welchen die piezoelektrischen Vibratoren D und F entsprechen, sind somit erwünschte Druckerzeugungskammern. Beide piezoelektrischen Vibratoren D und F haben gemeinsam als unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrator den piezoelektrischen Vibrator E. Mit anderen Worten, der piezoelektrische Vibrator E soll gegenwärtig nicht angetrieben werden und es ist kein Tintentröpfchen aus der Druckerzeugungskammer, welcher der piezoelektrische Vibrator E entspricht, erwünscht. Somit ist die Druckerzeugungskammer, welcher der piezoelektrische Vibrator E entspricht, eine unerwünschte benachbarte Druckerzeugungskammer.

[0021] **Fig.** 10 zeigt eine Vibrationseinheit mit mehreren piezoelektrischen Vibratoren B bis G. Die piezoelektrischen Vibratoren D und F sind gegenwärtig erwünschte piezoelektrische Vibratoren und der piezoelektrische Vibrator E ist in Bezug auf jeden der piezoelektrischen Vibratoren D und F ein unerwünschter benachbarter piezoelektrischer Vibrator. Die piezoelektrischen Vibratoren B bis G sind an einer hochsteifen Befestigungsplatte A befestigt. Diese piezoelektrischen Vibratoren sind an der Befestigungsplatte so befestigt, dass jeder piezoelektrische Vibrator einer entsprechenden Druckerzeugungskammer entspricht. Mit anderen Worten, jeder der mehreren piezoelektrischen Vibratoren ist in Bezug auf eine entsprechende Druckerzeugungskammer betriebsbereit angeordnet.

[0022] Die piezoelektrischen Vibrator D und F sollen gegenwärtig durch Antriebssignale angetrieben werden, so dass das oben genannte Ausdehnen und Zusammenziehen ihrer entsprechenden Druckerzeugungskammern ausgeführt werden kann. Insbesondere können die piezoelektrischen Vibratoren durch Antriebssignale angetrieben werden, die eine Trapezform haben, wie in **Fig.** 11(I) dargestellt. Antriebssignale, welche die allgemeine Form haben, die in **Fig.** 11(I) dargestellt ist, können als trapezförmige Antriebssignale bezeichnet werden. Ein erster Teil des trapezförmigen Antriebssignals in **Fig.** 11(I) ist durch eine ansteigende Kurve gekennzeichnet. Die Wirkung dieses ersten Teils des trapezförmigen Antriebssignals kann als "Laden" bezeichnet werden. Ein zweiter Teil ist durch ein Pegelsignal charakterisiert. Die Wirkung dieses Teils des trapezförmigen Antriebssignals kann als "Halten" bezeichnet werden. Ein dritter Teil des Antriebssignals ist durch eine absteigende Kurve gekennzeichnet, und die entsprechende Wirkung kann als "Entladen" bezeichnet werden.

[0023] Wenn trapezförmige Antriebssignale, wie jenes, das in **Fig.** 11(I) dargestellt ist, an erwünschte piezoelektrische Vibratoren D und F angelegt werden, aber nicht an den unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrator E angelegt werden, verhalten sich die entsprechenden Druckerzeugungskammern

wie in der folgenden Beschreibung.

[0024] Es wird nun auf **Fig.** 11(II) Bezug genommen. Diese Figur zeigt das Volumen einer Druckerzeugungskammer. Die horizontale Linie ist eine Referenzlinie, die das Volumen der Druckerzeugungskammer darstellt, wenn die Druckerzeugungskammer weder ausgedehnt noch zusammengezogen ist. Die Datenpunkte unter der horizontalen Referenzlinie stellen das Zusammenziehen dar. Je weiter ein Datenpunkt von der horizontalen Referenzlinie entfernt ist, um so mehr ist die Druckerzeugungskammer zusammengezogen. Ebenso. stellen Datenpunkt über der horizontalen Referenzlinie das Ausdehnen der Druckerzeugungskammer dar. Wie offensichtlich ist, stellt die wellenförmige Linie in **Fig.** 11(II) das Ausdehnen und Zusammenziehen einer Druckerzeugungskammer im Laufe der Zeit dar.

[0025] Der Einfachheit wegen kann in der folgenden Beschreibung behauptet werden, dass sich ein piezoelektrischer Vibrator zusammenzieht oder ausdehnt. Dies ist nur eine Kurzformel um festzustellen, dass der piezoelektrische Vibrator auf gewisse Weise angetrieben wird, die bewirkt, dass sich die entsprechende Druckerzeugungskammer zusammenzieht oder ausdehnt.

[0026] Während des ersten Teils des trapezförmigen Antriebssignals (d. h., während des Ladens) ziehen sich die piezoelektrischen Vibratoren D und F zusammen, wie ein **Fig.** 11(II) dargestellt ist. Während des zweiten Teils des trapezförmigen Antriebssignals (d. h., während des Haltens) wird das Antriebssignal bei einer vorbestimmten Spannung gehalten. Wenn das Laden endet und das Halten beginnt, werden natürliche Vibrationen verursacht. Mit anderen Worten, wenn die piezoelektrischen Vibratoren mit dem Zusammenziehen aufhören und gehalten werden, ergeben sich natürliche Vibrationen. Diese natürlichen Vibrationen können als freie Vibrationen oder als erste natürliche Vibrationen bezeichnet werden.

[0027] Das Halten der piezoelektrischen Vibratoren D und F dauert eine vorbestimmte Zeitperiode. Zum Ausstoßen von Tintentröpfchen nach dem Verstreichen einer vorbestimmten Zeit, werden die Ladungen, die in den piezoelektrischen Vibratoren gespeichert sind, entladen, so dass sich diese piezoelektrischen Vibratoren ausdehnen. Nach dem Ausstoßen der Tintentröpfchen beginnen die piezoelektrischen Vibratoren D und F wieder natürlich zu vibrieren. Die natürlichen Vibrationen, die nach dem Ausstoß der Tintentröpfchen verursacht werden, können als spätere freie Vibrationen oder als zweite natürliche Vibrationen bezeichnet werden.

[0028] Andererseits empfängt der unerwünschte benachbarte piezoelektrische Vibrator E, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, Vibrationen durch die Befestigungsplatte A. Der unerwünschte benachbarte piezoelektrische Vibrator E empfängt nicht nur die freien Vibrationen, sondern auch die späteren freien Vibrationen, die erzeugt werden, wenn die Tintentröpfchen aus den erwünschten piezoelektrischen Vibratoren D und F ausgestoßen werden.

[0029] Infolgedessen wird die Amplitude einer Vibration des unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrators E auf Grund der Interferenz zwischen den Vibrationen zum Zeitpunkt des Ladens und der Vibrationen nach dem Ausstoß der Tintentröpfchen verstärkt, wie in **Fig.** 11(III) dargestellt. Die Amplitude der Vibration des piezoelektrischen Vibrators E, die durch die Fortpflanzung erzeugt wird, hat eine Größenordnung von 10 der maximalen Amplitude der Vibrationen der erwünschten piezoelektrischen Vibratoren D und F. Wenn die Vibration des piezoelektrischen Vibrators E über mehrere Zyklen anhält, z. B. über drei Zyklen oder mehr, wird jedoch die Vibration des Meniskus der Düsenöffnung, die dem piezoelektrischen Vibrator E entspricht, verstärkt, wodurch ein Tintentröpfchen unerwünscht ausgestoßen wird.

[0030] Die Europäische Patentanmeldung EP 0 596 530 A offenbart eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, in welcher eine Zeitverzögerung zwischen aufeinanderfolgenden Ausstoßvorgängen von Tintentröpfchen in Übereinstimmung mit der Position eines Tintenmeniskus eingestellt ist. Die Europäische Patentanmeldung EP 0 575 204 A offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, in dem die Impulszeitsteuerung in Übereinstimmung mit der Bewegung des Tintenmeniskus eingestellt ist. Die Europäische Patentanmeldung EP 0 541 129 A offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Antreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfs. In diesem Dokument liegt der Schwerpunkt auf einer Wahl der Lade- und Entladesignalzeitkonstanten in Übereinstimmung mit der charakteristischen Vibrationsperiode der Druckerzeugungskammer oder der Vibrationsperiode des piezoelektrischen Vibrators. Die Europäische Patentanmeldung EP 0 728 583 A offenbart einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf für den stabilen Ausstoß von Tintentröpfchen bei hohen Ausstoßraten durch die Konstruktion der Tintenkammer in derartiger Weise, dass ein bestimmtes Verhältnis von Inertanzen erhalten wird, und durch Anpassen der Signaldauer für das Zusammenziehen an die inverse Helmholtz-Resonanzfrequenz. U.S. Patent US 4,697,193 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahls durch Einleiten eines Tintenausstoßes in Übereinstimmung mit der Tintenmeniskusposition, wobei die Dimensionen der Tintenkammern so festgelegt sind, dass Resonanzfrequenzen erhalten werden, die hohe Ausstoßraten ermöglichen.

[0031] Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der oben genannten Probleme gemacht. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher die Bereitstellung einer neuartigen Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung und eines Verfahrens zum Antreiben derselben, wodurch ein Druck hoher Qualität und hoher Dichte ausgeführt werden kann, indem eine Kreuzkopplung im möglichen Ausmaß vermieden wird, die durch Vibrationen verursacht wird, wobei sich die Vibrationen durch eine Befestigungsplatte fortpflanzen,

an der die piezoelektrischen Vibratoren befestigt sind.

[0032] Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung wie in einem der Ansprüche 1 und 4 definiert bereit, sowie ein verfahren zum Antreiben einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung wie in einem der Ansprüche 7, 10 und 13 definiert. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den untergeordneten Ansprüchen beschrieben. Die Ansprüche sind als ein erster, nicht einschränkender Weg zur Definition der Erfindung zu verstehen.

[0033] Die Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung enthält insbesondere einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit einer Düsenöffnung, einer Druckerzeugungskammer die mit einer gemeinsamen Tintenkammer durch eine Tintenzufuhröffnung in Verbindung steht und eine Helmholtz-Resonanzfrequenz hat, einen piezoelektrischen Vibrator, der einen natürlichen Vibrationszyklus Ta hat, um die Druckerzeugungskammer auszudehnen und zusammenzuziehen, und Antriebssignalerzeugungsmittel, die nicht nur ein erstes Signal zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer, ein zweites Signal zum Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer und ein drittes Signal zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung durch Zusammenziehen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer ausgeben, sondern auch eine Dauer Pwh des zweiten Signals auf folgenden Wert eingestellt haben:

$$Ta(n + 0{,}7 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta(n + 1{,}3 \times 1/2)$$

wenn die Helmholtz-Frequenz von 70 kHz bis 100 kHz reicht, und auf

$$Ta(n + 0{,}8 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta(n + 1{,}2 \times 1/2)$$

(wobei n eine ganze Zahl ist)
wenn die Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz oder mehr ist.

[0034] Selbst wenn ein erstes Signal zum Ausdehnen einer Druckerzeugungskammer angelegt wurde und sich eine Vibration, die durch das Ausdehnen verursacht wird, danach zu einem benachbarten piezoelektrischen Vibrator, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, fortgepflanzt hat, kann ein Tintentröpfchen durch Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer bei einer solchen Zeitsteuerung ausgestoßen werden, dass eine Vibration ausgelöst wird, deren Phase der Vibration entgegengesetzt ist, die durch das Ausdehnen verursacht wurde. Somit kann eine Kreuzkopplung, die durch die Vibration verursacht wird, die sich durch die Befestigungsplatte fortpflanzt, vermieden werden.

[0035] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung hervor, wobei:

[0036] **Fig.** 1 eine Schnittansicht ist, die eine Ausführungsform eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfs zeigt, der in einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0037] **Fig.** 2 ein Blockdiagramm ist, das eine Ausführungsform einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0038] **Fig.** 3 ein Blockdiagramm ist, das eine Ausführungsform einer Steuersignalerzeugungsschaltung in der oben genannten Vorrichtung zeigt;

[0039] **Fig.** 4 ein Schaltdiagramm ist, das eine Ausführungsform einer Antriebssignalerzeugungsschaltung in der oben genannten Vorrichtung zeigt;

[0040] **Fig.** 5 Wellenformdiagramme (I) bis (VIII) enthält, die einen Betrieb der oben genannten Vorrichtung zeigen;

[0041] **Fig.** 6 ein Diagramm ist, das Parameter zeigt, die ein Antriebssignal definieren;

[0042] **Fig.** 7 ein Diagramm ist, das eine Dauer eines zweiten Signals zur Vermeidung einer Kreuzkopplung zeigt;

[0043] **Fig.** 8 enthält: ein Wellenformdiagramm (I), das ein Antriebssignal zeigt; ein Wellenformdiagramm (II), das eine Vibration eines piezoelektrischen Vibrators zeigt, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wenn nur ein erstes Signal an einen benachbarten piezoelektrischen Vibrator angelegt wurde; ein Wellenformdiagramm (III), das eine Vibration eines piezoelektrischen Vibrators zeigt, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wenn nur ein drittes Signal an einen benachbarten piezoelektrischen Vibrator angelegt wurde; und ein Wellenformdiagramm (IV), das eine Vibration eines piezoelektrischen Vibrators zeigt, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wenn nur ein Antriebssignal an einen benachbarten piezoelektrischen Vibrator angelegt wurde;

[0044] **Fig.** 9 ein Diagramm ist, das eine weitere Ausführungsform eines Aufzeichnungskopfs zeigt, bei dem die vorliegende Erfindung anwendbar ist;

[0045] **Fig.** 10 ein Diagramm ist, das ein Beispiel eines piezoelektrischen Vibrators zeigt;

[0046] **Fig.** 11 enthält: ein Wellenformdiagramm (I), das ein Beispiel für ein Antriebssignal zeigt; ein Diagramm (II), das eine Verschiebung eines piezoelektrischen Vibrators zeigt, an den ein Antriebssignal angelegt wurde; ein Diagramm (III), das eine Vibration eines piezoelektrischen Vibrators, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, in vergrößerter Form zeigt.

[0047] Es werden nun Einzelheiten der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Ausführungsformen beschrieben, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

[0048] **Fig.** 1 ist ein Diagramm, das eine Ausführungsform eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfs zeigt, der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird. In **Fig.** 1 bezeichnet das Bezugszeichen **1** eine Düsenplatte mit Düsenöffnungen **2**, die darin gebohrt sind; **7** eine kanalbildende Platte, und **8** eine elastische Platte. Eine Tintenkanaleinheit **11** wird durch

Verschließen beider Oberflächen der kanalbildenden Platte **7** mit der Düsenplatte **1** beziehungsweise der elastischen Platte **8** gebildet.

[0049] Die Tintenkanaleinheit **11** hat Druckerzeugungskammern **3**, gemeinsame Tintenkammern **4** und Tintenzufuhröffnungen, um die beiden Kammern **3**, **4** miteinander zu verbinden. Wenn ein Antriebssignal an einen piezoelektrischen Vibrator **9** angelegt wird, der später beschrieben wird, und der piezoelektrische Vibrator **9** sich daher zusammengezogen hat, saugt die Tintenkanaleinheit **11** Tinte aus der entsprechenden gemeinsamen Tintenkammer **4** durch die entsprechende Tintenzufuhröffnung **5** in die entsprechende Druckerzeugungskammer **3**, und wenn sich der piezoelektrische Vibrator **9** ausgedehnt hat, stößt die Tintenkanaleinheit **11** ein Tintentröpfchen aus.

[0050] Das Bezugszeichen **9** bezeichnet den piezoelektrischen Vibrator, der durch Aufeinanderlaminieren eines piezoelektrischen Materials und eines leitenden Materials parallel zu seiner Ausdehnungsrichtung gebildet wird. Der piezoelektrische Vibrator **9** ist von einem sogenannten vertikalen Vibrationsmodus, wobei er sich, wenn er geladen ist, in rechten Winkeln zu der Laminierungsrichtung der leitenden Schicht zusammenzieht, und wenn sich der geladene Zustand in einen entladenen Zustand ändert, sich in rechten Winkeln zu den leitenden Schichten ausdehnt. Die piezoelektrischen Vibratoren **9** sind zu einer Vibratoreinheit zusammengefügt, wobei ihre hintere Enden mit einem vorbestimmten Abstand an einer Befestigungsplatte **10**, die aus einem hochsteifen Material gebildet ist, befestigt sind.

[0051] Die Vibratoreinheit ist an einem Rahmen **12** befestigt, nicht nur mit dem Ende jedes piezoelektrischen Vibrators **9**, der mit der elastischen Platte **8** in Kontakt gebracht wird, welche die Druckerzeugungskammern **3** bildet, sondern auch mit dem vorderen Ende **10a** und dem seitlichen Ende **10b** der Befestigungsplatte **10**, die an dem Rahmen **12** befestigt sind. Durch Befestigen der Befestigungsplatte **10** an dem Rahmen **12** an mehreren Oberflächen **10a**, **10b** wird die Fortpflanzung der Vibration eines piezoelektrischen Vibrators, an den ein Antriebssignal angelegt wurde, zu anderen piezoelektrischen Vibrator in einem möglichen Ausmaß unterdrückt, so dass eine Kreuzkopplung vermieden werden kann.

[0052] Außerdem ist in dem derart konstruierten Tintenstrahlaufzeichnungskopf die Helmholtz-Resonanzfrequenz FH einer Druckerzeugungskammer **3** wie folgt gegeben, wenn angenommen wird, dass: die Nachgiebigkeit der Flüssigkeit, die der Zusammenpressbarkeit der Tinte in der Druckerzeugungskammer **3** zuzuschreiben ist, Ci ist; die Steifigkeitsnachgiebigkeit der Materialien, aus welchen die elastische Platte **8**, die Düsenplatte **2** und dergleichen, welche die Druckerzeugungskammer **3** bilden, herstellt sind, Cv ist; die Inertanz der Düsenöffnung **2** Mn ist; und die Inertanz der Tintenzufuhröffnung **5** Ms ist.

$$FH = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{Mn + Ms}{Mn \cdot Ms\,(Ci + Cv)}}$$

[0053] Es kann festgehalten werden, dass die Flüssigkeitsnachgiebigkeit Ci wie folgt angegeben werden kann, wenn angenommen wird, dass das Volumen der Druckerzeugungskammer 3 V ist, die Dichte der Tinte ρ ist, und die Schallgeschwindigkeit durch die Tinte c ist.

$Ci = V/\rho\, c^2$

[0054] Ferner stimmt die Steifigkeitsnachgiebigkeit Cv der Druckerzeugungskammer **3** mit der statischen Verformungsrate der Druckerzeugungskammer **3** überein, wenn ein Einheitsdruck an die Druckerzeugungskammer **3** angelegt wird.

[0055] Insbesondere reicht im Falle einer Druckerzeugungskammer **3** mit einer Länge im Bereich von 0,5 bis 2 mm, einer Breite im Bereich von 0,1 bis 0,2 mm und einer Tiefe im Bereich von 0,05 bis 0,3 mm die Helmholtz-Resonanzfrequenz FH von etwa 70 kHz bis 200 kHz.

[0056] **Fig.** 2 zeigt eine Ausführungsform einer Antriebsschaltung zum Antreiben des oben genannten Tintenstrahlaufzeichnungskopfs. In **Fig.** 2 bezeichnet das Bezugszeichen **20** eine Steuersignalerzeugungsschaltung, die Eingangsanschlüsse **21**, **22** und Ausgangsanschlüsse **23**, **24**, **25** hat. Ein Drucksignal und ein Zeitsteuersignal, die Druckdaten erzeugen, werden von einer externen Vorrichtung an die Anschlüsse **21**, **22** eingegeben. Ein Schiebetaktsignal, ein Drucksignal und ein Zwischenspeichersignal werden von den Ausgangsanschlüssen **23**, **24**, **25** ausgegeben.

[0057] Das Bezugszeichen **26** bezeichnet eine Antriebssignalerzeugungsschaltung, die Antriebssignale ausgibt, die piezoelektrische Vibratoren **9** auf der Basis von Zeitsteuersignalen antreiben, die am Anschluss **22** von der externen Vorrichtung empfangen werden.

[0058] Die Bezugszeichen F1 bezeichnen Flip-Flops, die Haltespeicherschaltungen bilden. Die Bezugszeichen F2 bezeichnen Flip-Flops, die Schieberegister bilden. Die Konstruktion ist derart, dass Drucksignale, die von den Flip-Flops F2 ausgegeben werden, so dass sie den entsprechenden piezoelektrischen Vibratoren **9** entsprechen, bei den Flip-Flops F1 zwischengespeichert werden; und dann werden ausgewählte Signale an Schalttransistoren **30** durch ODER-Gates **28** ausgegeben.

[0059] **Fig.** 3 zeigt eine Ausführungsform der oben genannten Steuersignalerzeugungsschaltung **20**. In **Fig.** 3 bezeichnet das Bezugszeichen **31** einen Zähler, der beim Anstieg eines Zeitsteuersignals (**Fig.** 5(I)), das von dem Anschluss **22** eingegeben wird, initialisiert wird und mit dem Zählen durch die Ausgabe eines Tiefpegel-Trägersignals zu dem Zeitpunkt aufhört, wenn die gezählten Taktsignale von einer oszillierenden Schaltung **33** mit der Anzahl von

piezoelektrischen Vibratoren **9**, die an einen Ausgangsanschluss **29** der Antriebssignalerzeugungsschaltung **26** angeschlossen ist, übereinstimmt. Das Trägersignal des Zählers **31** wird zur Ausgabe eines Schiebetaktsignals an den Anschluss **23** verwendet, nachdem es mit den Taktsignalen von der oszillierenden Schaltung **33** durch ein UND-Gate UND-verknüpft wurde.

[0060] Ferner bezeichnet das Bezugszeichen **34** einen Speicher, der Druckdaten speichert, die aus einer Reihe von Bits bestehen, die mit der Anzahl von piezoelektrischen Vibratoren **9** übereinstimmen, wobei die Druckdaten von dem Anschluss **21** eingegeben werden. Der Speicher **34** hat auch die Funktion, die gespeicherten Druckdaten auf einer Einzelbitbasis an den Anschluss **24**, synchron mit einem Signal von dem UND-Gate seriell auszugeben.

[0061] Das Drucksignal (**Fig.** 5(VII)), das seriell von dem Anschluss **24** übertragen wird, wird in ausgewählte Signale für die Schalttransistoren **30** bei einem nächsten Druckzyklus umgeformt, und bei den Flip-Flops F1, welche die oben genannten Schieberegister bilden, durch das Schiebetaktsignal (**Fig.** 5(VIII)), das von dem Anschluss **23** ausgegeben wird, zwischengespeichert. Es kann festgehalten werden, dass ein Zwischenspeichersignal von einer Zwischenspeichersignalerzeugungsschaltung **35** synchron mit dem Abfall des oben genannten Trägersignals ausgegeben wird. Die Zeitsteuerung der Ausgabe des Zwischenspeichersignals liegt innerhalb einer Zeitperiode, in welcher ein, Antriebssignal ein Zwischenpotential VM aufrechterhält, wobei die Zeitperiode später beschrieben wird.

[0062] **Fig.** 4 zeigt eine Ausführungsform der oben genannten Antriebssignalerzeugungsschaltung **26**. In **Fig.** 4 bezeichnet das Bezugszeichen **36** eine Zeitsteuerungsschaltung, die monostabile Multivibratoren M1, M2, M3 aufweist, die in Reihenschaltung miteinander verbunden sind. Impulsbreiten PW1, PW2, PW3 (**Fig.** 5(II), (II), (IV)) werden bei den monostabilen Multivibratoren M1, M2, M3 zur Definition einer Summe T1 = (Pwc1 + Pwh1) einer ersten Ladezeit (Pwc1) und einer ersten Haltezeit (PWh1), einer Summe T2 = (Pwd1 + Pwh2) einer Entladezeit (Pwd1) und einer zweiten Haltezeit (Pwh2) beziehungsweise einer zweiten Ladezeit Pwc2 eingestellt.

[0063] Die Impulse, die von den monostabilen Multivibratoren M1, M2, M3 ausgegeben werden, steuern Transistoren Q2 und Q3, so dass die Transistoren Q2 und Q3 bei deren Anstieg und Abfall ein- beziehungsweise ausgeschaltet werden. Das heißt, der Transistor Q2 wird geladen; der Transistor Q3 wird entladen; und der Transistor Q2 wird sekundär geladen.

[0064] Wenn außerdem ein Antriebssignal an einen piezoelektrischen Vibrator **9** angelegt wurde und die entsprechende Druckerzeugungskammer **3** daher durch die Verschiebung eines solchen piezoelektrischen Vibrators **9** ausgedehnt wird, hängt die Größe einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, der einer Druckerzeugungskammer **3** neben der ausgedehnten Druckerzeugungskammer **3** entspricht, wobei die Vibration durch das Verschieben des piezoelektrischen Vibrators **9** verursacht wird, an den das Antriebssignal angelegt wurde, weitgehend von der Struktur und dergleichen des Aufzeichnungskopfes ab.

[0065] Das heißt, in einem Aufzeichnungskopf mit sehr steifen Druckerzeugungskammern **3**, deren Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz überschreitet, ist das Ausmaß einer Druckschwankung pro Zeiteinheit in einer Druckerzeugungskammer **3** in Bezug auf eine Verschiebung eines entsprechenden piezoelektrischen Vibrators hoch. In einem relativ flexibel konstruierten Aufzeichnungskopf mit einer Helmholtz-Resonanzfrequenz im Bereich von 70 bis 100 kHz ist das Ausmaß einer Druckschwankung pro Zeiteinheit in einer Druckerzeugungskammer **3** in Bezug auf eine Verschiebung eines entsprechenden piezoelektrischen Vibrators relativ gering.

[0066] Somit ist das Ausmaß einer Druckschwankung pro Zeiteinheit in einer Druckerzeugungskammer **3** in Bezug auf eine Verschiebung eines entsprechenden piezoelektrischen Vibrators **9** von Aufzeichnungskopf zu Aufzeichnungskopf verschieden. Beim Antreiben eines Aufzeichnungskopfes, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz überschreitet, wird ein Zeitintervall, in dem das zweite Antriebssignal, das die Druckerzeugungskammer **3** ausgedehnt hält, angelegt wird, d. h., die Haltezeit Pwh, derart eingestellt, dass die Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators, an den kein Antriebssignal angelegt wird, innerhalb von Zeitbereichen (den Bereichen, die schraffiert dargestellt sind) liegt, die einen ersten zulässigen Pegel L1, der in **Fig.** 7 dargestellt ist, nicht überschreiten, d. h., $Ta\ (n + 0{,}8 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta\ (n + 1{,}2 \times 1/2)$.

[0067] Ferner wird beim Antreiben des letzteren Aufzeichnungskopfes das zweite Antriebssignal zum Halten einer Druckerzeugungskammer 3 im ausgedehnten Zustand derart eingestellt, dass die Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, in Zeitbereichen liegt, die einen zweiten zulässigen Pegel L2, der in **Fig.** 7 dargestellt ist, nicht überschreiten, d. h., $Ta\ (n + 0{,}7 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta\ (n + 1{,}3 \times 1/2)$.

[0068] Das Ausmaß der Druckschwankung pro Zeiteinheit wird gering, wenn die Helmholtz-Resonanzfrequenz 70 kHz oder geringer ist. Daher wurde in Versuchen bestätigt, dass es nicht notwendig ist, das zweite Antriebssignal auf Werte einzustellen, die in den oben genannten Bereichen definiert sind, um eine Druckerzeugungskammer 3 im ausgedehnten Zustand zu halten.

[0069] In der Folge wird ein Betrieb einer derart konstruierten Vorrichtung beschrieben.

[0070] Wenn ein Zeitsteuersignal von der externen Vorrichtung an den Anschluss **22** eingegeben wird, gibt der monostabile Multivibrator M1, der die Zeitsteuerungsschaltung **36** darstellt, ein Impulssignal

(**Fig.** 5(II)) mit der voreingestellten Impulsbreite PW1 (Pwc1 + Pwh1) aus. Wenn der Transistor Q1 durch dieses Impulssignal eingeschaltet wird, wird ein Kondensator C, der zunächst auf ein Potential VM geladen wurde, mit einem Strom Ic1 geladen, der durch den Transistor Q2 und einen Widerstand R1 festgelegt wird. Wenn die Anschlussspannung infolge des Ladevorganges des Kondensators C gleich einer Leistungsversorgungsspannung VH ist, wird der Ladevorgang automatisch gestoppt und diese Spannung VH danach gehalten, bis der Kondensator C entladen wird.

[0071] Wenn der monostabile Multivibrator M1 umgekehrt wird, nachdem die Zeit T1 = (Pwc1 + Pwh1), die gleich der Impulsbreite PW1 des monostabilen Multivibrators M1 ist, verstrichen ist, wird nicht nur der Transistor Q1 ausgeschaltet, sondern auch ein Impulssignal (**Fig.** 5(III)) mit der Impulsbreite PW2 von dem monostabilen Multivibrator M2 ausgegeben, so dass der Transistor Q3 eingeschaltet wird und der Kondensator C somit entladen wird. Dieser Entladevorgang wird mit einem vorbestimmten Strom Id gehalten, der durch einen Transistor Q4 und einen Widerstand R3 festlegt ist, bis die Anschlussspannung des Kondensator C nahezu eine Spannung VL erreicht.

[0072] Wenn der monostabile Multivibrator M2 umgekehrt wird, nachdem die Zeit T2 = (Pwd1+ Pwh2), die gleich der Impulsbreite PW2 des monostabilen Multivibrators M2 ist, verstrichen ist, wird ein Impulssignal (**Fig.** 5(IV)) mit der Impulsbreite PW3 von dem monostabilen Multivibrator M3 ausgegeben, so dass ein Transistor Q6 eingeschaltet wird. Dadurch wird der Kondensator C wieder mit einem vorbestimmten Strom Ic2 geladen und die Kondensatorspannung erreicht das Zwischenpotential VM, das durch die Zeit (Pwc2), die der Impulsbreite PW3 des monostabilen Multivibrators M3 entspricht, festgelegt ist. Der Ladevorgang des Kondensators C endet bei dem Potential VM und diese Kondensatorspannung VM wird danach gehalten, bis wieder ein Zeitsteuerungssignal eingegeben wird.

[0073] Als Ergebnis solcher Lade- und Entladevorgänge wird ein solches Antriebssignal erzeugt, dass die Kondensatorspannung mit einem vorbestimmten Gradienten von dem Zwischenpotential VM auf die Spannung VH ansteigt; die Spannung VH wird über eine vorbestimmte Zeit Pwh1 gehalten; dann wird die Spannung VH bei einem vorbestimmten Gradienten auf die Spannung VL gesenkt; die Spannung VL wird über eine vorbestimmte Zeit Pwh2 gehalten; und die Spannung VL wird wieder auf die Zwischenspannung VM erhöht, wie in **Fig.** 5 dargestellt.

[0074] In der Folge wird der Betrieb der derart konstruierten Vorrichtung in Verbindung mit einem Tintentröpfchen-Ausstoßvorgang beschrieben.

[0075] Wie zuvor beschrieben, überträgt die Steuersignalerzeugungsschaltung **20** ausgewählte Signale der Schalttransistoren **30** während eines vorangehenden Druckzyklus, so dass die Steuersignalerzeugungsschaltung **20** veranlasst, dass diese ausgewählten Signale von den Flip-Flops F1 zwischengespeichert werden, während alle piezoelektrischen Vibratoren **9** auf das Zwischenpotential VM geladen werden. Ein Zeitsteuersignal wird danach eingegeben und ein Antriebssignal, das in **Fig.** 5(V) dargestellt ist, lässt die Kondensatorspannung von dem Zwischenpotential VM auf die Spannung VH ansteigen, so dass ein entsprechender piezoelektrischer Vibrator **9** geladen wird.

[0076] Infolge dieses Ladevorganges zieht sich der piezoelektrische Vibrator **9** bei einer vorbestimmten Geschwindigkeit zusammen, um die entsprechende Druckerzeugungskammer **3** auszudehnen. Wenn sich die Druckerzeugungskammer **3** ausgedehnt hat, fließt die Tinte in der entsprechenden gemeinsamen Tintenkammer **4** durch die entsprechende Tintenzufuhröffnung **5** in die Druckerzeugungskammer **3** und gleichzeitig wird der Meniskus der entsprechenden Düsenöffnung **2** zu der Druckerzeugungskammer **3** gesaugt. Wenn das Antriebssignal die Spannung VH erreicht hat, wird die Spannung VH über die Zeit Pwh1 gehalten. Während die geladene Spannung VH gehalten wird, beginnt der piezoelektrische Vibrator **9** auf Grund seines natürlichen Vibrationszyklus frei zu vibrieren. Diese freie Vibration pflanzt sich zu anderen benachbarten piezoelektrischen Vibratoren **9** durch die Befestigungsplatte **10** fort, so dass ein piezoelektrischer Vibrator **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, auch zu vibrieren beginnt.

[0077] Die Zeit Pwh1 wird auf die Bereiche eingestellt, die in **Fig.** 7 schraffiert dargestellt sind, d. h., auf eine Zeitlänge, die von 0,8 bis 1,2 vor und nach jedem Zeitpunkt (Ta/2, 3Ta/2, 5Ta/2, ...) reicht. Daher kehrt an diesen Zeitpunkten der monostabile Multivibrator M1 um; von dem monostabilen Multivibrator M2 wird ein Signal ausgegeben; und ein drittes Antriebssignal zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **3** wird an den piezoelektrischen Vibrator **9** der Druckerzeugungskammer **3** angelegt, die ein Tintentröpfchen ausstößt.

[0078] Daher wird die Phase einer Vibration, die sich durch die Befestigungsplatte **10** zu einem piezoelektrischen Vibrator **9** fortpflanzt, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, um einen halben Zyklus verschoben, wodurch wiederum die Amplitude einer Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, verringert wird, und somit ein Ausstoß eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung verhindert wird, die dem piezoelektrischen Vibrator **9** entspricht, an den kein Antriebssignal angelegt wurde.

[0079] Infolgedessen werden die Ladungen, die in den piezoelektrischen Vibratoren **9** gespeichert sind, die auf die Spannung VH geladen wurden, durch Dioden D entladen, die ihrerseits bewirken, dass sich die piezoelektrischen Vibrator **9** ausdehnen, um dadurch die entsprechenden Druckerzeugungskammern **3** zusammenzuziehen. Infolge des Zusammenziehens der Druckerzeugungskammern **3** wird Druck

auf die Tinte ausgeübt, und die unter Druck stehende Tinte wird dann aus den entsprechenden Düsenöffnungen **2** in Form von Tintentröpfchen ausgestoßen.

[0080] Wenn das Tintentröpfchen vollständig ausgestoßen ist, beginnt der piezoelektrische Vibrator **9** bei seiner natürlichen Vibrationsfrequenz frei zu vibrieren. Diese freie Vibration pflanzt sich durch die Befestigungsplatte **10** zu einem benachbarten piezoelektrischen Vibrator **9** fort, an den kein Antriebssignal angelegt wurde. Der piezoelektrische Vibrator **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, empfängt zusätzlich zu der freien Vibration, die verursacht wird, wenn sich die Druckerzeugungskammer ausgedehnt hat, die Fortpflanzung einer Vibration, die durch die freie Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9** verursacht wird, an den das Antriebssignal angelegt wurde, wobei die letztgenannte freie Vibration hervorgerufen wird, nachdem das Tintentröpfchen ausgestoßen wurde. Daher wird die Amplitude der Vibration, die von dem piezoelektrischen Vibrator **9** empfangen wird, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, verstärkt. Zu diesem Zeitpunkt jedoch nimmt die Amplitude der Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, einen Wert an, der zu gering ist, um ein Tintentröpfchen auszustoßen. Selbst wenn daher eine Vibration, die mehreren Zyklen entspricht, anhält, ist eine solche Vibration nicht groß genug, um ein Tintentröpfchen aus einer Düsenöffnung auszustoßen.

[0081] Ein Zeitpunkt, zu dem die Amplitude einer Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, minimiert ist, wobei die Vibration durch eine freie Vibration verursacht wird, die durch das Zusammenziehen des piezoelektrischen Vibrators 9 zum Ausstoßen eines Tintentröpfchen verursacht wird, d. h., durch eine freie Vibration nach dem Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **3** verursacht wird, tritt bei

Ta/2, 3Ta/2, ..., Ta (n + ½)

(wobei n eine ganze Zahl ist)

ab dem Zeitpunkt ein, zu dem das Zusammenziehen des piezoelektrischen Vibrators **9** beendet ist, wie in **Fig.** 7 dargestellt, wenn angenommen wird, dass der natürliche Vibrationszyklus des piezoelektrischen Vibrators **9** Ta ist.

[0082] Die Amplitude einer Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, hat einen bestimmten Bereich, wobei die Vibration durch eine freie Vibration nach dem Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **3** verursacht wird und die Amplitude nicht groß genug ist, um ein Tintentröpfchen auszustoßen.

[0083] In einem Aufzeichnungskopf, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz oder mehr ist, wurde in Versuchen bestätigt, dass der folgende Bereich gültig ist.

Ta(n + 0,8 × 1/2) bis Ta(n + 1,2 × 1/2)

[0084] Ferner wurde in einem Aufzeichnungskopf, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz von 70 bis 100 kHz reicht, in Versuchen bestätigt, dass der folgende Bereich bei einem größeren zulässigen Pegel gültig ist.

Ta(n + 0,7 × 1/2) bis Ta(n + 1,3 × 1/2)

[0085] In der vorliegenden Erfindung kann zur zuverlässigen Vermeidung einer Kreuzkopplung die Amplitude der natürlichen Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9** nach einem Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **3** oder die Amplitude der natürlichen Vibration des piezoelektrischen Vibrators 9 zum Zeitpunkt des Zusammenziehens der Druckerzeugungskammer **3** durch Definition der ersten Signaldauer Pwc oder der dritten Signaldauer Pwd abhängig von der natürlichen Vibrationsperiode Ta des piezoelektrischen Vibrators **9** begrenzt werden, ähnlich der Begrenzung der zweiten Signaldauer, wie zuvor beschrieben wurde.

[0086] Daher hängt die Amplitude einer Vibration, die groß genug ist, um ein Tintentröpfchen aus der Druckerzeugungskammer **3** mit einem piezoelektrischen Vibrator **9** auszustoßen, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, der aufgrund der Fortpflanzung der natürlichen Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, an den diese Antriebssignale angelegt wurden, durch die Befestigungsplatte **10** in Vibration versetzt wird, von der Helmholtz-Resonanzfrequenz ab, wie zuvor beschrieben wurde.

[0087] Daher wurde in Versuchen bestätigt, dass die erste Signaldauer Pwc in dem ersten Vorgang, in dem die Tinte von der Druckerzeugungskammer **3** angesaugt wird, auf:

0,8 × (n + 1) × Ta ≤ Pwc ≤ 1,2 (n + 1) × Ta

(wobei n eine ganze Zahl ist) für einen Aufzeichnungskopf eingestellt werden kann, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz oder mehr ist, und auf

0,7 × (n + 1) × Ta ≤ Pwc ≤ 1,3 (n + 1) × Ta

(wobei n eine ganze Zahl ist) für einen Aufzeichnungskopf, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz von 70 bis 100 kHz reicht.

[0088] Infolgedessen kann das Ausmaß der Verstärkung in der Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wobei die Verstärkung durch die Fortpflanzung der natürlichen Vibration hervorgerufen wird, die zum Zeitpunkt eines Ausstoßes eines Tintentröpfchens verursacht wird, zu einem Zeitpunkt unterdrückt werden, zu dem die Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wobei die Vibration durch die Fortpflanzung der natürlichen Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9** verursacht wird, die durch das Ausdehnen der Druckerzeugungskammer

3 hervorgerufen wird, ähnlich wie im vorangehenden Fall nicht groß genug ist, um ein Tintentröpfchen auszustoßen.

[0089] Ferner wurde in Versuchen bestätigt, dass die dritte Signaldauer Pwd für das Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus einer Druckerzeugungskammer **3** auf:

$$0{,}8 \times (n + 1) \times Ta \leq Pwd \leq 1{,}2\ (n + 1) \times Ta$$

(wobei n eine ganze Zahl ist) für einen Aufzeichnungskopf eingestellt werden kann, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz oder mehr ist, und auf

$$0{,}7 \times (n + 1) \times Ta \leq Pwd \leq 1{,}3\ (n + 1) \times Ta$$

(wobei n eine ganze Zahl ist) für einen Aufzeichnungskopf, dessen Helmholtz-Resonanzfrequenz von 70 bis 100 kHz reicht.

[0090] Infolgedessen kann das Ausmaß der Verstärkung in der Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wobei die Verstärkung durch die Fortpflanzung der natürlichen Vibration eines piezoelektrischen Vibrators 9 zum Zeitpunkt eines Ausstoßes eines Tintentröpfchens verursacht wird und anhält, zu einem Zeitpunkt unterdrückt werden, zu dem die Amplitude einer Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, wobei die Vibration durch die Fortpflanzung der natürlichen Vibration des piezoelektrischen Vibrators **9** verursacht wird, die durch das Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **3** hervorgerufen wird, ähnlich wie im vorangehenden Fall nicht groß genug ist, um ein Tintentröpfchen auszustoßen.

[0091] Unter der Annahme, dass in der oben genannten Antriebssignalsteuerschaltung **26** die Kapazität des Kondensators C gleich CO ist; der Widerstandswert des Widerstands R1 gleich Rr1 ist; der Widerstandswert des Widerstands R2 gleich Rr2 ist; der Widerstandswert des Widerstands R3 gleich Rr3 ist; und die Basis-Emitter-Spannungen der Transistoren Q2, Q4, Q7 gleich Vbe2, Vbe4, Vbe7 sind, können der Ladestrom Ic1, der Entladestrom Id, der Ladestrom Ic2 und die Ladezeit Pwc1, die Entladezeit Pwd1 und die Ladezeit Pwc2 wie folgt angegeben werden:

$$Ic1 = Vbe2/Rr1$$

$$Id = Vbe4/Rr3$$

$$Pwc = Co \times (VH - VM)/Ic1$$

$$Pwd = CO \times (VH - VL)/Id$$

[0092] Somit können die Dauer des ersten Signals und jene des dritten Signals einfach durch das Zwischenpotential VM und den widerstand R3 eingestellt werden.

[0093] In der oben genannten Ausführungsform wird die Amplitude der natürlichen Vibration eines piezoelektrischen Vibrators **9**, die durch das Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **3** verursacht wird, durch Einstellen des Zwischenpotentials VM und durch Laden des Kondensators von dem Zwischenpotential VM auf die geladene Spannung VH, d. h., durch Laden des Kondensators durch eine Spannung V1–V2, unterdrückt, so dass eine Verschiebung des piezoelektrischen Vibrators **9** zu dem Zeitpunkt des Zusammenziehens kleiner wird als eine Verschiebung desselben zum Zeitpunkt des Ausdehnens. Es ist jedoch offensichtlich, dass ähnliche Vorteile durch Anlegen derselben an ein Antriebssignal erhalten werden können, um die Druckerzeugungskammer **3** auszudehnen, ohne das Zwischenpotential VM zu verwenden.

[0094] Während der beispielhafte Aufzeichnungskopf, in dem die Druckerzeugungskammer durch Laden ausgedehnt und durch Entladen zusammengezogen wird, in der vorangehenden Ausführungsform beschrieben wurde, ist offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung ebenso bei einem Aufzeichnungskopf angewendet werden kann, in dem die Druckerzeugungskammer durch Entladen ausgedehnt und durch Laden zusammengezogen wird.

[0095] **Fig.** 9 zeigt eine Ausführungsform eines solchen Aufzeichnungskopfes. In **Fig.** 9 bezeichnet ein Bezugszeichen **40** eine erste Abdeckplatte, die aus einer dünnen Zirkondioxidplatte (ZrO_2-Platte) mit einer Dicke von etwa 10 μm gebildet ist. An der Oberfläche der ersten Abdeckplatte **40** befindet sich eine Antriebselektrode **42**, die später beschrieben wird. Die Antriebselektrode **42** ist so angeordnet, dass sie einer Druckerzeugungskammer **41** gegenüber liegt. Auf der Antriebselektrode **42** befindet sich ein piezoelektrischer Vibrator **43** aus PZT oder dergleichen.

[0096] Die Druckerzeugungskammer **41** wird nicht nur als Reaktion auf eine Biegevibration des entsprechenden piezoelektrischen Vibrators **43** ausgedehnt und zusammengezogen, so dass ein Tintentröpfchen aus einer entsprechenden Düsenöffnung **44** ausgestoßen wird, sondern saugt auch Tinte durch eine entsprechende Tintenzufuhröffnung **45** in eine entsprechende gemeinsame Tintenkammer **46**.

[0097] Das Bezugszeichen **47** bezeichnet einen Abstandshalter. Der Abstandshalter **47** wird durch Bohren eines Durchgangslochs in eine keramische Platte, wie eine Zirkondioxidplatte, gebildet, die dick genug ist, um die Druckerzeugungskammer **41** zu bilden, z. B. 150 μm. Die oben genannte Druckerzeugungskammer **41** wird durch Verschließen beider Oberflächen des Abstandshalters **47** durch den ersten Abdeckkörper **40** beziehungsweise einen zweiten Abdeckkörper **48**, der später beschrieben wird, gebildet.

[0098] Das Bezugszeichen **48** bezeichnet den zweiten Abdeckkörper, der durch Bohren eines Durchgangslochs **49**, das die Tintenzufuhröffnung **45**, die

später beschrieben wird, mit der Druckerzeugungskammer **41** verbindet, wie auch einer Tintenausstoßöffnung **50** zum Ausstoßen von Tinte in der Druckerzeugungskammer **41** zu der entsprechenden Düsenöffnung **44**. Der zweite Abdeckkörper **48** ist an der anderen Oberfläche des Abstandshalters **47** befestigt.

[0099] Die entsprechenden Elemente **40**, **47**, **48** sind zu einer Stellgliedeinheit **51** zusammengefügt, indem ein tonartiges, keramisches Material zu einer vorbestimmten Form geformt wird und die geformten Formen ohne Haftmittel aufeinander laminiert und gesintert werden.

[0100] Das Bezugszeichen **52** bezeichnet eine die Tintenzufuhröffnung bildende Platte, die auch als die Befestigungsplatte für die Stellgliedeinheit **51** dient. Die die Tintenzufuhröffnung bildende Platte **52** besteht aus Metall oder Keramik, wie einem Rostschutz-Kupfer und dergleichen mit Tintenbeständigkeit, so dass auch ein Element zum Anschließen einer Tintenpatrone darauf angeordnet werden kann.

[0101] Die Tintenzufuhröffnung **45**, welche die gemeinsame Tintenkammer **46**, die später beschrieben wird, mit der Druckerzeugungskammer **41** verbindet, ist an einem Ende an der Seite der Druckerzeugungskammer **41** angeordnet. An der anderen Seite der Druckerzeugungskammer **41** befindet sich ein Durchgangsloch **53**, das die Düsenöffnung **44** mit der Tintenzufuhröffnung **50** der Stellgliedeinheit **51** verbindet.

[0102] Das Bezugszeichen **54** bezeichnet eine die gemeinsame Tintenkammer bildende Platte, die durch Bohren eines Durchgangslochs, das der Form der gemeinsamen Tintenkammer **46** entspricht, und eines Verbindungslochs **56**, das die Düsenöffnung **44** einer Düsenplatte **55** mit der Tintenzufuhröffnung **50** in einem Plattenelement, z. B. aus rostfreiem Stahl, mit einer Dicke, die groß genug ist, um die gemeinsam Tintenkammer **46** zu bilden, z. B. 150 μm, verbindet.

[0103] Die die Tintenzufuhröffnung bildende Platte **52**, die die gemeinsame Tintenkammer bildende Platte **54** und die Düsenplatte **55** sind zu einer Kanaleinheit **57** zusammengefügt, mit dazwischen liegenden Haftmittelschichten S, S, wobei jede Haftmittelschicht aus einem schmelzbaren Film oder einem Haftmittel besteht.

[0104] Der Aufzeichnungskopf wird durch Befestigen der Stellgliedeinheit **51** an der Oberfläche der die Tintenzufuhröffnung bildenden Platte **52** der Kanaleinheit **57** unter Verwendung des Haftmittels gebildet.

[0105] Wenn ein piezoelektrischer Vibrator **43**, der zusammengezogen wurde, während er auf ein vorbestimmtes Potential geladen wurde, entladen wird, dehnt sich infolge einer solchen Konstruktion die entsprechende Druckerzeugungskammer **41** aus, wodurch wiederum die Tinte in der entsprechenden gemeinsamen Tintenkammer **46** veranlasst wird, über die entsprechende Tintenzufuhröffnung **45** in die Druckerzeugungskammer **41** zu strömen. Das Entladepotential wird über eine vorbestimmte Zeit gehalten, d. h., bis ein benachbarter piezoelektrischer Vibrator, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, so verschoben wird, dass der Meniskus zu der entsprechenden benachbarten Druckerzeugungskammer **41** gezogen wird, und dann wird der piezoelektrische Vibrator **43** geladen.

[0106] Die natürliche Vibration, die an dem piezoelektrischen Vibrator **43** erzeugt wird, wenn der Vorgang des Ausdehnens und Zusammenziehens der Druckerzeugungskammer beendet ist, pflanzt sich, ähnlich wie in dem oben genannten Fall, zu dem piezoelektrischen Vibrator **43** fort, an den kein Antriebssignal angelegt wurde. Daher besteht die Gefahr, dass ein Tintentröpfchen unerwartet ausgestoßen wird. Ähnlich wie in der oben genannten Ausführungsform kann jedoch die Möglichkeit, ein Tintentröpfchen aus der Druckerzeugungskammer auszustoßen, die dem piezoelektrischen Vibrator entspricht, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, durch Einstellen der Ausdehnungsvorgangszeit, der Ausdehnungshaltevorgangszeit oder der Zusammenziehungsvorgangszeit der Druckerzeugungskammer **41** verhindert werden.

[0107] Während die Ausgangszeitsteuerung der entsprechenden Signale durch die monostabilen Multivibratoren in der oben genannten Ausführungsform gesteuert werden, ist es des Weiteren offensichtlich, dass andere Arten von Zeitsteuerungsmitteln, wie ein Mikrocomputer, verwendet werden können.

[0108] Wie zuvor beschrieben, wird die vorliegende Erfindung bei einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung angewendet die folgendes enthält: einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit einer Düsenöffnung, einer Druckerzeugungskammer, die mit einer gemeinsamen Tintenkammer durch eine Tintenzufuhröffnung in Verbindung steht und eine Helmholtz-Resonanzfrequenz hat, und einem piezoelektrischen Vibrator, der einen natürlichen Vibrationszyklus Ta hat, um die Druckerzeugungskammer auszudehnen und zusammenzuziehen, und Antriebssignalerzeugungsmittel, die nicht nur ein erstes Signal zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer, ein zweites Signal zum Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer und ein drittes Signal zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung durch Zusammenziehen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer ausgeben, sondern auch eine Dauer Pwh des zweiten Signals auf folgenden wert eingestellt haben:

$$Ta(n + 0{,}7 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta\,(n + 1{,}3 \times 1/2)$$

wenn die Helmholtz-Frequenz von 70 kHz bis 100 kHz reicht, und auf

$$Ta(n + 0{,}8 \times 1/2) \leq Pwh \leq Ta\,(n + 1{,}2 \times 1/2)$$

(wobei n eine ganze Zahl ist)
wenn die Helmholtz-Resonanzfrequenz 100 kHz oder mehr ist. Selbst wenn ein erstes Signal zum Ausdehnen einer Druckerzeugungskammer angelegt wurde und sich eine Vibration, die durch das Ausdehnen verursacht wird, danach zu einem benachbarten piezoelektrischen Vibrator, an den kein Antriebssignal angelegt wurde, fortgepflanzt hat, kann ein Tintentröpfchen durch Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer bei einer solchen Zeitsteuerung ausgestoßen werden, dass eine Vibration ausgelöst wird, deren Phase der Vibration entgegengesetzt ist, die durch das Ausdehnen verursacht wurde. Somit kann eine Kreuzkopplung, die durch die Vibration verursacht wird, die sich durch die Befestigungsplatte fortpflanzt, vermieden werden.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, umfassend:
einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit
– einer Düsenöffnung (**2**),
– einer Druckerzeugungskammer (**3**) mit einer Helmholtz-Resonanzfrequenz, die mit der Düsenöffnung (**2**) in Verbindung steht, wobei die Helmholtz-Resonanzfrequenz wenigstens 100 kHz beträgt,
– einer Tintenzufuhröffnung (**5**), die mit der Druckerzeugungskammer (**3**) und mit einer gemeinsamen Tintenkammer (**4**) in Verbindung steht, und
– einem piezoelektrischen Vibrator (**9**), der einen natürlichen Vibrationszyklus Ta hat, um die Druckerzeugungskammer (**3**) auszudehnen und zusammenzuziehen; und
Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**), die ein erstes Signal zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**3**), ein zweites Signal zum Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer (**3**) und ein drittes Signal zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung (**2**) durch Zusammenziehen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer (**3**) ausgeben,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwh des zweiten Signals wie folgt ist.

$$Ta*(n + 0{,}8*1/2) \leq Pwh \leq Ta*(n + 1{,}2*1/2)$$

wobei n eine nicht negative, ganze Zahl ist.

2. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwc des ersten Signals wie folgt ist:

$$0{,}8*Ta*(n + 1) \leq Pwc \leq 1{,}2*Ta*(n + 1).$$

3. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwd des dritten Signals wie folgt ist:

$$0{,}8*Ta*(n + 1) \leq Pwd \leq 1{,}2*Ta*(n + 1).$$

4. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, umfassend:
einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit
– einer Düsenöffnung (**2**),
– einer Druckerzeugungskammer (**3**) mit einer Helmholtz-Resonanzfrequenz, die mit der Düsenöffnung (**2**) in Verbindung steht, wobei die Helmholtz-Resonanzfrequenz wenigstens 70 kHz und weniger als 100 kHz beträgt,
– einer Tintenzufuhröffnung (**5**), die mit der Druckerzeugungskammer (**3**) und mit einer gemeinsamen Tintenkammer (**4**) in Verbindung steht, und
– einem piezoelektrischen Vibrator (**9**), der einen natürlichen Vibrationszyklus Ta hat, um die Druckerzeugungskammer (**3**) auszudehnen und zusammenzuziehen; und
Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**), die ein erstes Signal zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**3**), ein zweites Signal zum Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer (**3**) und ein drittes Signal zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung (**2**) durch Zusammenziehen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer (**3**) ausgeben,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwh des zweiten Signals wie folgt ist.

$$Ta*(n + 0{,}7*1/2) \leq Pwh \leq Ta*(n + 1{,}3*1/2)$$

wobei n eine nicht negative, ganze Zahl ist.

5. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 4, wobei das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwc des ersten Signals wie folgt ist:

$$0{,}7*Ta*(n + 1) \leq Pwc \leq 1{,}3*Ta*(n + 1).$$

6. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 4 oder 5, wobei das Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) so konstruiert ist, dass eine Dauer Pwd des dritten Signals wie folgt ist:

$$0{,}7*Ta*(n + 1) \leq Pwd \leq 1{,}3*Ta*(n + 1).$$

7. Verfahren zum Antreiben einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei die Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf umfasst mit einer Düsenöffnung (**2**), einer Druckerzeugungskammer (**3**) mit einer Helmholtz-Resonanzfrequenz, die mit der Düsenöffnung (**2**) in Verbindung steht, einer Tintenzufuhröffnung (**5**), die mit der Druckerzeugungskammer (**3**) und mit

einer gemeinsamen Tintenkammer (**4**) in Verbindung steht, und einem piezoelektrischen Vibrator (**9**), der einen natürlichen Vibrationszyklus Ta hat, um die Druckerzeugungskammer (**3**) auszudehnen und zusammenzuziehen, sowie Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**), wobei das Verfahren umfasst:
Ausgeben eines ersten Signals zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**3**) von dem Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) an den piezoelektrischen Vibrator (**9**);
Ausgeben eines zweiten Signals zum Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer (**3**) von dem Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) an den piezoelektrischen Vibrator (**9**);
Ausgeben eines dritten Signals zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens aus der Düsenöffnung (**2**) durch Zusammenziehen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer (**3**) von dem Antriebssignalerzeugungsmittel (**26**) an den piezoelektrischen Vibrator (**9**),
dadurch gekennzeichnet, dass
wenn die Helmholtz-Resonanzfrequenz wenigstens 70 kHz und weniger als 100 kHz beträgt, das zweite Signal eine Dauer Pwh hat, so dass

$$Ta*(n + 0,7*1/2) \leq Pwh \leq Ta*(n + 1,3*1/2),$$ und

wenn die Helmholtz-Resonanzfrequenz wenigstens 100 kHz ist, das zweite Signal eine Dauer Pwh hat, so dass

$$Ta*(n + 0,8*1/2) \leq Pwh \leq Ta*(n + 1,2*1/2),$$

wobei n in jedem Fall eine nicht negative, ganze Zahl ist.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei, wenn die Helmholtz-Frequenz wenigstens 100 kHz beträgt, das erste Signal eine Dauer Pwc hat, so dass

$$0,8*Ta*(n + 1) \leq Pwc \leq 1,2*Ta*(n + 1),$$

und wenn die Helmholtz-Frequenz wenigstens 70 kHz und weniger als 100 kHz beträgt, die Dauer Pwc wie folgt ist

$$0,7*Ta*(n + 1) \leq Pwc \leq 1,3*Ta*(n + 1).$$

9. Verfahren gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei, wenn die Helmholtz-Frequenz wenigstens 100 kHz beträgt, das dritte Signal eine Dauer Pwd hat, so dass

$$0,8*Ta*(n + 1) \leq Pwd \leq 1,2*Ta*(n + 1),$$

und wenn die Helmholtz-Frequenz wenigstens 70 kHz und weniger als 100 kHz beträgt, die Dauer Pwd wie folgt ist

$$0,7*Ta*(n + 1) \leq Pwd \leq 1,3*Ta*(n + 1).$$

10. Verfahren zum Antreiben einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei die Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung umfasst:
einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit:
mehreren Düsenöffnungen (**2**),
mehreren Druckerzeugungskammern (**3**), wobei jede der Druckerzeugungskammern (**3**) mit einer entsprechenden Düsenöffnung (**2**) der mehreren Düsenöffnungen (**2**) in Verbindung steht,
Tintenzufuhröffnungen (**5**), die jeweils mit einer entsprechenden Druckerzeugungskammer (**3**) der mehreren Druckerzeugungskammern (**3**) in Verbindung stehen, wobei die Tintenzufuhröffnungen (**5**) eine gemeinsame Tintenkammer (**4**) haben, und
mehreren piezoelektrische Vibratoren (**9**), die an einer gemeinsamen Befestigungsplatte (**10**) befestigt sind, wobei jeder piezoelektrische Vibrator (**9**) eine entsprechende Druckerzeugungskammer (**3**) der mehreren Druckerzeugungskammern (**3**) ausdehnt und zusammenzieht,
wobei das Verfahren umfasst:
Laden eines gewünschten piezoelektrischen Vibrators (**9**) auf einen ersten vorbestimmten Ladungspegel, so dass eine entsprechende gewünschte Druckerzeugungskammer (**3**) sich ausdehnt, wobei der gewünschte piezoelektrische Vibrator (**9**) einen unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrator hat, wobei die gewünschte Druckerzeugungskammer (**3**) eine unerwünschte benachbarte Druckerzeugungskammer (**3**) hat; dann
Halten des gewünschten piezoelektrischen Vibrators (**9**) bei dem ersten vorbestimmten Ladungspegel, wodurch erste natürliche Vibrationen mit einer Phase dem unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrator (**9**) durch die Befestigungsplatte (**10**) übermittelt werden; und dann
Entladen des gewünschten piezoelektrischen Vibrators (**9**), so dass die gewünschte Druckerzeugungskammer (**3**) sich zusammenzieht und ein Tintentröpfchen aus der Düsenöffnung (**2**) ausstößt, wodurch zweite natürliche Vibrationen mit einer Phase dem unerwünschten benachbarten piezoelektrischen Vibrator (**9**) durch die Befestigungsplatte (**10**) übermittelt werden;
dadurch gekennzeichnet, dass
der Entladungsschritt so ausgeführt wird, dass die Phase der zweiten natürlichen Vibrationen in Bezug auf die Phase der ersten natürlichen Vibrationen um im Wesentlichen den halben Zyklus der natürlichen Vibrationen verschoben ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

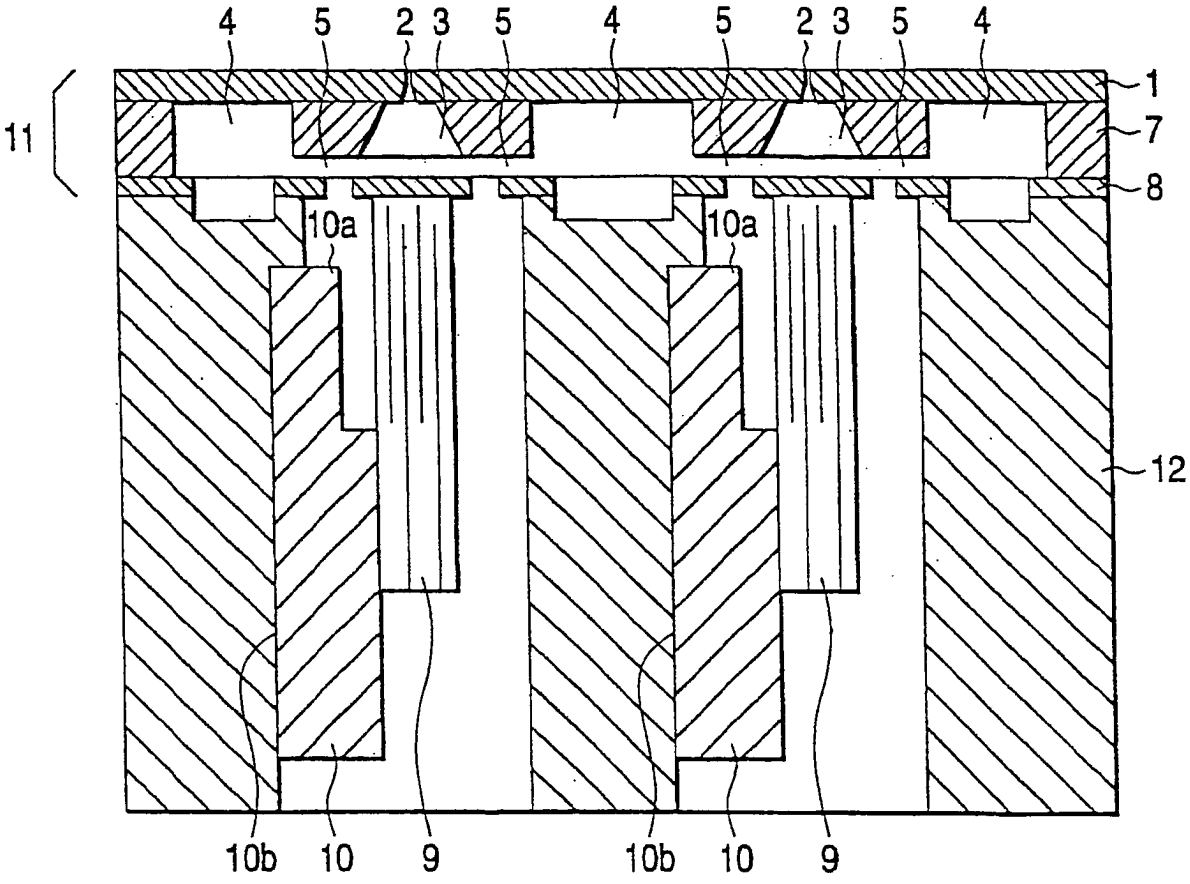

FIG. 2

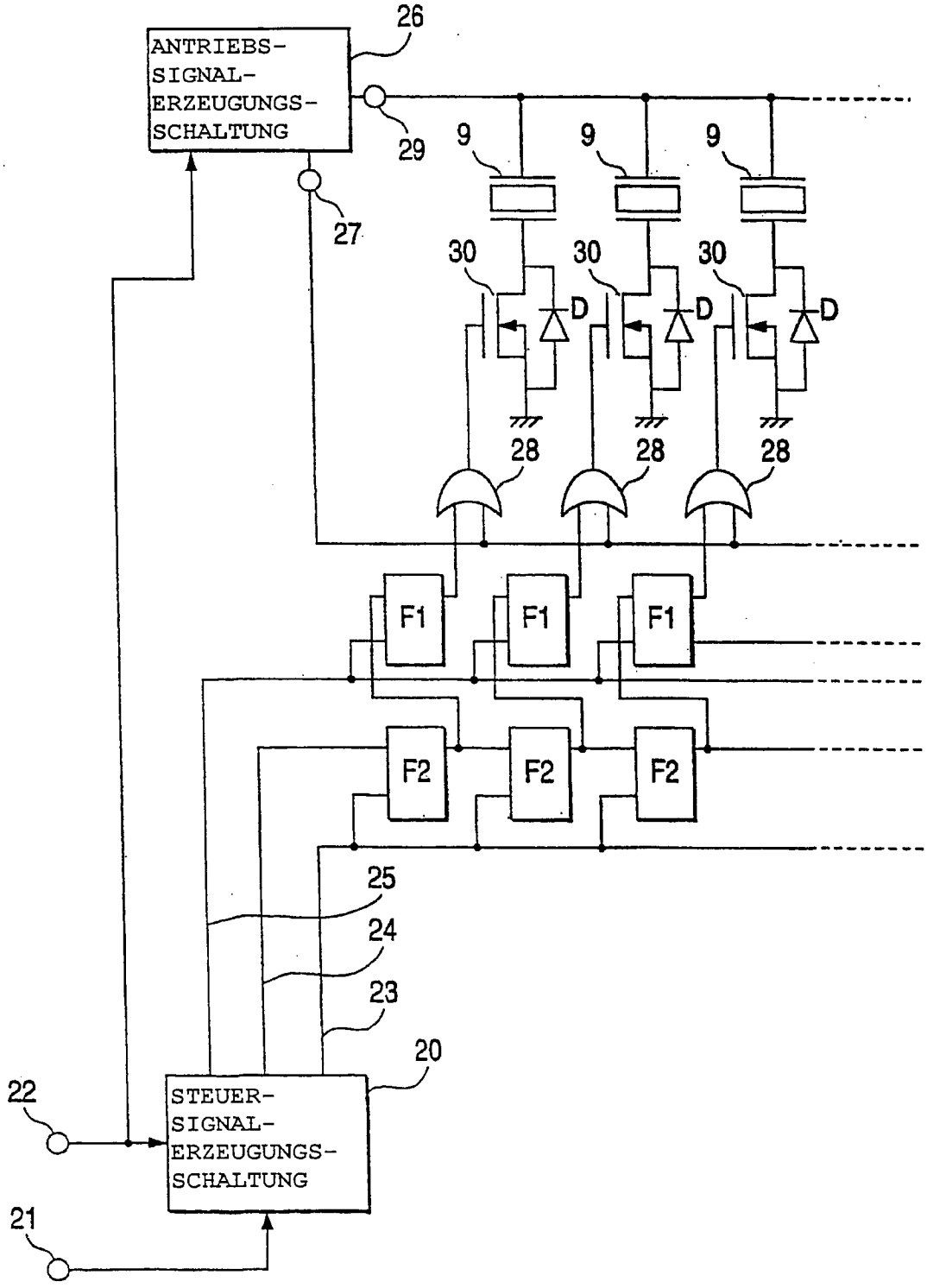
ANTRIEBS-
SIGNAL-
ERZEUGUNGS-
SCHALTUNG
26
29
27
9
9
9
30
30
30
D
D
D
28
28
28
F1
F1
F1
F2
F2
F2
25
24
23
20
22
21
STEUER-
SIGNAL-
ERZEUGUNGS-
SCHALTUNG

FIG. 3

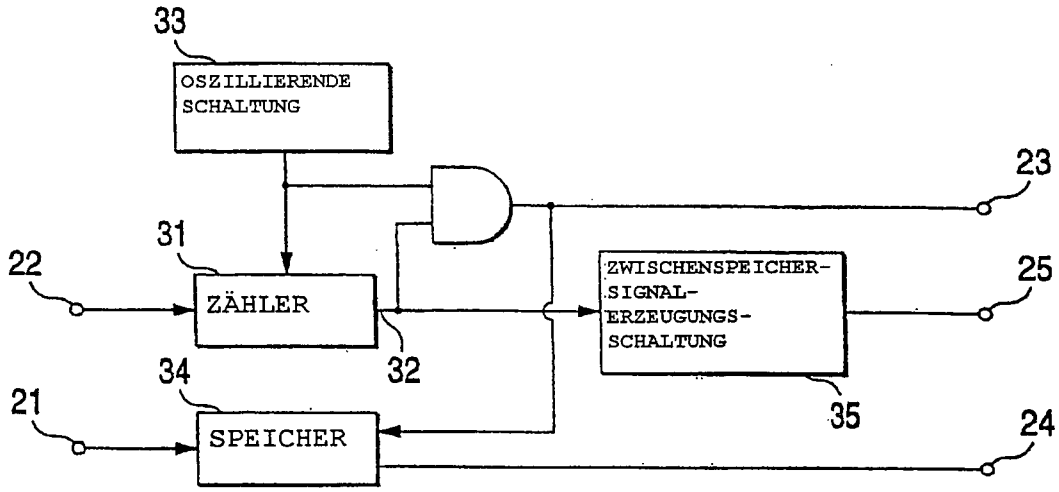
33
OSZILLIERENDE SCHALTUNG
23
31
22
ZÄHLER
32
ZWISCHENSPEICHER-SIGNAL-ERZEUGUNGS-SCHALTUNG
25
34
21
SPEICHER
35
24

FIG. 4

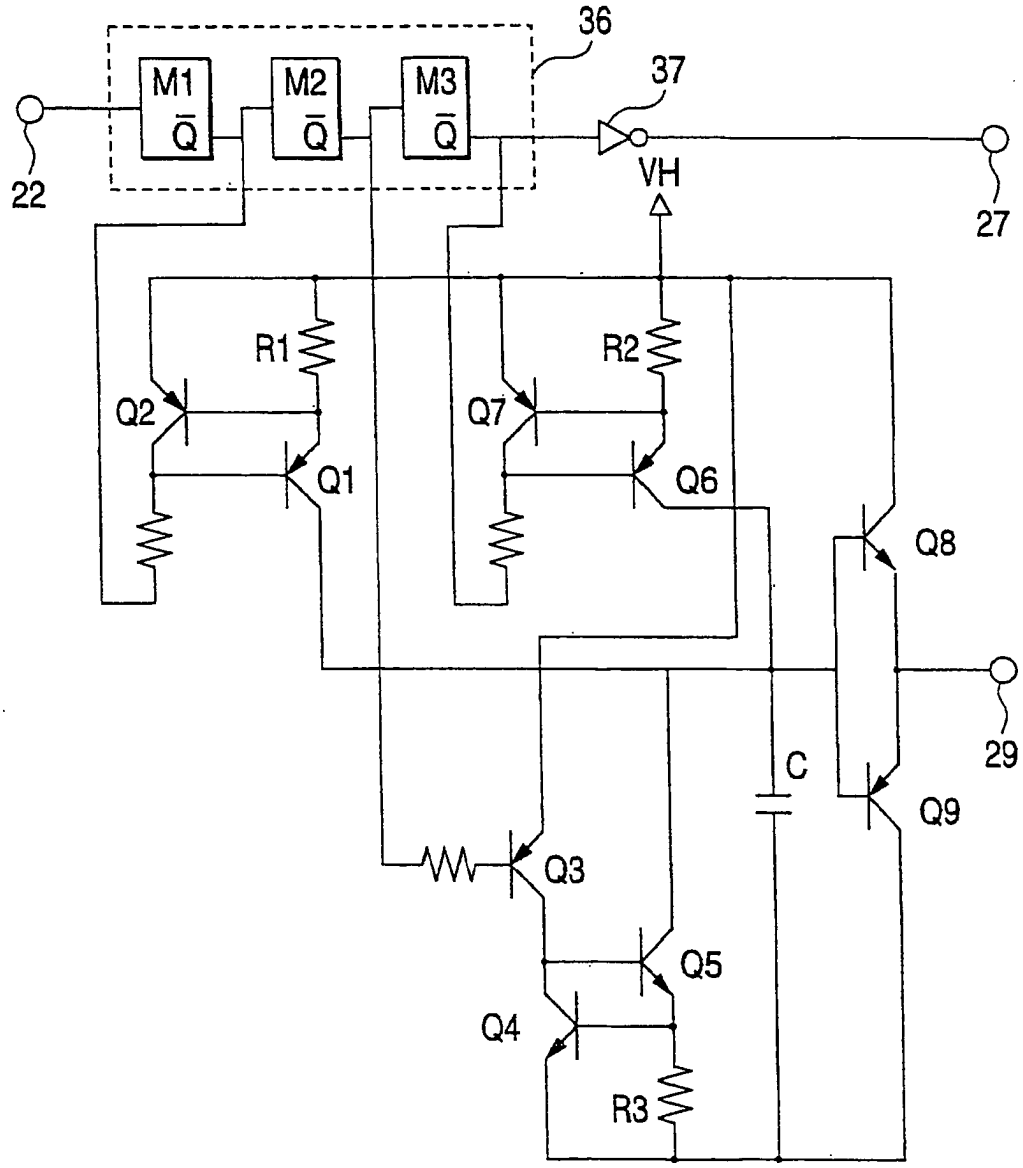

FIG. 5

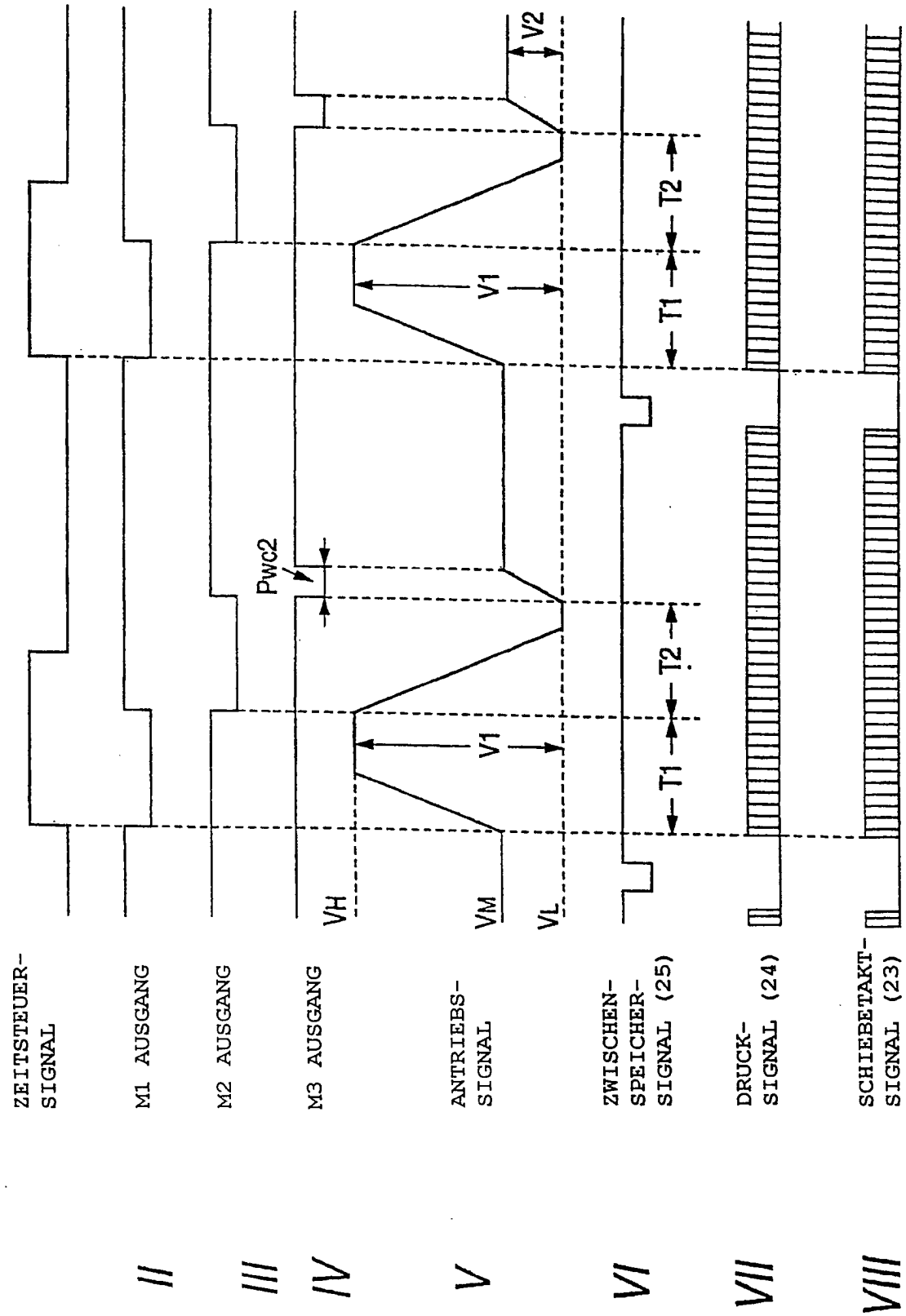
ZEITSTEUER-SIGNAL
M1 AUSGANG
M2 AUSGANG
M3 AUSGANG
ANTRIEBS-SIGNAL
ZWISCHEN-SPEICHER-SIGNAL (25)
DRUCK-SIGNAL (24)
SCHIEBETAKT-SIGNAL (23)
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
VH
VM
VL
V1
V2
T1
T2
Pwc2

FIG. 6

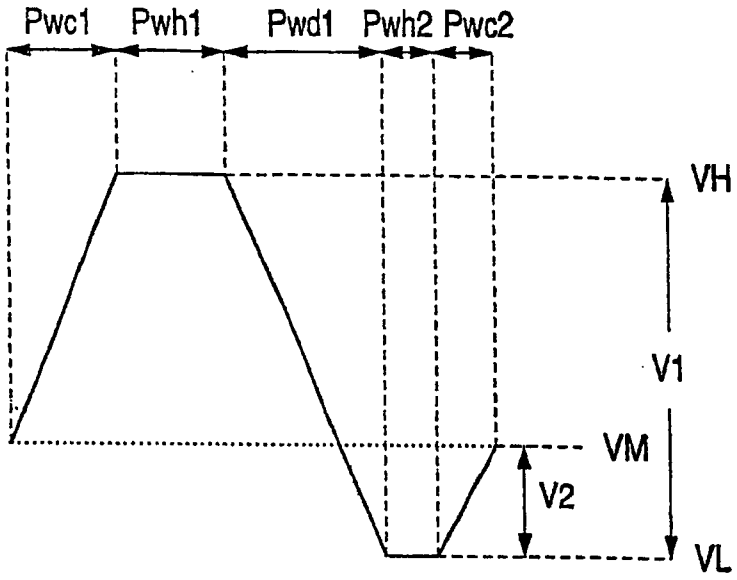
Pwc1
Pwh1
Pwd1
Pwh2
Pwc2
VH
V1
VM
V2
VL

FIG. 7

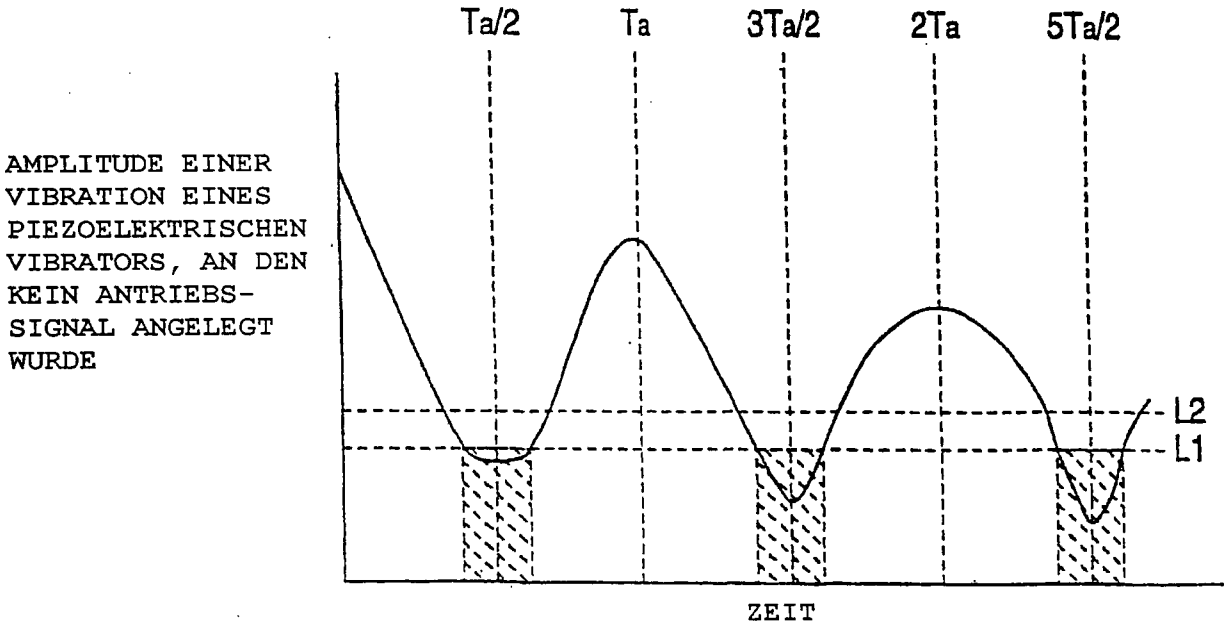
Ta/2
Ta
3Ta/2
2Ta
5Ta/2
AMPLITUDE EINER VIBRATION EINES PIEZOELEKTRISCHEN VIBRATORS, AN DEN KEIN ANTRIEBS-SIGNAL ANGELEGT WURDE
L2
L1
ZEIT

FIG. 8

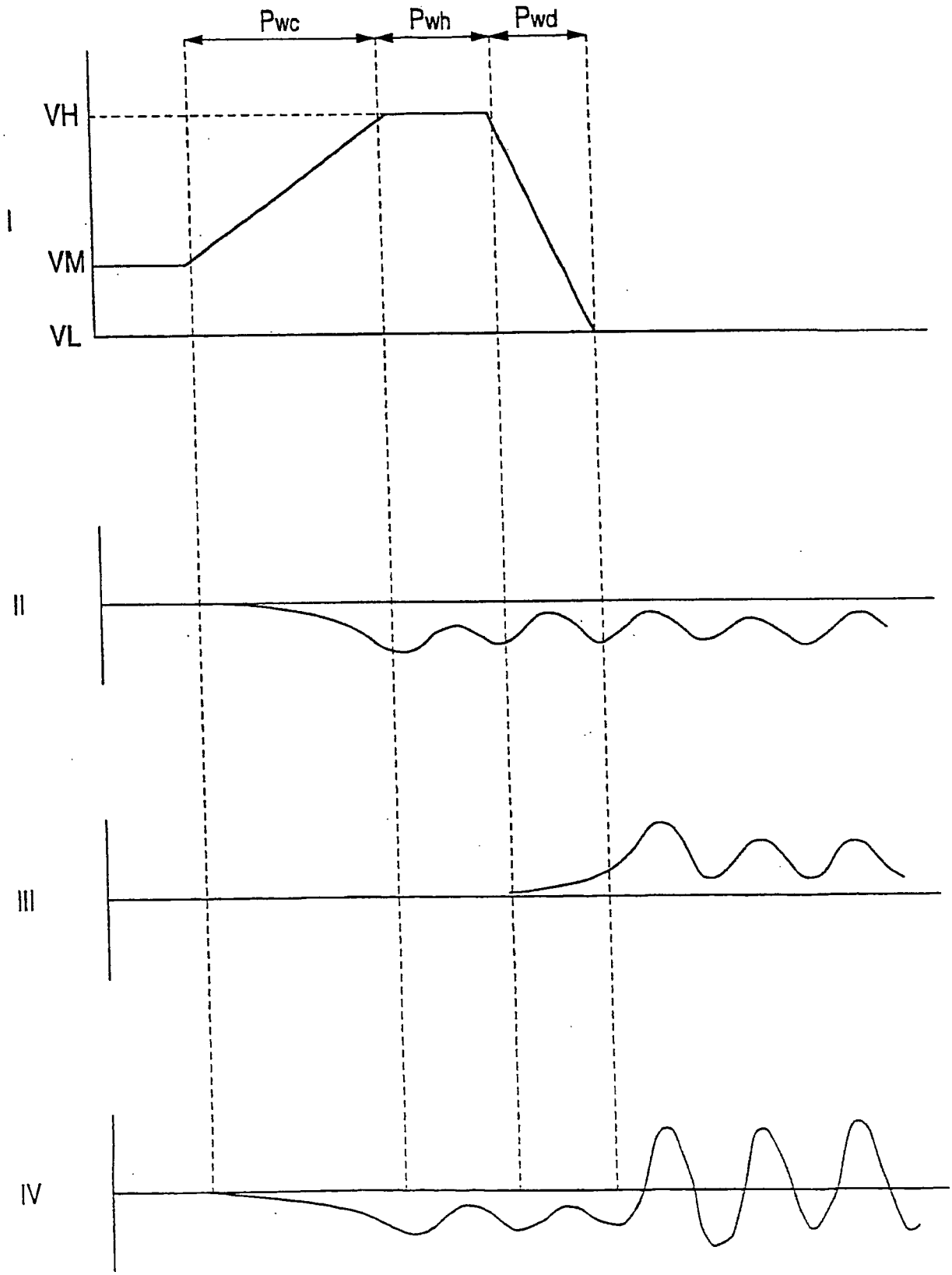

FIG. 9

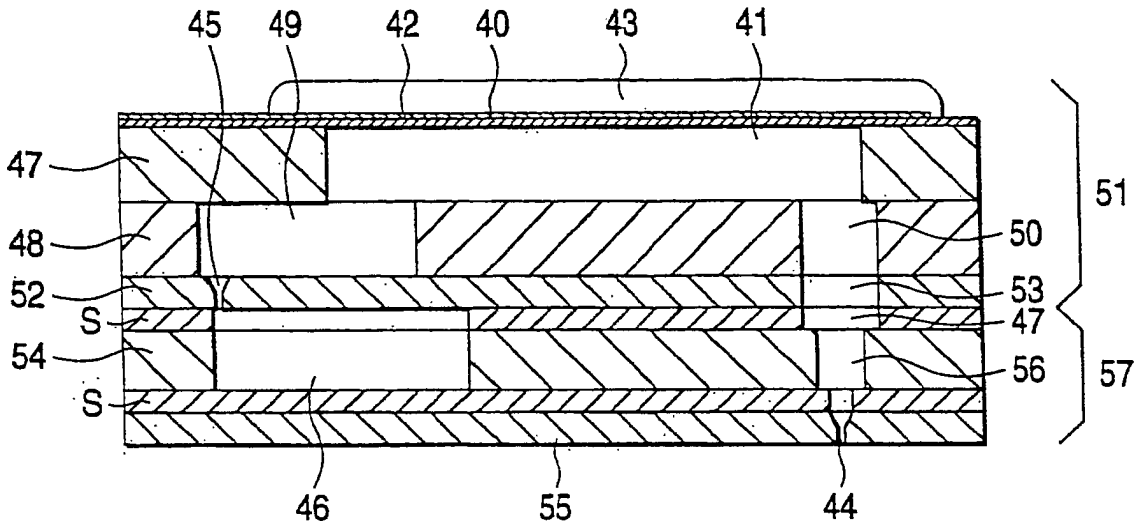

FIG. 10

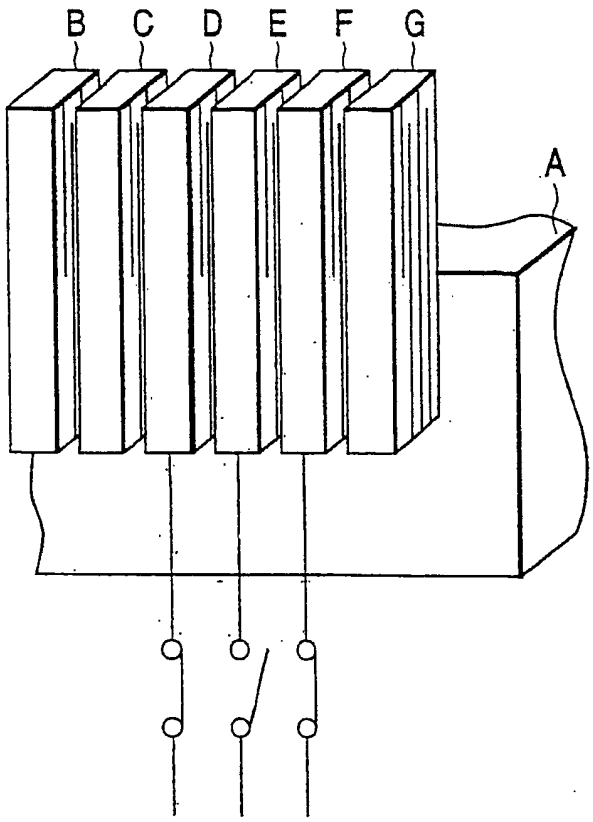

FIG. 11

