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

(10) **DE 699 22 602 T3** 2009.10.22

(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 988 974 B2**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 22 602.3**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 307 172.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **10.09.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.03.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **15.12.2004**
(97) Veröffentlichungstag des geänderten Patents beim EPA: **08.04.2009**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.10.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***B41J 2/045*** (2006.01)

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:
26878798 22.09.1998 JP

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

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

(72) Erfinder:
Chang, Junhau, Suwa-shi, Nagano, JP

(74) Vertreter:
Diehl & Partner GbR, 80333 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes und Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung**

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 ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes und einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei ein piezoelektrisches Element auf einem Teil einer Druckerzeugungskammer ausgebildet ist, welche mit einer Düsenöffnung in Verbindung steht, von welcher ein Tintentröpfchen mittels einer Membran ausgestoßen wird, wobei ein Tintentröpfchen durch die Verlagerung des piezoelektrischen Elements ausgestoßen wird.

[0002] Typischerweise umfasst ein Tintenstrahlaufzeichnungskopf eine Druckerzeugungskammer, welche mit einer Düsenöffnung in Verbindung steht, von welcher ein Tintentröpfchen ausgestoßen wird. Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf umfasst eine Membran, welche durch ein piezoelektrisches Element deformiert wird, wobei Tinte in einer Druckerzeugungskammer unter Druck gesetzt wird, um ein Tintentröpfchen von einer Düsenöffnung auszustoßen. Zwei Variationen dieses Typs von Tintenstrahlaufzeichnungskopf sind bekannt. Eine solche Vorrichtung benutzt ein Verfahren, wobei ein piezoelektrischer Aktuator in einem longitudinalen Vibrationsmodus benutzt wird, in welchem ein piezoelektrisches Element in einer axialen Richtung verlängert oder verkürzt wird. Ein zweiter Typ benutzt ein Verfahren, bei dem ein piezoelektrischer Aktuator in einem Biegevibrationsmodus benutzt wird.

[0003] Nach dem ersten Verfahren kann das Volumen einer Druckerzeugungskammer durch Berühren der Endfläche eines piezoelektrischen Elements an einer Membran variiert werden, wodurch ein für Drucken mit hoher Dichte geeigneter Kopf hergestellt werden kann. Bei diesem Verfahren ergibt sich jedoch ein Problem dahingehend, dass es schwierig ist, jedes piezoelektrische Element in die erforderliche Form zu schneiden, nämlich in die Form von Zinken eines Kamms. Diese besondere Form ist aufgrund des Anordnungsabstandes der Düsenöffnungen erforderlich. Weiterhin ist es schwierig, das piezoelektrische Element an einer Druckerzeugungskammer in erforderlicher Weise zu positionieren und anzubringen, was zu weiteren Komplikationen im Herstellungsprozess führt.

[0004] Das zweite bekannte Verfahren hat den Vorteil, dass ein piezoelektrisches Element in einem relativ einfachen Vorgang auf einer Membran befestigt werden kann. In diesem Vorgang wird ein piezoelektrisches Material gebacken, was in einem der Form einer Druckerzeugungskammer entsprechenden piezoelektrischen Material resultiert.

[0005] Jedoch besteht trotz der Vorteile des zweiten Verfahrens ein Problem dahingehend, dass ein piezoelektrischer Aktuator in dem Biegevibrationsmodus eine größere Fläche für die Verlagerung benötigt als ein piezoelektrischer Aktuator in dem longitudinalen Vibrationsmodus. Folglich ist das Volumen einer Druckerzeugungskammer erhöht und die Tintenmenge in einem ausgestoßenen Tintentröpfchen ist auch erhöht, was die Ausbildung von winzigen Tintentröpfchengrößen erschwert, welche bei gewissen Graphikdruckanwendungen erforderlich sind.

[0006] Weiterhin besteht auch ein Problem dahingehend, dass die Vibration eines Meniskus nach Ausstoß eines Tintentröpfchens den Ausstoß des nächsten Tintentröpfchens bewirkt. Um diese Probleme zu lösen, ist ein Antriebsverfahren vorgeschlagen worden, bei dem Vibrationen unterdrückt werden. Jedoch besteht ein Problem dahingehend, dass das gesamte Antriebsverfahren erweitert ist und einem Drucken mit hoher Geschwindigkeit nicht entsprechen kann.

[0007] EP-A-0 841 164 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, und eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 9.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung behandelt die zuvor genannten Probleme durch Bereitstellen eines Verfahrens zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes und einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei die ein Tintentröpfchen umfassende Tintenmenge soweit wie möglich reduziert ist und die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß vermieden werden kann, was einen Betriebszyklus kurz hält.

[0009] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß Anspruch 1. Gemäß dieses Aspekts kann ein kleines Tintentröpfchen in wirksamer Weise ausgestoßen werden.

[0010] Eine zusätzliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei ein zweiter Kontraktionsvorgang zum Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer bereitgestellt wird, so dass das Zurückziehen eines Meniskusses durch Reaktion auf den ersten Kontraktionsprozess reduziert ist. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ausstoß unterdrückt werden, um das nächste Ausstoßen von Tinte vorzubereiten, wobei ein stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0011] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei der obi-

ge zweite Kontraktionsvorgang zwischen einer Zeit t_1, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und einer Zeit t_2 gestartet wird, wenn der Meniskus nach Ausstoßen eines Tintentröpfchens von einer Düsenöffnung am weitesten zurückgezogen ist. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß in wirksamer Weise unterdrückt werden, wobei stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0012] Eine zusätzliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei der obige zweite Kontraktionsvorgang in einem Bereich von $[t_1 + (t_2 - t_1) \times ¾]$ von der Zeit t_1 an gestartet wird, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ende des Ausstoßen eines Tintentröpfchens von einer Düsenöffnung beginnt. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß in effektiverer Weise unterdrückt werden, wobei ein stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0013] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei der oben erwähnte zweite Kontraktionsvorgang in einem Bereich von $[t_1 + (t_2 - t_1)/2]$ von der Zeit t_1 an gestartet wird, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ende eines Tintentröpfchen-Ausstoßes von einer Düsenöffnung beginnt. Gemäß dieses Aspekts kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß in effektiverer Weise unterdrückt werden, wobei ein stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0014] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei nach dem obigen ersten Kontraktionsvorgang ein Vorgang zum leichten Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer in einen bestimmten definierten Zustand bereitgestellt wird, welcher einen Referenzzustand vor dem obigen Vorbereitungsvorgang umfasst. Gemäß dieser Ausführungsform wird ein gewisser Zustand wieder in den Referenzzustand nach Tintenausstoß in vorsichtiger Weise versetzt.

[0015] Noch eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei nach dem obigen zweiten Kontraktionsvorgang oder nachdem ein bestimmter Zustand in den obigen definierten Zustand zurückversetzt wurde ein erster Expansionsvorgang zum Expandieren einer Druckerzeugungskammer bereitgestellt wird, so dass Vibrationen nach dem Tintenausstoß unterdrückt werden. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß in wirksamer Weise unterdrückt werden, wobei der nächste Ausstoß von Tinte vorbereitet werden kann.

[0016] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei die Zeit zwischen dem Beginn des obigen ersten Kontraktionsvorgangs und dem Beginn des obigen ersten Expansionsvorgangs im wesentlichen gleich dem Helmholtz-Vibrationszyklus, Tc, einer Druckerzeugungskammer ist. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Vibration eines Meniskusses nach dem Ausstoß in wirksamer Weise unterdrückt, wobei der nächste Ausstoß von Tinte vorbereitet werden kann.

[0017] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, wobei nach dem obigen ersten Expansionsvorgang ein dritter Kontraktionsvorgang zum Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer bereitgestellt wird, so dass Vibration nach Tintenausstoß unterdrückt wird. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß in wirksamer Weise unterdrückt werden, wobei das nächste Ausstoßen von Tinte vorbereitet werden kann.

[0018] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9. Gemäß dieses Aspekts kann ein kleines Trintentröpfchen in wirksamer Weise ausgestoßen werden.

[0019] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei die obigen Antriebsmittel mit einem zweiten Kontraktionsvorgang zum Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer ausgebildet sind, so dass das Zurückziehen eines Meniskusses durch Reaktion auf den obigen ersten Kontraktionsvorgang reduziert wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ausstoß unterdrückt, das nächste Ausstoßen von Tinte kann vorbereitet und stabiles Hochgeschwindigkeitsbetreiben kann realisiert werden.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei der oben erwähnte zweite Kontraktionsvorgang zwischen einer Zeit t_1, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und einer Zeit t_2 gestartet wird, wenn der Meniskus am weitesten nach dem Ende eines Tintentröpfchen-Ausstoßes von einer Düsenöffnung zurückgezogen ist. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß in effektiver Weise unterdrückt werden, wobei ein stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0021] Eine weitere Ausführungsform der vorliegen-

den Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei der obige zweite Kontraktionsvorgang in einem Bereich von $[t_1 + (t_2 – t_1) \times 3/4]$ von der Zeit t_1 an gestartet wird, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ende eines Tintentröpfchen-Austoßes von einer Düsenöffnung beginnt. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß in effektiver Weise weiterhin unterdrückt werden, wobei stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0022] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei der obige zweite Kontraktionsvorgang in einem Bereich $[t_1 + (t_2 – t_1)/2]$ von einer Zeit t_1 an gestartet wird, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses nach dem Ende eines Tintentröpfchen-Ausstoßes von einer Düsenöffnung beginnt. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Zurückziehen eines Meniskusses nach Tintenausstoß weiterhin in effektiver Weise unterdrückt werden, wobei stabiler Hochgeschwindigkeitsbetrieb realisiert werden kann.

[0023] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei nach dem obigen ersten Kontraktionsvorgang ein Vorgang zum vorsichtigen Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer in einen bestimmten definierten Zustand bereitgestellt wird, welcher einen Referenzzustand vor dem obigen Vorbereitungsvorgang umfasst. Gemäß dieser Ausführungsform wird nach Tintenausstoß ein bestimmter Zustand wieder vorsichtig in den definierten Zustand zurückversetzt.

[0024] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei die oben erwähnten Antriebsmittel mit einem ersten Expansionsvorgang zum Expandieren einer Druckerzeugungskammer ausgebildet sind, so dass Vibration nach Tintenausstoß nach dem oben erwähnten zweiten Kontraktionsvorgang oder nach Wiederherstellen eines bestimmten Zustandes in den oben definierten Zustand unterdrückt wird. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß in effektiver Weise unterdrückt werden und das nächste Ausstoßen von Tinte kann vorbereitet werden.

[0025] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei eine Zeit zwischen dem Start des obigen ersten Kontraktionsvorgangs und dem Start des obigen ersten Expansionsvorgangs im wesentlichen gleich dem Helmholtz-Vibrationszyklus Tc einer Druckerzeugungskammer ist. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß weiterhin in effektiver Weise unterdrückt werden und das nächste Ausstoßen von Tinte kann vorbereitet werden.

[0026] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei nach dem obigen ersten Expansionsvorgang ein dritter Kontraktionsvorgang zum Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer bereitgestellt ist, so dass Vibration nach Tintenausstoß unterdrückt wird. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß weiterhin in effektiver Weise unterdrückt werden und der nächste Ausstoß von Tinte kann vorbereitet werden.

[0027] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei eine vorbestimmte Spannung an einen piezoelektrischen Aktuator in einem Zustand vor und nach dem Beginn einer Reihe von Vorgängen, welche durch die obigen Antriebsmittel ausgeführt sind, angelegt ist. Gemäß dieser Ausführungsform ist die Druckerzeugungskammer kontrahiert, wobei Tinte durch die Deformation aufgrund des Anlegens einer Spannung oder des Entfernens der Spannung vom piezoelektrischen Element ausgestoßen wird.

[0028] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei eine Druckerzeugungskammer durch Deformieren eines piezoelektrischen Aktuators aufgrund des Anlegens einer vorbestimmten Spannung kontrahiert wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird Tinte ausgestoßen, indem die Druckerzeugungskammer, welche aufgrund des Anlegens einer Spannung an das piezoelektrische Element expandiert ist, durch Entfernung der Spannung kontrahiert.

[0029] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, wobei eine Druckerzeugungskammer durch Deformieren eines piezoelektrischen Aktuators durch Entfernen einer vorbestimmten Spannung, welche an dem piezoelektrischen Aktuator angelegt ist, kontrahiert ist. Gemäß dieser Ausführungsform wird Tinte ausgestoßen, indem die Druckerzeugungskammer, welche aufgrund des Anlegens einer Spannung an das piezoelektrische Element expandiert ist, durch Entfernung der Spannung kontrahiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030] Die obigen Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung deutlicher, wenn sie in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen gelesen

wird, wobei:

[0031] Fig. 1 ein Blockdiagramm ist, welches die schematische Konfiguration einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0032] Fig. 2 ein Schaltungsdiagramm ist, welches die Schaltungs-Konfiguration eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes in Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0033] Fig. 3 eine Querschnittsansicht ist, welche den Tintenstrahlaufzeichnungskopf in Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0034] **Fig.** 4a und 4b ein Beispiel der Wellenform eines Antriebssignales in Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0035] **Fig.** 5a bis 5d jeweils Querschnittsansichten sind, welche die Form eines von einer Düsenöffnung ausgestoßenen Tintentröpfchens darstellen;

[0036] Fig. 6 ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0037] Fig. 7 ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0038] Fig. 8 ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0039] Fig. 9 ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals gemäß eines nicht zur Erfindung gehörenden Beispiels;

[0040] Fig. 10 ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals gemäß eines nicht zur Erfindung gehörenden Beispiels;

[0041] Fig. 11 eine Querschnittsansicht ist, welche ein Beispiel eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0042] Fig. 12 eine Querschnittsansicht ist, welche ein Beispiel eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0043] **Fig.** 13a bis 13c ein Beispiel der Wellenform eines Antriebssignals gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen; und

[0044] **Fig.** 14a ein Beispiel der Wellenform eines Antriebssignals gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0045] **Fig.** 14b und 14c ein nicht zur Erfindung gehörendes Beispiel darstellen.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0046] Die vorliegende Erfindung wird im Detail auf der Basis der unten aufgeführten Ausführungsformen beschrieben.

[0047] Fig. 1 zeigt die schematische Konfiguration einer Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung in Übereinstimmung mit einer ersten Ausführungsform. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, ist die obige Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung schematisch aus einer Drucker-Steuerung **101** und einer Druckmaschine **102** zusammengesetzt.

[0048] Die Drucker-Steuerung **101** ist ausgebildet mit einer externen Schnittstelle **103**, einem RAM **104** zum zeitweisen Speichern verschiedener Daten, einem ROM **105**, in welchem ein Steuerprogramm und anderes gespeichert sind, einem aus der CPU und anderem zusammengesetztem Steuerabschnitt **106**, einer Schwingschaltung **107** zum Erzeugen eines Taktsignals, einer ein Antriebssignal erzeugenden Schaltung **109** zum Erzeugen eines zu einem Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** zuzuführenden Antriebssignals und einer internen Schnittstelle **110** zum Senden von Punktmusterdaten (Bitmap-Daten) auf der Basis eines Antriebssignals und Druckdaten und anderem zu der Druckmaschine **102**.

[0049] Die externe Schnittstelle **103** empfängt Druckdaten, welche z. B. aus einem Zeichencode, einer Graphikfunktion, Bilddaten und anderem zusammengesetzt sind, von einem Hostcomputer, welcher nicht dargestellt ist, und anderem. Außerdem werden ein Busy-Signal (BUSY) und ein Acknowledge (ACK) zu dem Hostcomputer und anderes über die externe Schnittstelle **103** ausgegeben.

[0050] RAM **104** dient als ein Empfangspuffer **111**, ein Zwischenpuffer **112**, ein Ausgabepuffer **113** und ein nicht dargestellter Arbeitsspeicher. Der Empfangspuffer **111** speichert zeitweise Druckdaten, welche von der externen Schnittstelle **103** empfangen sind, der Zwischenpuffer **112** speichert Zwischencodedaten, welche von dem Steuerungsabschnitt **106** umgewandelt sind, und der Ausgabepuffer **113** speichert Punktmusterdaten. Die obigen Punktmusterdaten sind aus Druckdaten zusammengesetzt, welche durch Dekodieren von Gradations-Daten erfasst sind. Wie später beschrieben wird, sind Druckdaten in dieser Ausführungsform aus einem Vier-Bit-Signal zusammengesetzt.

[0051] Font-Daten, eine Graphik-Funktion und anderes sind zusätzlich zu einem Steuerprogramm (einer Steuerroutine) zum Steuern der Ausführung verschiedener Datenbearbeitungen in ROM **105** gespeichert.

[0052] Der Steuerabschnitt **106** liest Druckdaten in den Empfangspuffer **111** und weist den Zwischenpuffer **112** an, die durch Umwandeln der Druckdaten erfassten Zwischencodedaten zu speichern. Der Steuerabschnitt **106** analysiert auch die Zwischencodedaten, welche von dem Zwischenpuffer **112** eingelesen sind, und konvertiert die Zwischencodedaten zu Punktmusterdaten, welche sich auf Font-Daten und eine Graphikfunktion und anderes jeweils in ROM **105** gespeichert beziehen. Der Steuerabschnitt **106** weist den Ausgabepuffer **113** an, die konvertierten Punktmusterdaten zu speichern, nachdem der Steuerabschnitt die Anweisung gibt, die erforderliche Ornament-Verarbeitung auszuführen.

[0053] Falls zu einer Linie des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes **108** äquivalente Punktmusterdaten erfasst sind, werden die zu einer Linie zu dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** äquivalenten Punktmusterdaten über die interne Schnittstelle **110** ausgegeben. Wenn zu einer Linie von dem Ausgabepuffer **113** äquivalenten Punktmusterdaten ausgegeben sind, werden die konvertierten Zwischencodedaten von dem Zwischenpuffer **112** gelöscht und die Bearbeitung zum Konvertieren der nächsten Zwischencodedaten ist ausgeführt.

[0054] Die Druckmaschine **102** ist aus dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108**, einem Papierzufuhrmechanismus **114** und einem Schlittenmechanismus **115** zusammengesetzt.

[0055] Der Papierzufuhrmechanismus **114** ist zusammengesetzt aus einem Papierzufuhrmotor, einer Papierzufuhrrolle und anderem und führt sequentiell ein Druckmedium wie z. B. Aufzeichnungspapier entsprechend dem Aufzeichnungsbetrieb des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes **108** zu. D. h. der Papierzufuhrmechanismus **114** verschiebt relativ ein Druckmedium in einer vertikalen Scanrichtung.

[0056] Der Schlittenmechanismus **114** ist zusammengesetzt aus einem Schlitten, welcher den Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** und einen Schlittenaktuator zum Betreiben des Schlittens in einer horizontalen Scanrichtung betreibt, wobei der Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** in einer horizontalen Scanrichtung durch Betreiben des Schlittens bewegt wird. Der Schlittenaktuator kann ein beliebiger Mechanismus sein, welcher einen Schlitten betreiben kann, wie z. B. ein Mechanismus, welcher einen Zahnriemen benutzt.

[0057] Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** ist mit mehreren Düsenöffnungen in einer vertikalen Scanrichtung ausgebildet und stößt ein Tintentröpfchen von jeder Düsenöffnung zu Zeitpunkten aus, welche in Abhängigkeit von Punktmusterdaten und anderem definiert sind.

[0058] Der oben beschriebene Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** wird im Detail im folgenden beschrieben. Mit Bezug zu Fig. 3 zunächst, welche den Abschnitt des Hauptteiles darstellt, wird die mechanische Zusammensetzung des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes **108** beschrieben.

[0059] Wie in Fig. 3 dargestellt ist, wird ein Abstandsstück **1**, welches als ein Substrat zum Bilden einer Druckerzeugungskammer dient, aus einer keramischen Platte mit der Dicke von etwa 150 µm z. B. aus Zirkondioxid (ZrO_2) oder anderem gebildet und hergestellt, wobei ein Durchgangsloch gebildet wird, um eine Druckerzeugungskammer **2** zu bilden.

[0060] Eine Seite des Abstandsstückes **1** ist abgedichtet mit einer elastischen Platte **3**, welche aus einer aus Zirkondioxid mit der Dicke von z. B. 10 µm hergestellten dünnen Platte zusammengesetzt ist, wobei eine untere Elektrode **4** auf der Oberfläche der elastischen Platte **3** gebildet ist. Eine piezoelektrische Schicht **5** ist auf der unteren Elektrode **4** befestigt, und zwar unabhängig von jeder Druckerzeugungskammer **2**. Die piezoelektrische Schicht **5** ist nach einem Verfahren gebildet, wie z. B. Anbringen einer Grünschicht hergestellt aus piezoelektrischem Material und Sputtern des piezoelektrischen Materials. Weiterhin ist eine obere Elektrode **6** auf der Oberfläche jeder piezoelektrischen Schicht **5** gebildet. Daher wird jede piezoelektrische Schicht **5** in biegsamer Weise zusammen mit der elastischen Platte **3** durch Anlegen einer Spannung zwischen der unteren Elektrode **4** und der oberen Elektrode **6** an der piezoelektrischen Schicht **5** deformiert, welche für jede Druckerzeugungskammer **2** basierend auf Druckdaten bereitgestellt ist.

[0061] Die andere Seite des Abstandsstücks **1** ist durch ein einen Tintenzufuhranschluß bildendes Substrat **7** versiegelt, welches aus einer 150 µm starken Platte aus Zirkondioxid zusammengesetzt ist. Ein mit einer Düse **8** in Verbindung stehendes Loch, welches eine Düsenöffnung einer Düsenplatte mit der Druckerzeugungskammer **2** verbindet, und ein Tintenzufuhranschluß **9**, welcher ein Reservoir **11**, welches später beschrieben wird, mit der Druckerzeugungskammer **2** verbindet, sind innerhalb des den Tintenzufuhranschluß bildenden Substrats **7** gebildet.

[0062] Nun ist ein ein Reservoir bildendes Substrat **10** aus einer 150 µm dicken korrosionsbeständigen Platte z. B. aus Edelstahl gebildet, welche zum Bilden eines Tintendurchganges geeignet ist, und ist mit

dem Reservoir **11**, zu welchem Tinte von einem externen Tintentank zum Zuführen von Tinte zu der Druckerzeugungskammer **2** zugeführt wird, und einem Loch, welches in Verbindung mit einer Düse **12** steht, welche die Druckerzeugungskammer **2** und eine Düsenöffnung **13**, welche später beschrieben wird, miteinander verbindet, ausgebildet. Die Seite gegenüber des Abstandsstückes **1** des das Reservoir bildenden Substrats **10** ist durch eine Düsenplatte **14** abgedichtet, innerhalb welcher Düsenöffnungen **13** in dem selben Abstand wie die Druckerzeugungskammern **2** gebildet sind.

[0063] Jedes der obigen aus Keramik hergestellten Glieder ist gesintert nachdem es zwecks Integration laminiert ist, wobei das das Reservoir bildende Substrat **10** und die Düsenplatte **14** mittels einer Haftschicht **16** befestigt sind.

[0064] Das das Reservoir bildende Substrat **10** und die Düsenplatte **14** können auch als eine Keramik integriert sein.

[0065] Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108**, welcher wie oben beschrieben gebildet ist, ist mit einem piezoelektrischen Element **18** in einer Biegevibrationsmode gegenüber jeder Druckerzeugungskammer **2** ausgebildet. Elektrische Information, z. B. ein Antriebssignal (COM), welches später beschrieben wird, Druckdaten (SI) und anderes werden zu dem piezoelektrischen Element **18** über ein nicht dargestelltes flexibles Kabel zugeführt.

[0066] Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** ist wie oben beschrieben zusammengesetzt, wobei das piezoelektrische Element **18** in biegsamer Weise in einer konvexen Form nach unten deformiert wird, wenn eine Spannung an dem piezoelektrischen Element angelegt ist, wobei die Druckerzeugungskammer **2** kontrahiert wird. Druck auf Tinte in den Druckerzeugungskammer **2** ist erhöht, wenn die Druckerzeugungskammer kontrahiert ist. Nun wird die Biegedeformation des piezoelektrischen Elements **18** durch Entladen wiederhergestellt, wobei die kontrahierte Druckerzeugungskammer **2** expandiert wird. Tinte in dem Reservoir **11** strömt durch den Tintenzufuhranschluß **9** in die Druckerzeugungskammer, wenn die Druckerzeugungskammer expandiert wird. Bei Änderung des Volumens der Druckerzeugungskammer **2** durch Anlegen einer Spannung an dem piezoelektrischen Element **18** oder Entfernen der Spannung von dem piezoelektrischen Element **18** wie oben beschrieben, kann ein Tintentröpfchen in gewünschter Größe von einer gewünschten Düsenöffnung **13** durch Steuern des Anlegens einer Spannung an jedes piezoelektrische Element **18** oder, unter gewissen Umständen, dem Entfernen der Spannung ausgestoßen werden.

[0067] Als Nächstes wird die elektrische Zusammensetzung des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes **108** beschrieben.

[0068] Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** ist mit einem Schieberegister **141**, einem Signalspeicher **142**, einem Levelshifter **143**, einem Schalter **144**, dem piezoelektrischen Element **18** und anderem ausgebildet, wie in Fig. 1 dargestellt ist. Weiterhin sind, wie in Fig. 2 dargestellt ist, das obige Schieberegister **141**, der obige Signalspeicher **142**, der obige Levelshifter **143**, der obige Schalter **144** und das obige piezoelektrische Element **18** jeweils aus Schieberegisterelementen **141A** bis **141N**, Signalspeicherelementen **142A** bis **142N**, Levelshifterelementen **143A** bis **143N**, Schalterelementen **144A** bis **144N** und piezoelektrischen Elementen **18A** bis **18N** zusammengesetzt für jede Düsenöffnung **13** des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes **108**, wobei sie elektrisch in der Reihenfolge Schieberegister **141**, Signalspeicher **142**, Levelshifter **143**, Schalter **144** und piezoelektrisches Element **18** verbunden sind.

[0069] Diese Schieberegister **141**, der Signalspeicher **142**, der Levelshifter **143** und der Schalter **144** erzeugen ein Antriebsimpuls basierend auf einem Antriebssignal, welches von einer ein Antriebssignal erzeugenden Schaltung **109** erzeugt ist. Der obige Antriebsimpuls bedeutet einen Impuls, welcher tatsächlich an das piezoelektrische Element **18** angelegt ist, und das obige Antriebssignal bedeutet eine Reihe von Impulssignalen (ursprünglichen Antriebsimpulsen), welche mit einer ursprünglichen Wellenform ausgebildet sind, welche zum Erzeugen eines Antriebsimpulses erforderlich ist. Der Schalter **144** dient auch als Schaltmittel.

[0070] In dem mit der wie oben beschriebenen elektrischen Zusammensetzung ausgebildeten Aufzeichnungskopf **108** werden, wie in Fig. 4(a) dargestellt ist, Druckdaten (SI), welche Punktmusterdaten umfassen, seriell von dem Ausgabepuffer **113** zu dem Schieberegister **141** in Synchronisation mit einem Tastsignal (CK) von der Schwingschaltung **107** übertragen und in sequentieller Weise gespeichert. In diesem Fall werden zuerst die Daten mit dem Bit von höchster Reihenfolge in den Druckdaten für alle Düsenöffnungen **13** seriell übertragen, und wenn die serielle Übertragung der Daten des Bits von höchster Reihenfolge beendet ist, werden die Daten des zweiten Bits von höchster Ordnung seriell übertragen. In ähnlicher Weise werden die Daten eines Bits von niedrigerer Ordnung folglich in serieller Weise übertragen.

[0071] Wenn die Druckdaten des Bits in den Schieberegisterelementen **141A** bis **141N** für alle Düsen gespeichert sind, gibt der Steuerungsabschnitt **106** die Anweisung, ein Signalspeichersignal (LAT) zu dem Signalspeicher **142** in vorbestimmter Zeitfolge auszugeben. Der Signalspeicher **142** speichert die in

dem Schieberegister **141** gespeicherten Druckdaten gemäß dem obigen Signalspeichersignal. Die in dem Signalspeicher **142** gespeicherten Druckdaten (LATout) werden zu dem Levelschifter **143** mit der Funktion eines Spannungsverstärkers gesendet. Falls die Druckdaten z. B. ”1” sind, verstärkt der Levelshifter **143** die Druckdaten auf einen Spannungswert, welcher den Schalter **144** antreiben kann, z. B. einige 10 V. Die verstärkten Druckdaten werden zu den Schalterelementen **144A** bis **144N** gesendet und die Schalterelemente **144A** bis **144N** werden zu einem verbundenen Zustand durch die Druckdaten geändert.

[0072] Ein Antriebssignal (COM), welches von der ein Antriebssignal erzeugenden Schaltung **109** erzeugt ist, wird auch an jedes Schaltelement **144A** bis **144N** angelegt, und wenn die Schaltelemente **144A** bis **144N** verbunden sind, wird jeweils ein Antriebssignal an die piezoelektrischen Elemente **18A** bis **18N** angelegt, welche jeweils mit den Schaltelementen **144A** bis **144N** verbunden sind.

[0073] Wie oben beschrieben ist, kann in dem obigen Tintenstrahlaufzeichnungskopf **108** über Druckdaten gesteuert werden, ob ein Antriebssignal an das piezoelektrische Element **18** angelegt ist oder nicht. Wenn der Schalter **144** durch ein Signalspeichersignal (LAT) in einem Zyklus verbunden bleibt, in welchem Druckdaten z. B. ”1” sind, kann ein Antriebssignal (COMout) zu dem piezoelektrischen Element **18** zugeführt werden, wobei das piezoelektrische Element **18** durch das zugeführte Antriebssignal (COMout) verschoben (deformiert) ist. Wenn der Schalter **144** nicht in einem Zyklus verbunden bleibt, in welchem Druckdaten ”0” sind, wird die Zufuhr eines Antriebssignals zu dem piezoelektrischen Element **18** unterbrochen. Wenn jedes piezoelektrische Element **18** eine Ladung unmittelbar vor einem Zyklus trägt, in welchem Druckdaten ”0” sind, wird der verschobene Zustand unmittelbar davor aufrechterhalten.

[0074] Ein Beispiel der Wellenform eines Antriebssignals (COMout), dargestellt im Detail in Fig. 4(b), ist eine Wellenform, welche zum Ausstoßen eines kleineren Tintentröpfchens geeignet ist. Das Antriebssignal ist mit einem ersten Haltevorgang zum vorsichtigen Anheben und Aufrechterhalten einer Spannung zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode **6** von 0 V zu der Höchstspannung V_H ausgebildet, z. B. bis zu etwa 30 V vor einem Druckzustand, um so die Druckerzeugungskammer **2** in dem am weitesten expandierten Zustand zu halten. Das Antriebssignal legt eine vorbestimmte Spannung einschließlich der Höchstspannung V_H an, falls notwendig während Drucken, wie später beschrieben wird, und nachdem Drucken beendet ist, erniedrigt das Antriebssignal die Spannung von der Höchstspannung V_H auf 0 V.

[0075] Dann ist die Antriebswellenform ausgebildet mit einem Vorbereitungsvorgang b zum schnellen Ziehen eines Meniskusses **101a** an der Düsenöffnung **13** auf der Seite der Druckerzeugungskammer **2** bis zu dem Maximum, wie in Fig. 5(a) dargestellt ist, durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden bis zu der niedrigsten Spannung V_L, z. B. fast 0 V, und einem zweiten Haltevorgang c zum Halten dieses Zustandes auf der Suche nach dem Zeitpunkt zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens.

[0076] Dann hebt das Antriebssignal die Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine dritte Zwischenspannung V_{M3}, z B. etwa 5 V in einem ersten Kontraktionsvorgang d, um die Druckerzeugungskammer **2** zu kontrahieren. In diesem Vorgang wird, wie in Fig. 5(b) dargestellt ist, ein kleines Tintentröpfchen durch Reaktion auf den Rückzug eines Meniskusses **101b** ausgestoßen, wobei eine kleine Kontraktion ausgeübt wird, wobei das Maß des Rückzugs 50% oder weniger an der Druckerzeugungskammer **2** beträgt. Die Haltezeit des zweiten Haltevorgangs c zwischen dem Vorbereitungsvorgang b und dem ersten Kontraktionsvorgang d ist derart eingestellt, so dass die Tintentröpfchenausstoßgeschwindigkeit am höchsten ist.

[0077] Die Antriebswellenform ist mit einem zweiten Kontraktionsvorgang f zum Kontrahieren der Druckerzeugungskammer **2** durch Anheben der Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine zweite Zwischenspannung V_{M2} ausgebildet, z. B. etwa 15 V durch einen dritten Haltevorgang e nach dem ersten Kontraktionsvorgang d. In diesem Vorgang, wie in Fig. 5(c) dargestellt ist, ist der Rückzug durch Reaktion auf den ersten Kontraktionsvorgang d eines Meniskusses **101c** reduziert.

[0078] Dann ist die Antriebswellenform mit einem ersten Expansionsvorgang h zum Unterdrücken der Vibration eines Meniskusses **101d**, dargestellt in Fig. 5(d), durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die niedrigste Spannung VL durch einen vierten Haltevorgang g nach dem zweiten Kontraktionsvorgang f ausgebildet.

[0079] Danach ist die Antriebswellenform mit einem Haltevorgang k zum Halten eines Zustandes, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist durch erneutes Erhöhen der Spannung zwischen beiden Elektroden bis zu der höchsten Spannung V_H in einem dritten Kontraktionsvorgang j durch einen fünften Haltevorgang i ausgebildet.

[0080] Gemäß dieser obigen Antriebswellenform kann, wenn der zweite Kontraktionsvorgang f nach dem ersten Kontraktionsvorgang d zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens ausgebildet ist, das Zurückziehen des Meniskusses **101c**, welcher nach dem ersten Kontraktionsvorgang d zurückgezogen ist, re-

duziert, das Mischen von Blasen von einer Düse und anderem kann vermieden und die Stabilität des Ausstoßens kann beträchtlich verbessert werden.

[0081] Um ein kleines Tintentröpfchen auszustoßen, ist erforderlich, dass die Druckerzeugungskammer **2** schnell in den Vorbereitungsvorgang b expandiert wird, und es ist auch erforderlich, dass Tinte in dem Maß der Kontraktion gleich 50% oder weniger des Maßes an Expansion in dem ersten Kontraktionsvorgang d ausgestoßen wird.

[0082] Daher ist es wünschenswert, dass die Dauer des Vorbereitungsvorgangs b gleich ½ oder weniger des Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc der Druckerzeugungskammer **2** ist und es ist wünschenswert, dass die Dauer des ersten Kontraktionsvorganges d und die Dauer des zweiten Kontraktionsvorganges f jeweils gleich 1/3 oder weniger des Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc der Druckerzeugungskammer **2** sind. Es ist wünschenswert, dass die Zeit, von welcher der erste Kontraktionsvorgang d gestartet wird, bis der zweite Kontraktionsvorgang f gestartet wird, etwa gleich des Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc oder weniger der Druckerzeugungskammer **2** sei, und es ist weiterhin wünschenswert, dass die obige Zeit zwischen ½ und ¾ von Tc sei.

[0083] Das Maß an Kontraktion in dem ersten Kontraktionsvorgang d ist gleich 50% oder weniger des Maßes an Expansion in dem Vorbereitungsvorgang b und es ist wünschenswert, dass das obige Maß an Kontraktion gleich 45% ist.

[0084] Nun ist der zweite Kontraktionsvorgang f ausgebildet, um den Rückzug eines Meniskusses nach Tintenausstoß zu reduzieren. Daher wird der zweite Kontraktionsvorgang f zwischen einer Zeit t_1, bei welcher das Zurückziehen eines Meniskusses gestartet wird, und einer Zeit t_2 gestartet, bei welcher der Meniskus am weitesten nach Ausstoß eines Tintentröpfchens von einer Düsenöffnung zurückgezogen ist. Es ist wünschenswert, dass der zweite Kontraktionsvorgang f zwischen einer Zeit t_1 und einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1) \times 3/4]$ startet, und es ist weiterhin wünschenswert, dass der obige Vorgang zwischen einer Zeit t_1 und einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1)/2]$ startet. Falls der zweite Kontraktionsvorgang f zu der obigen Zeit gestartet ist, kann das Zurückziehen eines Meniskusses in wirksamer Weise unterdrückt werden.

[0085] In dieser Ausführungsform wird die Vibration eines Meniskusses nach Ausstoß durch Bereitstellen des ersten Expansionsvorganges h nach dem zweiten Kontraktionsvorgang f unterdrückt.

[0086] Falls die Zeit seit des ersten Kontraktionsvorgangs d gestartet ist, bis der erste Expansionsvorgang h gestartet ist, im wesentlichen gleich dem Helmholtz-Vibrationszyklus Tc der Druckerzeugungskammer **2** ist, d. h. gleich der integralen Zeiten von Tc, ist ein großer Effekt erreicht. Es ist wünschenswert, dass der erste Expansionsvorgang h zu einer Zeit startet, bei welcher ein Meniskus am weitesten nach Ausstoß eines Tintentröpfchens von einer Düsenöffnung zurückgezogen ist. Es ist weiterhin wünschenswert, dass die Dauer des ersten Expansionsvorgangs h gleich oder weniger des Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc der Druckerzeugungskammer **2** ist. Dies ist deshalb so, damit Vibration in wirksamer Weise unterdrückt wird.

[0087] Das obige Antriebsverfahren begrenzt nicht den Typ der Wellenform eines Antriebssignals, wobei ein Antriebssignal auch eine rechteckige Wellenform zusätzlich zu einer trapezförmigen Wellenform, wie in den Zeichnungen dargestellt ist, aufweisen kann.

[0088] Die Struktur des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, welche das Betriebsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ausführen kann, ist auch nicht in besonderer Weise beschränkt. Z. B. kann die vorliegende Erfindung auch in einem Tintenstrahlaufzeichnungskopf angewendet werden, bei dem ein piezoelektrischer Aktuator auf einem Siliziumsubstrat anstelle des Keramiksubstrats in einem Dünnfilm-Prozess gebildet ist, wobei eine Druckerzeugungskammer durch anisotropes Ätzen gebildet ist, wobei die Struktur für die Zufuhr von Tinte, wie z. B. die Position einer Düsenöffnung und die Position eines Reservoirs und anderem auch nicht in besonderer Weise beschränkt sind.

[0089] Fig. 6 zeigt ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals in Übereinstimmung mit einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0090] Diese Antriebswellenform ist mit einem ersten Haltevorgang a1 zum Halten eines Zwischenzustandes zwischen einem Zustand ausgebildet, in welchem eine Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Halten der Spannung zwischen einer unteren Elektrode **4** und einer oberen Elektrode **6** bei einer zweiten Zwischenspannung V_{M2}, z. B. etwa 15 V. Ein Vorbereitungsvorgang b1 bis zu einem vierten Haltevorgang g sind den entsprechenden Schritten in der ersten Ausführungsform ähnlich, jedoch ist ein Haltevorgang k1 zum Halten eines Zwischenzustandes zwischen einem Zustand, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch erneutes Absenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die zweite Zwischenspannung V_{M2} in dem ersten Expansionsvorgang h1, bereitgestellt.

[0091] In dieser Ausführungsform kann ein kleines

Tintentröpfchen auch bei hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden, wobei die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß auch vermieden werden kann. In diesem Fall, wenn die Wellenform beginnt und bei einer zweiten Zwischenspannung V_{M2} endet, wird nur eine Zwischenspannung für den Fall angelegt, dass kein Antriebssignal angelegt ist und/oder die angelegte Spannung geringer ist als die in der ersten Ausführungsform. Als ein Ergebnis ergibt sich ein Effekt, dass die Zuverlässigkeit eines piezoelektrischen Elements erhöht und die Lebensdauer des Elements überdies verlängert wird.

[0092] Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals in Übereinstimmung mit einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0093] Diese Antriebswellenform ist mit einem ersten Haltevorgang a2 zum Halten eines Zwischenzustands zwischen einem Zustand ausgebildet, in welchem eine Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Halten der Spannung zwischen einer unteren Elektrode **4** und einer oberen Elektrode **6** auf einer Zwischenspannung V_{M2}, z. B. etwa 15 V. Folglich ist ein Vorbereitungs-Kontraktionsvorgang b21 bereitgestellt, und zwar durch Erhöhen der Spannung beider Elektroden auf die höchste Spannung V_H, z. B. etwa 30 V. Dann sind ein Vorbereitungs-Haltevorgang b22 zum Halten der Druckerzeugungskammer in einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und ein Vorbereitungs-Expansionsvorgang b23 durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die niedrigste Spannung V_L, z. B. etwa 0 V, bereitgestellt. Weiterhin ist die Antriebswellenform ausgebildet mit einem Haltevorgang k2 zum Halten der Druckerzeugungskammer **2** bei einem ungefähren Zwischenzustand zwischen einem Zustand, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch erneutes Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die zweite Zwischenspannung V_{M2} in einem ersten Expansionsvorgang h2 bis zu einem vierten Haltevorgang g2 zum Halten der Druckerzeugungskammer **2** in einem Zustand, in welchem sie am meisten kontrahiert ist durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die höchste Spannung V_H in einem zweiten Kontraktionsvorgang f2.

[0094] In dieser Ausführungsform kann ein kleines Tintentröpfchen auch bei hoher Geschwindigkeit durch schnelles Anpassen des Vorbereitungsexpansionsvorgangs b23 und Setzen des Maßes an Kontraktion in einem ersten Kontraktionsvorgang d auf 50 oder weniger des Maßes an Expansion in dem Vorbereitungsexpansionsvorgang b23 ausgestoßen werden. Die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß kann durch den zweiten Kontraktionsvorgang f2 vermieden werden. In dieser Ausführungsform ist ein Unterschied in Spannung im Vorbereitungsexpansionsvorgang b23 größer als ein Unterschied in der zweiten Ausführungsform, wobei ein Meniskus in großer Weise auf die Seite der Druckerzeugungskammer **2** gezogen werden kann, wobei ein kleineres Tintentröpfchen erzielt werden kann.

[0095] Fig. 8 zeigt ein Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals in Übereinstimmung mit einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0096] Diese Antriebswellenform ist der Antriebswellenform in der ersten Ausführung bis zu einem dritten Haltevorgang e ähnlich, jedoch ist die Antriebswellenform mit einem Haltevorgang k3 zum Halten einer Druckerzeugungskammer **2** in einem Zustand ausgebildet, in welchem sie am meisten durch Erhöhen der Spannung zwischen einer unteren Elektrode **4** und einer oberen Elektrode **6** auf die höchste Spannung V_H in einem zweiten Kontraktionsvorgang f3 kontrahiert ist.

[0097] In dieser Ausführungsform kann ein kleines Tintentröpfchen bei hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden, wobei das Zurückziehen eines Meniskus nach Tintenausstoß unterdrückt werden kann. In dieser Ausführungsform ist die Kurve der Antriebswellenform kleiner, verglichen mit der in der ersten Ausführungsform, und die Zeit von einem Startpunkt zu einem Endpunkt ist auch kurz. Falls jedoch die Viskosität der Tinte hoch ist, kann Vibration in ausreichender Weise durch die Wellenform unterdrückt werden.

[0098] Fig. 9 zeigt ein nicht zur Erfindung gehörendes Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals.

[0099] Diese Antriebswellenform ist ausgebildet mit einem ersten Haltevorgang a4 zum Halten einer Druckerzeugungskammer **2** in einem Zwischenzustand zwischen einem Zustand, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Aufrechterhalten der Spannung zwischen einer unteren Elektrode **4** und einer oberen Elektrode **6**, so dass sie bei einer zweiten Zwischenspannung V_{M2} ist, z. B. etwa 15 V. Danach ist ein zweiter Haltevorgang c ausgebildet durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die niedrigste Spannung V_L, z. B. etwa 0 V, in einem Vorbereitungsvorgang b4. Dann wird, nachdem ein Tintentröpfchen in einem ersten Kontraktionsvorgang d durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine dritte Zwischenspannung V_{M3} ausgestoßen ist, ein zweiter Kontraktionsvorgang f4 fortgesetzt bis die Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine vierte Zwischenspannung V_{M4} erhöht ist, z. B. etwa 10 V. Danach ist die Antriebswellenform ausgebildet mit einem Halte-

vorgang k4 zum Halten der Druckerzeugungskammer **2** in einem Zwischenzustand zwischen einem Zustand, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Erhöhen der Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine zweite Zwischenspannung V_{M2} in einem dritten Kontraktionsvorgang j4 bis zu einem fünften Haltevorgang i durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die niedrigste Spannung V_L in einem ersten Expansionsvorgang h4.

[0100] In diesem Beispiel kann ein kleines Tintentröpfchen auch bei hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden durch Setzen des Maßes an Kontraktion in dem ersten Kontraktionsvorgang d auf 50% oder weniger des Maßes an Expansion in dem Vorbereitungsvorgang b4. Der zweite Kontraktionsvorgang f4 nach Tintenausstoß ist nicht ausgebildet, um die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß wie in den obigen Ausführungsformen zu vermeiden, jedoch kann die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß durch den ersten Expansionsvorgang h4, den fünften Haltevorgang i und den dritten Kontraktionsvorgang j4 vermieden werden.

[0101] Fig. 10 zeigt ein nicht zur Erfindung gehörendes Beispiel einer Wellenform eines Antriebssignals.

[0102] Diese Antriebswellenform ist ausgebildet mit einem ersten Haltevorgang a5 zum Halten einer Druckerzeugungskammer **2** in einem ungefähren Zwischenzustand zwischen einem Zustand, in welchem die Druckerzeugungskammer **2** am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Aufrechterhalten der Spannung zwischen einer unteren Elektrode **4** und einer oberen Elektrode **6** auf einer zweiten Zwischenspannung V_{M2}, z. B. etwa 15 V wie in dem Beispiel, wobei danach ein zweiter Haltevorgang c ausgebildet ist, und zwar durch Herabsenken der Spannung zwischen beiden Elektroden auf die niedrigste Spannung V_L, z. B. etwa 0 V in einem Vorbereitungsvorgang B5. Dann, nachdem die Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine dritte Zwischenspannung V_{M3}, z. B. etwa 5 V in einem ersten Kontraktionsvorgang d, erhöht ist und ein Tintentröpfchen ausgestoßen ist, ist ein vierter Haltevorgang g5 ausgebildet, um den Zeitpunkt eines ersten Expansionsvorgangs h5 abzupassen, wobei die Spannung zwischen beiden Elektroden erniedrigt ist auf die niedrigste Spannung V_L in dem ersten Expansionsvorgang h5. Dann, nach einem fünften Haltevorgang i, ist ein Haltevorgang k5 zum Halten der Druckerzeugungskammer **2** in einem Zwischenzustand zwischen einem Zustand ausgebildet, in welchem die Druckerzeugungskammer am meisten kontrahiert ist, und einem Zustand, in welchem sie am meisten expandiert ist, und zwar durch Erhöhen der Spannung zwischen beiden Elektroden auf eine zweite Zwischenspannung V_{V2} in einem dritten Kontraktionsvorgang j5.

[0103] Dieses Beispiel ist dem obigen Beispiel dahingehend ähnlich, dass ein kleines Tintentröpfchen bei hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden kann und die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß auch vermieden werden kann.

[0104] In den obigen Ausführungsformen wird der Rückzug eines Meniskusses oder die Vibration eines Meniskusses nach Tintenausstoß vermieden, jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht beschränkt darauf und nach Tintenausstoß kann ein Referenzzustand auch in natürlicher Weise vorsichtig wiederhergestellt werden.

[0105] Die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf den Tintenstrahlaufzeichnungskopf abhängig von dem piezoelektrischen Aktuator vom Biege-Verschiebe-Typ und kann auch auf den Betrieb eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes vom longitudinalen Verschiebungstyp angewendet werden.

[0106] Fig. 11 zeigt ein Beispiel eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, welcher mit einem piezoelektrischen Aktuator vom longitudinalen Vibrationstyp ausgebildet ist. Wie in Fig. 11 dargestellt ist, ist eine Druckerzeugungskammer **22** innerhalb eines Abstandsstückes **21** gebildet, wobei beide Seiten des Abstandsstückes **21** jeweils durch eine Düsenplatte **24**, welche mit Düsenöffnungen **23** ausgebildet ist, und einer Membran **25** abgedichtet sind. Ein Reservoir **27**, welches mit der Druckerzeugungskammer **22** über einen Tintenzufuhranschluß **26** in Verbindung steht, ist innerhalb des Abstandsstückes **21** gebildet, wobei ein nicht dargestellter Tintentank mit dem Reservoir **27** verbunden ist.

[0107] Nun berührt das Ende eines piezoelektrischen Elementes **28** die Seite gegenüber der Druckerzeugungskammer **22** der Membran **25**. Das piezoelektrische Element **28** ist derart zusammengesetzt, dass es eine laminierte Struktur durch Einfügen piezoelektrischen Materials **29** zwischen Elektroden-bildenden Materialien **30** und **31** aufweist, wobei ein inaktives Gebiet, welches nicht zu der Vibration beiträgt, an einem befestigten Substrat **32** angebracht ist. Das befestigte Substrat **32**, die Membran **25**, das Abstandsstück **21** und die Düsenplatte **24** sind über eine Basis **33** miteinander integral verbunden.

[0108] In dem wie oben beschriebenen zusammengesetzten Tintenstrahlaufzeichnungskopf ist, wenn das piezoelektrische Element **28** auf die Seite der Düsenplatte **24** ausgestreckt ist, wenn die Spannung an die Elektroden-bildenden Materialien **30** und **31** des piezoelektrischen Elements **28** angelegt ist, die Membran **25** verschoben und das Volumen der Dru-

ckerzeugungskammer **22** ist zusammengedrückt. Daher kann Tinte zum Strömen in die Druckerzeugungskammer **22** von dem Reservoir **27** über den Tintenzufuhranschluß **26** gebracht werden, und zwar durch Anlegen der Spannung von etwa 30 V z. B. von einem Zustand, in welchem die Spannung zuvor entfernt ist, wobei das piezoelektrische Element **28** kontrahiert. Danach dehnt sich das piezoelektrische Element **28** durch Anlegen einer Spannung aus, die Druckerzeugungskammer **22** kontrahiert durch die Membran **25**, wobei ein Tintentröpfchen von einer Düsenöffnung **23** ausgestoßen werden kann.

[0109] Daher kann selbst in einem Fall, wo ein solcher Tintenstrahlaufzeichnungskopf angetrieben wird, ein relativ kleines Tintentröpfchen ohne Herabsetzen der Geschwindigkeit durch Benutzen des obigen Antriebsverfahrens ausgestoßen werden.

[0110] In dem obigen Tintenstrahlaufzeichnungskopf wird die Druckerzeugungskammer durch Anlegen einer Spannung kontrahiert, jedoch kann das Antriebsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auch auf ein Antriebsverfahren eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes angewendet werden, wo eine Druckerzeugungskammer durch Anlegen einer Spannung expandiert wird.

[0111] Fig. 12 zeigt ein Beispiel eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, welcher mit einer solchen Struktur ausgestattet ist. Der in Fig. 12 dargestellte Tintenstrahlaufzeichnungskopf ist mit einer ähnlichen Struktur ausgebildet, mit der Ausnahme, dass ein piezoelektrisches Element **28a** anstelle des in Fig. 11 dargestellten piezoelektrischen Elements **28** ausgebildet ist. Das piezoelektrische Element **28a** ist durch in longitudinaler Weise abwechselndes Anordnen von Elektroden-bildenden Materialien **30a** und **31a** im piezoelektrischen Material **29a** laminiert. Daher wird das piezoelektrische Element **28a** kontrahiert, wenn eine Spannung an beide Elektroden-bildenden Materialien **30a** und **31a** angelegt ist, eine Druckerzeugungskammer **22** wird expandiert, und wenn die Spannung von diesem Zustand entfernt wird, wird die Druckerzeugungskammer **22** kontrahiert und ein Tintentröpfchen kann von einer Düsenöffnung **23** ausgestoßen werden. Das ähnliche Antriebsverfahren kann ausgeführt werden durch Umkehren des Anlegens und des Entfernens einer Spannung bei Kontraktion und Expansion in dem obigen Antriebsverfahren.

[0112] **Fig.** 13 und 14 zeigen jeweils ein Beispiel eines an einem solchen Tintenstrahlaufzeichnungskopf angelegten Antriebssignals. **Fig.** 13 und 14 entsprechen **Fig.** 4 und Fig. 6 bis Fig. 10, die gleiche Bezugszahl ist einem Vorgang zugeordnet, welcher ähnliche Aktion bewirkt, wobei die Beschreibung ausgelassen ist. In diesem Fall sind **Fig.** 13 und 14 in der Hinsicht unterschiedlich, dass die Spannung im Unterschied zu dem obigen Fall in einem Vorbereitungsvorgang b und einem ersten Expansionsvorgang h z. B. angelegt ist, und umgekehrt wird die Spannung in einem ersten Kontraktionsvorgang d z. B. entfernt, wobei der Effekt der Aktion dem obigen Fall ähnlich ist.

[0113] Wie oben beschrieben wird gemäß der vorliegenden Erfindung, wenn das Maß an Änderung in dem Kontraktionsvorgang auf 50% oder weniger von dem Maß an Expansion in dem Vorbereitungsschritt eingestellt ist, bewirkt, dass die ein Tintentröpfchen ausmachende Tintenmenge so weit wie möglich reduziert werden kann ohne Verschlechterung der Fluggeschwindigkeit eines Tintentröpfchens, ein zum Graphikdrucken geeigneter Punkt kann gebildet werden und Rest-Vibration kann in großem Maße reduziert werden.

[0114] Es ist beabsichtigt, dass zahlreiche Änderungen an dem Verfahren zum Betreiben des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes und an der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können ohne den Umfang der Erfindung, wie in den folgenden Ansprüchen definiert, zu verlassen.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren zum Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer und zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens durch Betreiben eines piezoelektrischen Elements, welches auf der Druckerzeugungskammer ausgebildet ist, welche mit einer Düsenöffnung und einem Reservoir in Verbindung steht, wobei das Verfahren umfaßt:
Vorbereiten zum Ausstoßen von Tinte durch Ausdehnen der Druckerzeugungskammer und Zurückziehen eines Meniskusses in die Druckerzeugungskammer-Richtung;
Durchführen eines ersten Kontrahierungsvorgangs zum Kontrahieren der Druckerzeugungskammer und Ausstoßen von Tinte aus der Düsenöffnung; und
Durchführen eines zweiten Kontrahierungsvorgangs zum Stabilisieren des Meniskusses,
wobei die Zeit, in welcher ein Betriebssignal während des Vorbereitungsschrittes angelegt ist, äquivalent zu etwa 1/2 oder weniger des Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc der Druckerzeugungskammer ist; und
das Kontrahierungs-Volumen in dem ersten Kontrahierungsvorgang äquivalent zu 50% oder weniger des Ausdehnungs-Volumens im Vorbereitungsschritt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass:
der zweite Kontrahierungsvorgang zu einer Zeit zwischen 1/4 und 3/4 Tc nach dem Start des ersten Kontrahierungsvorgangs gestartet wird.

2. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang zwischen einer Zeit t_1, bei welcher das

Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und einer Zeit t_2, bei welcher das Zurückziehen des Meniskusses ein Maximum erreicht, nachdem ein Tintentröpfchen von der Düsenöffnung ausgestoßen ist, gestartet wird.

3. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang innerhalb einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1) \times 3/4]$ von einer Zeit t_1 an gestartet wird, nachdem ein Tintentröpfchen von der Düsenöffnung ausgestoßen ist, wobei die Zeit t_1 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und die Zeit t_2 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen des Meniskusses ein Maximum erreicht.

4. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang innerhalb einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1)/2]$ von einer Zeit t_1 an gestartet wird, nachdem ein Tintentröpfchen von der Düsenöffnung ausgestoßen ist, wobei die Zeit t_1 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und die Zeit t_2 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen des Meniskusses ein Maximum erreicht.

5. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang für ein behutsamens Kontrahieren der Druckerzeugungskammer auf einen bestimmten definierten Zustand dient, der einen Referenzzustand umfasst, welcher vor dem Vorbereitungsschritt existiert.

6. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei nach dem zweiten Kontrahierungsvorgang ein erster Ausdehnungsvorgang zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer bereitgestellt wird, so daß eine Vibration nach Tintenausstoß unterdrückt wird.

7. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 6, wobei eine Zeit zwischen dem Start des ersten Kontrahierungsvorgangs und dem Start des ersten Ausdehnungsvorgangs im wesentlichen äquivalent zu einem Helmholtz-Vibrationszyklus Tc der Druckerzeugungskammer ist.

8. Tintenstrahlaufzeichnungskopf-Betriebsverfahren gemäß Anspruch 7, wobei nach dem ersten Ausdehnungsvorgang ein dritter Kontrahierungsvorgang zum Kontrahieren der Druckerzeugungskammer bereitgestellt wird, so daß eine Vibration nach Tintenausstoß unterdrückt wird.

9. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung, umfassend:
einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf zum Ausdehnen oder Kontrahieren einer Druckerzeugungskammer durch Betreiben eines piezoelektrischen Elements, welches auf der Druckerzeugungskammer ausgebildet ist, welche mit einer Düsenöffnung und einem Reservoir in Verbindung steht, und zum Ausstoßen eines Tintentröpfchens von der Düsenöffnung; und
Antriebsmittel zum Ausführen
eines Vorbereitungsschrittes zum Vorbereiten des Ausstoßens von Tinte durch Ausdehnen der Druckerzeugungskammer und Zurückziehen eines Meniskusses in die Druckerzeugungskammer-Richtung,
eines ersten Kontrahierungsvorgangs zum Ausstoßen von Tinte von der Düsenöffnung durch Kontrahieren der Druckerzeugungskammer, und
eines zweiten Kontrahierungsvorgangs zum Stabilisieren des Meniskusses, wobei ein Betriebssignal von den Antriebsmitteln derart ausgegeben wird, dass eine Dauer des Vorbereitungsschritts äquivalent zu 1/2 oder weniger eines Helmholtz-Vibrationszyklusses Tc der Druckerzeugungskammer ist,
und das Kontrahierungs-Volumen in dem ersten Kontrahierungsvorgang äquivalent zu 50% oder weniger des Ausdehnungs-Volumens in dem Vorbereitungsschritt ist, dadurch gekennzeichnet, dass:
der zweite Kontrahierungsvorgang zu einer Zeit zwischen 1/4 und 3/4 Tc nach dem Start des Kontrahierungsvorgangs gestartet wird.

10. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang zwischen einer Zeit t_1, wenn das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und einer Zeit t_2, wenn das Zurückziehen des Meniskusses nach Ausstoßen eines Tintentröpfchens von der Düsenöffnung ein Maximum erreicht, gestartet ist.

11. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang innerhalb einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1) \times 3/4]$ von einer Zeit t_1 an, nachdem ein Tintentröpfchen von der Düsenöffnung ausgestoßen ist, gestartet ist, wobei die Zeit t_1 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und die Zeit t_2 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen des Meniskusses ein Maximum erreicht.

12. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang innerhalb einer Zeit $[t_1 + (t_2 – t_1)/2]$ von einer Zeit t_1 an, nachdem ein Tintentröpfchen von der Düsenöffnung ausgestoßen ist, gestartet ist, wobei die Zeit t_1 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen eines Meniskusses beginnt, und die Zeit t_2 die Zeit ist, bei welcher das Zurückziehen des Meniskusses ein Maximum erreicht.

13. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei der zweite Kontrahierungsvorgang bereitgestellt ist zum behutsamen Kontrahieren der Druckerzeugungskammer auf einen bestimmten definierten Zustand, welcher einen Refe-

renz-Zustand umfasst, welcher vor dem Vorbereitungsschritt existiert.

14. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei die Antriebsmittel einen ersten Ausdehnungsvorgang zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer ausführen, so dass eine Vibration nach Ausstoß der Tinte nach dem zweiten Kontrahierungsvorgang unterdrückt ist.

15. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei eine Zeit zwischen dem Start des ersten Kontrahierungsvorgangs und dem Start des ersten Ausdehnungsvorgangs im wesentlichen äquivalent zu einem Helmholtz-Vibrationszyklus Tc der Druckerzeugungskammer ist.

16. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei nach dem ersten Ausdehnungsvorgang ein dritter Kontrahierungsvorgang zum Kontrahieren der Druckerzeugungskammer bereitgestellt ist, so daß nach dem Ausstoßen von Tinte eine Vibration unterdrückt ist.

17. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei vor und nach dem Start des Vorbereitungsschrittes und des ersten Kontrahierungsvorgangs eine vorbestimmte Spannung an dem piezoelektrischen Aktuator angelegt ist.

18. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei die Druckerzeugungskammer durch Anlegen einer vorbestimmten Spannung an dem piezoelektrischen Aktuator kontrahiert ist, um den piezoelektrischen Aktuator zu deformieren.

19. Tintenstrahlaufzeichnungsvorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die Druckerzeugungskammer durch Entladen einer vorbestimmten Spannung kontrahiert ist, welche an dem piezoelektrischen Aktuator angelegt ist, um den piezoelektrischen Aktuator zu deformieren.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

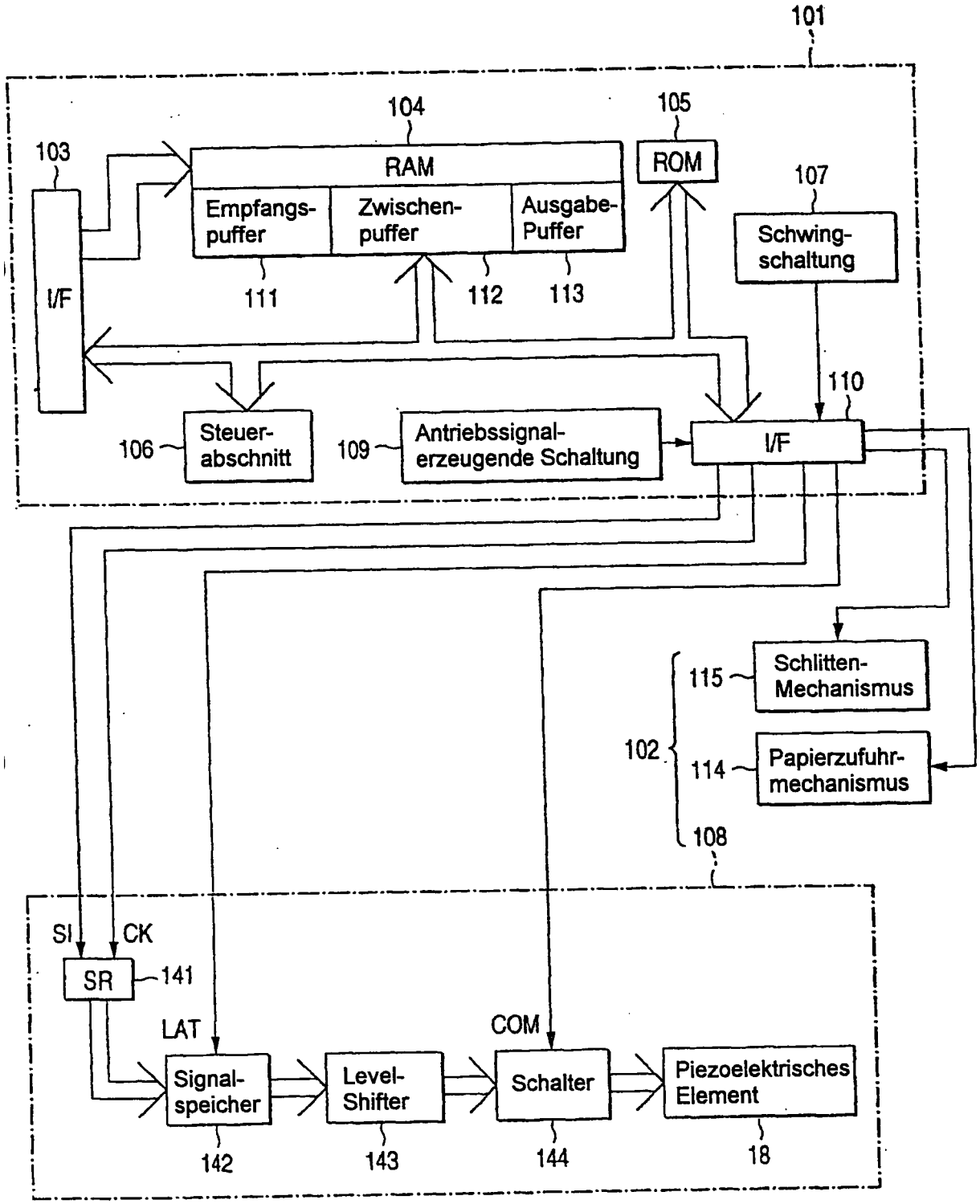

FIG. 2

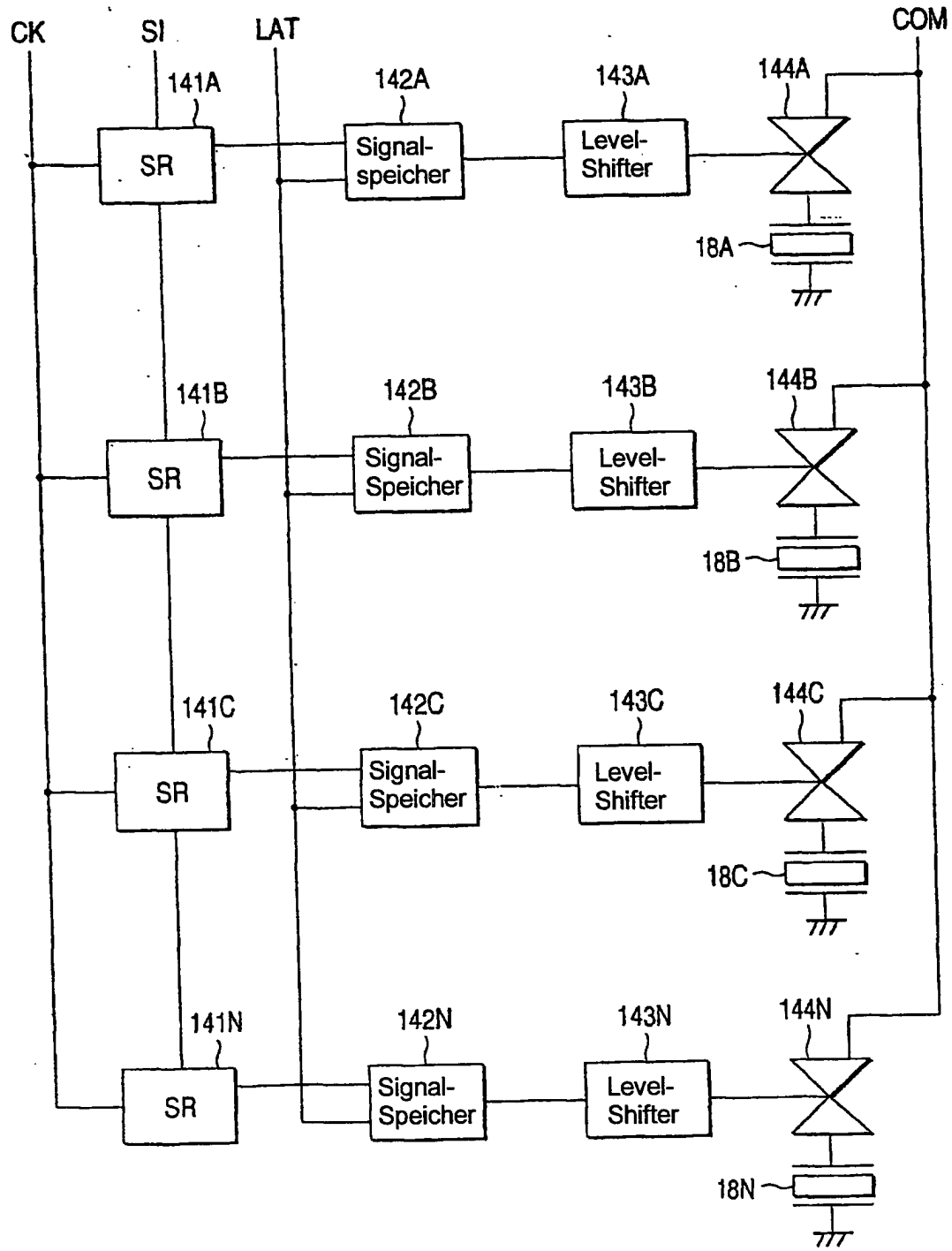
CK
SI
LAT
COM
141A
142A
143A
144A
SR
Signal-speicher
Level-Shifter
18A
141B
142B
143B
144B
SR
Signal-Speicher
Level-Shifter
18B
141C
142C
143C
144C
SR
Signal-Speicher
Level-Shifter
18C
141N
142N
143N
144N
SR
Signal-Speicher
Level-Shifter
18N

FIG. 3

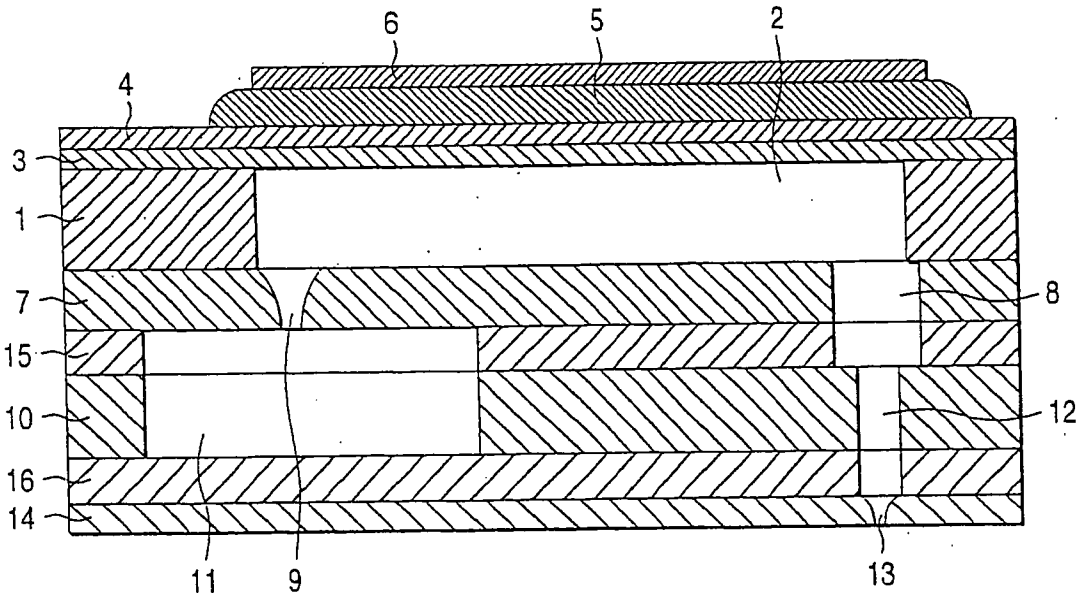

FIG. 4 (a)

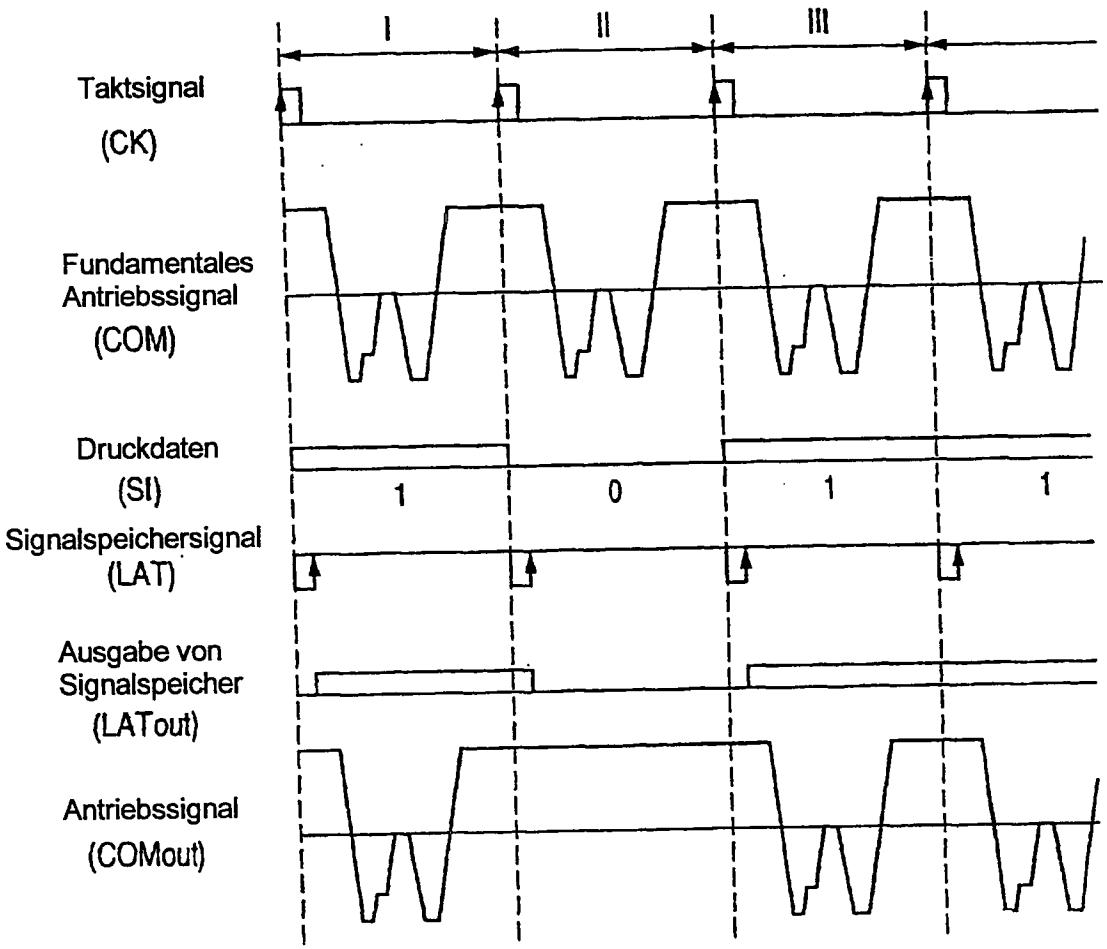
I
II
III
Taktsignal
(CK)
Fundamentales
Antriebssignal
(COM)
Druckdaten
(SI)
1
0
1
1
Signalspeichersignal
(LAT)
Ausgabe von
Signalspeicher
(LATout)
Antriebssignal
(COMout)

FIG. 4 (b)

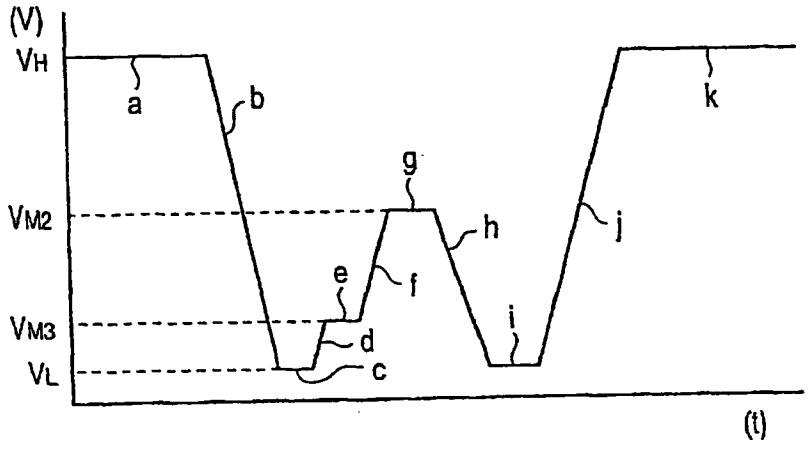
(V)
VH
VM2
VM3
VL
a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
k
(t)

FIG. 5 (a)

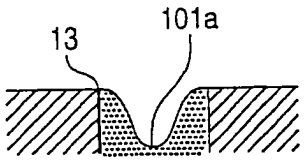

FIG. 5 (b)

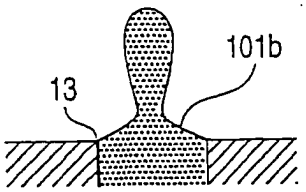

FIG. 5 (c)

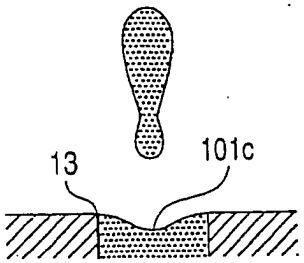

FIG. 5 (d)

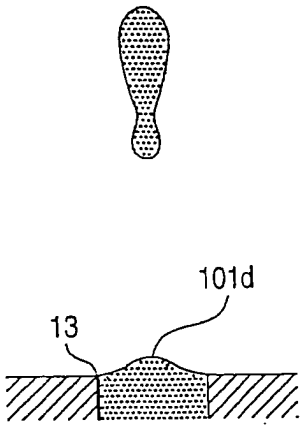

FIG. 6

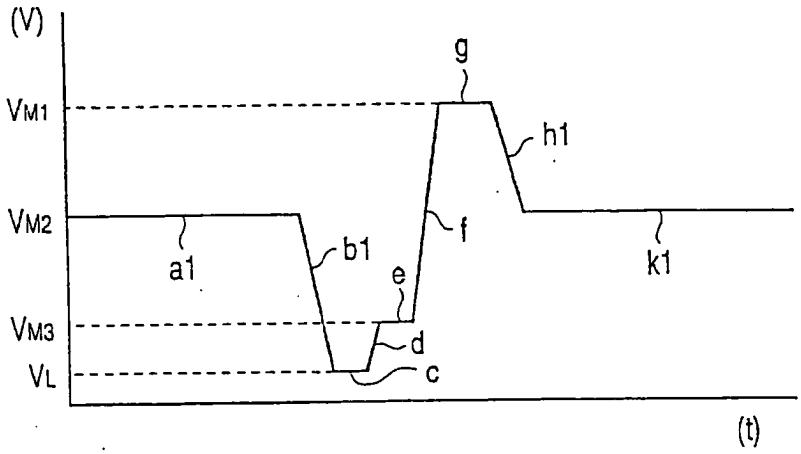

FIG. 7

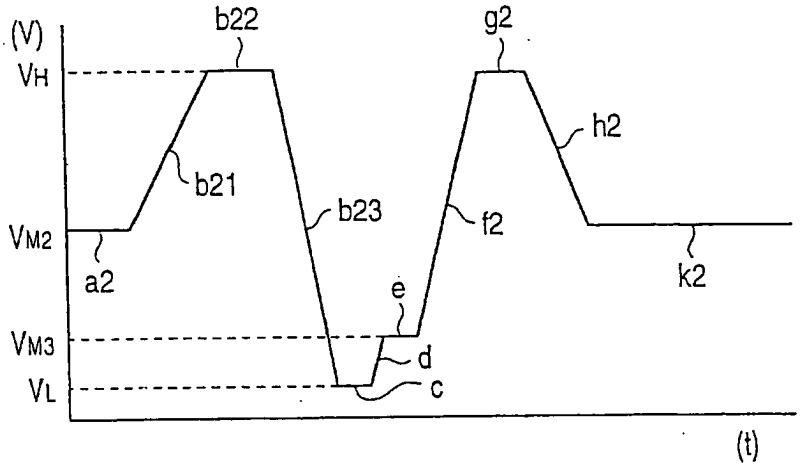

FIG. 8

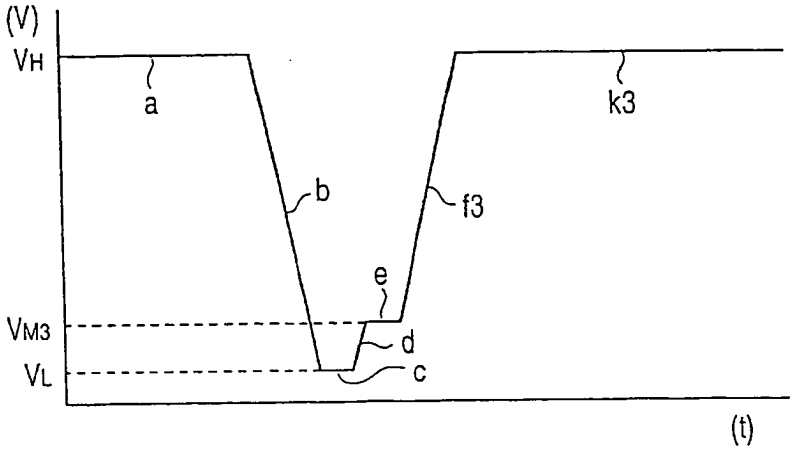

FIG. 9

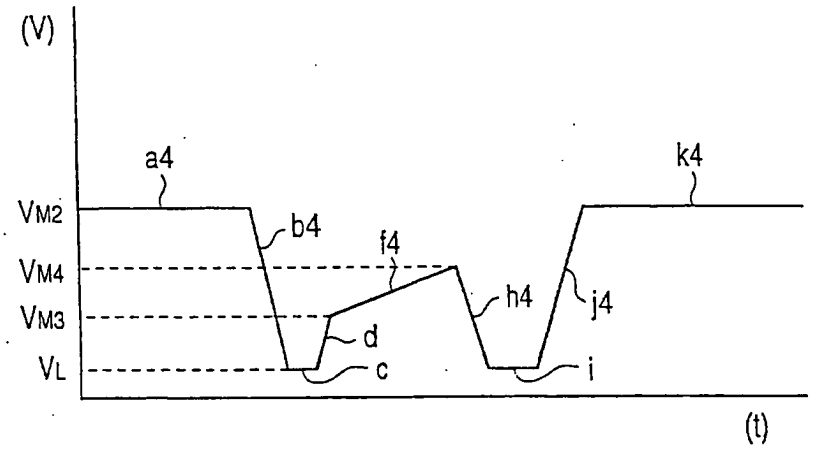
(V)
a4
k4
VM2
b4
f4
VM4
h4
j4
VM3
d
VL
c
i
(t)

FIG. 10

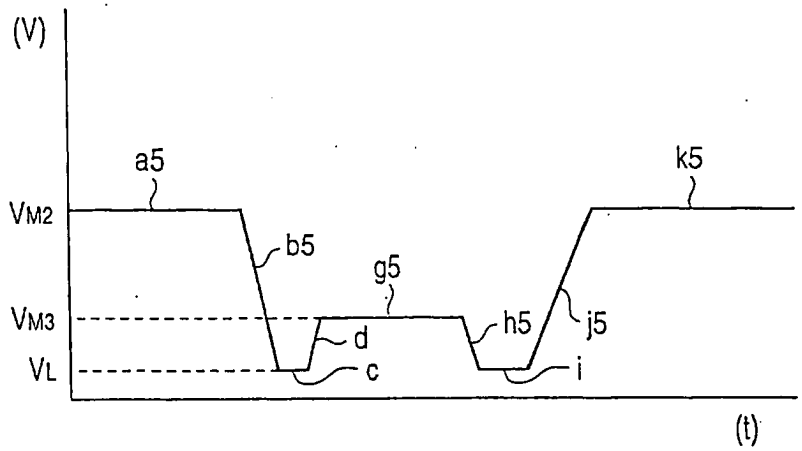
(V)
a5
k5
VM2
b5
g5
VM3
h5
j5
d
VL
c
i
(t)

FIG. 11

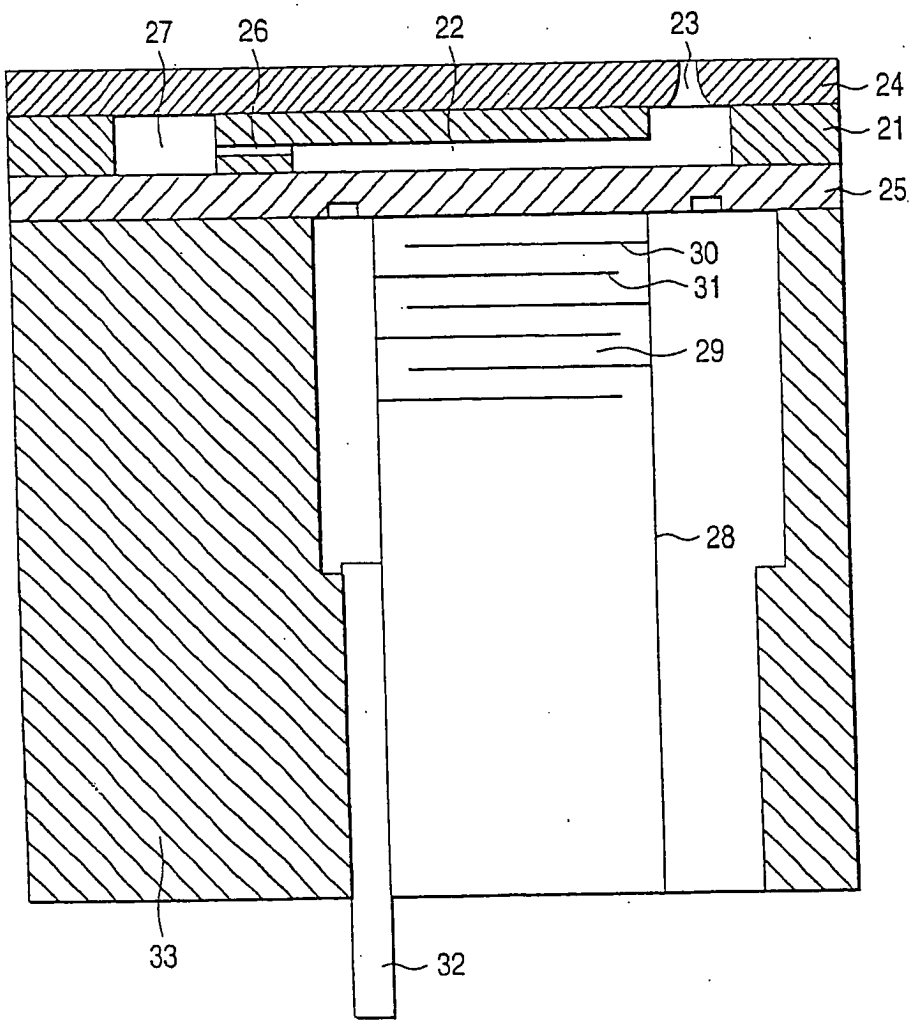

FIG. 12

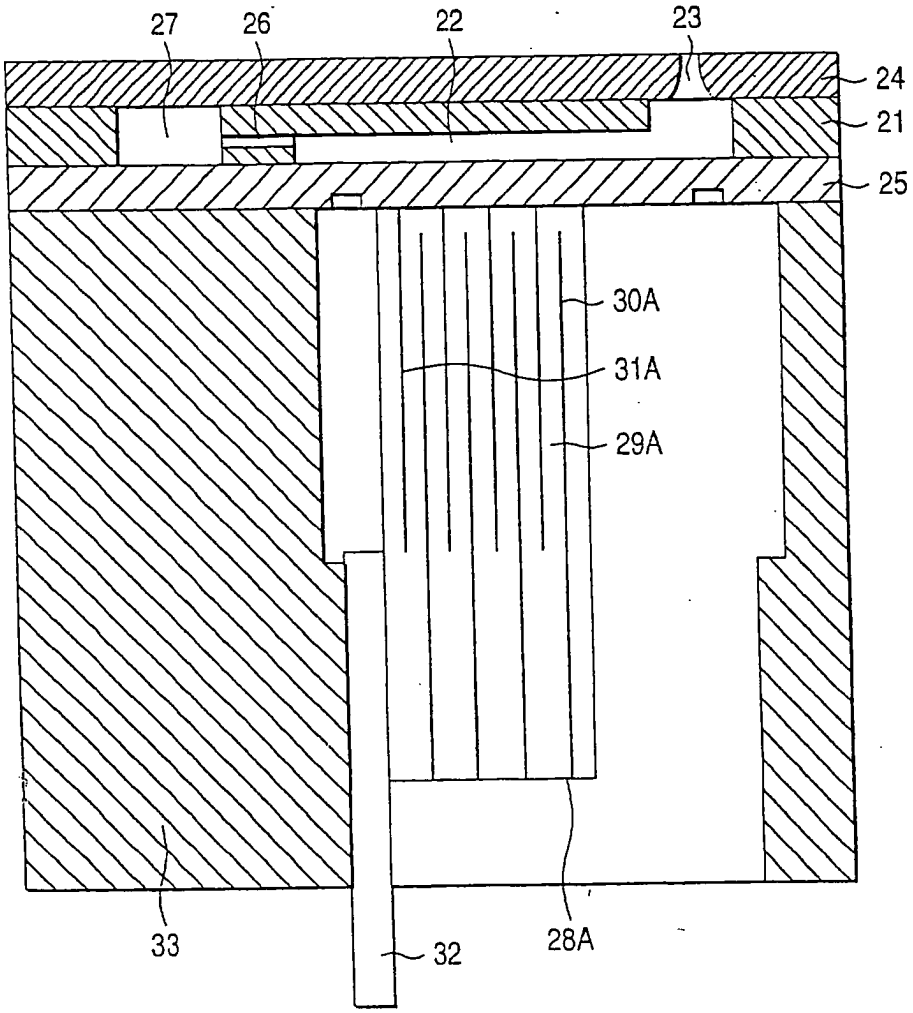

FIG. 13 (a)

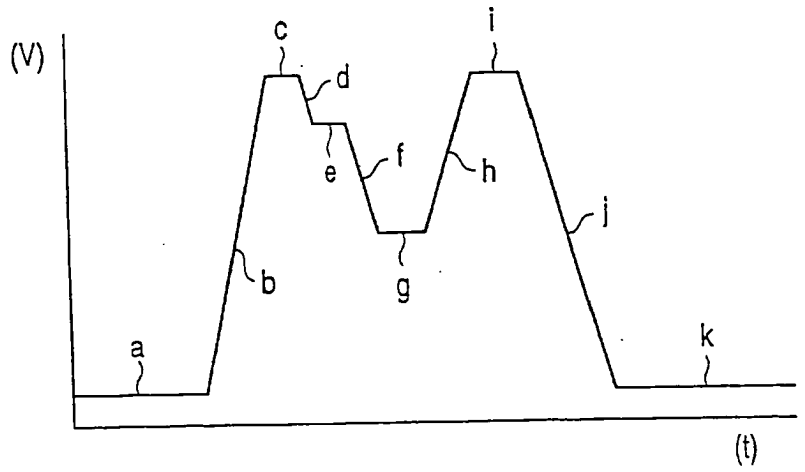

FIG. 13 (b)

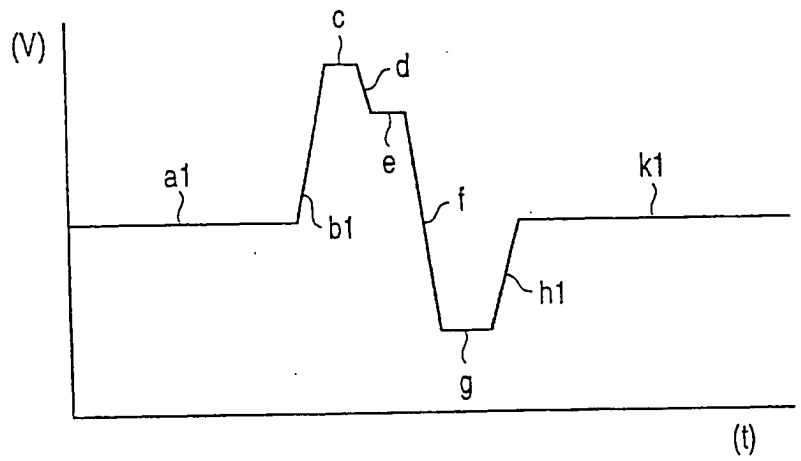

FIG. 13 (c)

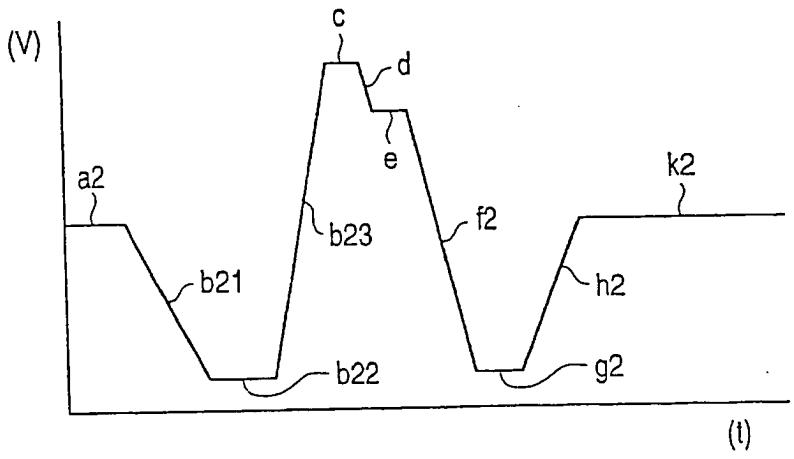

FIG. 14 (a)

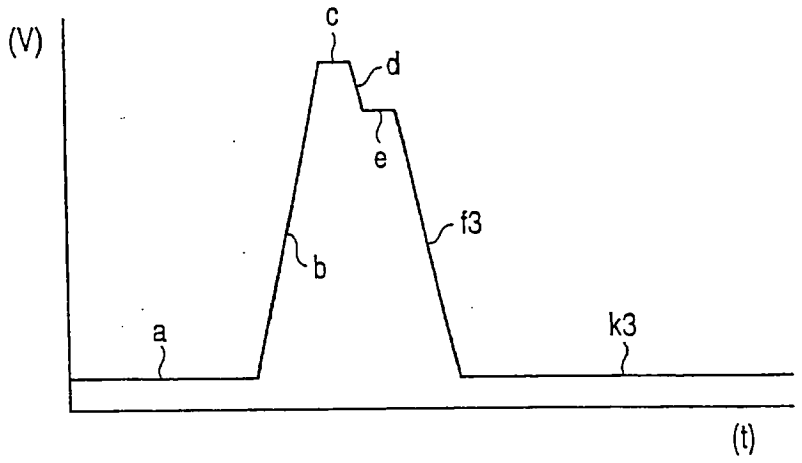

FIG. 14 (b)

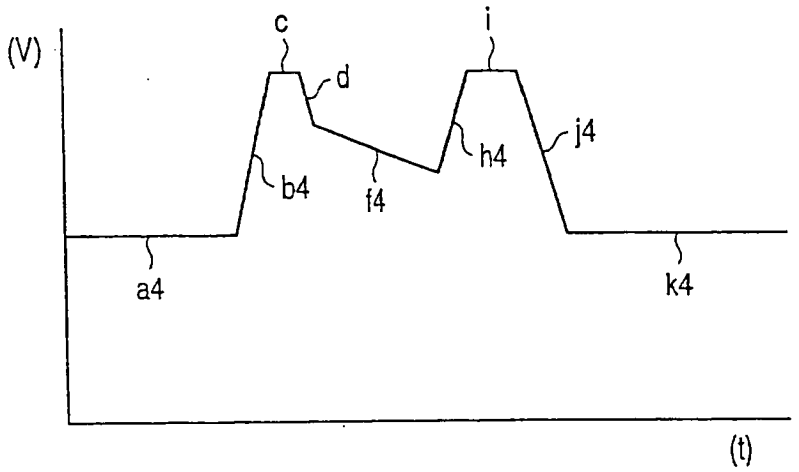

FIG. 14 (c)

