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

(10) **DE 699 12 433 T2** 2004.08.19

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 093 917 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 12 433.6**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 204 537.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **10.06.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.04.2001**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.10.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.08.2004**

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

(30) Unionspriorität:

16230598	**10.06.1998**	**JP**
2866799	**05.02.1999**	**JP**
12607999	**06.05.1999**	**JP**
16267699	**09.06.1999**	**JP**

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

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

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

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

(54) Bezeichnung: **Treiber für Tintenstrahlaufzeichnungskopf**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Tintenstrahlaufzeichnungsapparat, der in der Lage ist, Tintentropfen verschiedener Volumina durch dieselbe Düsenöffnung auszustoßen, und insbesondere ein Verfahren zum Ansteuern eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes des Tintenstrahlaufzeichnungsapparats.

[0002] Der Tintenstrahlaufzeichnungsapparat setzt sich aus einem Aufzeichnungskopf, der lineare Anordnungen von Düsenöffnungen aufweist, einem Wagenmechanismus zum Bewegen des Aufzeichnungskopfes in der Hauptabtastrichtung (eine Breitenrichtung eines Aufzeichnungspapiers) und einem Papiervorschubmechanismus zum Bewegen eines Aufzeichnungspapiers in der Nebenabtastrichtung (Papiervorschubrichtung) zusammen.

[0003] Der Aufzeichnungskopf umfasst Druckerzeugungskammern, die mit den Düsenöffnungen kommunizieren, und Druckerzeugungselemente zum Variieren von Tintendrücken innerhalb der Druckerzeugungskammern. Im Betrieb wird ein Ansteuerimpuls an jedes Druckerzeugungselement angelegt, um einen Tintendruck in der zugeordneten Druckerzeugungskammer zu variieren, so dass ein Tintentropfen aus der jeweiligen Düsenöffnung ausgestoßen wird.

[0004] Der Wagenmechanismus bewegt den Aufzeichnungskopf in der Hauptabtastrichtung. Der Aufzeichnungskopf stößt Tintentropfen durch die Düsenöffnungen zu Zeitpunkten, die durch Punktmusterdaten bestimmt werden, aus, während er sich in der Hauptabtastrichtung bewegt. Wenn der sich bewegende Aufzeichnungskopf das äußerste Ende seines Bewegungsbereichs erreicht, bewegt der Papiervorschubmechanismus ein Aufzeichnungspapier in der Nebenabtastrichtung. Nach dem Ende der Bewegung des Aufzeichnungspapiers bewegt der Wagenmechanismus wieder den Aufzeichnungskopf in der Hauptabtastrichtung. Der Aufzeichnungskopf stößt während seiner Bewegung Tintentropfen aus.

[0005] Durch Wiederholen der oben genannten Arbeitsabfolgen zeichnet der Aufzeichnungskopf ein Bild, das durch Punktmusterdaten dargestellt wird, auf einem Aufzeichnungspapier auf.

[0006] Der Tintenstrahlaufzeichnungsapparat stellt durch Kombinationen aus Ausstoßen und Nichtausstoßen von Tinten, das heißt, Kombinationen aus dem Vorliegen und Nichtvorliegen von Punkten, ein Bild auf einem Aufzeichnungspapier dar. Aus diesem Grund wurde ein Halbtonverfahren verwendet, bei dem ein Pixel durch eine Mehrzahl von Punkten, beispielsweise durch 4 × 4 oder 8 × 8 Punkte, gebildet wird. Um ein qualitativ hochwertiges Bild mittels des Halbtonverfahrens auf das Aufzeichnungspapier zu drucken oder darauf optisch aufzuzeichnen, ist es wesentlich, Tintentropfen von äußerst kleinen Volumina auszustoßen. Eine Reduktion des Volumens des Tintentropfens schafft ein anderes Problem des Reduzierens der Druckgeschwindigkeit.

[0007] Das Erzielen der Verbesserung der Druckqualität und der Steigerung der Druckgeschwindigkeit ist eine der bedeutendsten technischen Aufgaben, der sich Techniker gegenwärtig gegenübersehen. Für diese widersprüchliche Aufgabe liegen, soweit uns bekannt ist, einige technische Lösungen vor.

[0008] Bei der in der Japanischen Patentschrift Nr. 4-15735B und dem United States Patent Nr. 5,285,215 offenbarten Lösung, wird eine Mehrzahl von Ansteuersignalen, die in der Lage sind, feine Tintentropfen zu erzeugen, an den Aufzeichnungskopf angelegt. Der Aufzeichnungskopf stößt seinerseits eine Mehrzahl feiner Tintentropfen durch dieselbe Düsenöffnung aus. In diesem Fall werden die ausgestoßenen feinen Tintentropfen zu einem einzigen großen Tintentropfen vereinigt, ehe diese feinen Tintentropfen auf einem Aufzeichnungspapier landen.

[0009] Bei der technischen Lösung traten jedoch einige zu lösende Probleme auf. Die Anzahl feiner Tintentropfen, die vereinigt werden können, ist begrenzt. Das Ergebnis ist, dass das Volumen eines Tintentropfens, der aus dem Vereinigen von Tintentropfen hervorgeht, mit einem begrenzten Tintenvolumen und innerhalb eines schmalen Bereichs, in dem das Tintenvolumen variabel ist, erhöht werden kann. Ferner ist eine Steuerung zum Vereinigen feiner Tintentropfen zu einem großen Tintentropfen, ehe sie auf dem Aufzeichnungspapier landen, schwierig.

[0010] In diesem Zusammenhang wird ein technischer Vorschlag unterbreitet. Bei der Methode wird ein Ansteuersignal, das aus einer Abfolge verschiedener Ansteuerimpulse besteht, welche den Volumina auszustoßender feiner Tintentropfen entsprechen, erzeugt, und die Ansteuerimpulse, die aus dem Ansteuersignal extrahiert werden, werden an das Druckerzeugungselement angelegt. EP 0827838A beschreibt ein Beispiel für einen derartigen technischen Vorschlag.

[0011] Bei der in den Veröffentlichungen offenbarten Lösung, schafft das bloße Verbinden von verschiedenen Ansteuerimpulsen die folgenden Probleme.

[0012] Ein erstes Problem ist, dass eine Ansteuerperiode, die zum Drucken eines Punkts erforderlich ist, lang ist. Es ist notwendig, die Anzahl von Ansteuerimpulsen, welche der Anzahl der verschiedenen Volumina von Tintentropfen entsprechen, zu verbinden. Die Ansteuerperiode wird mit Zunahme der Anzahl von verbundenen Ansteuerimpulsen größer. Die Zunahme der Ansteuerperiode führt zu einer Abnahme der Druckgeschwindigkeit.

[0013] Ein zweites Problem ist, dass die Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens vom Volumen des Tintentropfens abhängt. Wenn man einen großen Tintentropfen zum Bilden eines großen Punkts mit einem mittleren Tintentropfen zum Bilden eines mittleren Punkts vergleicht, so ist die Fluggeschwindigkeit des großen Tintentropfens höher als jene des mittle-

ren Tintentropfens. Eine Zunahme der Tintenvolumen-Differenz führt zu einer Zunahme der Fluggeschwindigkeits-Differenz. Die Fluggeschwindigkeits-Differenz verursacht eine ungenaue Landeposition des Tintentropfens, was eine Verschlechterung der Druckqualität zur Folge hat.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die vorliegende Erfindung wird gemacht, um die oben beschriebenen Probleme erfolgreich zu lösen, und eine Aufgabe ist das effiziente Einschließen einer erhöhten Anzahl von Ansteuerimpulsen, die in der Lage sind, Tintentropfen von verschiedenen Volumina auszustoßen, innerhalb einer begrenzten Ansteuerperiode.

[0015] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die Fluggeschwindigkeits-Differenz, die durch die Volumen-Differenz zwischen den Tintentropfen verursacht wird, zu verringern.

[0016] Um die oben genannten Aufgaben zu realisieren, wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Tintenstrahlaufzeichnungsapparat bereitgestellt, umfassend: ein Druckerzeugungselement zum Ausdehnen und Zusammenziehen einer Druckerzeugungskammer als Reaktion auf einen Ansteuerimpuls, um einen Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer zu ändern, um einen Tintentropfen aus einer Düsenöffnung, welche der Druckerzeugungskammer zugeordnet ist, auszustoßen; ein Ansteuersignalerzeugungsmittel zum Erzeugen eines Ansteuersignals; und ein Ansteuerimpulserzeugungsmittel zum Erzeugen eines Ansteuerimpulses aus dem Ansteuersignal; wobei das Ansteuerimpulserzeugungsmittel angeordnet ist, um einen ersten Ansteuerimpuls zu erzeugen, der ein Ausdehnungswellenelement zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer und Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer, ein erstes Füllwellenelement zum weiteren Ausdehnen der Druckerzeugungskammer, welche durch das Ausdehnungswellenelement ausgedehnt wurde, und ein erstes Ausstoflwellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer, welche durch das erste Füllwellenelement ausgedehnt wurde, umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausdehnungswellenelement und das erste Füllwellenelement eine Potenzialänderung des ersten Ansteuerimpulses bewirken, ohne ein Referenzpotenzial, welches mit einem Ausgangspotenzial und einem Endpotenzial des Ansteuersignals identisch ist, zu überqueren; und die Potenzialänderung, die durch das Ausdehnungswellenelement und das erste Füllwellenelement bewirkt wird, kleiner als eine Potenzialänderung, die durch das erste Ausstoßwellenelement bewirkt wird, ist.

[0017] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten Aspekts ein Zeitraum für das Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer länger als der Zeitraum einer Eigenperiode der Druckerzeugungskammer.

[0018] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung erzeugt beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten und des zweiten Aspekts das Ansteuerimpulserzeugungsmittel einen zweiten Ansteuerimpuls, welcher ein Zusammenziehungswellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer und Halten des zusammengezogenen Zustands der Druckerzeugungskammer, ein zweites Füllwellenelement zum Ausdehnen der durch das Zusammenziehungswellenelement zusammengezogenen und gehaltenen Druckerzeugungskammer, um Tinte in diese einzufüllen, und ein zweites Ausstoßwellenelement zum Zusammenziehen der durch das zweite Füllwellenelement ausgedehnten Druckerzeugungskammer, um einen Tintentropfen auszustoßen, umfasst.

[0019] Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis dritten Aspekts das Ausdehnungswellenelement aus stufenweisen Ausdehnungswellenelementen zum stufenweisen Ausdehnen der Druckerzeugungskammer.

[0020] Gemäß einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis vierten Aspekts das Zusammenziehungswellenelement aus stufenweisen Zusammenziehungswellenelementen zum stufenweisen Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer.

[0021] Gemäß einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis fünften Aspekts mindestens einer der Ansteuerimpulse in eine Mehrzahl von Wellenelementen im Ansteuersignal aufgeteilt. Mindestens ein anderes Wellenelement zum Bilden eines anderen Ansteuerimpulses ist unter den aufgeteilten Wellenelementen angeordnet. Das Ansteuerimpulserzeugungsmittel setzt die aufgeteilten Wellenelemente selektiv zu einem Ansteuerimpuls zusammen.

[0022] Gemäß einem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis sechsten Aspekts das Ausdehnungswellenelement, welches mindestens einen der Ansteuerimpulse bilden soll, in eine Mehrzahl von Ausdehnungssegmenten aufgeteilt. Mindestens ein Ausstoßwellenelement, welches mindestens einen anderen Ansteuerimpuls bilden soll, ist unter den aufgeteilten Ausdehnungssegmenten angeordnet, um das Ansteuersignal zu bilden.

[0023] Gemäß einem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis siebten Aspekts das Zusammenziehungswellenelement, welches mindestens einen der Ansteuerimpulse bilden soll, in eine Mehrzahl von Zusammenziehungssegmenten aufgeteilt. Mindestens ein Ausstoßwellenelement, welches mindestens einen anderen Ansteuerimpuls bilden soll, ist unter den aufgeteilten Zusammenziehungssegmenten an-

geordnet, um das Ansteuersignal zu bilden.

[0024] Gemäß einem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des sechsten bis achten Aspekts ein Ausdehnungssegment, welches einen Teil des Ausdehnungswellenelements bildet, im vorderen Teil des Ansteuersignals angeordnet. Das erste Ausstoßwellenelement ist am Endteil des Ansteuersignals angeordnet.

[0025] Gemäß einem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des sechsten bis neunten Aspekts unterschiedliche Spannungspegel der aufgeteilten Wellenelemente durch ein Verbindungselement miteinander verbunden.

[0026] Gemäß einem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis zehnten Aspekts das Druckerzeugungselement ein piezoelektrischer Vibrator vom Biegevibrationstyp.

[0027] Gemäß einem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des ersten bis elften Aspekts das Druckerzeugungselement ein piezoelektrischer Vibrator vom Längsvibrationstyp.

[0028] Gemäß einem dreizehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist beim Tintenstrahlaufzeichnungsapparat des zwölften Aspekts, wenn das Druckerzeugungselement einen piezoelektrischen Vibrator vom Längsvibrationstyp umfasst, ein Endpunkt eines Wellenelements, welcher eine Spannung aufweist, die von einem mittleren Spannungspegel aus abnimmt, auf einen Spannungspegel innerhalb eines Bereichs von 5V von einem Erdpotenzial aus eingestellt und mit dem Verbindungselement verbunden.

[0029] Gemäß einem vierzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Ansteuern eines Tintenstrahlaufzeichnungsapparats bereitgestellt, welcher ein Druckerzeugungselement zum Ausdehnen und Zusammenziehen einer Druckerzeugungskammer aufweist, umfassend folgende Schritte: Erzeugen eines Ansteuerimpulses, welcher mindestens ein erstes Wellenelement zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer und Halten des ausgedehnten Zustands der Druckkammer während eines vorgegebenen Zeitraums, ein zweites Wellenelement zum weiteren Ausdehnen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer und ein drittes Wellenelement zum Zusammenziehen der weiter ausgedehnten Druckerzeugungskammer umfasst, wobei das erste Wellenelement und das zweite Wellenelement eine Potenzialänderung bewirken, ohne eine Referenzspannung zu überqueren, welche mit einem Ausgangspotenzial und einem Endpotenzial des Ansteuersignals identisch ist, und wobei die Potenzialänderung, welche durch das erste Wellenelement und das zweite Wellenelement bewirkt wird, kleiner als eine Potenzialänderung ist, welche durch das dritte Wellenelement bewirkt wird; und Anlegen des Ansteuerimpulses an das Druckerzeugungselement, um einen Tintentropfen auszustoßen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] In den beiliegenden Zeichnungen zeigen:

[0031] **Fig.** 1 ein Funktionsblockdiagramm, das einen gesamten Tintenstrahlaufzeichnungsapparat darstellt;

[0032] **Fig.** 2 eine Schnittansicht, die einen Aufbau eines Aufzeichnungskopfes darstellt;

[0033] **Fig.** 3 ein Blockdiagramm, das einen wesentlichen Abschnitt eines Aufzeichnungskopfansteuerkreises darstellt;

[0034] **Fig.** 4 ein Diagramm, das einen ersten Vorschlag darstellt: **Fig.** 4(a) zeigt eine Wellenform eines Ansteuersignals; **Fig.** 4(b) zeigt ein erläuterndes Diagramm zum Erläutern eines Verbindungselements im Ansteuersignal; und **Fig.** 4(c) zeigt eine Tabelle, welche die Beziehungen zwischen den Abstufungswerten und Druckdaten darstellt;

[0035] **Fig.** 5 ein Wellenformdiagramm, das Wellenformen von Ansteuerimpulsen im ersten Vorschlag darstellt;

[0036] **Fig.** 6 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einem zweiten Vorschlag darstellt;

[0037] **Fig.** 7 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einem dritten Vorschlag darstellt;

[0038] **Fig.** 8 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einem vierten Vorschlag darstellt;

[0039] **Fig.** 9 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal in einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0040] **Fig.** 10 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0041] **Fig.** 11 eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; **Fig.** 11(a) ist ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und **Fig.** 11(b) und 11(c) sind Diagramme, die Verbindungselemente darstellen;

[0042] **Fig.** 12 eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; **Fig.** 12(a) ist ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und **Fig.** 12(b) bis 12(d) sind Diagramme, die Verbindungselemente darstellen;

[0043] **Fig.** 13 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0044] **Fig.** 14(a) bis 14(d) sind Verbindungselemente in der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0045] **Fig.** 15 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal in einer fünften Ausführungsform der

vorliegenden Erfindung darstellt;

[0046] **Fig.** 16 ein Wellenformdiagramm, das Ansteuerimpulse in der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0047] **Fig.** 17 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einem fünften Vorschlag darstellt;

[0048] **Fig.** 18 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse in einem sechsten Vorschlag darstellt;

[0049] **Fig.** 19 eine Schnittansicht, die einen anderen Typ von Aufzeichnungskopf darstellt, der auf die vorliegende Erfindung angewandt werden kann; und

[0050] **Fig.** 20 ein Wellenformdiagramm, das ein Ansteuersignal und Ansteuerimpulse darstellt, welche zum Ansteuern des Aufzeichnungskopfes aus **Fig.** 19 verwendet werden.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN UND VORSCHLÄGE

[0051] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 1 ist ein Funktionsblockdiagramm, das einen Tintenstrahlaufzeichnungsapparat, in welchen die vorliegende Erfindung eingebunden ist, darstellt.

[0052] Der Tintenstrahlaufzeichnungsapparat umfasst ein Drucksteuergerät **1** und einen Druckmechanismus **2**. Das Drucksteuergerät **1** umfasst: eine Schnittstelle **3**, welche die Druckdaten, verschiedene Anweisungen und Sonstiges, beispielsweise von einem Hostcomputer (nicht dargestellt), empfängt; ein RAM **4** zum Speichern verschiedener Daten; ein ROM **5** zum Speichern von Steuerroutinen für verschiedene Datenverarbeitungen; eine Steuereinheit **6** umfassend CPU oder CPUs; einen Schwingkreis **7**; einen Ansteuersignalgeneratorkreis **9** zum Erzeugen von Ansteuersignalen, die zu einem Aufzeichnungskopf **8** zu übertragen sind; und eine Schnittstelle **10**, die Druckdaten, welche die Form von Punktmusterdaten (Bitmap-Daten), aufweisen, Ansteuersignale und Sonstiges zum Druckmechanismus **2** übertragen. Der Ansteuersignalgeneratorkreis **9** ist eine Form eines Ansteuersignalerzeugungsmittels der vorliegenden Erfindung.

[0053] Die Schnittstelle **3** empfängt Druckdaten, welche aus zumindest einem aus der Gruppe umfassend Zeichencodes, Grafikfunktionen und Bilddaten bestehen, beispielsweise vom Hostcomputer. Ferner sendet die Schnittstelle ein Besetzt(BUSY)-Signal, ein Quittier(ACK)-Signal und Sonstiges an den Hostcomputer.

[0054] Das RAM **4** wird für einen Empfangspuffer **4a**, einen Zwischenpuffer **4b**, einen Ausgabepuffer **4c**, einen Arbeitsspeicher (nicht dargestellt) und Sonstiges verwendet. Der Empfangspuffer **4a** speichert Druckdaten, die über die Schnittstelle **3** vom Hostcomputer hereinkommen, vorübergehend. Der Zwischenpuffer **4b** speichert Zwischencodedaten, in welche die Druckdaten von der Steuereinheit **6** umgewandelt werden. Punktmusterdaten, die aus Abstufungsdaten decodiert wurden, werden in den Ausgabepuffer **4c** gespeichert. Dies wird später ausführlich beschrieben.

[0055] Das ROM **5** speichert verschiedene Steuerroutinen, die von der Steuereinheit **6** auszuführen sind, Zeichensatzdaten, Grafikfunktionen und Sonstiges.

[0056] Die Steuereinheit **6** liest Druckdaten aus dem Empfangspuffer **4a** aus und wandelt diese in Zwischencodedaten um und speichert dann die Zwischencodedaten in den Zwischenpuffer **4b**. Ferner liest die Steuereinheit **6** die Zwischencodedaten aus dem Zwischenpuffer **4b** aus und erweitert sie zu Punktmusterdaten, während auf Zeichensatzdaten und Grafikfunktionen verwiesen wird, die im ROM **5** gespeichert sind. Die erweiterten Punktmusterdaten werden einem notwendigen Modifiziervorgang unterzogen, und die resultierenden werden in den Ausgabepuffer **4c** gespeichert.

[0057] Wenn die Menge der Punktmusterdaten jene erreicht, welche einer Zeile des Aufzeichnungskopfes **8** entspricht, werden die Punktmusterdaten seriell durch die Schnittstelle **10** zum Aufzeichnungskopf **8** übertragen. Wenn die Einzeilen-Punktmusterdaten aus dem Ausgabepuffer **4c** ausgegeben werden, wird der Inhalt des Zwischenpuffers **4b** gelöscht und die nächste Umwandlung von den Druckdaten in Zwischencodedaten wird durchgeführt.

[0058] Der Druckmechanismus **2** setzt sich zusammen aus dem Aufzeichnungskopf **8**, einem Papiervorschubmechanismus **11** und einem Wagenmechanismus **12**. Der Papiervorschubmechanismus **11**, welcher mindestens einen Papiervorschubmotor und Papiervorschubwalzen umfasst, schiebt Druckmedien, z. B. Aufzeichnungspapiere, in aufeinander folgender Weise zum betreffenden Ort vor. Mit anderen Worten führt der Papiervorschubmechanismus **11** im Druckbetrieb eine Nebenabtastbewegung aus. Der Wagenmechanismus **12** umfasst einen Wagen, auf welchem der Aufzeichnungskopf **8** angebracht ist, und einen Schrittmotor zum Bewegen des Wagens mit Hilfe eines Steuerriemens. Der Wagenmechanismus **12** führt im Druckbetrieb eine Hauptabtastbewegung aus.

[0059] Der Aufzeichnungskopf **8** weist eine Anzahl (beispielsweise 64) von Düsenöffnungen **13** auf, die in der Nebenabtastrichtung (siehe **Fig.** 2) angeordnet sind. Tintentropfen werden aus den Düsenöffnungen **13** ausgestoßen.

[0060] Die Druckdaten SI, welche nun die Form von Punktmusterdaten annehmen, werden über die Schnittstelle **10** seriell zu einem Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** übertragen, während sie mit einem Taktsignal CK, das vom Schwingkreis **7** abgeleitet wird, synchronisiert werden. Der Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** erzeugt ein Auswahlsignal unter Zugrundelegung der Druckdaten nach Erhalt ei-

nes Verklinkungssignals LAT und führt das Auswahlsignal einem Pegelumsetzer, der als Spannungsverstärker dient, zu. Das Auswahlsignal wird vorgesehen, um wesentliche Teile aus einem Ansteuersignal COM, das durch den Ansteuersignalerzeugungskreis erzeugt wird, auszuwählen.

[0061] Der Pegelumsetzer **23** gibt ein Schaltsignal an einen Schaltkreis **24** gemäß dem Auswahlsignal aus. Das Ansteuersignal wird in den Schaltkreis **24** eingegeben, und ein piezoelektrischer Vibrator **25** wird mit der Ausgangsseite des Schaltkreises **24** verbunden. Der Schaltkreis **24** wird durch die Eingabe des Schaltsignals leitfähig gemacht. Der piezoelektrische Vibrator **25** kann ei der vorliegenden Erfindung eine Form des Druckerzeugungselements sein.

[0062] Die Druckdaten steuern den Betrieb des Schaltkreises **24**. Während eines Zeitraums, während dessen sich die Druckdaten, die zum Schaltkreis **24** übertragen werden, im logischen Zustand "1" befinden, wird das Auswahlsignal aus dem Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** ausgegeben, und das Schaltsignal wird vom Pegelumsetzer **23** ausgegeben, um zu ermöglichen, dass das Ansteuersignal in den piezoelektrischen Vibrator **25** eingegeben wird. Der piezoelektrische Vibrator wird gemäß dem Ansteuersignal mechanisch verformt. Während eines Zeitraums, während dessen sich die Druckdaten, die zum Schaltkreis **24** übertragen werden, im logischen Zustand "0" befinden, verhindert der Schaltkreis **24**, dass das Ansteuersignal dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt wird.

[0063] Bei einer Verformung des piezoelektrischen Vibrators **25** wird ein Tintentropfen aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen.

[0064] Die Details des Aufzeichnungskopfes **8** werden nun dargelegt. Zunächst wird ein Aufbau des Aufzeichnungskopfes **8** beschrieben. Der in **Fig.** 2 dargestellte Aufzeichnungskopf **8** enthält einen piezoelektrischen Vibrator **25** vom Biegevibrationstyp.

[0065] Der Aufzeichnungskopf **8** umfasst: eine Betätigungseinheit **32**, welche eine Mehrzahl von Druckerzeugungskammern **31** umfasst; und eine Kanaleinheit **34**, welche Düsenöffnungen **13** und Tintenspeicher **33** umfasst, und einen piezoelektrischen Vibrator **25**. Die Kanaleinheit **34** ist mit der vorderen Fläche der Betätigungseinheit **32** verbunden, während der piezoelektrische Vibrator **25** an ihrer rückwärtigen Fläche vorgesehen ist.

[0066] Die Druckerzeugungskammer **31** wird bei Verformung des ihr zugeordneten piezoelektrischen Vibrators **25** ausgedehnt und zusammengezogen, so dass sich ein Druck innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** ändert. Durch die Druckänderung innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** wird Tinte in Form eines Tintentropfens durch die ihr zugeordnete Düsenöffnung **13** ausgestoßen. Genauer gesagt wird das Innere der Druckerzeugungskammer **31** durch abruptes Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer mit Druck beaufschlagt, so dass Tinte unter Zwang durch die Düsenöffnung **13** aus der Druckerzeugungskammer ausgestoßen wird.

[0067] Die Betätigungseinheit **32** umfasst ein Kammern bildendes Substrat **35**, in welchem Räume, die für Druckerzeugungskammern **31** zu verwenden sind, ausgebildet sind, ein Abdeckglied **36**, das mit der Vorderseite des Kammern bildenden Substrats **35** zu verbinden ist, und eine Vibrationsplatte, die mit der Rückseite des Kammern formenden Substrats **35** zu verbinden ist, um seine Räume abzuschließen. Das Abdeckglied **36** umfasst erste Tintenkanäle **38** und zweite Tintenkanäle **39**. Über die ersten Tintenkanäle **38** kommunizieren jeweils die Tintenspeicher **33** mit den Druckerzeugungskammern **31**. Über die zweiten Tintenkanäle **39** kommunizieren jeweils die Druckerzeugungskammern **31** mit den Düsenöffnungen **13**.

[0068] Die Kanaleinheit **34** umfasst ein Speicher bildendes Substrat **41**, in welchem Räume, die für Tintenspeicher **33** zu verwenden sind, gebildet sind, eine Düsenplatte **42**, die eine Anzahl von Düsenöffnungen **13** aufweist und mit der Vorderseite des Speicher bildenden Substrats **41** verbunden ist, und eine Öffnungen bildende Platte **43**, die mit der Rückseite des Speicher bildenden Substrats **41** verbunden ist.

[0069] Das Speicher bildende Substrat **41** umfasst Durchgangslöcher **44**, die jeweils mit den Düsenöffnungen **13** kommunizieren. Die Öffnungen bildende Platte **43** umfasst Tintenzufuhröffnungen **45**, welche jeweils einen Tintenspeicher **33** und seinen zugeordneten ersten Tintenkanal **38** verbinden, und Durchgangslöcher **46**, welche jeweils ein Durchgangsloch **44** und sein zugeordnetes Durchgangsloch **46** verbinden.

[0070] Demnach umfasst der Aufzeichnungskopf **8** eine Mehrzahl von darin ausgebildeten Tintenkanälen, wobei sich jeder Kanal von einem Tintenspeicher **33** durch die ihm zugeordnete Druckerzeugungskammer **31** zu der ihm zugeordneten Düsenöffnung **13** erstreckt.

[0071] Jeder piezoelektrische Vibrator **25** ist derart angeordnet, dass er in Bezug auf die Vibrationsplatte **37** seiner zugeordneten Druckerzeugungskammer **31** entgegengesetzt angeordnet ist. Untere Elektroden **48**, welche wie eine ebene Platte geformt sind, sind auf der Vorderseite des piezoelektrischen Vibrators **25** ausgebildet, während obere Elektroden **49** auf der Rückseite des piezoelektrischen Vibrators **25** ausgebildet sind und letzteren abdecken.

[0072] Anschlussklemmen **50** sind an beiden Enden der Betätigungseinheit **32** ausgebildet. Das untere Ende jeder Anschlussklemme **50** ist an die obere Elektrode **49** des piezoelektrischen Vibrators **25** elektrisch angeschlossen. Das obere Ende der Anschlussklemme **50** ist dort angeordnet, wo es höher ist als der piezoelektrische Vibrator **25**. Eine flexible Leiterplatte **51** ist mit den oberen Enden der Anschlussklemmen **50** verbunden. Ein Ansteuersignal wird über die Anschlussklemme **50** und die obere Elektrode **49** an jeden piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt.

[0073] Von den Druckerzeugungskammern **31**, den piezoelektrischen Vibratoren **25** und den Anschlussklemmen **50** sind in **Fig.** 2 jeweils zwei Stück dargestellt. In Wirklichkeit werden Druckerzeugungskammern, die piezoelektrischen Vibratoren und die Anschlussklemmen, welche der Anzahl nach den Düsenöffnungen **13** entsprechen, vorgesehen, und demnach ist deren Anzahl groß.

[0074] Wenn ein Ansteuerimpuls an den Aufzeichnungskopf **8** angelegt wird, wird zwischen der oberen Elektrode **49** und der unteren Elektrode **48** eine Potenzialdifferenz geschaffen. Der piezoelektrische Vibrator **25** zieht sich, wenn er dieser Potenzialdifferenz ausgesetzt wird, in der Richtung, die senkrecht zu einem elektrischen Feld verläuft, das durch die Potenzialdifferenz verursacht wird, zusammen. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Seite des piezoelektrischen Vibrators **25** (welche an die Vibrationsplatte **37** gekoppelt ist), welche auf der unteren Elektrode **48** angeordnet ist, nicht zusammengezogen, während dessen andere Seite, die auf der oberen Elektrode **49** angeordnet ist, zusammengezogen wird. Infolgedessen werden der piezoelektrische Vibrator **25** und die Vibrationsplatte **37** zur Druckerzeugungskammer **31** hin gekrümmt, und somit wird das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** reduziert.

[0075] Um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen, wird die Druckerzeugungskammer **31** abrupt zusammengezogen. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** erhöht, und der erhöhte Druck stößt Tinte unter Zwang in Form eines Tintentropfens durch die Düsenöffnung **13** aus der Druckerzeugungskammer **31** aus. Nach dem Ausstoßen des Tintentropfens wird die Potenzialdifferenz zwischen der oberen Elektrode **49** und der unteren Elektrode **48** beseitigt, und der piezoelektrische Vibrator **25** und die Vibrationsplatte **37** werden in ihren Ausgangszustand zurückgeführt. Infolgedessen wird die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt, und Tinte wird der Druckerzeugungskammer **31** aus dem Tintenspeicher **33** über die Tintenzufuhröffnung **45** zugeführt.

[0076] Nunmehr wird eine elektrische Konfiguration des Aufzeichnungskopfes **8** beschrieben.

[0077] Der Aufzeichnungskopf **8** aus **Fig.** 1 umfasst zumindest den Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, den Pegelumsetzer **23**, den Schaltkreis **24** und den piezoelektrischen Vibrator **25**, welche bei der vorliegenden Erfindung als Ansteuerimpulserzeugungsmittel dienen. Wie aus **Fig.** 3 hervorgeht, ist der Pegelumsetzer **23** mit Pegelumsetzerelementen **23a** bis **23n** konstruiert. Der Schaltkreis **24** ist mit Schaltelementen **24a** bis **24n** konstruiert. Der piezoelektrische Vibrator **25** ist mit piezoelektrischen Vibratorelementen **25a** bis **25n** konstruiert. Das Auswahlsignal, welches durch den Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** erzeugt wird, wird entsprechend den Druckdaten selektiv den Pegelumsetzerelementen **23a** bis **23n** zugeführt. Die leitfähigen Zustände der Schaltelemente **24a** bis **24n** werden durch das Auswahlsignal selektiv gesteuert. Das Ansteuersignal COM, welches durch den Ansteuersignalgeneratorkreis **9** erzeugt wird, wird für gewöhnlich in den jeweiligen Schaltkreis **24a** bis **24n** eingegeben. Wenn die jeweiligen Schaltelemente **24a** bis **24n** leitfähig gemacht werden, wird das Ansteuersignal selektiv den zugeordneten piezoelektrischen Vibratorelementen **25a** bis **25n** zugeführt, die jeweils an den zugeordneten Schaltkreis **24a** bis **24n** angeschlossen sind.

[0078] Beim derart elektrisch konfigurierten Aufzeichnungskopf **8** werden Druckdaten SI aus Punktmusterdaten seriell vom Ausgabepuffer **4c** übertragen, und der resultierende Datenstrom wird nacheinander in das Schieberegister **21** geladen.

[0079] Die höchstwertigen Bit-Daten (= Druckdaten D1 in **Fig.** 4(a)) der Druckdaten für alle Düsenöffnungen **13** werden zunächst auf serielle Weise übertragen. Nach der seriellen Übertragung der höchstwertigen Bit-Daten, werden dann die zweithöchstwertigen Bit-Daten (= Druckdaten D2) übertragen. Hernach werden die dritt-, viert-, ... -höchstwertigen Bit-Daten, falls vorhanden, auf serielle Weise übertragen.

[0080] Wenn die Druckdaten für alle Düsenöffnungen **13** in die Schieberegisterelemente **21a** bis **21n** geladen wurden, überträgt die Steuereinheit **6** zu einem geeigneten Zeitpunkt ein Verklinkungssignal LAT zum Verklinkungskreis **22**. Als Reaktion auf das Verklinkungssignal LAT verklinkt der Verklinkungskreis **22** die Druckdaten, welche dieser vom Schieberegister **21** empfängt. Die Druckdaten werden vom Verklinkungskreis **22** dem Pegelumsetzer **23**, der als Spannungsverstärker dient, zugeführt. Wenn beispielsweise die Druckdaten "1" sind, verstärkt der Pegelumsetzer **23** das Druckdatensignal, um einen Signal(Spannungs)-Pegel (beispielsweise mehrere zehn V) zu erhalten, der ausreichend hoch ist, um den Schaltkreis **24** anzusteuern. Das derart pegel-umgesetzte Druckdatensignal wird an die Schaltelemente **24a** bis **24n** angelegt, so dass diese Schaltelemente eingeschaltet werden.

[0081] Zu diesem Zeitpunkt wurde vom Ansteuersignalgeneratorkreis **9** aus ein Ansteuersignal COM an die Schaltelemente **24a** bis **24n** angelegt. Die Schaltelemente **24a** bis **24n** ermöglichen es, wenn sie eingeschaltet sind, das Ansteuersignal in die piezoelektrischen Vibratorelemente **25a** bis **25n** einzugeben, welche für den Empfang mit den jeweiligen Schaltelementen **24a** bis **24n** gekoppelt sind.

[0082] Demnach wird im Aufzeichnungskopf **8** unter Zugrundelegung der Druckdaten gesteuert, ob das Ansteuersignal in den piezoelektrischen Vibrator **25** eingegeben wird. Während eines Zeitraums, in dem die Druckdaten "1" sind, wird der Schaltkreis **24** eingeschaltet, um zu ermöglichen, dass das Ansteuersignal in den piezoelektrischen Vibrator **25** eingegeben wird, um denselben zu verformen. Während eines Zeitraums, in dem die Druckdaten "0" sind, wird der Schaltkreis **24** ausgeschaltet, um zu verhindern,

dass das Ansteuersignal in den piezoelektrischen Vibrator **25** eingegeben wird. Während dieses Zeitraums hält der piezoelektrische Vibrator **25** die Lademenge des vorangegangenen Zeitraums, und demnach wird der vorangegangene Verformungszustand des Vibrators beibehalten.

[0083] Eine Steuerung des Aufzeichnungskopfes **8** wird beschrieben. In der folgenden Beschreibung werden zu Gunsten einer Vereinfachung der Erläuterung vier Abstufungspegel, "großer Punkt", "mittlerer Punkt", "kleiner Punkt" und "nicht drucken" verwendet. Der "große Punkt" ist ein relativ großer Punkt, der mittels eines großen Tintentropfens, dessen Tintenvolumen etwa 20 pL (Picoliter) beträgt, gebildet wird. Der "mittlere Punkt" ist ein mittelgroßer Punkt, der mittels eines Tintentropfens, dessen Tintenvolumen etwa 8 pL beträgt, gebildet wird. Der "kleine Punkt" ist ein relativ kleiner Punkt, der mittels eines relativ kleinen Tintentropfens, dessen Tintenvolumen etwa 4 pL beträgt, gebildet wird.

[0084] **Fig.** 4(a) zeigt ein Wellenformdiagramm, das eine Wellenform eines Ansteuersignals, welches durch den Ansteuersignalgeneratorkreis **9** erzeugt wurde, darstellt. Die Wellenform ist derart konfiguriert, dass drei Tintentropfen von unterschiedlichen Tintenvolumina, ein großer Tintentropfen, ein mittlerer Tintentropfen und ein kleiner Tintentropfen, durch dieselbe Düsenöffnung **13** ausgestoßen werden.

[0085] Der Ansteuersignalgeneratorkreis **9** erzeugt das Ansteuersignal in Druckperioden T von 7,2 kHz. Die Druckperioden T definieren eine Druckgeschwindigkeit des Aufzeichnungsapparats. Der Ansteuerimpulsgenerator, welcher den Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, den Pegelumsetzer **23** und den Schaltkreis **24** umfasst, empfängt das Ansteuersignal, das die derart konfigurierte Wellenform aufweist, und verarbeitet die Signalwellenform, um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls für das Ausstoßen eines kleinen Tintentropfens, einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls für das Ausstoßen eines mittleren Tintentropfens und einen Großpunkt-Ansteuerimpuls für das Ausstoßen eines großen Tintentropfens zu erzeugen.

[0086] Nunmehr wird beschrieben, wie das Ansteuersignal verarbeitet werden kann und Ansteuerimpulse erzeugt werden können.

[0087] Die Wellenform des Ansteuersignals (**Fig.** 4(a)) enthält Wellenelemente und Verbindungselemente. Das "Wellenelement" ist ein Element, das dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt wird, um diesen zu verformen. Das Verbindungselement ist ein Element, welches den piezoelektrischen Vibrator **25** nicht verformt, und es verbindet die benachbarten Wellenelemente, deren Verbindungsenden unterschiedliche Spannungspegel aufweisen.

[0088] Das Wellenelement kann in ein Zusammenziehungswellenelement, ein Füllwellenelement, ein Ausstoßwellenelement und ein Dämpfungswellenelement eingeteilt werden. Das Zusammenziehungswellenelement verformt den piezoelektrischen Vibrator **25** in einem Ausmaß, dass durch das resultierende Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** kein Tintentropfen ausgestoßen werden kann. Das Füllwellenelement verformt den piezoelektrischen Vibrator **25** in einem Ausmaß, dass die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt und Tinte in diese eingefüllt wird. Das Ausstoßwellenelement verformt den piezoelektrischen Vibrator **25**, um die Druckerzeugungskammer **31** abrupt zusammenzuziehen, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus in der Düsenöffnung, welche unmittelbar nach dem Tintentropfenausstoßen stattfindet, und beendet diese für einen kurzen Zeitraum. Mit "Meniskus" ist eine gekrümmte Oberfläche (freie Oberfläche) einer Tintensäule in der Düsenöffnung **13** gemeint.

[0089] Bei der Wellenform des in **Fig.** 4(a) dargestellten Ansteuersignals, erstreckt sich ein Wellenelement von P1 bis P10', und ein anderes Wellenelement erstreckt sich von P12' bis P24. Ein Verbindungselement erstreckt sich von P10' bis P12'. Ein Wellenformsegment, das sich von P1 bis P2' des Wellenelements erstreckt, ist ein Zusammenziehungswellenelement; ein Wellenformsegment von P2' bis P5 ist ein erstes Füllwellenelement; ein Wellenformsegment von P5 bis P9 ist ein erstes Ausstoßwellenelement; ein Wellenformsegment von P9 bis P10' ist ein erstes Dämpfungswellenelement; ein Wellenformsegment von P12' bis P15 ist ein zweites Füllwellenelement; ein Wellenformsegment von P15 bis P17 ist ein zweites Ausstoßwellenelement; ein Wellenformsegment von P17 bis P18 ist ein zweites Dämpfungselement; ein Wellenformsegment von P18' bis P21 ist ein drittes Füllwellenelement; ein Wellenformsegment von P21 bis P23 ist ein drittes Ausstoßwellenelement; und ein Wellenformsegment von P23 bis P24 ist ein drittes Dämpfungswellenelement.

[0090] Ein Wellensegment zwischen P2' bis P3 ist ein Verbindungsende im ersten Füllwellenelement; ein Wellensegment zwischen P10 bis P10' ist ein Verbindungsende im ersten Dämpfungswellenelement; ein Wellensegment zwischen P12' bis P13 ist ein Verbindungsende im zweiten Füllwellenelement; ein Wellensegment P18 bis P18' ist ein Verbindungsende im zweiten Dämfungswellenelement; und ein Wellensegment P18' bis P19 ist ein Verbindungsende im dritten Füllwellenelement.

[0091] Der Ansteuerimpulsgenerator kombiniert diese Wellenelemente, das heißt, das Zusammenziehungswellenelement, das Füllwellenelement, das Ausstoßwellenelement und das Dämpfungswellenelement, auf geeignete Weise, um eine Mehrzahl von Ansteuerimpulsarten zu bilden.

[0092] Das Verbindungselement verbindet einen Endpunkt P10' des ersten Dämpfungswellenelements und einen Anfangspunkt P12' des zweiten Füllwellenelements. Mit anderen Worten: das Verbindungselement koppelt eine mittlere Spannung VM am Endpunkt P10' des ersten Dämpfungswellenele-

ments und eine höchste Spannung VH am Anfangspunkt P12' des zweiten Füllwellenelements.

[0093] Das Wellenelement (P1 bis P10', P12 bis P24) des Ansteuersignals ist ein Signalelement, das dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt wird. Daher ist es unter Berücksichtigung einer Ansprechcharakteristik des piezoelektrischen Vibrators **25** und eines Tintenzustands in der Druckerzeugungskammer **31** konfiguriert. Genauer gesagt sind der Gradient und die Zeitpunkte der Spannungsvariation des Wellenelements sind in ihrer Auswahl eingeschränkt. Insbesondere ist es erforderlich, den Spannungsvariationsgradienten auf einen vorgegebenen Pegel oder kleiner und die Spannungsvariations-Zeitpunkte auf vorgegebene Zeitpunkte, die für ein Ausstoßen von Tinte geeignet sind, einzustellen.

[0094] Wenn der Spannungsvariationsgradient zu steil ist, vermag die Vibration des piezoelektrischen Vibrators **25** nicht, einer Spannungsvariation des Wellenelements zu folgen, und das Ausstoßen eines Tintentropfens mit einem gewünschten Volumen schlägt fehl. In diesem Fall wird, auch wenn der piezoelektrische Vibrator **25** imstande ist, der Spannungsvariation folgend zu vibrieren, die Druckerzeugungskammer **31** abrupt ausgedehnt, um eventuell eine Kavitation innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** zu verursachen. Bei Vorliegen der Kavitation wird das Tintenvolumen des Tintentropfens instabil sein. Ferner wird die Vibrationsplatte **37** einer übermäßigen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt, und im Extremfall wird die Vibrationsplatte **37** brechen.

[0095] Nun folgen die Spannungsvariations-Zeitpunkte. In einem Tintenausstoßmodus, welcher als "Zieh- und Schieß"-Modus bezeichnet wird, bei welchem ein Tintentropfen ausgestoßen oder hinausgeschossen wird, indem die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt und dann zusammengezogen wird, wird der Zeitpunkt des Zusammenziehens der Druckerzeugungskammer **31** in Abhängigkeit von einem Zustand von Tinte, die aus dem Tintenspeicher **33** zur Druckerzeugungskammer **31** fließt, angesetzt; die Druckerzeugungskammer **31** wird zusammengezogen, wenn ein Zustand von Tinte innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** variiert wird, um sich für das Ausstoßen von Tintentropfen zu eignen.

[0096] Genauer gesagt wird die Druckerzeugungskammer **31** bei der Erzeugung einer Druckwelle zusammengezogen. Die Druckwelle, welche die zur Tintenflussrichtung entgegengesetzte Richtung (d. h. die Tintenausstoßrichtung) aufweist, wird erzeugt, wenn die Druckerzeugungskammer **31** erweitert wird, um einen Negativdruck darin aufzubauen, und Tinte fließt in die Druckerzeugungskammer **31**. Wenn der Zusammenziehungs-Zeitpunkt der Druckerzeugungskammer **31** derart gewählt wird, kann der Tintentropfen im optimalen Zustand ausgestoßen werden. Wenn die Druckerzeugungskammer **31** zu einem für das Ausstoßen von Tintentropfen ungeeigneten Zeitpunkt zusammengezogen wird, beispielsweise einem Zeitpunkt der Erzeugung der entgegengesetzt gerichteten Druckwelle, dann ist die Größe der ausgestoßenen Tintentropfen nicht einheitlich, was zu einer Beeinträchtigung der Druckqualität führt.

[0097] Die unterschiedlichen Spannungspegel der verschiedenen Wellenelemente werden durch das Verbindungselement miteinander gekoppelt. Damit können, wenn die Anzahl von Wellenelementen, die im Ansteuersignal enthalten sein können, verglichen mit dem herkömmlichen höher ist, diese Wellenelemente in die Druckperiode T eingefügt werden.

[0098] Wenn wir uns zurückerinnern, so ist das Verbindungselement nicht in der Lage, den piezoelektrischen Vibrator (Druckerzeugungselement) **25** zu verformen. Daher kann der Spannungsvariations-Gradient derart eingestellt werden, dass er groß ist, d. h. die Spannung kann abrupt variiert werden. Falls der Spannungsvariations-Gradient groß ist, kann die Periode Ts, welche für das Verbindungselement erforderlich ist, kurz sein. Die Tatsache bedeutet, dass zum Aneinanderkoppeln der Wellenelemente, die an deren Verbindungsenden verschiedene Spannungspegel aufweisen, beispielsweise des ersten Dämpfungswellenelements und des zweiten Füllwellenelements, ein äußerst kurzer Zeitraum erforderlich ist. Im Zusammenhang mit dem Spannungsgradientenabschnitt (P11 bis P12) ist der Zeitraum dieses Abschnitts nicht länger als jener des Spannungsgradientenabschnitts (beispielsweise P5 bis P6, P15 bis P16) des Wellenelements zum Verformen des piezoelektrischen Vibrators **25**.

[0099] Wie der oben dargelegten Beschreibung zu entnehmen ist, kann eine Druckperiode T, die in ihrer Länge durch eine Druckgeschwindigkeit des Aufzeichnungsapparats begrenzt ist, eine erhöhte Anzahl der Wellenelemente enthalten, deren Gradient und Zeitpunkte der Spannungsvariation im Zusammenhang mit dem piezoelektrischen Vibrator **25** bestimmt werden.

[0100] Die Tatsache bedeutet, dass das Volumen eines Tintentropfens über einen breiten Bereich variiert werden kann, wenn die Wellenelemente geeignet konfiguriert werden; eine Freiheit der Auswahl der Wellenelemente wird erhöht. Daher kann ein Ansteuerimpuls zum Bewirken des Ausstoßens eines Tintentropfens, der ein äußerst kleines Tintenvolumen aufweist, und ein anderer Ansteuerimpuls zum Bewirken des Ausstoßens eines Tintentropfens, der ein großes Tintenvolumen aufweist, durch Verwendung eines einzigen Ansteuersignals erzeugt werden.

[0101] Es wird festgehalten, dass der Anfangsteil P10' bis P11 und der Endteil P12 bis P12' des Verbindungsendes des Verbindungselements dem Spannungspegel nach nicht variiert werden. Das Vorsehen der festen Spannungssegmente in der Wellenform des Ansteuersignals hat die folgenden Vorteile zur Folge. Beim Verbinden der Wellenelemente kann eine Schaltzeit des Schaltkreises **24** gewährleisten, dass eine einfache Verbindung der Wellenelemente möglich ist. Zwischen den zu verbindenden Wellene-

lementen liegt keine Spannungsdifferenz vor, und demnach fließt kein Stoßstrom in den gemeinsamen Abschnitt der Wellenelemente. Das Nichtvorliegen eines Stoßstroms führt zu keiner Beschädigung von Schaltungselementen, z. B. von Transistoren, des Schaltkreises **24**. Eine bevorzugte Zeitraumlänge des festen Spannungssegments beträgt 2 μs oder länger.

[0102] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls (**Fig.** 5) aus dem Ansteuersignal zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das Zusammenziehungswellenelement (P1 bis P2'), das ersten Füllwellenelement (P2' bis P5), das erste Ausstoflwellenelement (P5 bis P9) und das erste Dämpfungswellenelement (P9 bis P10') aus diesen Wellenelementen aus und verbindet diese zeitsequentiell.

[0103] Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls aus dem Ansteuersignal zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das Zusammenziehungswellenelement, das zweite Füllwellenelement (P12' bis P15), das zweite Ausstoflwellenelement (P15 bis P17) und das zweite Dämpfungswellenelement (P17 bis P18') aus und verbindet diese zeitsequentiell.

[0104] Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das Zusammenziehungswellenelement, das zweite Füllwellenelement, das zweite Ausstoflwellenelement, das zweite Dämpfungswellenelement, das dritte Füllwellenelement (P18' bis P21), das dritte Ausstoßwellenelement (P21 bis P23) und das dritte Dämpfungswellenelement (P23 bis P24) aus und verbindet diese zeitsequentiell zu einer einzigen Wellenform.

[0105] Druckdaten aus 5 Bits werden für die Auswahl und Verbindung der Wellenelemente durch den Ansteuerimpulsgenerator verwendet. Aus diesem Grund ist das Ansteuersignal in ein erstes Wellenelement (P1 bis P2'), das sich über eine Periode T1 erstreckt, ein zweites Wellenelement (P2' bis P10'), das sich über eine Periode T2 erstreckt, ein drittes Wellenelement (P12' bis P18') über eine Periode T3 und ein viertes Wellenelement (P18' bis P24) über eine Periode T4 geteilt.

[0106] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, empfängt der Ansteuerimpulsgenerator Druckdaten "11000" (**Fig.** 4(c)) und schaltet während der Perioden T1 und T2 den Schaltkreis **24** ein und legt das erste Wellenelement und das zweite Wellenelement selektiv an den piezoelektrischen Vibrator **25** an. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, empfängt der Ansteuerimpulsgenerator Druckdaten "10010" und schaltet während der Perioden T1 und T3 den Schaltkreis **24** ein und legt das erste Wellenelement und das dritte Wellenelement selektiv an den piezoelektrischen Vibrator **25** an. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, empfängt der Ansteuerimpulsgenerator Druckdaten "10011" und schaltet während der Perioden T1, T3 und T4 den Schaltkreis **24** ein und legt das erste, das dritte und das vierte Wellenelement selektiv an den piezoelektrischen Vibrator **25** an.

[0107] Um keinen Tintentropfen auszustoßen, werden Druckdaten "00000" an den Ansteuerimpulsgenerator angelegt, und der Schaltkreis **24** bleibt ausgeschaltet. Die Beziehung zwischen den Druckdaten und den Verbindungszuständen des Schaltkreises wird weiter unten ausführlich beschrieben.

[0108] Die auf diese Weise zusammengestellte Wellenform des Kleinpunkt-pnsteuerimpulses ist wie in **Fig.** 5 dargestellt konfiguriert. Die Spannung des Ansteuerimpulses wird mit einem Gradienten θ1 von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH erhöht (P1 bis P2). Die Spitzenspannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P2 bis P3). Die Spannung des Impulses wird mit einem Gradienten **82** von der höchsten Spannung VH auf die niedrigste Spannung VL abgesenkt (P3 bis P4). Die Spannung des Impulses wird mit einem großen Gradienten θ5 von der niedrigsten Spannung VL auf die höchste Spannung VH erhöht (P5 bis P6). Die Spannung des Impulses wird auf eine zweite mittlere Spannung VM2 gesenkt, welche eine Spannung (Wert) zwischen der mittleren Spannung VM und der niedrigsten Spannung VL ist (P7 bis P8). Die zweite mittlere Spannung VM2 wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P8 bis P9), und sie wird mit einem Gradienten θ4 auf die mittlere Spannung VM erhöht (P9 bis P10).

[0109] Diese Gradienten θ1, θ2 und θ4 des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses werden derart gewählt, dass sie nicht das Ausstoßen eines Tintentropfens verursachen.

[0110] Wenn er den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls empfängt, wird der piezoelektrische Vibrator **25** geladen und entladen, um verformt zu werden. Eine Verformung des piezoelektrischen Vibrators **25** verändert das Volumen der Druckerzeugungskammer **31**.

[0111] Der piezoelektrische Vibrator **25** wird aufgeladen, während der Spannungspegel des Impulses von der mittleren Spannung VM erhöht wird. Mit Fortdauer des Aufladens sinkt das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** allmählich vom Referenzvolumen (auf die mittlere Spannung VM eingestellt) ab. Die Druckerzeugungskammer **31** hält ihr Volumen, welches durch die höchste Spannung VH definiert wird, während eines vorgegebenen Zeitraums. Mit Fortdauer des Entladens des piezoelektrischen Vibrators **25** dehnt sich das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** bis zum maximalen Volumen, welches durch die niedrigste Spannung VL definiert wird, aus (P1 bis P5).

[0112] Daraufhin zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** abrupt vom maximalen Volumen auf das minimale Volumen zusammen (P5 bis P6). Durch die abrupte Änderung des Druckerzeugungskammervolumens wird ein Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** erhöht und ein Tintentropfen aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen. In diesem Fall ist der Zeitraum des Haltens der niedrigsten Spannung VL äußerst kurz. Daher dehnt sich die Druckerzeugungskammer **31** rasch aus (P7 bis P8).

Angesichts der raschen Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31** ist das Volumen eines Tintentropfens, der aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen wird, äußerst klein.

[0113] Nach der Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31** zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** zusammen, ihr Volumen auf das Referenzvolumen zurückzuführen, um eine Schwingung des Meniskus während eines kurzen Zeitraums zu dämpfen (P8 bis P10).

[0114] Die zusammengesetzte Wellenform des Mittelpunkt-Impulses ist auf folgende Weise konfiguriert. Der Spannungspegel des Mittelpunkt-Impulses wird mit einem Gradienten θ1 von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH erhöht (P1 bis P2). Die höchste Spannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P12 bis P13). Dann wird die Impulsspannung von der höchsten Spannung VH auf die tiefste Spannung VL abgesenkt, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen (P13 bis P14). Nach dem Einfüllen von Tinte wird die Impulsspannung mit einem Gradienten **86** abrupt auf die höchste Spannung VH erhöht, so dass die Druckerzeugungskammer **31** abrupt zusammengezogen wird, um einen Tintentropfen auszustoßen (P15 bis P16). Daraufhin wird die höchste Spannung VH einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P16 bis P17), und dann wird die Impulsspannung auf die mittlere Spannung VM abgesenkt (P17 bis P18).

[0115] Bei der Wellenform des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses wird die Impulsspannung während der Periode von P16 bis P17 auf der höchsten Spannung VH gehalten, und dann wird die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt. Daher kann das Volumen eines Tintentropfens, der durch die Düsenöffnung **13** ausgestoßen wird, durch Regeln des VH-Haltezeitraums derart eingestellt werden, dass es für die mittlere Punktgröße geeignet ist.

[0116] Eine Konfiguration der zusammengesetzten Wellenform des Großpunkt-Impulses wird nun beschrieben. Wie aus **Fig.** 5 hervorgeht, wird bei der Wellenform des Großpunkt-Impulses eine spezifisch konfigurierte Wellenform zusätzlich mit dem hinteren Ende der Wellenform des Mittelpunkt-Impulses verbunden (P1 bis P18). Nach dem hinteren Ende (P18) des Mittelpunkt-Impulses wird die Impulsspannung mit einem Gradienten θ7 von der mittleren Spannung VM auf die niedrigste Spannung VL gesenkt (P19 bis P20), um Tinte in die Druckerzeugungskammer zu füllen. Nach dem Einfüllen von Tinte wird die Impulsspannung mit einem Gradienten θ8 bis auf die höchste Spannung VH erhöht, so dass die Druckerzeugungskammer **31** abrupt zusammengezogen wird, um einen Tintentropfen auszustoßen (P21 bis P22). Daraufhin wird die höchste Spannung VH einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P22 bis P23) und auf die mittlere Spannung VM gesenkt (P23 bis P24).

[0117] Wenn der Großpunkt-Impuls, der in seiner Wellenform derart konfiguriert ist, an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, bewirkt ein erster Bereich (P1 bis P18) der Wellenform des Großpunkt-Impulses, welcher der Wellenform des Mittelpunkt-Impulses entspricht, dass die Druckerzeugungskammer **31** einen ersten Tintentropfen ausstößt, und ein auf den ersten Bereich folgender zweiter Bereich bewirkt, dass die Druckerzeugungskammer **31** einen zweiten Tintentropfen ausstößt. Der erste und der zweite Tintentropfen werden zu einem großen Tintentropfen vereinigt.

[0118] Wie oben beschrieben wurde, wird das Ansteuersignal mit Wellenelementen, die in der Lage sind, den piezoelektrischen Vibrator **25** zu betätigen, und mit Verbindungselementen, die nicht in der Lage sind, diesen zu betätigen, gebildet. Die Wellenelemente auf verschiedenen Spannungspegeln werden durch das Verbindungselement verbunden. Der Ansteuerimpulsgenerator ist in der Lage, die geeignet ausgewählten Wellenelemente zu einer Mehrzahl von Ansteuerimpulsen mit unterschiedlichen Wellenformen zusammenzusetzen. Daher kann eine erhöhte Anzahl von Wellenelementen zu einem einzigen Ansteuersignal innerhalb einer Druckperiode zusammengesetzt werden.

[0119] Ein Bereich, in dem die Größe eines Tintentropfens variiert werden kann, kann verglichen mit dem herkömmlichen erweitert werden, wenn die Wellenelemente geeignet ausgewählt werden. Daher kann der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruierte Aufzeichnungsapparat Tintentropfen von verschiedenen Volumina mit hoher Druckgeschwindigkeit ausstoßen.

[0120] Ein Verfahren zum Zuführen der Druckdaten, um Ansteuerimpulse zum piezoelektrischen Vibrator **25** zu erzeugen, wird nun beschrieben.

[0121] Die Steuereinheit **6** übersetzt einen Abstufungswert aus 2 Bits in den Zwischencodedaten in Druckdaten aus 5 Bits (D1, D2, D3, D4 und D5) und speichert die resultierenden Daten in den Ausgabespeicher **4c**.

[0122] Wenn diese Druckdaten zum Aufzeichnungskopf **8** übertragen werden, werden Druckdaten, die dem ersten Wellenelement für alle Düsenöffnungen **13** entsprechen, unmittelbar vor dem Zeitpunkt des Auswählens des ersten Wellenelements (**Fig.** 4(a)) in den Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** geladen. Die Druckdaten werden während der Periode T4, beispielsweise in der vorhergehenden Druckperiode, in die Register geladen. Nachdem die Druckdaten D1 in die Register geladen wurden, gibt die Steuereinheit **6** ein Verklinkungssignal synchron mit dem Zeitpunkt der Erzeugung des ersten Wellenelements aus.

[0123] Als Reaktion auf das Verklinkungssignal erzeugt der Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** ein Auswahlsignal, welches den Druckdaten "1" zugeordnet ist. Der Spannungspegel des Auswahlsignals wird durch den Pegelumsetzer **23** erhöht, und der erhöhte wird an den Schaltkreis **24** angelegt. Dann werden die anwendbaren Schaltkreiselemente **24a** bis

24n eingeschaltet, um zu ermöglichen, dass das erste Wellenelement des Ansteuersignals in die zugeordneten piezoelektrischen Vibratorelemente **25a** bis **25n** eingegeben wird.

[0124] Während der Zufuhrperiode T1 für das erste Wellenelement werden die Druckdaten, die dem zweiten Wellenelement für alle Düsenöffnungen **13** entsprechen, in den Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22** geladen. Am Ende der Periode T1 gibt die Steuereinheit **6** ein Verklinkungssignal aus. Dadurch wird das zweite Wellenelement an das piezoelektrische Vibratorelement **25** angelegt, das den Druckdaten "1" entspricht. Hinsichtlich des Verbindungselements, des dritten Wellenelements und des vierten Wellenelements werden ähnliche Vorgänge durchgeführt.

[0125] Nach dem Fertigstellen des Verarbeitens des vierten Wellenelements endet der Druckvorgang eines Punkts für alle Düsenöffnungen **13**. Nach Fertigstellung des Ein-Punkt-Druckens, führt der Aufzeichnungsapparat das Verarbeiten des nächsten zu druckenden Punktes durch und wiederholt dann ähnliche Verarbeitungsvorgänge für die nachfolgenden zu druckenden Daten.

[0126] Beim oben genannten ersten Vorschlag ist das zweite Ausstoßwellenelement für das Ausstoßen eines Tintentropfens, um einen großen Punkt zu bilden, innerhalb der Periode T3 angeordnet, und das dritte Ausstoßwellenelement ist innerhalb der Periode T4 angeordnet. Beide Wellenelemente sind auf der Zeitachse nahe bei einander angeordnet.

[0127] Daher besteht eine Gefahr, dass das Tintentropfenausstoßen, welches durch das zweite Ausstoßwellenelement verursacht wird, das Tintentropfenausstoßen durch das dritte Ausstoßwellenelement nachteilig beeinflusst. Wenn dies der Fall ist, wird das Volumen des Tintentropfens, der durch das dritte Ausstoßwellenelement ausgestoßen wird, instabil sein. Ein Tintentropfenaufzeichnungsapparat, der zum Lösen dieses Problems konstruiert wurde, wird nun beschrieben. Dieser Tintenstrahlaufzeichnungsapparat stellt einen zweiten Vorschlag dar.

[0128] **Fig.** 6 ist ein Wellenformdiagramm, das ein Beispiel für die Wellenformen eines Ansteuersignals und für Ansteuerimpulse gemäß dem zweiten Vorschlag darstellt. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene beim ersten Vorschlag, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0129] Beim dargestellten Ansteuersignal ist ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T1 (P31 bis P32) ein erstes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T2 (P32 bis P35) ist ein zweites Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T3 (P36 bis P39) ist ein drittes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T4 (P39 bis P42) ist ein viertes Wellenelement; und ein Wellenformsegment innerhalb der Periode TS (P35 bis P36) ist ein Verbindungselement, das nicht in der Lage ist, den piezoelektrischen Vibrator **25** anzusteuern. Wie zu sehen ist, verbindet auch bei diesem Vorschlag das Verbindungselement die Wellenelemente mit verschiedenen Spannungspegeln. Durch Verwendung des Verbindungselements kann eine erhöhte Anzahl von Wellenelementen innerhalb der begrenzten Druckperiode T eingeschlossen werden.

[0130] Bei dem Vorschlag ist das erste Wellenelement (P31 bis P32) dasselbe wie das erste Wellenelement (P1 bis P2') beim ersten Vorschlag und enthält ein Zusammenziehungswellenelement. Das zweite Wellenelement (P32 bis P35) ist dasselbe wie das dritte Wellenelement (P12' bis P18') beim ersten Vorschlag und enthält ein Ausstoßwellenelement (P33 bis P34) zum Ausstoßen eines Mittelpunkt-Tintentropfens. Das dritte Wellenelement (P36 bis P39) ist dasselbe wie das zweite Wellenelement (P2' bis P10') beim ersten Vorschlag und enthält ein Ausstoßwellenelement (P37 bis P38) zum Ausstoßen eines Kleinpunkt-Tintentropfens. Das vierte Wellenelement (P39 bis P42) ist dasselbe wie das vierte Wellenelement (P18' bis P24') bei dem ersten Vorschlag und enthält ein Ausstoßwellenelement (P40 bis P41) zum Ausstoßen eines Großpunkt-Tintentropfens.

[0131] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls aus dem auf diese Weise wellengeformten Ansteuersignal zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) das erste Wellenelement und das dritte Wellenelement aus und setzt diese zu einer einzigen Wellenform zusammen. Insbesondere wählt der Ansteuerimpulsgenerator diese Wellenelemente entsprechend den Druckdaten "10010" aus. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das erste Wellenelement und das zweite Wellenelement entsprechend den Druckdaten "11000" aus und setzt diese zu einer einzigen Wellenform zusammen. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das erste, das zweite und das vierte Wellenelement entsprechend den Druckdaten "11001" aus und setzt diese zu einer einzigen Wellenform zusammen.

[0132] Der auf diese Weise zusammengesetzte Großpunkt-Ansteuerimpuls enthält zwei Ausstoßwellenelemente, ein erstes Ausstoßwellenelement (P33 bis P34, entspricht dem ersten Großpunkt-Ausstoßwellenelement) und ein zweites Ausstoßwellenelement (P40 bis P41, entspricht dem zweiten Großpunkt-Ausstoßwellenelement). Der auf diese Weise zusammengesetzte Kleinpunkt-Ansteuerimpuls enthält ein Ausstoßwellenelement (P37 bis P38, entspricht dem anderen Punktausstoßwellenelement).

[0133] Bei der Wellenform des Ansteuersignals ist das Ausstoßwellenelement des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses zwischen dem ersten und dem zweiten Wellenelement des Großpunkt-Ansteuerimpulses angeordnet.

[0134] In Fällen, in denen das auf diese Weise wellengeformte Ansteuersignal verwendet wird, kann ein

Zeitintervall vom Ausstoßen des ersten Tintentropfens zum Ausstoßen des zweiten Tintentropfens, welche beide durch den Großpunkt-Ansteuerimpuls verursacht werden, derart eingestellt werden, dass es relativ lang ist. Mit anderen Worten wird der erste Tintentropfen ausgestoßen und sein Tintenzustand stabilisiert, und dann wird der zweite Tintentropfen ausgestoßen. Somit wird das Volumen des zweiten Tintentropfens stabilisiert, was zu einer Verbesserung der Druckqualität führt.

[0135] Beim ersten und beim zweiten Vorschlag wird das Verbindungselement zum Verbinden des Dämpfungswellenelements und des Füllwellenelements verwendet. Allerdings kann das Verbindungselement zum Verbinden der Ausstoßwellenelemente untereinander verwendet werden. Das Ansteuersignal ist ausgebildet, um eine derartige Verwendung des Verbindungselements in einem dritten Vorschlag zu realisieren.

[0136] **Fig.** 7 ist ein Wellenformdiagramm, welches ein Beispiel für die Wellenformen eines Ansteuersignals und für Ansteuerimpulse gemäß dem dritten Vorschlag darstellt. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene beim ersten Vorschlag, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0137] Beim dargestellten Ansteuersignal ist ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T1 (P51 bis P52) ein erstes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T2 (P52 bis P54) ist ein zweites Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T3 (P55 bis P57) ist ein drittes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T4 (P57 bis P60) ist ein viertes Wellenelement; und ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T5 (P60 bis P62) ist ein fünftes Wellenelement; und ein Wellenformsegment innerhalb der Periode TS (P54 bis P55) ist ein Verbindungselement, das nicht in der Lage ist, den piezoelektrischen Vibrator **25** anzusteuern.

[0138] Das Ansteuersignal (Wellenform) des dritten Vorschlags ist derart ausgebildet, dass es die Druckerzeugungskammer **31**, die zusammengedrückt wird, um einen Tintentropfen von äußerst kleinem Volumen auszustoßen, abrupt ausdehnt. Die höchste Spannung VH wird an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt, um diesen zur Druckerzeugungskammer **31** hin durchzubiegen. Infolgedessen wird in der Druckerzeugungskammer **31** ein Zusammenziehungszustand aufgebaut. Dann wird die Ansteuerimpulsspannung abrupt bis auf die niedrigste Spannung VL abgesenkt, um den piezoelektrischen Vibrator **25** in der entgegen gesetzten Richtung zu verformen. Durch die Verformung wird die Druckerzeugungskammer **31** abrupt ausgedehnt.

[0139] Auf diese Weise wird innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** ein Negativdruck abrupt aufgebaut, und der Meniskus in der Düse wird rasch in die Druckerzeugungskammer **31** gezogen. Mit der Bewegung des Meniskus wird ein äußerst kleiner Tintentropfen vom Mittelpunkt des Meniskus getrennt, in die dem Inneren der Druckerzeugungskammer **31** entgegengesetzte Richtung bewegt und durch die Düsenöffnung **13** ausgestoßen.

[0140] Beim Ansteuersignal ist ein Wellenformsegment, das sich von P51 bis P52 erstreckt, ein Zusammenziehungswellenelement; ein Wellenformsegment, das sich von P52 bis P54 erstreckt, ist ein erstes Ausstoßwellenelement; ein Wellenformsegment, das sich von P55 bis P57 erstreckt, ist ein zweites Ausstoßwellenelement; ein Wellenformsegment, das sich von P58 bis P59 erstreckt, ist ein drittes Ausstoßwellenelement; und ein Wellenformsegment, das sich von P59 bis P62 erstreckt, ist ein Dämpfungswellenelement.

[0141] Ein Verbindungselement (P54 bis P55) verbindet das erste und das zweite Ausstoßwellenelement miteinander. Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) wählt diese Wellenelemente geeignet aus und setzt sie zu einer einzigen Wellenform zusammen. Auf diese Weise kann der Aristeuerimpulsgenerator mehrere Arten von Ansteuerimpulsen erzeugen.

[0142] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls aus dem auf diese Weise wellengeformten Ansteuersignal zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T2 und T5 ein und überträgt das erste, das zweite und das fünfte Wellenelement zum piezoelektrischen Vibrator **25**. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls aus dem auf diese Weise wellengeformten Ansteuersignal zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T3 und T5 ein und überträgt das erste, das dritte und das fünfte Wellenelement zum piezoelektrischen Vibrator **25**. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls aus dem auf diese Weise wellengeformten Ansteuersignal zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T3, T4 und T5 ein und überträgt das erste, das dritte, das vierte und das fünfte Wellenelement zum piezoelektrischen Vibrator **25**.

[0143] Beim dritten Vorschlag werden Druckdaten aus 6 Bits für die Auswahl und Verbindung der Wellenelemente durch den Ansteuerimpulsgenerator verwendet. Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "110001" verwendet, und die Wellenelemente, die in den Perioden T1, T2 und T5 angeordnet sind, werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "100101" verwendet, und die Wellenelemente in den Perioden T1, T3 und T5 werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "100111" verwendet, und die Wellenelemente in den Perioden T1, T3, T4 und T5 werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt.

[0144] Das Verbindungselement (P54 bis P55) ver-

bindet das erste und das zweite Ausstoflwellenelement (P52 bis P54, P55 bis P57). Daher kann ein Zeitintervall zwischen den Ausstoßwellenelementen reduziert werden; eine erhöhte Anzahl von Ausstoßwellenelementen kann im Ansteuersignal innerhalb einer begrenzten Druckperiode T aufgenommen werden; und eine Anzahl von verschiedenen Ansteuerimpulsen kann aus einem Ansteuersignal erzeugt werden.

[0145] Das Zeitintervall zwischen den Ausstoßwellenelementen kann durch Verwendung des Verbindungselements eingestellt werden. Daher kann der Tintentropfenausstoßzeitpunkt in Schritten im Mikrobereich eingestellt werden, und somit wird eine falsche Landeposition des Tintentropfens auf dem Druckmedium verringert.

[0146] Beim dritten Vorschlag wird das identische Zusammenziehungswellenelement (P51 bis P52) sowohl vom ersten als auch vom zweiten Wellenelement verwendet. Mit anderen Worten werden das Zusammenziehungswellenelement und das erste Ausstoßwellenelement zusammengesetzt, um einen ersten Ansteuerimpuls zu bilden, und das Zusammenziehungswellenelement und das zweite Ausstoßwellenelement werden zusammengesetzt, um einen zweiten Ansteuerimpuls zu bilden.

[0147] Bei der Wellenform des Ansteuersignals kann die Größe des Tintentropfens durch Verwendung eines Zeitintervalls zwischen dem Zusammenziehungswellenelement und dem Ausstoßwellenelement eingestellt werden. Das Zeitintervall kann durch Verwendung eines Variationsgradienten des Verbindungselements und eines Wellenform-Flachsegments eingestellt werden. Demnach kann die Größe des Tintentropfens auf mikroskopischer Ebene eingestellt werden. Das Ergebnis ist eine weitere Verbesserung der Druckqualität.

[0148] Das technische Konzept des dritten Vorschlags gilt auch in einem derartigen Fall, in dem das Füllwellenelement an Stelle des Zusammenziehungswellenelements verwendet wird, und eine Mehrzahl von Ansteuerimpulsen wird zu den Zeitpunkten des Auswählens des Ausstoßwellenelements und des Füllwellenelements erzeugt.

[0149] Das Ansteuersignal enthält eine Mehrzahl von Ausstoflwellenelementen, die in der Lage sind, den piezoelektrischen Vibrator **25** ansteuern, um Tintentropfen zu verschiedenen Zeitpunkten auszustoßen. Konkret enthält das Ansteuersignal ein erstes Ausstoßwellenelement (P53 bis P54), ein zweites Ausstoßwellenelement (P56 bis P57) und ein drittes Ausstoßwellenelement (P58 bis P59).

[0150] Der Ansteuerimpulsgenerator erzeugt eine Mehrzahl von Ansteuerimpulsen, derart, dass ein Kleinpunkt-Tintentropfen früher als ein Großpunkt-Tintentropfen ausgestoßen wird. Wenn ein Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zum Ausstoßen eines kleinen Tintentropfens mit einem Mittelpunkt-Ansteuerimpuls verglichen wird, erscheint das Ausstoßwellenelement (P53 bis P54) für den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls, ehe das Ausstoflwellenelement (P56 bis P57) für den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls erscheint.

[0151] Je kleiner das Volumen des Tintentropfens ist, desto früher wird der Tintentropfen ausgestoßen. Eine Fluggeschwindigkeit eines ausgestoßenen Tintentropfens hängt zum Teil von der Größe des Tintentropfens ab. Je größer der Tintentropfen ist, umso schneller fliegt der Tintentropfen. Daher wird ein Zeitraum vom Ausstoßen des Tintentropfens, bis dieser auf einem Druckmedium landet, auch minuziös durch die Größe des Tintentropfens beeinflusst. Ein Zeitraum, den ein großer Tintentropfen benötigt, um auf dem Aufzeichnungspapier zu landen, ist kurz, während ein Zeitraum, den ein kleiner Tintentropfen benötigt, um auf dem Aufzeichnungspapier zu landen, lang ist.

[0152] Daher kann die Landezeitdifferenz, die sich aus Tintentropfengrößen ergibt, reduziert werden, indem der kleine Tintentropfen früher als der große Tintentropfen ausgestoßen wird. Das hat eine weitere Verbesserung der Druckqualität zur Folge.

[0153] Während beim dritten Vorschlag das Verbindungselement die Ausstoßwellenelemente miteinander verbindet, können die Füllwellenelemente durch das Verbindungselement miteinander verbunden werden. Ein Ansteuersignal, welches wellengeformt ist, um dies zu realisieren, wird in einem vierten Vorschlag besprochen.

[0154] **Fig.** 8 ist ein Wellenformdiagramm, das ein Beispiel für die Wellenformen eines Ansteuersignals und für Ansteuerimpulse gemäß dem vierten Vorschlag darstellt. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene beim ersten Vorschlag, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0155] Beim in **Fig.** 8 dargestellten Ansteuersignal ist ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T1 (P71 bis P72) ein erstes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T2 (P72 bis P74) ist ein zweites Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T3 (P75 bis P76) ist ein drittes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T4 (P77 bis P78) ist ein viertes Wellenelement; und ein Wellenformsegment innerhalb der Periode T5 (P78 bis P81) ist ein fünftes Wellenelement; ein Wellenformsegment innerhalb der Periode TS1 (P74 bis P75) ist ein erstes Verbindungselement; und ein Wellenformsegment innerhalb der Periode TS2 (P76 bis P77) ist ein zweites Verbindungselement.

[0156] Das Ansteuersignal des vierten Vorschlags enthält eine Mehrzahl von Füllwellenelementen und ein Ausstoßwellenelement. Das Volumen eines auszustoßenden Tintentropfens kann durch geeignetes Kombinieren dieser Wellenelemente verändert werden. Mit anderen Worten wird eine Mehrzahl von Füllwellenelementen zum Bewirken verschiedener Tintenfüllzustände vorgesehen, und diese Wellenelemente werden geeignet kombiniert, um das Volumen des Tintentropfens einzustellen.

[0157] Bei der Wellenform des Ansteuersignals ist ein Wellenformsegment von P71 bis P72 ein Zusammenziehungswellenelement; ein Wellenformsegment von P72 bis P74 ist ein erstes Füllwellenelement; ein wellenformsegment von P75 bis P76 ist ein zweites Füllwellenelement; ein Wellenformsegment von P77 bis P78 ist ein drittes Füllwellenelement; ein wellenformsegment von P79 bis P80 ist ein Ausstoßwellenelement; und ein wellenformsegment von P80 bis P81 ist ein Dämpfungswellenelement.

[0158] Das erste Verbindungselement (P74 bis P75) verbindet das erste und das zweite Füllwellenelement, und das zweite Verbindungselement (P76 bis P77) verbindet das zweite und das dritte Füllwellenelement.

[0159] Da eine Mehrzahl von Füllwellenelementen durch Verwendung des Verbindungselements miteinander verbunden werden, können Intervalle dazwischen verkürzt werden. Daher kann eine erhöhte Anzahl von Füllwellenelementen in das Ansteuersignal innerhalb einer Druckperiode gepackt werden.

[0160] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) wählt diese Wellenelemente geeignet aus und setzt sie zu einer einzigen Wellenform zusammen. Auf diese Weise kann der Ansteuerimpulsgenerator mehrere Arten von Ansteuerimpulsen erzeugen.

[0161] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls aus dem derart wellengeformten Ansteuersignal zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T4 und T5 ein; wählt das erste, das vierte und das fünfte Wellenelement aus; setzt diese zu einem Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zusammen, der das Zusammenziehungswellenelement und das dritte Füllwellenelement umfasst, wobei beide zeitsequentiell gekoppelt sind; und überträgt den Ansteuerimpuls zum piezoelektrischen Vibrator **25**.

[0162] Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T3 und T5 ein; wählt. das erste, das dritte und das fünfte Wellenelement aus; setzt diese zu einem Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zusammen, der das Zusammenziehungswellenelement und das zweite Füllwellenelement umfasst, wobei beide zeitsequentiell gekoppelt sind; und überträgt den Ansteuerimpuls zum piezoelektrischen Vibrator **25**.

[0163] Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, schaltet der Ansteuerimpulsgenerator den Schaltkreis **24** während der Perioden T1, T2 und T5 ein; wählt das erste, das zweite und das fünfte Wellenelement aus; setzt diese zu einem Großpunkt-Ansteuerimpuls zusammen, der das Zusammenziehungswellenelement und das erste Füllwellenelement umfasst, wobei beide zeitsequentiell gekoppelt sind; und überträgt den Ansteuerimpuls zum piezoelektrischen Vibrator **25**.

[0164] Beim vierten Vorschlag werden auch Druckdaten aus 7 Bits für die Auswahl und Verbindung der Wellenelemente durch den Ansteuerimpulsgenerator verwendet. Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "1000011" verwendet, und die Wellenelemente in den Perioden T1, T4 und T5 werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "1001001" verwendet, und die Wellenelemente in den Perioden T1, T3 und T5 werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, werden die Druckdaten "1100001" verwendet, und die Wellenelemente in den Perioden T1, T2 und T5 werden dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt.

[0165] Beim vierten Vorschlag werden die identischen Ausstoßwellenelemente zum Ausstoßen eines Tintentropfens verwendet. Daher kann die Größe des Tintentropfens durch Verwendung eines Füllwellenelements, das aus dem ersten, dem zweiten und dem dritten Füllwellenelement (P72 bis P74, P75 bis P76, P77 bis P78) ausgewählt wird, bestimmt werden. Dies trägt zur Vereinfachung der Steuerung bei.

[0166] Tintentropfen von unterschiedlichen Volumina werden durch Verwendung der identischen Ausstoßwellenelemente ausgestoßen. Dies trägt ebenfalls zur Vereinfachung der Steuerung bei.

[0167] Daher kann ein variabler Tintenvolumenbereich bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hohen Druckgeschwindigkeit erweitert werden.

[0168] Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nunmehr beschrieben. Bei dieser Ausführungsform ist derart konfiguriert, dass die Druckerzeugungskammer **31** $_{m}$it dem Referenzvolumen ausgedehnt ist; die ausgedehnte Druckerzeugungskammer einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten wird; die ausgedehnte Druckerzeugungskammer weiter ausgedehnt wird; und die weiter ausgedehnte Druckerzeugungskammer zusammengezogen wird, um einen Tintentropfen auszustoßen.

[0169] Eine Wellenform des Ansteuersignals, die in **Fig.** 9 dargestellt ist, ist in der Lage, Tintentropfen von unterschiedlichem Volumen, einen großen Tintentropfen und einen mittleren Tintentropfen, durch dieselbe Düsenöffnung **13** auszustoßen.

[0170] Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene beim ersten Vorschlag, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0171] Bei der Wellenform des Ansteuersignals ist ein Wellenformsegment, das in der Periode T1 (P91 bis P97) angeordnet ist, ein erstes Wellenelement, und ein Wellenformsegment, das in der Periode T2 (P97 bis P106) angeordnet ist, ist ein zweites Wellenelement.

[0172] Das erste Wellenelement enthält ein Füllwellenelement (P91 bis P93, entspricht dem zweiten Füllwellenelement), das in der Lage ist, den piezoelektrischen Vibrator **25** zu verformen, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen, ein Ausstoß-

wellenelement (P93 bis P95, entspricht dem zweiten Ausstoßwellenelement), das in der Lage ist, den piezoelektrischen Vibrator **25** zu verformen, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen, und ein Dämpfungswellenelement (P95 bis P96) zum Dämpfen einer Schwingung des Meniskus unmittelbar nach dem Ausstoßen des Tintentropfens.

[0173] Der Anfangspunkt (P91) und der Endpunkt (P97) des ersten Wellenelements werden auf die mittlere Spannung VM eingestellt. Der Anfangspunkt (P97) und der Endpunkt (P106) des zweiten Wellenelements werden ebenfalls auf die mittlere Spannung VM eingestellt. Da die Anfangs- und die Endpunkte einer Mehrzahl von Wellenelementen auf die mittlere Spannung VM eingestellt werden, können diese Wellenelemente problemlos gekoppelt werden.

[0174] Das zweite Wellenelement enthält ein Ausdehnungswellenelement (P98 bis P100), welches die Druckerzeugungskammer **31** mit dem Referenzvolumen, welches auf die mittlere Spannung VM eingestellt ist, leicht ausdehnt, eine kleine Menge Tinte in die Druckerzeugungskammer einfüllt und diesen Zustand der Druckerzeugungskammer aufrechterhält, ein Füllwellenelement (P100 bis P102, entspricht dem ersten Füllwellenelement) zum Einfüllen von Tinte in die Druckerzeugungskammer **31**, ein Ausstoßwellenelement (P102 bis P104, entspricht dem ersten Ausstoßwellenelement), das in der Lage ist, einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen, und ein Dämpfungswellenelement zum Dämpfen einer Schwingung des Meniskus unmittelbar nach dem Tintentropfenausstoßen.

[0175] Ein Haltezeitraum zum Halten der ausgedehnten Druckerzeugungskammer **31**, das heißt ein Zufuhrzeitraum Tc eines Ausdehnungshaltewellenelements (P99 bis P100), ist im Ausdehnungswellenelement des zweiten Wellenelements vorgesehen. Vorzugsweise ist der Haltezeitraum dermaßen lang, dass eine Schwingung des Meniskus, die verursacht wird, wenn der piezoelektrische Vibrator **25** verformt wird, um die Druckerzeugungskammer **31** auszudehnen, auf einen Normalzustand beruhigt wird.

[0176] Der Haltezeitraum ist vorzugsweise länger als die Periode einer Eigenfrequenz der Druckerzeugungskammer **31**, insbesondere zumindest zweimal so lang wie die Eigenfrequenzperiode. Hier ist die Eigenfrequenzperiode der Druckerzeugungskammer **31** jene Periode (etwa 8 bis 10 μsec.) einer Eigenfrequenz eines Meniskus, die jedem Typ von Aufzeichnungskopf **8** eigen ist und durch die Kapazität und die Abmessungen der Druckerzeugungskammer **31** bestimmt wird.

[0177] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) erzeugt aus dem Ansteuersignal geeignet einen Ansteuerimpuls. Um das Ansteuersignal zu verarbeiten, um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zum Ausstoßen eines mittleren Tintentropfens (entspricht einem zweiten Ansteuerimpuls der vorliegenden Erfindung) zu bilden, wählt, wie aus **Fig.** 10 hervorgeht, der Ansteuerimpulsgenerator das erste Wellenelement (P91 bis P97) aus. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zum Ausstoßen eines großen Tintentropfens zu erzeugen (entspricht einem ersten Ansteuerimpuls in der vorliegenden Erfindung), wählt der Ansteuerimpulsgenerator das zweite Wellenelement (P98 bis P106) aus.

[0178] Bei der ersten Ausführungsform werden 2-Bit-Druckdaten zum Auswählen des Wellenelements verwendet. Aus diesem Grund wird eine Wellenform des Ansteuersignals in zwei Abschnitte geteilt, ein erstes Wellenelement (P91 bis P97), das in einer ersten Periode T1 angeordnet ist, und ein zweites Wellenelement (P97 bis P106), das in einer zweiten Periode T2 angeordnet ist. Um einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, schalten die Druckdaten "10" den Schaltkreis **24** während der Periode T1 ein, was wiederum ermöglicht, das erste Wellenelement in den piezoelektrischen Vibrator **25** einzugeben. Um einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zu erzeugen, schalten die Druckdaten "01" den Schaltkreis **24** während der Periode T2 ein, was wiederum ermöglicht, das erste Wellenelement in den piezoelektrischen Vibrator **25** einzugeben. In einem Nicht-Druck-Modus, in dem kein Punkt gebildet wird, schalten die Druckdaten "00" den Schaltkreis **24** aus.

[0179] Wenn der derart erzeugte Mittelpunkt-Ansteuerimpuls dem piezoelektrischen Vibrator **25** zugeführt wird, wird ein Tintentropfen auf folgende Weise ausgestoßen.

[0180] Wie aus **Fig.** 10 hervorgeht, wird der piezoelektrische Vibrator **25** bei einem Zeitpunkt P91, der auf die mittlere Spannung VM eingestellt ist, leicht zur Druckerzeugungskammer **31** hin durchgebogen, und in diesem Zustand ist die Druckerzeugungskammer **31** leicht zusammengezogen. Dieser Zustand ist ein Ausgangszustand, und das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** in diesem Zustand ist das Referenzvolumen.

[0181] Die Spannung des Ansteuersignals wird mit einem Gradienten θ11 von der mittleren Spannung VM auf die niedrigste Spannung VL reduziert (P91 bis P92), und die niedrigste Spannung VL wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P92 bis P93). Zu diesem Zeitpunkt verformt sich der piezoelektrische Vibrator **25** mit der Abnahme der Spannung; die Druckerzeugungskammer **31** dehnt sich derart aus, dass ihr Volumen über das Referenzvolumen hinaus erhöht wird; und Tinte wird in die Druckerzeugungskammer **31** eingefüllt.

[0182] Dann wird die niedrigste Spannung VL mit einem Gradienten θ12 abrupt bis auf die höchste Spannung VH erhöht (P93 bis P94). Zu diesem Zeitpunkt wird der piezoelektrische Vibrator **25** abrupt verformt, während sich die Druckerzeugungskammer **31** abrupt zusammenzieht, um ihr Volumen zu verringern. Das Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** erhöht einen Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen.

[0183] Die höchste Spannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P94 bis P95); dann abrupt auf die mittlere Spannung VM abgesenkt, um die Druckerzeugungskammer **31** auszudehnen, bis die Kammer das Referenzvolumen aufweist, um dadurch die Schwingung des Meniskus einen kurzen Zeitraum lang zu dämpfen (P95 bis P96). Da die Druckerzeugungskammer **31** nach dem Anhalten der höchsten Spannung VH ausgedehnt wird, wird Tinte in einem gewissen Maß aus der Düsenöffnung **13** bewegt und dann zur Druckerzeugungskammer **31** gezogen. Das Volumen des Tintentropfens, der aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen wird, kann durch Verwendung eines Anhaltezeitraums (P94 bis P95) der höchsten Spannung VH eingestellt werden. Daher kann ein Tintentropfen, der das für den mittleren Punkt geeignete Volumen aufweist, ausgestoßen werden.

[0184] Wenn ein Großpunkt-Ansteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, wird ein Tintentropfen auf folgende Weise ausgestoßen.

[0185] Die Spannung des Großpunkt-Ansteuerimpulses wird mit einem Gradienten θ13 von der mittleren Spannung VM auf eine zweite mittlere Spannung VML reduziert (P98 bis P99). Die zweite mittlere Spannung VML liegt auf einem mittleren Pegel zwischen der mittleren Spannung VM und der niedrigsten Spannung VL. Die zweite mittlere Spannung VML wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P99 bis P1100). Bei Verformung des piezoelektrischen Vibrators **25** wird die Druckerzeugungskammer **31** leicht ausgedehnt, um ihr Volumen etwas über das Referenzvolumen hinaus zu erhöhen. Eine kleine Menge Tinte wird in die Druckerzeugungskammer **31** eingefüllt. Dieser Zustand der Druckerzeugungskammer **31** wird während eines ausreichend langen Zeitraums Tc auf der zweiten mittleren Spannung VML gehalten. Demnach wird die Schwingung des Meniskus, welche verursacht wird, wenn die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt wird, zufriedenstellend beruhigt.

[0186] Die Spannung des Ansteuersignals wird mit einem Gradienten θ14 von der zweiten mittleren Spannung VML auf die niedrigste Spannung VL gesenkt (P100 bis P101). Die niedrigste Spannung VL wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P101 bis P102). Zu diesem Zeitpunkt wird die ausgedehnte Druckerzeugungskammer **31** weiter ausgedehnt, und Tinte wird in die Druckerzeugungskammer **31** eingefüllt. Dann wird die Ansteuersignalspannung abrupt mit einem Gradienten θ15 von der niedrigsten Spannung VL auf die höchste Spannung VH erhöht (P102 bis P103). Die höchste Spannung VH wird einen vorgegeben Zeitraum lang gehalten (P103 bis P104). Am Ende des vorgegebenen Zeitraums wird die Ansteuersignalspannung abrupt von der höchsten Spannung VH auf die mittlere Spannung VM gesenkt, und die Druckerzeugungskammer **31** nimmt wieder ihr Referenzvolumen ein (P104 bis P105). Bei der abrupten Absenkung der Spannung beruhigt sich der schwingende Meniskus während eines kurzen Zeitraums. Zu diesem Zeitpunkt bewirkt eine abrupte Verformung des piezoelektrischen Vibrators **25**, dass sich die Druckerzeugungskammer **31** rasch zusammenzieht, um ihr Volumen zu reduzieren, und ein Tintentropfen aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen wird.

[0187] Die Wellenform des Großpunkt-Ansteuerimpulses ist derart konfiguriert, dass die Impulsspannung von der mittleren Spannung VM auf die zweite mittlere Spannung VML reduziert wird und die Spannung VML einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten wird (P98 bis P100), und die Druckerzeugungskammer **31** wird weiter ausgedehnt, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen (P100 bis P102). Die derart konfigurierte Wellenform verringert eine Druckvariation innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** und ein Zurückziehen des Meniskus der Druckerzeugungskammer **31**.

[0188] Eine Amplitude einer Druckvariation innerhalb der Druckerzeugungskammer **31**, welche verursacht wird, wenn ein großer Tintentropfen ausgestoßen wird, wird reduziert, um dadurch eine übermäßige Zunahme der Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens zu unterdrücken. Infolgedessen wird eine falsche Landeposition des Tintentropfens auf dem Druckmedium, welche sich auf Grund der Differenz im Tintenvolumen der Tintentropfen ergibt, ausgeräumt.

[0189] Eine Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens kann durch Verwendung eines Grades einer Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31** und eines Haltezeitraums des Haltens eines ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer **31** eingestellt werden. Demnach kann die Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens derart eingestellt werden, dass sie sich für das Volumen des fliegenden Tintentropfens eignet. Dieses Merkmal beseitigt auch die Fluggeschwindigkeitsdifferenz des Tintentropfens, welche durch die Tintenvolumendifferenz verursacht wird. Ein weiteres exaktes Landen des Tintentropfens auf dem Aufzeichnungspapier ist sichergestellt.

[0190] Zudem erfordert die erste Ausführungsform keinen komplizierten Vorgang, um eine Mehrzahl feiner Tintentropfen zu vereinigen, und kann einen großen Punkt auf dem Druckmedium durch Verwendung eines Tintentropfens bilden und einen variablen Punktdurchmesserbereich erweitern.

[0191] Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun beschrieben. Bei dieser Ausführungsform bilden ein Ansteuerimpuls, der in eine Mehrzahl von Wellenelementen geteilt ist, und ein anderer dazwischen angeordneter Ansteuerimpuls ein Ansteuersignal.

[0192] Eine Wellenform eines Ansteuersignals, die in **Fig.** 11 dargestellt ist, ist ebenfalls konfiguriert, um einen großen Tintentropfen und einen kleinen Tintentropfen durch dieselbe Düsenöffnung **13** auszustoßen. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie

jene bei der ersten Ausführungsform, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0193] Das Ansteuersignal enthält einen Großpunkt-Ansteuerimpuls zum Ausstoßen eines großen Tintentropfens und einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zum Ausstoßen eines mittleren Tintentropfens. Der Großpunkt-Ansteuerimpuls entspricht dem ersten Ansteuerimpuls, und der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls entspricht dem zweiten Ansteuerimpuls.

[0194] Ein Wellenelement des Großpunkt-Ansteuerimpulses ist in zwei Wellenelemente geteilt, welche in den Perioden T1 und T3 angeordnet sind. Ein Wellenelement des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses ist in der Periode T2 angeordnet. Mit anderen Worten bilden ein erstes Wellenelement, das in der Periode T1 angeordnet ist (P111 bis P113), und eine zweites Wellenelement in der Periode T3 (P128 bis P135) einen Großpunkt-Ansteuerimpuls. Ein zweites Wellenelement (P116 bis P125), welches den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls bildet, ist in der Periode T2 angeordnet, welche zwischen den Perioden T1 und T3 angeordnet ist.

[0195] Ein erstes Verbindungselement (P113 bis P116) (**Fig.** 11(b)) belegt eine Periode TS1, welche zwischen den Perioden T1 und T2 angeordnet ist. Das Verbindungselement verbindet den Endpunkt (P113) des ersten Wellenelements und den Anfangspunkt (P116) des zweiten Wellenelements, wobei diese Punkte auf verschiedenen Spannungspegeln liegen. Ein zweites Verbindungselement (P125 bis P128) (**Fig.** 11(c)) belegt eine Periode TS2, welche zwischen den Perioden T2 und T3 angeordnet ist. Das Verbindungselement verbindet den Endpunkt (P125) des zweiten Wellenelements und den Anfangspunkt (P128) des dritten Wellenelements, wobei diese Punkte auf verschiedenen Spannungspegeln liegen.

[0196] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) empfängt die Druckdaten "10001" und wählt die Wellenelemente in den Perioden T1 und T3 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Großpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Druckdaten "00100" und wählt das zweite Wellenelement in der Periode T2 des Ansteuersignals aus und erzeugt einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls.

[0197] Der Großpunkt-Ansteuerimpuls enthält ein Ausdehnungswellenelement (P111 bis P113, P128 bis P129), ein Füllwellenelement (P129 bis P131, entspricht dem ersten Füllwellenelement), ein Ausstoßwellenelement (P131 bis P133, entspricht dem ersten Ausstoßwellenelement) und ein Dämpfungswellenelement (P133 bis P134). Im Ausdehnungswellenelement sinkt die mittlere Spannung VM auf die zweite mittlere Spannung VML ab, so dass die Druckerzeugungskammer **31** etwas ausgedehnt wird, um eine Menge von Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen, und dieser Zustand der Druckerzeugungskammer wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten. Das Füllwellenelement dehnt die ausgedehnte Druckerzeugungskammer **31** weiter aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer zu füllen. Das Ausstoßwellenelement ist zum Ausstoßen eines Tintentropfens durch die Düsenöffnung **13** vorgesehen. Das Dämpfungswellenelement dient zum Dämpfen einer Schwingung des Meniskus unmittelbar nach dem Ausstoßen.

[0198] Der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls enthält ein Zusammenziehungswellenelement (P117 bis P119), ein Füllwellenelement (P119 bis P121, entspricht dem zweiten Füllwellenelement), ein Ausstoßwellenelement (P121 bis P123, entspricht einem zweiten Ausstoßwellenelement) und ein Dämpfungswellenelement (P123 bis P124). Im Zusammenziehungswellenelement steigt die mittlere Spannung VM auf die höchste Spannung VH, um die Druckerzeugungskammer **31** zusammenzuziehen, und der zusammengezogene Zustand der Druckerzeugungskammer wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten. Das Füllwellenelement dient zum Ausdehnen der zusammengezogenen Druckerzeugungskammer **31**, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Das Ausstoßwellenelement dient zu Zusammenziehen des ausgedehnten Wellenelements, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen. Durch Verwendung des Dämpfungswellenelements wird die Schwingung des Meniskus, welche unmittelbar nach dem Ausstoßen von Tinte stattfindet, beruhigt.

[0199] Wenn der derart konfigurierte Mittelpunkt-Ansteuerimpuls in den piezoelektrischen Vibrator **25** eingegeben wird, wird ein Tintentropfen auf folgende Weise ausgestoßen. Die Spannung des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses wird von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH mit einem derartigen Gradienten θ16 erhöht, dass kein Tintentropfen ausgestoßen wird (P117 bis P118). Zu diesem Zeitpunkt zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** mit dem Referenzvolumen zusammen, um ihr Volumen zu reduzieren, um dadurch eine Ausdehnungsmarge für die nächste Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31** zu gewährleisten. Mit dem Zeitraum des Haltens der höchsten Spannung VH wird der Meniskus aus der Düsenöffnung **13** gestoßen. In dem Moment, in dem der ausgestoßene Meniskus zurückschlägt, kann die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt werden. Infolgedessen kann der Meniskus in die Druckerzeugungskammer **31** gezogen werden, und ein Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** kann in einem Zustand beginnen, in dem der Meniskus in die Druckerzeugungskammer **31** gebracht wird.

[0200] Dann wird die Spannung des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses mit einem Gradienten θ17 von der höchsten Spannung VH auf die untere Spitzenspannung VL gesenkt (P119 bis P120). Die niedrigste Spannung VL wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P120 bis P121), um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Zu diesem Zeit-

punkt wird die Druckerzeugungskammer **31** zusammengezogen, um ihr Volumen abrupt zu reduzieren, und ein Tintentropfen wird aus der Düsenöffnung **13** ausgestoßen. wie oben beschrieben wurde, beginnt das Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** in einem Zustand, in dem der Meniskus zu der Druckerzeugungskammer **31** gezogen und in diese hineingebracht wird, und ein Tintentropfen wird in einem Zustand ausgestoßen, in dem die Signalspannung abrupt mit einem Gradienten θ18 von VL auf eine Spannung VMH erhöht wird, welche etwas niedriger als die höchste Spannung VH ist (P121 bis P122). Daher eignet sich das Volumen eines auszustoßenden Tintentropfens zum Bilden des mittleren Punkts.

[0201] Nachdem ein vorgegebener Zeitraum in einem Zustand, in dem die Spannung VMH an den piezoelektrischen Vibrator angelegt ist, verstrichen ist (P122 bis P123), wird die Signalspannung von der Spannung VMH auf die mittlere Spannung VM reduziert, um die Schwingung des Meniskus zu dämpfen; die Druckerzeugungskammer **31** wird ausgedehnt, um wieder das Referenzvolumen einzunehmen (P123 bis P124).

[0202] Ein Vorgang, um einen großen Tintentropfen durch Anlegen eines Großpunkt-Ansteuerimpulses an den piezoelektrischen Vibrator **25** auszustoßen, ähnelt jenem bei der bereits dargelegten ersten Ausführungsform. Keine weitere Beschreibung davon wird vorgesehen.

[0203] Bei der Ausführungsförm ist die Wellenform des Ansteuersignals derart konfiguriert, dass das Ausdehnungswellenelement des Wellenelements, das einen Großpunkt-Ansteuerimpuls bildet, in zwei Wellenelemente geteilt ist, ein erstes Ausdehnungswellenelement (P111 bis P113) und ein zweites Ausdehnungswellenelement (**128** bis P129), und ein Wellenelement, das den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls bildet, ist zwischen dem ersten und dem zweiten Ausdehnungswellenelement (entspricht dem partiellen Ausdehnungswellenelement) angeordnet. Daher kann ein Haltezeitraum (P121 bis P129) im Ausdehnungswellenelement derart eingestellt werden, dass er lang ist. Ferner kann das Ansteuersignal derart ausgebildet sein, dass es kurz ist. Daher kann eine Vielzahl von Ansteuerimpulsen in die begrenzte Druckperiode gepackt werden.

[0204] Zudem können das Ausstoßwellenelement (P121 bis P122) des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses und das Ausstoßwellenelement (P131 bis 133) des Großpunkt-Ansteuerimpulses auf der Zeitachse nahe bei einander angeordnet werden. Die Tatsache bedeutet, dass eine falsche Landeposition des Tintentropfens auf dem Druckmedium verringert wird und dass eine hohe Druckqualität gewährleistet wird.

[0205] Eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun beschrieben. Eine Wellenform eines Ansteuersignals, das in der dritten Ausführungsform konfiguriert ist, ist derart, dass eine Mehrzahl von Ansteuerimpulsen in eine Mehrzahl von Wellenelementen geteilt ist und ein Wellenelement eines anderen Ansteuerimpulses zwischen den Wellenelementen eines Ansteuerimpulses angeordnet ist.

[0206] Ein in **Fig.** 12(a) dargestelltes Ansteuersignal ist in der Lage, einen großen Tintentropfen und einen kleinen Tintentropfen durch dieselbe Düsenöffnung **13** auszustoßen. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene beim ersten Vorschlag, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0207] Beim Ansteuersignal ist ein Wellenelement, das einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls (entspricht dem zweiten Ansteuerimpuls) bildet, in zwei Wellenelemente geteilt, die in den Perioden T1 und T3 angeordnet sind. Ein Wellenelement, welches einen Großpunkt-Ansteuerimpuls (entspricht dem ersten Ansteuerimpuls) bildet, ist in zwei Wellenelemente geteilt, die in den Perioden T2 und T4 angeordnet sind. Ein erstes Wellenelement (P141 bis P143) in der Periode T1 und ein drittes Wellenelement (P152 bis P159) in der Periode T3 bilden einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls. Ein zweites Wellenelement (P146 bis P149) in der Periode T2 zwischen den Perioden T1 und T3 und ein viertes Wellenelement (P162 bis P169) in der Periode T4 bilden einen Großpunkt-Ansteuerimpuls.

[0208] Ein erstes Verbindungselement (P143 bis P146) (**Fig.** 12(b)) ist in einer Periode TS1 zwischen den Perioden T1 und T2 angeordnet. Das erste Verbindungselement verbindet den Endpunkt (P143) des ersten Wellenelements und den Anfangspunkt (P146) des zweiten Wellenelements. Ein zweites Verbindungselement (P149 bis P152, **Fig.** 12(c)) ist in einer Periode TS2 zwischen den Perioden T2 und T3 angeordnet, und ein drittes Verbindungselement (P159 bis P162, **Fig.** 12(d)) ist in einer Periode TS3 zwischen den Perioden T3 und T4 angeordnet.

[0209] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) empfängt die Druckdaten "1000100" und wählt die Wellenelemente in den Perioden T1 und T3 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Druckdaten "0010001" und wählt die Wellenelemente in den Perioden T2 und T4 des Ansteuersignals aus und erzeugt einen Großpunkt-Ansteuerimpuls.

[0210] Wenn der Kleinpunkt-pnsteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, wird ein Tintentropfen auf folgende Weise ausgestoßen.

[0211] Die Spannung des Ansteuerimpulses wird, mit einem Gradienten θ19 der derart ist, dass kein Tintentropfen ausgestoßen wird, von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH erhöht (P141 bis P142). Die höchste Spannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P142 bis P143, P152 bis P153). Zu diesem Zeitpunkt zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** zusammen, um ein Volumen aufzuweisen, das kleiner als das Referenz-

volumen ist, und gewährleistet eine Ausdehnungsmarge für die nächste Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31**.

[0212] Mit der Zeit des Haltens der höchsten Spannung VH wird der Meniskus aus dem Rand der Düsenöffnung **13** gedrückt. In dem Moment, in dem der gedrückte Meniskus zurückschlägt, kann die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt werden. Infolgedessen kann der Meniskus in die Druckerzeugungskammer **31** gezogen werden, und das Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** kann in einem Zustand beginnen, in dem der Meniskus in die Druckerzeugungskammer **31** gebracht wird.

[0213] Die Signalspannung wird mit einem Gradienten θ20 von der höchsten Spannung VH auf die niedrigste Spannung VL reduziert (P153 bis P154). Die niedrigste Spannung VL wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P154 bis P155), um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Dann wird die Signalspannung mit einem Gradienten θ21 von der niedrigsten Spannung VL auf die höchste Spannung VH erhöht (P155 bis P156). Zu diesem Zeitpunkt wird das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** rasch reduziert, während ein Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer **31** erhöht wird. Das Ergebnis ist, dass ein Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** ausgestoßen wird.

[0214] In diesem Fall wird ein Tintentropfen auf eine Weise ausgestoßen, dass die Signalspannung in einem Zustand, in dem der Meniskus tief in die Druckerzeugungskammer gezogen wird, auf die höchste Spannung VH erhöht wird. Demzufolge weist ein kleiner Tintentropfen, der ausgestoßen wird, ein Tintenvolumen auf, das für den kleinen Punkt geeignet ist.

[0215] Ein Zustand, in dem die höchste Spannung VH an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt ist, wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P156 bis P157), und die Signalspannung wird von der höchsten Spannung VH auf die mittlere Spannung VM gesenkt, um die Schwingung des Meniskus während eines kurzen Zeitraums zu dämpfen; die Druckerzeugungskammer **31** nimmt wieder das Referenzvolumen an (P157 bis P158).

[0216] Ein Vorgang, einen großen Tintentropfen durch Anlegen eines Großpunkt-Ansteuerimpulses an den piezoelektrischen Vibrator **25** auszustoßen, ähnelt jenem bei der bereits dargelegten ersten Ausführungsform. Es wird keine weitere Beschreibung dafür vorgesehen.

[0217] Das Ansteuersignal enthält die Wellenelemente, welche die Groß- und Kleinpunkt-Ausstoßwellenformen bilden. Daher kann das Ansteuersignal als solches derart ausgebildet sein, dass es kurz ist, und eine erhöhte Anzahl von Ansteuerimpulsen kann innerhalb der begrenzten Druckperiode eingeschlossen werden. Die Wellenformkonfigurationen von anderen Signalen als dem Ansteuersignal sind dieselben wie jene bei der zweiten Ausführungsform, und es wird keine Erläuterung derselben angeboten.

[0218] Nun wird eine Beschreibung einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen, bei der ein Ansteuersignal in der Lage ist, Klein-, Mittel- und Großpunkt-Ansteuerimpulse zu erzeugen, und ein Zusammenziehungsgrad der Druckerzeugungskammer **31** durch den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls von jenem der Druckerzeugungskammer **31** durch den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls verschieden ist.

[0219] Wie aus **Fig.** 13 hervorgeht, ist bei der Wellenform des Ansteuersignals ein Wellenelement, das einen Großpunkt-Ansteuerimpuls bildet (entspricht dem ersten Ansteuerimpuls) in zwei Wellenelemente geteilt, die in den Perioden T1 (P180 bis P182) und T6 (P213 bis P220) angeordnet sind. Ein Wellenelement, das einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls (entspricht dem zweiten Ansteuerimpuls) bildet, ist in zwei Wellenelemente geteilt, die in den Perioden T2 (P185 bis P188) und T4 (P193 bis P200) angeordnet sind. Ein Wellenelement, das einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls (entspricht dem dritten Ansteuerimpuls) bildet, ist in drei Wellenelemente geteilt, die in den Perioden T2 (P185 bis P188), T3 (P188 bis P190) und T5 (P203 bis P210) angeordnet sind.

[0220] Ein erstes Verbindungselement (P182 bis P185, **Fig.** 14(a)) ist in einer Periode TS1 angeordnet, welche zwischen den Perioden T1 und T2 angeordnet ist, und verbindet den Endpunkt (P182) des ersten Wellenelements und den Anfangspunkt (P185) des zweiten Wellenelements, wobei beide Punkte auf verschiedenen Spannungspegeln liegen. Ein zweites Verbindungselement (P190 bis P193, **Fig.** 14(b)) ist in einer Periode TS2 angeordnet, die zwischen den Perioden T3 und T4 angeordnet ist; ein drittes Verbindungselement (P200 bis P203), **Fig.** 14(c)) ist in einer Periode TS3 angeordnet, die zwischen den Perioden T4 und T5 angeordnet ist; und ein viertes Verbindungselement (P210 bis P213, **Fig.** 14(d)) ist in einer Periode TS4 angeordnet, die zwischen den Perioden T3 und T4 angeordnet ist.

[0221] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) empfängt die Druckdaten "0011000100" und wählt das zweite, das dritte und das fünfte Wellenelement in den Perioden T1, T3 und T5 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Kleinpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Ansteuerdaten von "0010010000" und wählt das zweite und das vierte Wellenelement in den Perioden T2 und T4 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Ansteuerdaten von "1000000001" und wählt das erste und das sechste Wellenelement in den Perioden T1 und T6 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem GroßpunktAnsteuerimpuls zusammen.

[0222] Der Großpunkt-Ansteuerimpuls umfasst, wie das erste Wellenelement bei der ersten Ausführung, Ausdehnungswellenelemente (P180 bis P182, P213 bis P214), ein Füllwellenelement (P214 bis P216), ein

Ausstoßwellenelement (P216 bis P218) und ein Dämpfungswellenelement (P218 bis P219). Das Ausdehnungswellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31** aus, um eine gewisse Menge Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** einzufüllen, durch Senken der Signalspannung von der mittleren Spannung VM auf die zweite mittlere Spannung VML, und hält diesen ausgedehnten Zustand der Druckerzeugungskammer einen vorgegebenen Zeitraum lang (P180 bis P182, P213 bis P214). Das Füllwellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31**, die bereits durch das Ausdehnungselement ausgedehnt wurde, weiter aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** einzufüllen. Das Ausstoßwellenelement stößt einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** aus. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0223] Der Kleinpunkt-Ansteuerimpuls umfasst ein erstes Zusammenziehungswellenelement (P185 bis P188), ein zweites Zusammenziehungswellenelement (P188 bis P190, P203 bis P204), ein Füllwellenelement (P204 bis P206), ein Ausstoßwellenelement (P206 bis P208) und ein Dämpfungswellenelement (P208 bis P209). Das erste Zusammenziehungswellenelement zieht die Druckerzeugungskammer **31** durch Erhöhen der Signalspannung von der mittleren Spannung VM auf eine dritte mittlere Spannung VMH, welche zwischen der mittleren Spannung VM und der höchsten Spannung VH liegt, leicht zusammen. Das zweite Zusammenziehungswellenelement zieht die zusammengezogene Druckerzeugungskammer **31** weiter zusammen und hält diesen zusammengezogenen Zustand der Druckerzeugungskammer. Das Füllwellenelement dehnt die zusammengezogene Druckerzeugungskammer **31** aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer einzufüllen. Das Ausstoßwellenelement zieht die ausgedehnte Druckerzeugungskammer **31** zusammen, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0224] Der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls umfasst ein erstes Zusammenziehungswellenelement (P185 bis P188, P193 bis P194), ein Füllwellenelement (P194 bis P196), ein Ausstoßwellenelement (P196 bis P198) und ein Dämpfungswellenelement (P198 bis P199). Das erste Zusammenziehungswellenelement zieht die Druckerzeugungskammer **31** durch Erhöhen der Signalspannung von der mittleren Spannung VM auf eine dritte mittlere Spannung VMH zusammen und hält diesen zusammengezogenen Zustand der Druckerzeugungskammer. Das Füllwellenelement dehnt die zusammengezogene Druckerzeugungskammer **31** aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer zu füllen. Das Ausstoßwellenelement zieht die ausgedehnte Druckerzeugungskammer **31** zusammen, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0225] Das zweite Wellenelement (P185 bis P188) in der Periode T2 wird sowohl vom ersten Zusammenziehungswellenelement des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses als auch vom ersten Zusammenziehungswellenelement des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses verwendet.

[0226] Beim Ansteuersignal enthält das Zusammenziehungswellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** ein abgestuftes Füllwellenelement, welches aus zwei Füllwellenelementen besteht, dem ersten Zusammenziehungswellenelement in der Periode T2 und dem zweiten Zusammenziehungswellenelement in der Periode T3.

[0227] Die vierte Ausführungsform stößt einen Tintentropfen mit kleinem Volumen durch Anlegen des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses an den piezoelektrischen Vibrator **25** aus, wie bei der dritten Ausführungsform. Bei dieser Ausführungsform wird das abgestufte Füllwellenelement, das aus dem ersten und dem zweiten Zusammenziehungswellenelement (P185 bis P188, P188 bis P190) besteht, an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt, wenn die Druckerzeugungskammer **31** zusammengezogen wird.

[0228] Wenn der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, wird ein Tintentropfen auf folgende Weise ausgestoßen. Die Spannung des Ansteuerimpulses wird von der mittleren Spannung VM auf die dritte mittlere Spannung VMH (zwischen der mittleren Spannung VM und der höchsten Spannung VH) mit. einem derartigen Gradienten θ22 erhöht, dass kein Tintentropfen ausgestoßen wird (P186 bis P187).

[0229] Die dritte mittlere Spannung VMH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang (P187 bis P188, P193 bis P194) gehalten. Zu diesem Zeitpunkt zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** zusammen, um ein Volumen aufzuweisen, das kleiner ist als das Referenzvolumen, und gewährleistet eine Ausdehnungsmarge für die nächste Ausdehnung der Druckerzeugungskammer **31**. Die Signalspannung wird mit einem Gradienten Θ23 von der dritten mittleren Spannung VMH auf die niedrigste Spannung VL verringert (P194 bis P195). Die niedrigste Spannung VL wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P195 bis P196), um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Dann wird die Signalspannung abrupt mit einem Gradienten Θ24 von der niedrigsten Spannung VL auf die höchste Spannung VH erhöht (P196 bis P197). Zu diesem Zeitpunkt wird das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** reduziert, um einen Tintentropfen durch die Düsenöffnung **13** auszustoßen. Die höchste Spannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P197 bis P198). Mit der Zeit des Haltens der höchsten Spannung VH wird die Druckerzeugungskammer **31** ausgedehnt, um die Schwingung des Meniskus während eines kurzen Zeitraums zu dämpfen, und die Druckerzeugungs-

kammer **31** nimmt wieder das Referenzvolumen an (P198 bis P199).

[0230] Die vierte Ausführungsform kann einen großen Tintentropfen mit einem relativ großen Volumen durch Anlegen des Großpunkt-Ansteuerimpulses an den piezoelektrischen Vibrator **25** ausstoßen, wie bei der ersten Ausführungsform.

[0231] Beim Ansteuersignal der Ausführungsform enthält das Zusammenziehungswellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** ein abgestuftes Füllwellenelement, welches aus dem ersten Zusammenziehungswellenelement (P186 bis P188) und dem zweiten Zusammenziehungswellenelement (P188 bis P190) besteht. Durch Verwendung des derart geformten Füllwellenelements werden mehrere Möglichkeiten der stufenweisen Spannungsvariation durch selektives Verbinden dieser beiden Zusammenziehungswellenelemente realisiert, wobei keine größeren Anzahlen von getrennten Zusammenziehungswellenelementen verwendet werden. Ferner kann die Länge des Ansteuersignals als solches verkürzt werden.

[0232] Das Wellenelement des Großpunkt-Ansteuerimpulses ist zeitaxial in zwei Wellenelemente geteilt, ein erstes Wellenelement und ein sechstes Wellenelement, welche in den Perioden T1 und T6 angeordnet sind. Das Ausdehnungswellenelement ist ebenfalls in zwei Ausdehnungswellenelemente geteilt, das erste und das zweite Ausdehnungswellenelement. Das erste Ausdehnungswellenelement ist im ersten Wellenelement enthalten, welches den vorderen Teil des Ansteuersignals belegt. Das zweite Ausdehnungswellenelement ist im sechsten Wellenelement enthalten.

[0233] Da ein anderes Wellenelement derart im Haltezeitraum des Ausdehnungswellenelements angeordnet ist, kann der Haltezeitraum des Ausdehnungswellenelements derart ausgewählt werden, dass er ausreichend lang ist, und es ergibt sich eine Reduktion des gesamten Ansteuersignals.

[0234] Das erste Ausdehnungswellenelement enthält ein Ausdehnungssegment (P180 bis P181). Das Ausdehnungssegment, welches zum Teil das Ausdehnungswellenelement bildet, belegt den vorderen Teil des Ansteuersignals. Ein Ausstoßwellenelement (P216 bis P218) des Großpunkt-Ansteuerimpulses ist am Endteil des Ansteuersignals angeordnet. Damit können andere Wellenelemente im Haltezeitraum des Ausdehnungswellenelements angeordnet werden. Der Haltezeitraum des Ausdehnungswellenelements kann derart ausgewählt werden, dass er ausreichend lang ist, und es ergibt sich eine Reduktion des gesamten Ansteuersignals.

[0235] Wie oben beschrieben wurde, enthält das Zusammenziehungswellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer **31** ein abgestuftes Zusammenziehungswellenelement (abgestuftes Füllwellenelement), das aus dem ersten Zusammenziehungswellenelement und dem zweiten Zusammenziehungswellenelement besteht. Dasselbe gilt sinngemäß für das Wellenelement zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **31**: das Ausdehnungswellenelement besteht aus einem abgestuften Wellenelement (abgestuften Ausdehnungswellenelement), das aus einem ersten und einem zweiten Ausdehnungswellenelement besteht.

[0236] Bei der Wellenform des Ansteuersignals der Ausführungsform ist das Wellenelement, das den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls bildet, in das erste Zusammenziehungswellenelement (P185 bis P188) und das zweite Zusammenziehungswellenelement (P193 bis P194) geteilt. Das Wellenelement, welches einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls bildet, ist zwischen dem ersten und dem zweiten Zusammenziehungswellenelement angeordnet. Ein erhöhte Anzahl von Wellenelementen kann innerhalb der begrenzten Druckperiode eingeschlossen werden.

[0237] Jeder Ansteuerimpuls, der durch den Aristeuerimpulsgenerator erzeugt wird, ist derart ausgebildet, dass das Ausstoßwellenelement (P196 bis P198) des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses vor dem Ausstoßwellenelement (P205 bis P208) des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses auf der Zeitachse angeordnet ist, und dass das Ausstoßwellenelement (P216 bis P218) des Großpunkt-pnsteuerimpulses nach dem Ausstoßwellenelement des Kleinpunkt-Ansteuerimpulses auf der Zeitachse angeordnet ist.

[0238] In einem bidirektionalen Druckmodus werden die Tintentropfen in der Reihenfolge eines mittleren Tintentropfens, eines kleinen Tintentropfens und eines großen Tintentropfens während der Druckperiode T in der Vorwärtsdruckrichtung ausgestoßen, und diese werden in der Reihenfolge eines großen Tintentropfens, einen kleinen Tintentropfens und eines mittleren Tintentropfens in der Rückwärtsdruckrichtung ausgestoßen. Wenn die Vorwärtsdruckrichtung mit der Rückwärtsdruckrichtung verglichen wird, ist der einzige Unterschied zwischen diesen, dass die Landeposition des großen Tintentropfens durch jene des mittleren Tintentropfens ersetzt wird. Dies bedeutet, dass die Druckqualität verbessert wird.

[0239] Eine fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben, bei welcher Groß-, Mittel- und Kleinpunkt-Ansteuerimpulse und ein "In-Print"-Feinvibrationsimpuls aus einem Ansteuersignal erzeugt werden.

[0240] Wie aus **Fig.** 15 hervorgeht, ist ein Wellenelement, das einen "In-Print-Feinvibrationsimpuls" bildet, in drei Wellenelemente geteilt, und diese Wellenelemente sind in den Perioden T1 (P221 bis P225), T4 (P240 bis P243) und T5 (P243 bis P246) angeordnet. Ein Wellenelement, das einen Kleinpunkt-pnsteuerimpuls (entspricht dem zweiten Ansteuerimpuls) bildet, ist in zwei Wellenelemente geteilt, und diese Wellenelemente sind in der Periode T2 (P225 bis P228) und der Periode T6 (P247 bis P258) angeordnet. Ein Wellenelement, das einen MittelpunktAnsteuerimpuls (entspricht dem zweiten Ansteuerimpuls) bildet, ist in der Periode T3 (P230 bis P240) angeordnet. Ein Wellenelement, das einen Groß-

punkt-pnsteuerimpuls (entspricht dem ersten Ansteuerimpuls) bildet, ist in zwei Wellenelemente geteilt, und jene Wellenelemente sind in der Periode T4 (P240 bis P243) und der Periode T7 (P260 bis P266) angeordnet. Das Wellenelement in der Periode T4 wird sowohl vom Großpunkt-Ansteuerimpuls als auch vom "In-Print"-Feinvibrationsimpuls verwendet.

[0241] Ein erstes Verbindungselement (P228 bis P229) ist in einer Periode TS1 zwischen den Perioden T2 und T3 angeordnet. Ein zweites Verbindungselement (P246 bis P247) ist in einer Periode TS2 zwischen den Perioden T5 und T6 angeordnet, und ein drittes Verbindungselement (P258 bis P259) ist in einer Periode TS3 zwischen den Perioden T3 und T4 angeordnet.

[0242] Der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) empfängt die Druckdaten "0000100001" und wählt das vierte und das siebte Wellenelement in den Perioden T4 und T7 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Großpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Druckdaten "0001000000" und wählt das dritte Wellenelement in den Perioden T3 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Druckdaten "0100000100" und wählt das zweite und das sechste Wellenelement in den Perioden T2 und T6 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem Mittelpunkt-Ansteuerimpuls zusammen. Der Ansteuerimpulsgenerator empfängt die Druckdaten "1000110000" und wählt das erste, das vierte und das fünfte Wellenelement in den Perioden T1, T4 und T5 des Ansteuersignals aus und setzt diese zu einem "In-Print"-Feinvibrationsimpuls zusammen.

[0243] Wie aus **Fig.** 16 hervorgeht, umfasst der GroßpunktAnsteuerimpuls, wie der Großpunkt-Ansteuerimpuls bei der ersten Ausführungsform, Ausdehnungswellenelemente (P241 bis P243, P259 bis P260), ein Füllwellenelement (P260 bis P262), ein Ausstoßwellenelement (P260 bis P264) und ein Dämpfungswellenelement (P264 bis P265). Das Ausdehnungswellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31** leicht aus, um eine gewisse Menge Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** einzufüllen, und hält diesen ausgedehnten Zustand der Druckerzeugungskammer einen vorgegebenen Zeitraum lang. Das Füllwellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31**, die bereits durch das Ausdehnungswellenelement ausgedehnt wurde, weiter aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Das Ausstoßwellenelement stößt einen Tintentropfen durch abruptes Erhöhen der Signalspannung auf eine zweithöchste Spannung VH', die geringfügig niedriger als die höchste Spannung VH ist, durch die Düsenöffnung **13** aus. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0244] Der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls umfasst ein Füllwellenelement (P230 bis P232), ein Ausstoßwellenelement (P232 bis P234) zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **31**, ein Einziehwellenelement (P234 bis P236) und ein Dämpfungswellenelement (P236 bis P239). Das Füllwellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31** durch Absenken der Spannung mit einem Gradienten Θ31 auf eine zweitniedrigste Spannung VL', die geringfügig höher als die niedrigste Spannung VL ist, aus. Der ausgedehnte Zustand der Druckerzeugungskammer wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P230 bis P232). Das Einziehwellenelement zieht den Meniskus durch abruptes Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **31**, unmittelbar bevor ein Teil von Tinte, welche ein Tintentropfen wird, durch das Anwenden des Ausstoßwellenelements vom Meniskus getrennt wird, zur Druckerzeugungskammer **31**. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0245] Der Kleinpunkt-Ansteuerimpuls umfasst Zusammenziehungswellenelemente (P226 bis P228, P247 bis P248), ein Füllwellenelement (P248 bis P250), ein Einziehwellenelement (P252 bis P254) und ein Dämpfungswellenelement (P254 bis P257). Das Zusammenziehungswellenelement zieht die Druckerzeugungskammer **31** durch Erhöhen der Signalspannung von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH leicht zusammen und hält diesen zusammengezogenen Zustand der Druckerzeugungskammer einen vorgegebenen Zeitraum lang. Das Füllwellenelement dehnt die Druckerzeugungskammer **31**, die durch das Zusammenziehungswellenelement zusammengezogen wurde, aus, um Tinte in die Druckerzeugungskammer zu füllen. Das Ausstoßwellenelement zieht die ausgedehnte Druckerzeugungskammer **31** zusammen. Das Einziehwellenelement zieht den Meniskus durch abruptes Ausdehnen der Druckerzeugungskammer **31**, unmittelbar bevor ein Teil von Tinte, welche ein Tintentropfen wird, durch das Anwenden des Ausstoßwellenelements vom Meniskus getrennt wird, zur Druckerzeugungskammer **31**. Das Dämpfungswellenelement dämpft eine Schwingung des Meniskus, die unmittelbar nach dem Ausstoßen auftritt.

[0246] Der "In-Print"-Feinvibrationsimpuls enthält ein erstes Feinvibrationswellenelement (P221 bis P224) und ein zweites Feinvibrationswellenelement (P241 bis P245).

[0247] Die fünfte Ausführungsform kann einen großen Tintentropfen mit einem großen Volumen durch Anlegen des Großpunkt-Ansteuerimpulses an den piezoelektrischen Vibrator **25** ausstoßen, wie bei der ersten Ausführungsform.

[0248] Wenn der Mittelpunkt-Ansteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, wird ein Tintentropfen auf folgende weise ausgestoßen. Die Spannung des Ansteuerimpulses wird von der mittleren Spannung VM auf die zweitniedrigste Spannung VL mit einem derartigen Gradienten **831** ge-

senkt, dass kein Tintentropfen ausgestoßen wird (P230 bis P231). Die zweitniedrigste Spannung VL' wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P231 bis P232). Das Ergebnis ist, Tinte in die Druckerzeugungskammer **31** zu füllen. Die Signalspannung wird abrupt mit einem Gradienten Θ32 von der niedrigsten Spannung VL auf die zweithöchste Spannung VHS erhöht (P232 bis P234). Zu diesem Zeitpunkt zieht sich die Druckerzeugungskammer **31** rasch zusammen, während ein Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer ansteigt. Mit dem Ansteigen des Tintendrucks wird ein mittlerer Teil des Meniskus aufwärts gekrümmt. Die Signalspannung sinkt auf eine Einziehspannung VA mit einem Gradienten θ33, unmittelbar bevor ein Teil von Tinte, welche ein Tintentropfen wird, vom Meniskus getrennt wird (P234 bis P235). Infolgedessen wird die Druckerzeugungskammer **31** abrupt ausgedehnt, ein Negativdruck in der Kammer aufgebaut und der Umfangsrand des Meniskus in die Druckerzeugungskammer **31** gezogen. Der mittlere Teil des Meniskus wird vom Meniskus getrennt und in Form eines Tintentropfens ausgestoßen. Nach dem Tintentropfenausstoßen wird die erhöhte Spannung wieder reduziert, um die Druckerzeugungskammer **31** zusammenzuziehen und auszudehnen, um das Beruhigen der Schwingung des Meniskus zu beschleunigen (P236 bis P239).

[0249] Wenn der Kleinpunkt-Ansteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, wird die Signalspannung von der mittleren Spannung VM auf die höchste Spannung VH erhöht, und die Spannung VH wird einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten (P226 bis P228, P247 bis P248), um eine Marge zur Ausdehnung zu erhalten. Hernach wird ein Vorgang, der jenem des Mittelpunkt-Ansteuerimpulses ähnlich ist, durchgeführt. In Fällen, in denen der Kleinpunkt-Ansteuerimpuls verwendet wird, wird ein Tintentropfen in einem Zustand ausgestoßen, in dem der Meniskus tief in die Druckerzeugungskammer hineingezogen wird. Daher wird ein weit kleinerer Tintentropfen ausgestoßen.

[0250] Wenn der Feinvibrationsansteuerimpuls an den piezoelektrischen Vibrator **25** angelegt wird, dehnen der erste und der zweite Feinansteuerimpuls die Druckerzeugungskammer **31** geringfügig aus, so dass ihr Volumen etwas größer als das Referenzvolumen ist, welches durch die mittlere Spannung VM definiert wird. Nachdem dieser Zustand einen vorgegebenen Zeitraum lang gehalten wird, wird das Volumen der Druckerzeugungskammer **31** auf das Referenzvolumen zurückgeführt. Der Meniskus wiederum wird etwas zur Druckerzeugungskammer **31** gezogen und in seinen stationären Zustand zurückgeführt. Daher wird Tinte rund um die Düsenöffnung in Bewegung gebracht.

[0251] Ein fünfter Vorschlag wird nun beschrieben. Eine Wellenform eines Ansteuersignals, die im fünften Vorschlag konfiguriert ist, ist derart, dass ein Kleinpunkt-Ausstoßwellenelement, welches als Ausstoßwellenelement für andere Punkte dient, zwischen zwei Großpunkt-Ausstoßwellenelementwellenformen angeordnet ist, die einander gleichen.

[0252] Beim Ansteuersignal, welches in **Fig.** 17 dargestellt ist, ist ein erstes Wellenelement in einer Periode T1 angeordnet (P270 bis P273), ein zweites Wellenelement ist in einer Periode T2 angeordnet (P274 bis P281), ein drittes Wellenelement ist in einer Periode T3 angeordnet (P282 bis P289), ein viertes Wellenelement ist in einer Periode T4 angeordnet (P289 bis P295), ein erstes Verbindungselement ist in einer Periode TS1 angeordnet (P273 bis P274), und ein zweites Verbindungselement ist in einer Periode TS2 angeordnet (P281 bis P282).

[0253] Das erste Wellenelement umfasst ein Zusammenziehungswellenelement (P271 bis P272). Das zweite Wellenelement umfasst ein erstes Füllwellenelement (P275 bis P277), ein erstes Großpunkt-Ausstoßwellenelement (P277 bis P279) und ein erstes Dämpfungswellenelement (P283 bis P285). Das dritte Wellenelement umfasst ein zweites Füllwellenelement (P283 bis P285), ein Kleinpunkt-Ausstoßwellenelement (P285 bis P287) und ein zweites Dämpfungswellenelement (P287 bis P288). Das vierte Wellenelement umfasst ein drittes Füllwellenelement (P290 bis P292), ein zweites Großpunkt-Ausstoßwellenelement (P292 bis P294) und ein drittes Dämpfungswellenelement (P294 bis P295).

[0254] Das zweite und das vierte Wellenelement bei diesem Vorschlag weisen dieselben Wellenformen auf. Der Zeitraum von einem Anfangspunkt des ersten Wellenelements (P270) bis zu einem Endpunkt des ersten Dämpfungswellenelement (P280) ist identisch mit dem Zeitraum von dem Endpunkt des ersten Dämpfungswellenelements (P280) bis zu einem Anfangspunkt eines dritten Dämpfungswellenelements (P295). Der Endpunkt des dritten Dämpfungswellenelements (P295) ist ein Anfangspunkt eines ersten Wellenelements (P270) in der nächsten Druckperiode T.

[0255] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls aus dem Ansteuersignal zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) das erste und das dritte Wellenelement daraus aus und verbindet die ausgewählten Wellenelemente. Insbesondere wählt der Ansteuerimpulsgenerator die oben genannten Wellenelemente unter Zugrundelegung von Druckdaten "100010" aus. In einem Fall, in dem der Ansteuerimpulsgenerator einen Großpunkt-Ansteuerimpuls erzeugt, wird das zweite Wellenelement unter Zugrundelegung von Druckdaten "001000" ausgewählt oder das vierte Wellenelement unter Zugrundelegung von Druckdaten "000001" ausgewählt. Konkret können bei diesem Vorschlag das zweite und das vierte Wellenelement getrennt den Großpunkt-Ansteuerimpuls bilden.

[0256] In einem Fall, in dem große Tintentropfen seriell ausgestoßen werden, wählt der Ansteuerimpuls-

generator sowohl das zweite als auch das vierte Wellenelement unter Zugrundelegung von Druckdaten "001001" aus, um zwei Großpunkt-Ansteuerimpulse zu erzeugen. Wie oben beschrieben wurde, sind Wellenformen des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P275 bis P280) und des letzteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P290 bis P295) miteinander identisch. Und der Zeitraum vom Anfangspunkt der Ansteuerperiode T (P270) zum Anfangspunkt des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P275) und der Zeitraum vom Endpunkt des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P280) zum Anfangspunkt des letzteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P290) sind miteinander identisch. Konkret heißt das, dass der Zeitraum vom Endpunkt eines Großpunkt-Ansteuerimpulses zum Anfangspunkt des nächsten Großpunkt-Ansteuerimpulses konstant gemacht wird.

[0257] Wodurch, im oben dargelegten Fall, der große Tintentropfen mit einer konstanten Periode, das heißt, mit einer konstanten Frequenz ausgestoßen werden kann. Demzufolge kann eine Abweichung der Landeposition der Tintentropfen, die durch den ersteren und den letzteren Großpunkt-Ansteuerimpuls ausgestoßen werden, reduziert und dadurch die Druckqualität verbessert werden. Ferner kann der Aufzeichnungskopf **8** mit höchstmöglicher Frequenz angesteuert werden. Bei diesem Vorschlag wird das Ansteuersignal mit der Aufzeichnungsperiode T von beispielsweise 10,8 kHz erzeugt. Gemäß der oben dargelegten Konfiguration kann, da zwei große Tintentropfen innerhalb der Aufzeichnungsperiode T ausgestoßen werden können, die substantielle Ansteuerfrequenz des Aufzeichnungskopfes **8** erhöht werden.

[0258] Ferner können, da das Ausstoßwellenelement, welches den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls bildet und als Wellenelement für andere Punkte dient, zwischen den beiden Ausstoßwellenelementen angeordnet ist, aus denen sich das Großpunkt-Wellenelement zusammensetzt, mehr Ansteuerwellenformen innerhalb der begrenzten Aufzeichnungsperiode T eingeschlossen werden.

[0259] Ferner kann auch, da die Wellenformen der beiden Großpunkt-Ansteuerimpulse miteinander identisch sind, der Tintentropfen, welcher dasselbe Volumen aufweist, durch jeden beliebigen der Großpunkt-Ansteuerimpulse ausgestoßen werden. Konkret heißt das, dass große Punkte von derselben Größe erhalten werden können.

[0260] Wenngleich bei diesem Vorschlag zwei GroßpunktAnsteuerimpulse innerhalb der Aufzeichnungsperiode T enthalten sind, können mehr Großpunkt-Ansteuerimpulse darin enthalten sein.

[0261] Es wird nun ein sechster Vorschlag beschrieben, der es ermöglicht, große Tintentropfen, mittlere Tintentropfen und kleine Tintentropfen aus einer identischen Düsenöffnung **13** auszustoßen. Bei diesem Vorschlag sind Wellenformen von zwei Großpunkt-Ausstoßwellenelementen, die einen Großpunkt-Ansteuerimpuls bilden, miteinander identisch. Die Großpunkt-Ausstoßwellenelemente sind in einem Ansteuersignal angeordnet, um zu einem konstanten Zeitpunkt in einer Aufzeichnungsperiode zu erscheinen. Ein Kleinpunkt-Ausstoßwellenelement ist zwischen den Großpunkt-Ausstoßwellenelementen angeordnet.

[0262] Bei einem Ansteuersignal, welches in **Fig.** 18 dargestellt ist, ist ein erstes Wellenelement in einer Periode T1 (P300 bis P303) angeordnet, ein zweites Wellenelement ist in einer Periode T2 (P304 bis P311) angeordnet, ein drittes Wellenelement ist in einer Periode T3 (P312 bis P317) angeordnet, ein viertes Wellenelement ist in einer Periode T4 (P317 bis P323) angeordnet, ein erstes Verbindungselement ist in einer Periode TS1 (P303 bis P304) angeordnet, und ein zweites Verbindungselement ist in einer Periode TS2 (P311 bis P312) angeordnet.

[0263] Das erste Wellenelement umfasst ein Zusammenziehungswellenelement (P301 bis P302). Das zweite Wellenelement umfasst ein erstes Füllwellenelement (P305 bis P307), ein erstes Ausstoßwellenelement (P307 bis P309) und ein erstes Dämpfungswellenelement (P309 bis P310). Das dritte Wellenelement umfasst ein zweites Füllwellenelement (P313 bis P314), ein zweites Ausstoßwellenelement (P314 bis P315) und ein zweites Dämpfungswellenelement (P315 bis P316). Das vierte Wellenelement umfasst ein drittes Füllwellenelement (P318 bis P320), ein drittes Ausstoßwellenelement (P320 bis P322) und ein drittes Dämpfungswellenelement (P322 bis P323). Der Endpunkt des dritten Dämpfungswellenelements (P323) ist ein Anfangspunkt eines ersten Wellenelements (P300) in der nächsten Druckperiode T.

[0264] Um einen Kleinpunkt-Ansteuerimpuls aus dem Ansteuersignal zu erzeugen, wählt der Ansteuerimpulsgenerator (Auswahlsignalerzeugungsabschnitt **22**, Pegelumsetzer **23** und Schaltkreis **24**) das erste und das dritte Wellenelement daraus aus und verbindet die ausgewählten Wellenelemente. Insbesondere wählt der Ansteuerimpulsgenerator die oben genannten Wellenelemente unter Zugrundelegung von Druckdaten "100010" aus. Beim Kleinpunkt-Ansteuerimpuls dient das zweite Ausstoßwellenelement (P314 bis P315) des dritten Wellenelements als ein Ansteuerimpuls für andere Punkte der vorliegenden Erfindung.

[0265] In einem Fall, in dem der Ansteuerimpulsgenerator einen Mittelpunkt-Ansteuerimpuls aus dem Ansteuersignal erzeugt, wählt der Ansteuerimpulsgenerator das vierte Wellenelement unter Zugrundelegung von Druckdaten "000001" aus. Konkret heißt das, dass das vierte Wellenelement unabhängig den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls bildet.

[0266] In einem Fall, in dem der Ansteuerimpulsgenerator einen Großpunkt-Ansteuerimpuls erzeugt, wählt der Ansteuerimpulsgenerator sowohl das zweite als auch das vierte Wellenelement unter Zugrundelegung von Druckdaten "001001" aus und verbin-

det diese. Beim Großpunkt-Ansteuerimpuls dienen das erste Ausstoßwellenelement (P307 bis P309) des zweiten Wellenelements und das dritte Ausstoßwellenelement (P320 bis P322) des vierten Wellenelements als ein Großpunkt-Ausstoßwellenelement.

[0267] Wie oben beschrieben wurde, sind Wellenformen des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P305 bis P310) und des letzteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P318 bis P323) miteinander identisch. Und der Zeitraum vom Anfangspunkt der Ansteuerperiode T (P300) zum Anfangspunkt des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P305) und der Zeitraum vom Endpunkt des ersteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P310) zum Anfangspunkt des letzteren Großpunkt-Ansteuerimpulses (P318) sind miteinander identisch. Konkret heißt das, dass der Zeitraum vom Endpunkt eines Großpunkt-Ansteuerimpulses zum Anfangspunkt des nächsten Großpunkt-Ansteuerimpulses konstant gemacht wird.

[0268] Bei diesem Vorschlag ist das Kleinpunkt-Ausstoßwellenelement (P313 bis P316), welches den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls bildet, zwischen den Großpunkt-Ausstoßwellenelementen angeordnet. Gemäß dieser Konfiguration kann beim bidirektionalen Drucken, bei dem Drucken sowohl in die erstere als auch die letztere Richtung der hin- und hergehenden Bewegung des Aufzeichnungskopfes **8** (des Wagens) ausgeführt wird, die Landeposition der kleinen und der großen Tintentropfen durch fluchtendes Ausrichten der Landeposition des großen Tintentropfens bezogen auf die Landposition des kleinen Tintentropfens, der durch den Kleinpunkt-Ansteuerimpuls ausgestoßen wird, fluchtend ausgerichtet werden.

[0269] Ferner kann, da die Wellenformen der beiden GroßpunktAnsteuerimpulse miteinander identisch sind, der Tintentropfen, welcher dasselbe Volumen aufweist, durch jeden beliebigen der Großpunkt-Ansteuerimpulse ausgestoßen werden. Konkret heißt das, dass große Punkte von derselben Größe erhalten werden können.

[0270] Ferner kann auch, da die Großpunkt-Ausstoßwellenelemente derart angeordnet sind, um zu einer konstanten Periode in der Aufzeichnungsperiode T beim bidirektionalen Drucken zu erscheinen, derselbe Aufzeichnungszustand in sowohl ersterer als auch letzterer Richtung der hin- und hergehenden Bewegung erzielt werden.

[0271] Angesichts des Obengesagten kann gemäß der vorliegenden Erfindung insbesondere beim bidirektionalen Drucken ein qualitativ hochwertiges Bild aufgezeichnet werden.

[0272] Während der piezoelektrische Vibrator **25**, der für die Druckerzeugungselemente des Aufzeichnungskopfes **8** verwendet wird, bei der vorangehenden Beschreibung vom Biegevibrationstyp ist, kann der piezoelektrische Vibrator vom vertikalen Vibrationstyp sein. Ein Beispiel für den piezoelektrischen Vibrator, der im Längsvibrationsmodus betrieben werden kann, ist in **Fig.** 19 dargestellt. In der Figur wird der piezoelektrische mit der Bezugszahl **61** und der Aufzeichnungskopf mit **62** bezeichnet.

[0273] Der Aufzeichnungskopf **62** besteht aus einem Kunstharzbasisglied **63** und einer Kanaleinheit **64**, die mit der vorderen Fläche (linke Seite in der Zeichnung) des Basisglieds **63** verbunden ist. Die Kanaleinheit **64** umfasst eine Düsenplatte **66**, auf welcher Düsenöffnungen **65** ausgebildet sind, eine Vibrationsplatte **67** und eine kanalformende Platte **68**.

[0274] Das Basisglied **63** ist ein blockartiges Glied, welches einen Raum **69** aufweist, der zur vorderen und zur rückwärtigen Fläche hin geöffnet ist. Ein piezoelektrischer Vibrator **61**, der auf einem Substrat **70** befestigt ist, ist innerhalb des Raums **69** untergebracht.

[0275] Die Düsenplatte **66** ist eine dünne Platte mit einer Anzahl von Düsenöffnungen **65**, die in der Nebenabtastrichtung angeordnet sind. Die Düsenöffnungen **65** sind in vorgegebenen Abständen angeordnet, welche einer Punktformdichte entsprechen. Die Vibrationsplatte **67** umfasst Inselabschnitte **71**, welche jeweils derart vorgesehen sind, dass sie in einem vorgegebenen Abstand einer Düsenöffnung **65** zugeordnet sind. Jeder Inselabschnitt **71** bildet einen dicken Teil, gegen den der piezoelektrische Vibrator **61** anliegt, und ein elastischer dünner Abschnitt **72** ist vorgesehen, der den Inselabschnitt **71** umgibt.

[0276] Die kanalbildende Platte **68** umfasst Druckerzeugungskammern **73**, einen gemeinsamen Tintenspeicher **74** und Öffnungen zum Bilden von Tintenkanälen **75**, über welche die Druckerzeugungskammern **73** mit dem Tintenspeicher **74** kommunizieren.

[0277] Die Düsenplatte **66** ist auf der vorderen Fläche der kanalbildenden Platte **68** angeordnet, und die Vibrationsplatte **67** ist auf der rückwärtigen Fläche der kanalbildenden Platte **68** angeordnet. Die kanalbildende Platte **68** ist zwischen der Düsenplatte **66** und der Vibrationsplatte **67** angeordnet, und die auf diese Weise kombinierten Glieder werden miteinander zur Kanaleinheit **64** verbunden.

[0278] In der Kanaleinheit **64** sind die Druckerzeugungskammern **73** auf der Rückseite der Düsenöffnung **65** ausgebildet, und die Inselelemente **71** der Vibrationsplatte **67** sind auf der Rückseite der Druckerzeugungskammer **73** angeordnet. Zwischen den Druckerzeugungskammern **73** und dem Tintenspeicher **74** wird über die Tintenkanäle **75** eine Verbindung hergestellt.

[0279] Das obere Ende des piezoelektrischen Vibrators **61** wird mit der Rückseite des Inselabschnitts **71** in Kontakt gebracht, und in diesem Zustand wird der piezoelektrische Vibrator **61** an dem Basisglied **63** befestigt. Über ein flexibles Kabel werden dem piezoelektrischen Vibrator **61** ein Ansteuersignal COM und Druckdaten SI zugeführt.

[0280] Der piezoelektrische Vibrator **61** vom Längsvibrationstyp zieht sich in der Richtung zusammen, die senkrecht zur Richtung eines elektrischen Lade-

felds verläuft, welches an ihn angelegt wird, und dehnt sich in der Richtung, die senkrecht zur Richtung eines angelegten elektrischen Entladefelds verläuft, aus. Wenn ein elektrisches Ladefeld aufgebaut wird, zieht sich der piezoelektrische Vibrator **61** des Aufzeichnungskopfes **62** rückwärts zusammen; beim Zusammenziehen wird der Inselabschnitt **71** rückwärts gezogen; und die zusammengezogene Druckerzeugungskammer **73** dehnt sich aus. Beim Ausdehnen wird der Druckerzeugungskammer **73** Tinte aus der gemeinsamen Tintenkammer **74** über den Tintendurchgang **75** zugeführt. Wenn ein elektrisches Entladefeld aufgebaut wird, dehnt sich der piezoelektrische Vibrator **61** vorwärts aus; der Inselabschnitt **71** der elastischen Platte wird vorwärts gedrückt; und die Druckerzeugungskammer **73** zieht sich zusammen. Beim Zusammenziehen steigt ein Tintendruck innerhalb der Druckerzeugungskammer **73** an.

[0281] Wie zu sehen ist, sind beim Aufzeichnungskopf **62** die Beziehungen der Ausdehnung/Zusammenziehung zum Laden/Entladen des piezoelektrischen Vibrators **61** umgekehrt zu den zuvor genannten. Daher sind in jenen Fällen, in denen der Aufzeichnungskopf **62** verwendet wird, die Polaritäten der Ansteuersignale und der Ansteuerimpulse invers zu den zuvor genannten, was die mittlere Spannung betrifft. Ein Beispiel dafür ist in **Fig.** 20 dargestellt. Wie dargestellt ist, sind die Polaritäten des Ansteuersignals und der Ansteuerimpulse zu jenen in **Fig.** 15 und 16 invers, was die mittlere Spannung VM betrifft.

[0282] Beim Aufzeichnungskopf **62** wird Tinte durch Erhöhen der Ansteuersignalspannung in die Druckerzeugungskammern **73** gefüllt. Ein Tintentropfen wird durch Senken der Signalspannung ausgestoßen. Es ist offensichtlich, dass die Verwendung des Aufzeichnungskopfes **62** jene zweckdienlichen Wirkungen, wie die oben genannte, ermöglicht.

[0283] Beim Ansteuersignal aus **Fig.** 20 liegt die niedrigste Spannung VL innerhalb OV (Erdpegel) und etwa 5V. Der Endpunkt der ersten Halbabschnitte (P332 bis P334 und P339 bis P340) von Zusammenziehungswellenelementen, wo die Signalspannung von der mittleren Spannung VM sinkt, ist auf die niedrigste Spannung VL eingestellt. Der Endpunkt der ersten Hälfte des Zusammenziehungselements und der Anfangspunkt des Wellenelements, das den Mittelpunkt-Ansteuerimpuls bildet (P335 bis P336), sind durch ein Verbindungselement (P334 bis P335) miteinander verbunden.

[0284] Wenn die niedrigste Spannung VL auf innerhalb des oben genannten Bereichs (OV bis etwa 5V) eingestellt ist, kann das Ansteuersignal durch Verwendung von Spannungsänderung vom Erdpotenzial in der positiven Richtung hergestellt werden. Dies trägt zur Vereinfachung der Steuerung bei. Zudem kann, wenn die höchste Spannung VH angelegt und gehalten wird, der Spannungspegel der höchsten Spannung VH reduziert werden. Dadurch wird die Beanspruchung, welcher der piezoelektrische Vibrator ausgesetzt wird, wenn die Spannung daran angelegt wird, erheblich reduziert.

[0285] Wie aus der vorangehenden Beschreibung zu ersehen ist, erzeugt der Ansteuerimpulsgenerator ein Ansteuersignal, welches Wellenelemente, die in der Lage sind, einen piezoelektrischen Vibrator anzusteuern, und Wellenelemente, die nicht in der Lage sind, die piezoelektrischen Vibrator anzusteuern, und Verbindungselemente, die jeweils Wellenelemente verbinden, deren Spannungspegel verschieden sind, enthält. Der Ansteuerimpulsgenerator wählt diese Wellenelemente geeignet aus und setzt sie zu Ansteuerimpulsen zusammen. Diese Ansteuerimpulse werden an den piezoelektrischen Vibrator angelegt, um einen Tintentropfen oder Tintentropfen auszustoßen. Da das Verbindungselement nicht in der Lage ist, den piezoelektrischen Vibrator anzusteuern, kann der Spannungsvariationsgradient des Ansteuersignals steil sein.

[0286] Ein Zeitraum, der benötigt wird, um die Wellenelemente, deren Verbindungsenden auf verschiedenen Spannungspegeln liegen, zu verbinden, kann erheblich verkürzt werden. Daher kann eine erhöhte Anzahl von Wellenelementen in einem Ansteuersignal innerhalb einer Druckperiode eingeschlossen werden, auch wenn die Spannungsvariationsabstufung und -zeitpunkte dieser Wellenelemente in Verbindung mit dem Druckerzeugungselement bestimmt werden.

[0287] Ein Bereich, in welchem die Größe des Tintentropfens variabel ist, kann erweitert werden, wenn die Wellenelemente geeignet ausgewählt werden. Daher können Tintentropfen von unterschiedlicher Größe mit hoher Druckgeschwindigkeit ausgestoßen werden.

[0288] Wenn konfiguriert ist, dass: ein Ansteuerimpulsgenerator einen Ansteuerimpuls erzeugt, welcher ein Wellenelement enthält, das eine Druckerzeugungskammer ausdehnt; den ausgedehnten Zustand der Druckerzeugungskammer einen vorgegebenen Zeitraum lang hält; die ausgedehnte Druckerzeugungskammer weiter ausdehnt; und die Druckerzeugungskammer zusammenzieht, um einen Tintentropfen auszustoßen, wird ein Negativdruck in der Druckerzeugungskammer aufgebaut, wenn die Druckerzeugungskammer ausgedehnt wird, und nach dem Haltezeitraum wird wieder ein normaler Druck in der Druckerzeugungskammer aufgebaut.

[0289] Da die Druckerzeugungskammer, deren Innendruck jetzt normal ist, geringfügig ausgedehnt ist, kann eine Druckvariation innerhalb der Druckerzeugungskammer, wenn Tinte in die Druckerzeugungskammer eingefüllt wird, verringert werden, um das Zurückziehen des Meniskus einzuschränken.

[0290] Wenn ein Tintentropfen von großem Volumen ausgestoßen wird, kann ein Innendruck der Tintenkammer weitreichender variiert werden. Dieses Merkmal verhindert, dass eine Fluggeschwindigkeit eines Tintentropfens übermäßig ansteigt.

[0291] Die Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens

kann durch geeignetes Einstellen eines Ausdehnungsgrads der Druckerzeugungskammer und des Zeitraums des Haltens des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer eingestellt werden. Daher kann die Fluggeschwindigkeit des Tintentropfens als für das Tintentropfenausstoßen geeignet gewählt werden. Die Differenz zwischen den Fluggeschwindigkeiten der ausgestoßenen Tintentropfen kann reduziert werden.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat, umfassend:
ein Druckerzeugungselement (**25**) zum Ausdehnen und Zusammenziehen einer Druckerzeugungskammer (**31**) als Reaktion auf einen Ansteuerimpuls, um einen Tintendruck- innerhalb der Druckerzeugungskammer (**31**) zu ändern, um einen Tintentropfen aus einer Düsenöffnung (**13**), welche der Druckerzeugungskammer (**31**) zugeordnet ist, auszustoßen;
ein Ansteuersignalerzeugungsmittel (**9**) zum Erzeugen eines Ansteuersignals (COM); und
ein Ansteuerimpulserzeugungsmittel (**22**, **23**, **24**) zum Erzeugen eines Ansteuerimpulses aus dem Ansteuersignal;
wobei das Ansteuerimpulserzeugungsmittel angeordnet ist, um einen ersten Antriebsimpuls zu erzeugen, der ein Ausdehnungswellenelement (P98–P100) zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**31**) und Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer (**31**), ein erstes Füllwellenelement (P100–P101) zum weiteren Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**31**), welche durch das Ausdehnungswellenelement (P98–P100) ausgedehnt wurde, und ein erstes Ausstoßwellenelement (P102–P103) zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer (**31**), welche durch das erste Füllwellenelement (P100–P101) ausgedehnt wurde, umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
das Ausdehnungswellenelement (P98–P100) und das erste Füllwellenelement (P100–P101) eine Potenzialänderung des ersten Ansteuerimpulses bewirken, ohne ein Referenzpotenzial (V_M), welches mit einem Ausgangspotenzial und einem Endpotenzial des Ansteuersignals (COM) identisch ist, zu überqueren; und
die Potenzialänderung, die durch das Ausdehnungswellenelement (P98–P100) und das erste Füllwellenelement (P100–P101) bewirkt wird, kleiner als eine Potenzialänderung, die durch das erste. Ausstoßwellenelement (P102–P103) bewirkt wird, ist.

2. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zeitraum für das Halten des ausgedehnten Zustands der Druckerzeugungskammer länger ist als der Zeitraum einer Eigenperiode der Druckerzeugungskammer.

3. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuerimpulserzeugungsmittel einen zweiten Ansteuerimpuls erzeugt, welcher ein Zusammenziehungswellenelement zum Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer und Halten des zusammengezogenen Zustands der Druckerzeugungskammer, ein zweites Füllwellenelement zum Ausdehnen der durch das Zusammenziehungswellenelement zusammengezogenen und gehaltenen Druckerzeugungskammer, um Tinte in diese einzufüllen, und ein zweites Ausstoßwellenelement zum Zusammenziehen der durch das zweite Füllwellenelement ausgedehnten Druckerzeugungskammer, um einen Tintentropfen auszustoßen, umfasst.

4. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausdehnungswellenelement aus stufenweisen Ausdehnungswellenelementen zum stufenweisen Ausdehnen der Druckerzeugungskammer besteht.

5. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusammenziehungswellenelement aus stufenweisen Zusammenziehungswellenelementen zum stufenweisen Zusammenziehen der Druckerzeugungskammer besteht.

6. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Ansteuerimpulse in eine Mehrzahl von Wellenelementen im Ansteuersignal aufgeteilt ist,
wobei mindestens ein anderes Wellenelement zum Bildeneines anderen Ansteuerimpulses unter den aufgeteilten Wellenelementen angeordnet ist, und
wobei das Ansteuerimpulserzeugungsmittel die aufgeteilten Wellenelemente selektiv zu einem Ansteuerimpuls zusammensetzt.

7. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausdehnungswellenelement, welches mindestens einen der Ansteuerimpulse bilden soll, in eine Mehrzahl von Ausdehnungssegmenten aufgeteilt ist, und
wobei mindestens ein Ausstoßwellenelement, welches mindestens einen anderen Ansteuerimpuls bilden soll, unter den aufgeteilten Ausdehnungssegmenten angeordnet ist, um das Ansteuersignal zu bilden.

8. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusammenziehungswellenelement, welches mindestens einen der Ansteuerimpulse bilden soll, in eine Mehrzahl von Zusammenziehungssegmenten aufgeteilt ist, und
wobei mindestens ein anderes Ausstoßwellenelement, welches mindestens einen anderen Ansteuerimpuls bilden soll, unter den aufgeteilten Zusammenziehungssegmenten angeordnet ist, um das Ansteu-

ersignal zu bilden.

9. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß einem beliebigen der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausdehnungssegment, welches. einen Teil des Ausdehnungswellenelements bildet, im vorderen Teil des Ansteuersignals angeordnet ist, und
wobei das erste Ausstoßwellenelement am Endteil des Ansteuersignals angeordnet ist.

10. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß einem beliebigen der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Spannungspegel der aufgeteilten Wellenelemente durch ein Verbindungselement miteinander verbunden sind.

11. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endpunkt eines Wellenelements, welches eine Spannung aufweist, die von einem mittleren Spannungspegel aus abnimmt, auf einen Spannungspegel innerhalb eines Bereichs von 5V vom einem Erdpotenzial eingestellt und mit dem Verbindungselement verbunden ist.

12. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckerzeugungselement ein piezoelektrischer Vibrator vom Biegevibrationstyp ist.

13. Tintenstrahlaufzeichnungsapparat gemäß einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckerzeugungselement ein piezoelektrischer Vibrator vom Längsvibrationstyp ist.

14. Verfahren zum Ansteuern eines Tintenstrahlaufzeichnungsapparats, welcher ein Druckerzeugungselement (**25**) zum Ausdehnen und Zusammenziehen einer Druckerzeugungskammer (**31**) aufweist, umfassend folgende Schritte:
Erzeugen eines Ansteuerimpulses, welcher mindestens. ein erstes Wellenelement (P98–P100) zum Ausdehnen der Druckerzeugungskammer (**31**) und Halten des ausgedehnten Zustands der Druckkammer (**31**) während eines vorgegebenen Zeitraums, ein zweites Wellenelement (P100–P101) zum weiteren Ausdehnen der ausgedehnten Druckerzeugungskammer (**31**) und ein drittes Wellenelement (P102–P103) zum Zusammenziehen der weiter ausgedehnten Druckerzeugungskammer (**31**) umfasst, wobei das erste Wellenelement (P98–P100) und das zweite Wellenelement (P100–P101) eine Potenzialänderung bewirken, ohne eine Referenzspannung (V_M) zu überqueren, welche mit einem Ausgangspotenzial und einem Endpotenzial des Ansteuersignals (COM) identisch ist, und wobei die Potenzialänderung, welche durch das erste Wellenelement (P98–P100) und das zweite Wellenelement (P100–P101) bewirkt wird, kleiner als eine Potenzialänderung ist, welche durch das dritte Wellenelement (P102–P103) bewirkt wird; und
Anlegen des Ansteuerimpulses an das Druckerzeugungselement (**25**), um einen Tintentropfen aus zustoßen.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1.

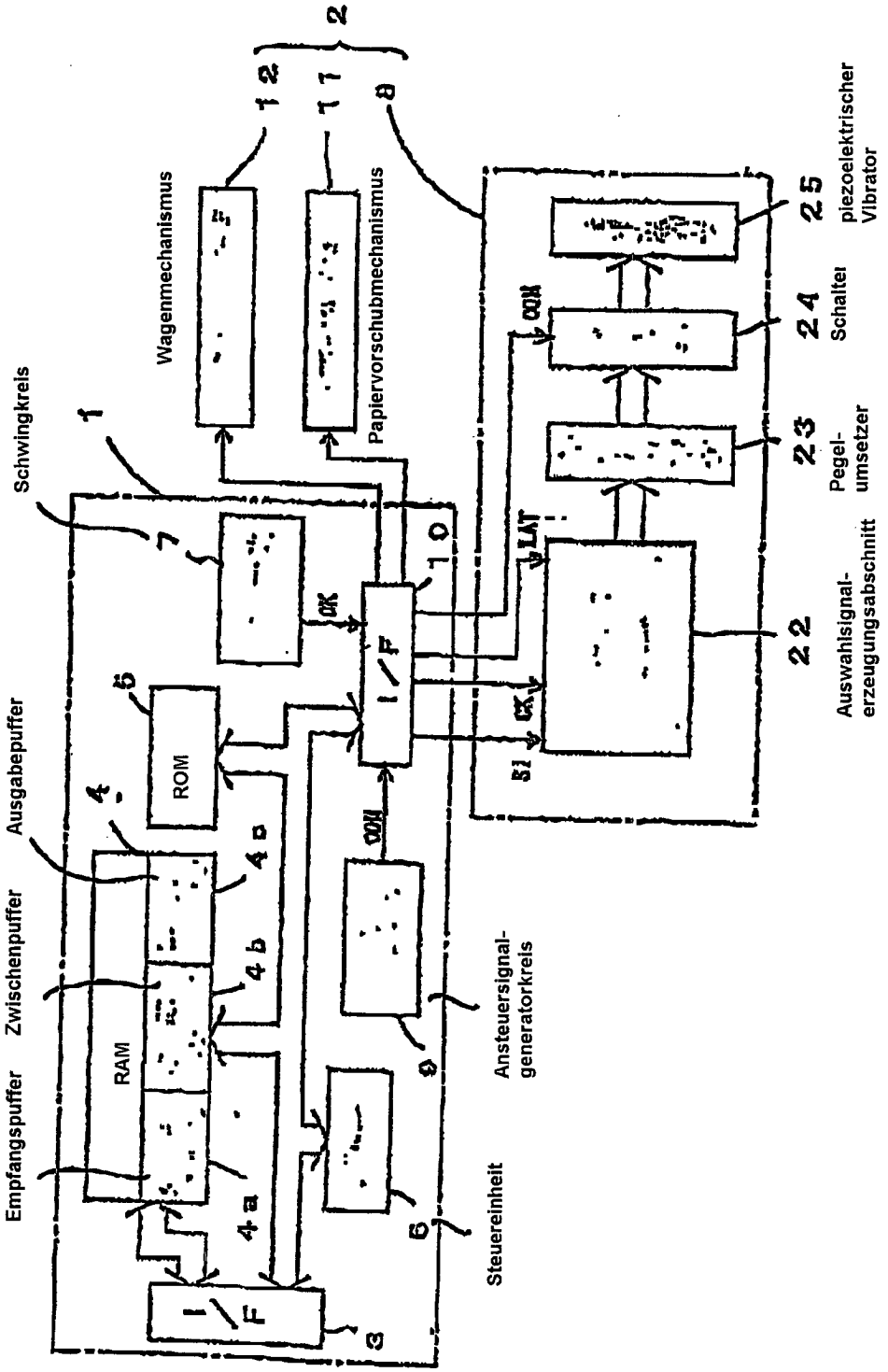


Fig. 2

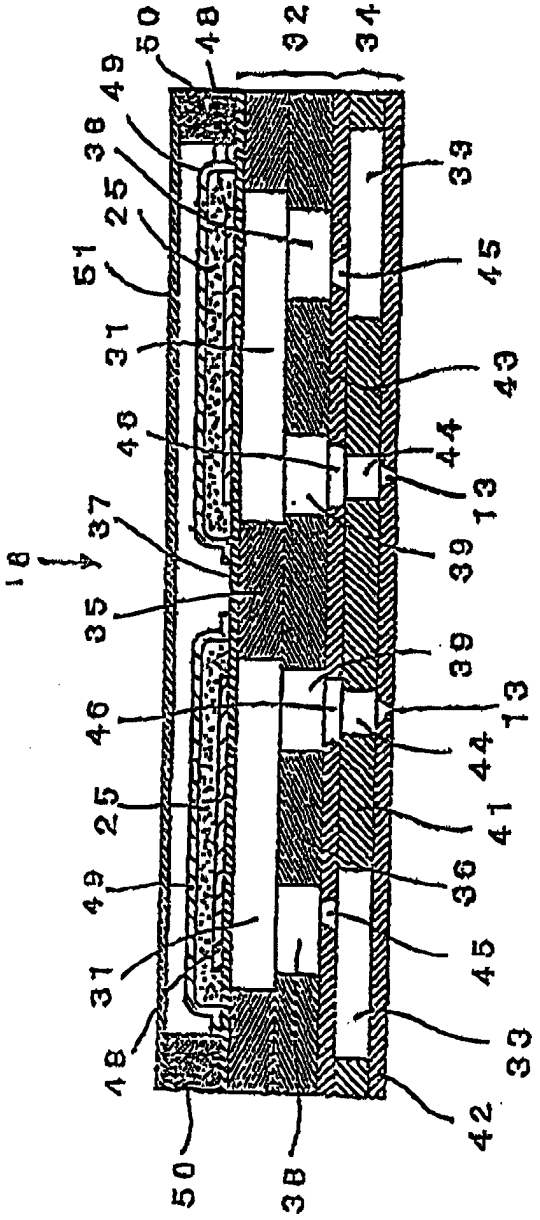

50
48
32
34
49
38
25
51
31
46
37
18
35
46
25
49
31
18
50
38
33
45
43
44
13
39
39
13
44
41
36
45
33
42

Fig. 3

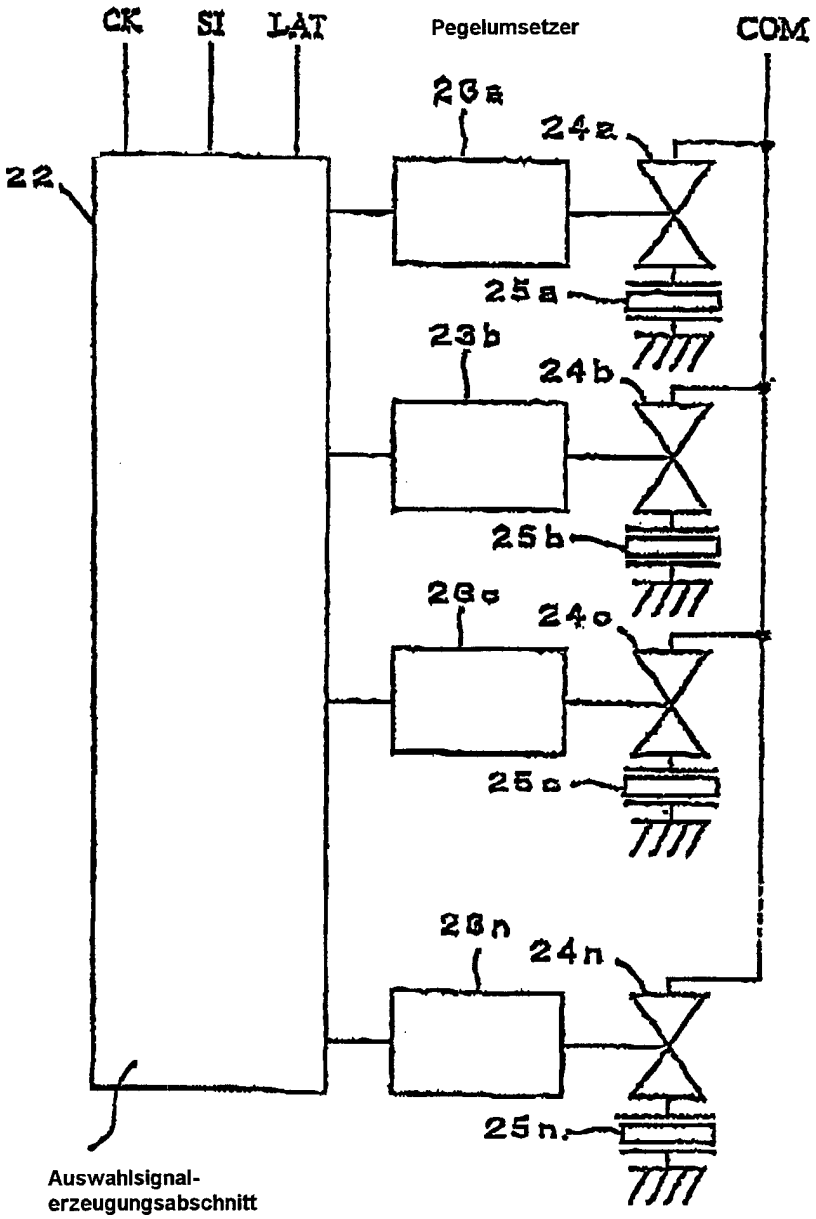

CK
SI
LAT
Pegelumsetzer
COM
22
23a
24a
25a
23b
24b
25b
23c
24c
25c
23n
24n
25n
Auswahlsignal-
erzeugungsabschnitt

Fig. 4(a)

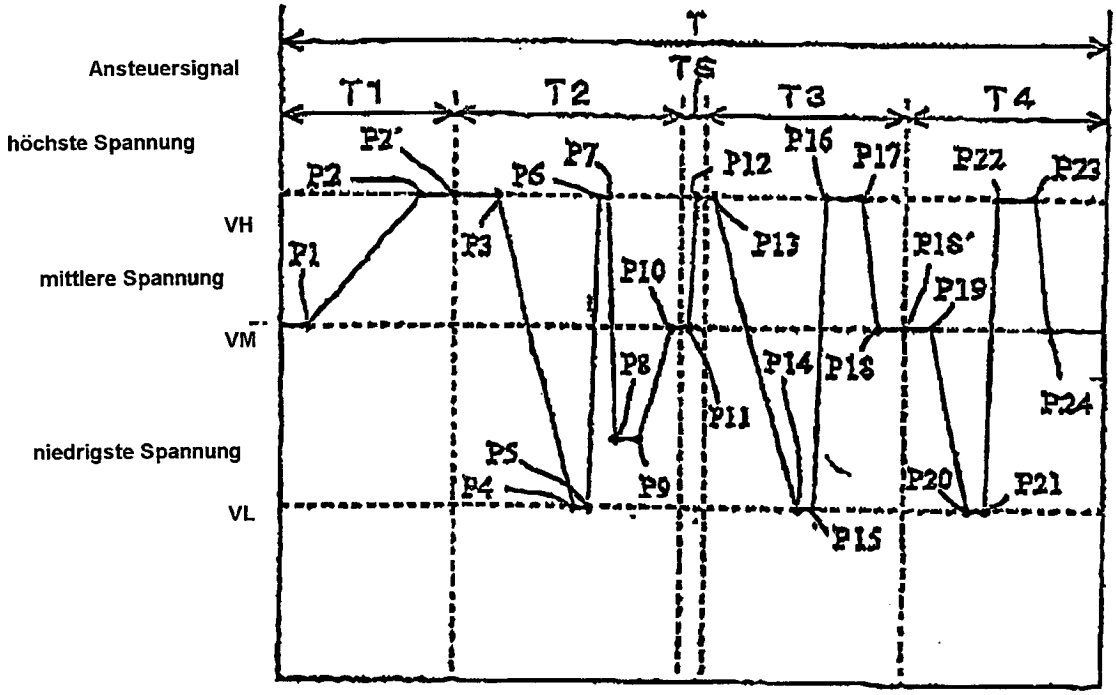


Fig. 4(b)

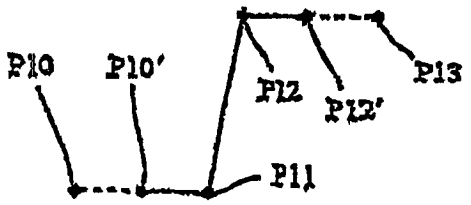


Fig. 4(c)

	Abstufungswert	decodierter Wert (Druckdaten)
kein Druck	0 0	0 0 0 0 0
kleiner Punkt	0 1	1 1 0 0 0
mittlerer Punkt	1 0	1 0 0 1 0
großer Punkt	1 1	1 0 0 1 1

Fig. 5

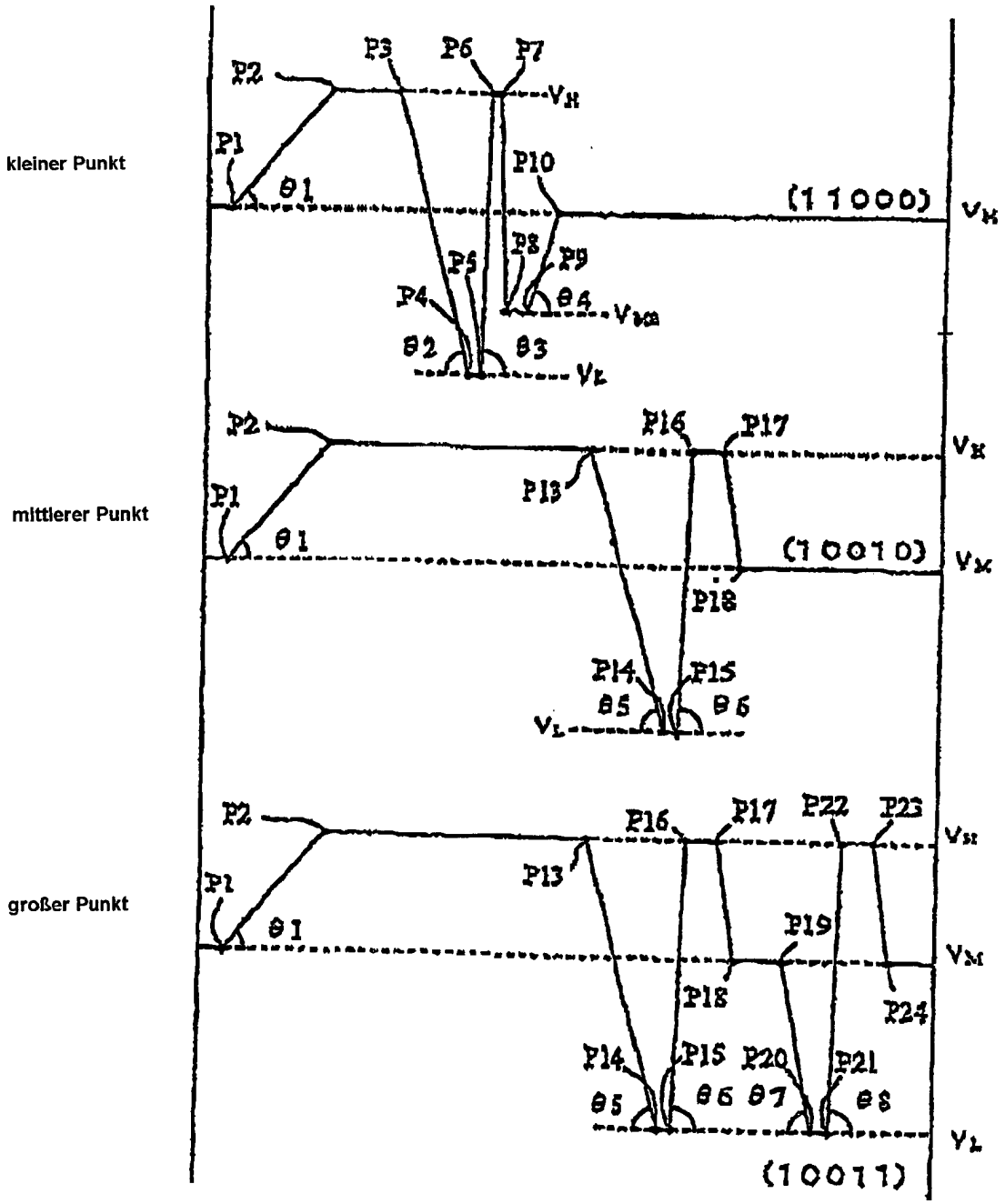

kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8
P9
P10
P13
P14
P15
P16
P17
P18
P19
P20
P21
P22
P23
P24
θ1
θ2
θ3
θ4
θ5
θ6
θ7
θ8
(11000)
(10010)
(10011)

Fig. 6

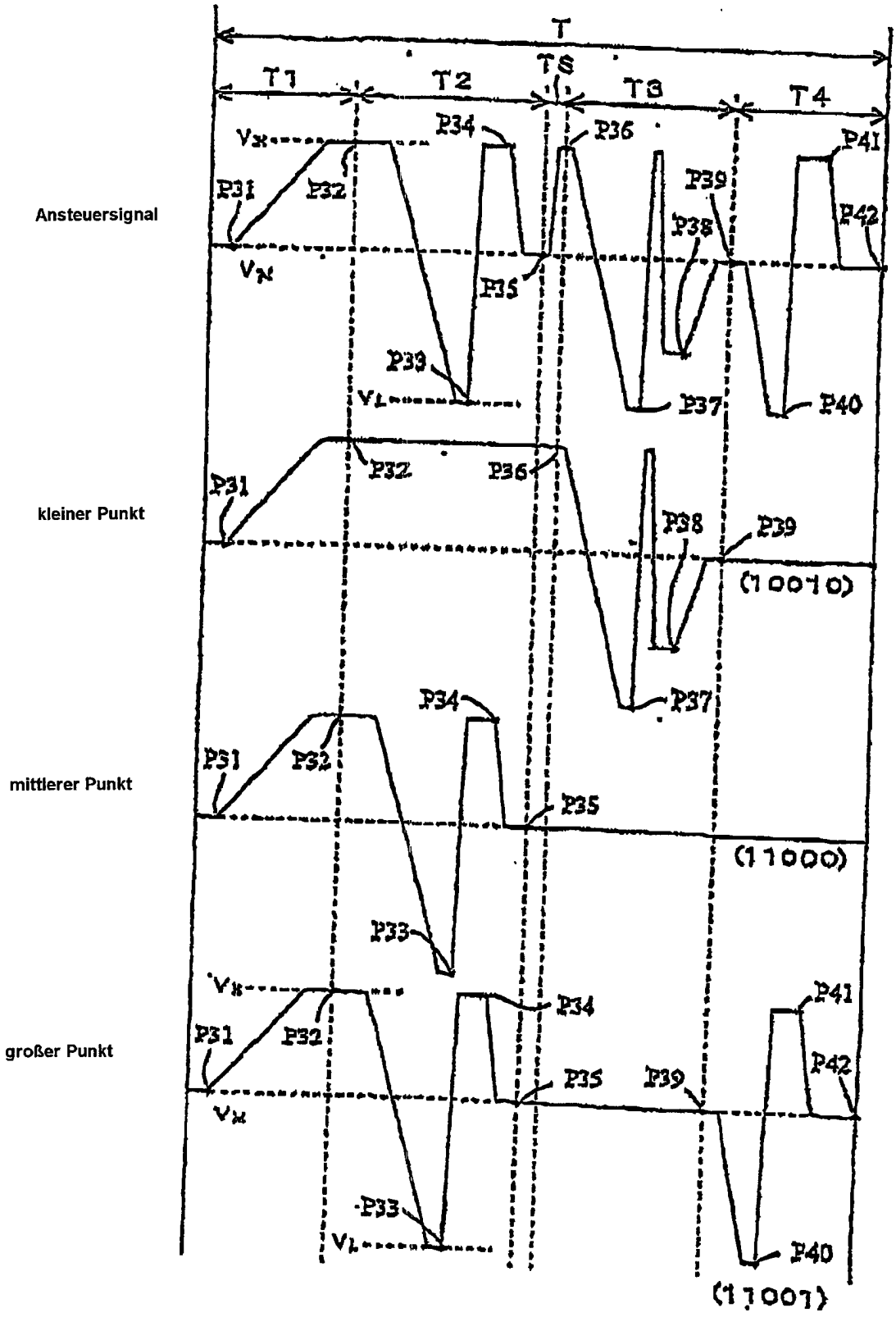

Ansteuersignal
kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
T
T1
T2
TS
T3
T4
P31
P32
P33
P34
P35
P36
P37
P38
P39
P40
P41
P42
(10010)
(11000)
(11001)

Fig. 7

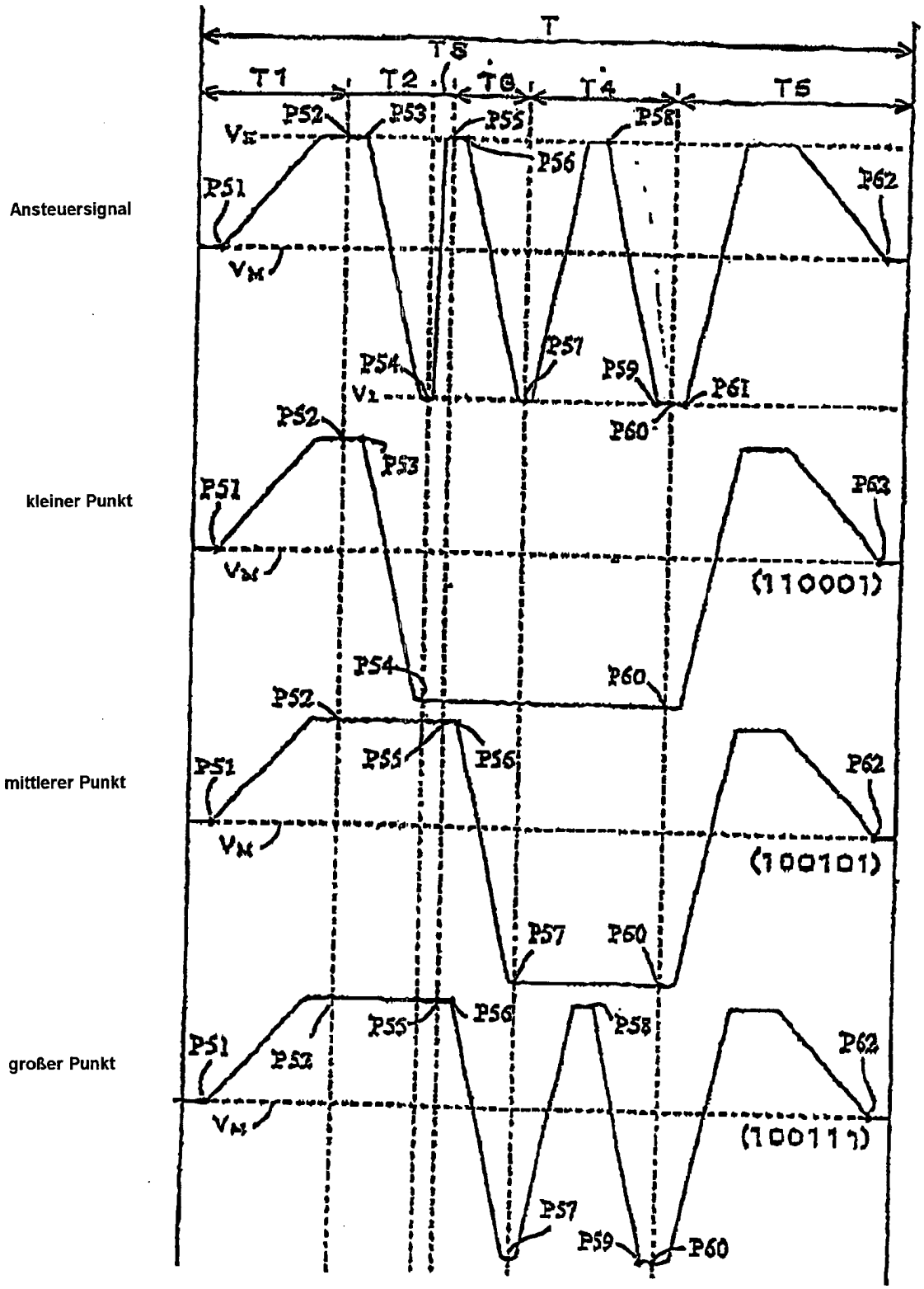

Ansteuersignal
kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
T
T1
T2
T3
T4
T5
T6
P51
P52
P53
P54
P55
P56
P57
P58
P59
P60
P61
P62
VH
VM
VL
(110001)
(100101)
(100111)

Fig. 8

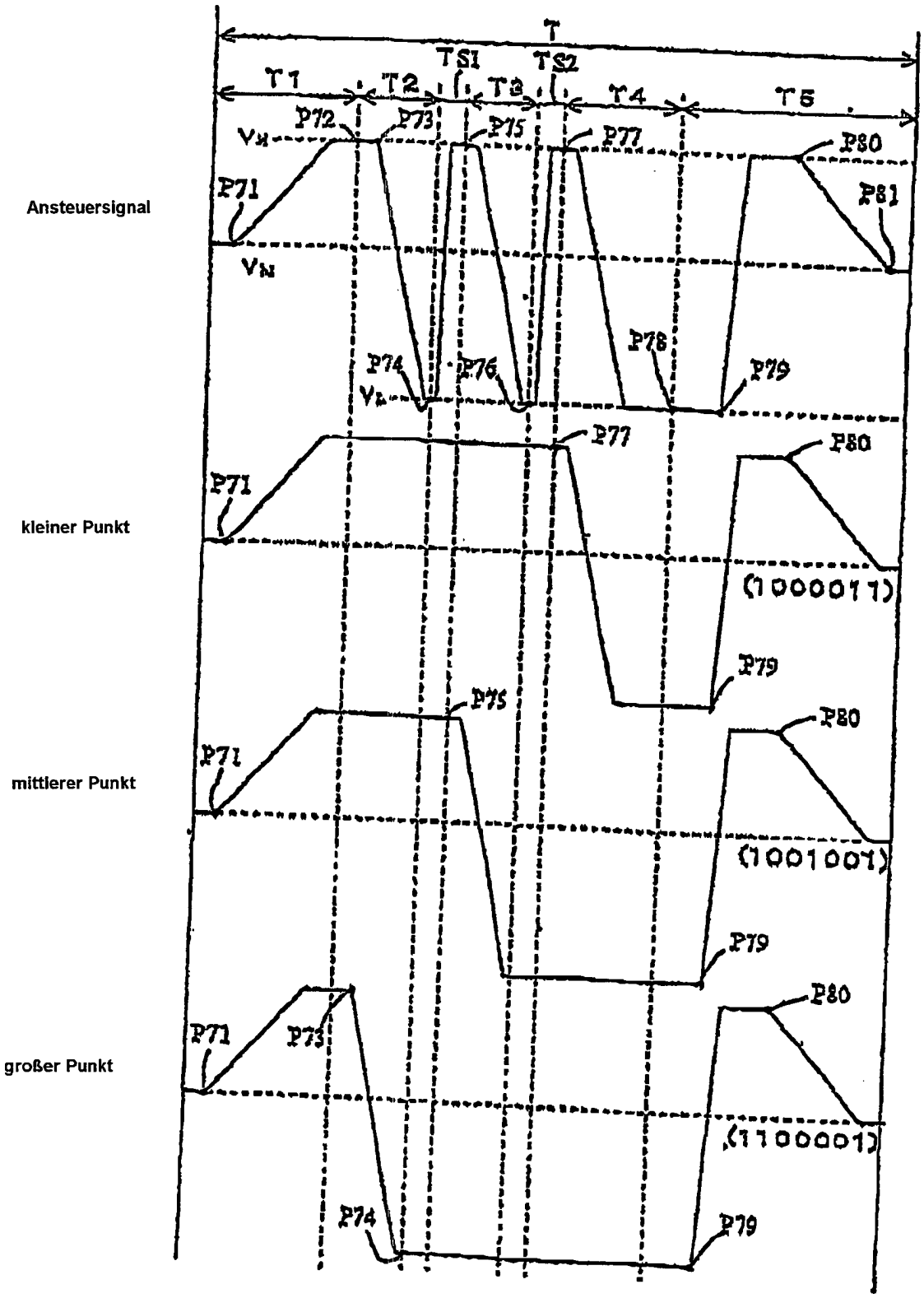

Ansteuersignal
kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
T
TS1
TS2
T1
T2
T3
T4
T5
P71
P72
P73
P74
P75
P76
P77
P78
P79
P80
P81
VH
VM
VL
(1000011)
(1001001)
(1100001)

Fig. 9

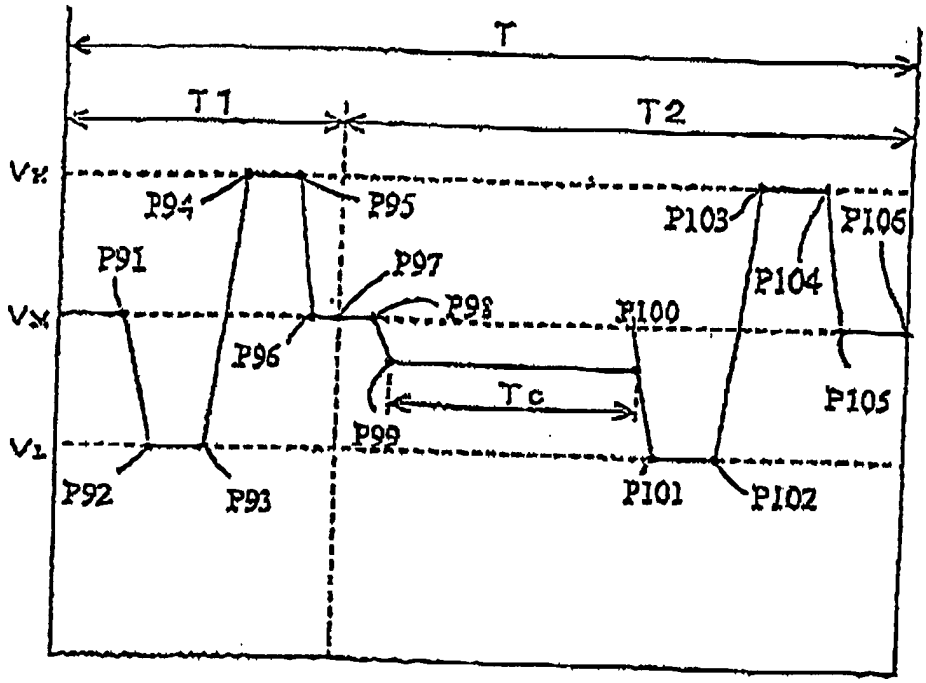

T
T1
T2
VH
VM
VL
P91
P92
P93
P94
P95
P96
P97
P98
P99
P100
P101
P102
P103
P104
P105
P106
Tc

Fig. 10

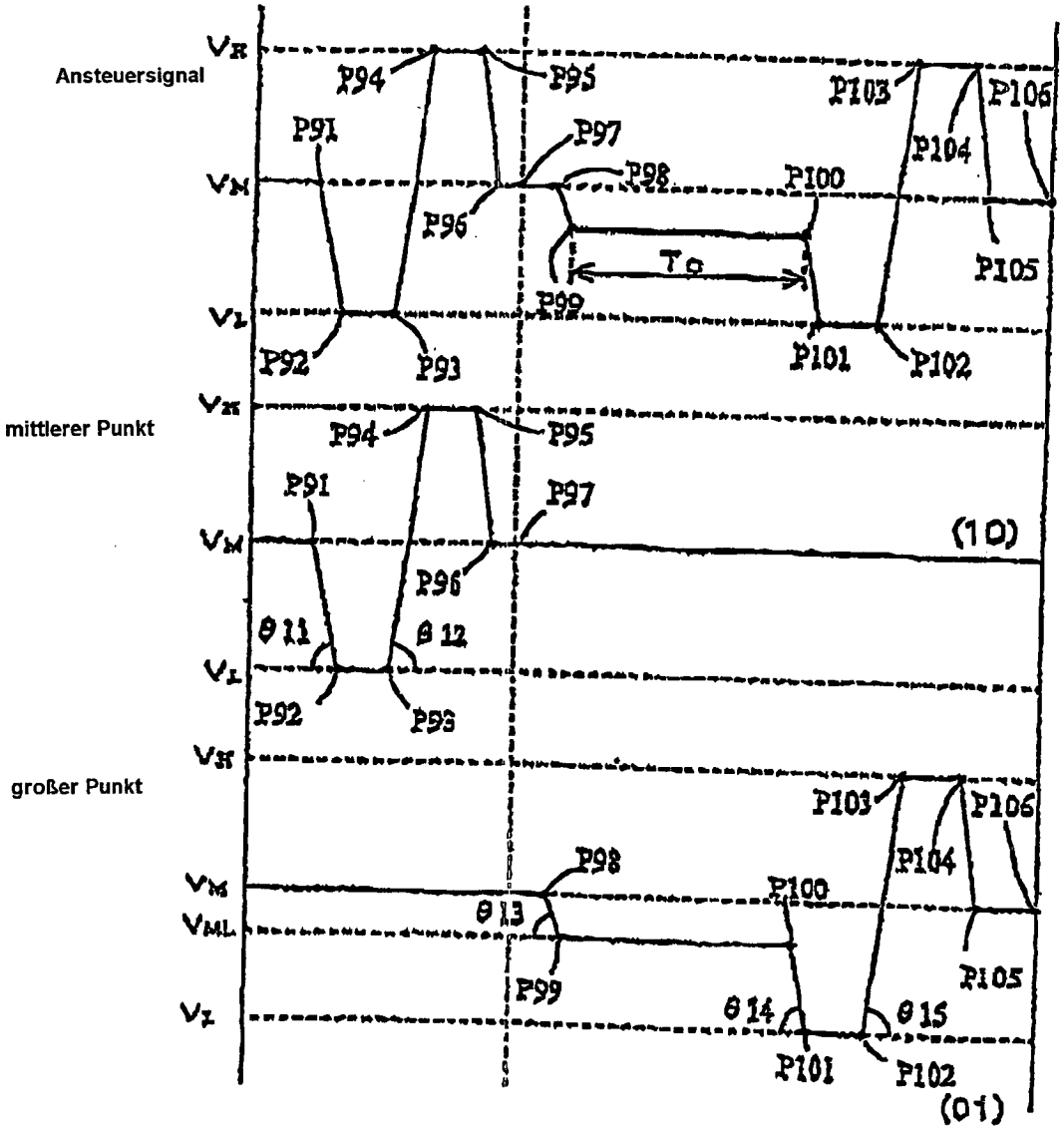

Ansteuersignal
mittlerer Punkt
großer Punkt
VR
VM
VL
VH
VML
P91
P92
P93
P94
P95
P96
P97
P98
P99
P100
P101
P102
P103
P104
P105
P106
To
θ11
θ12
θ13
θ14
θ15
(10)
(01)

Fig. 11(a)

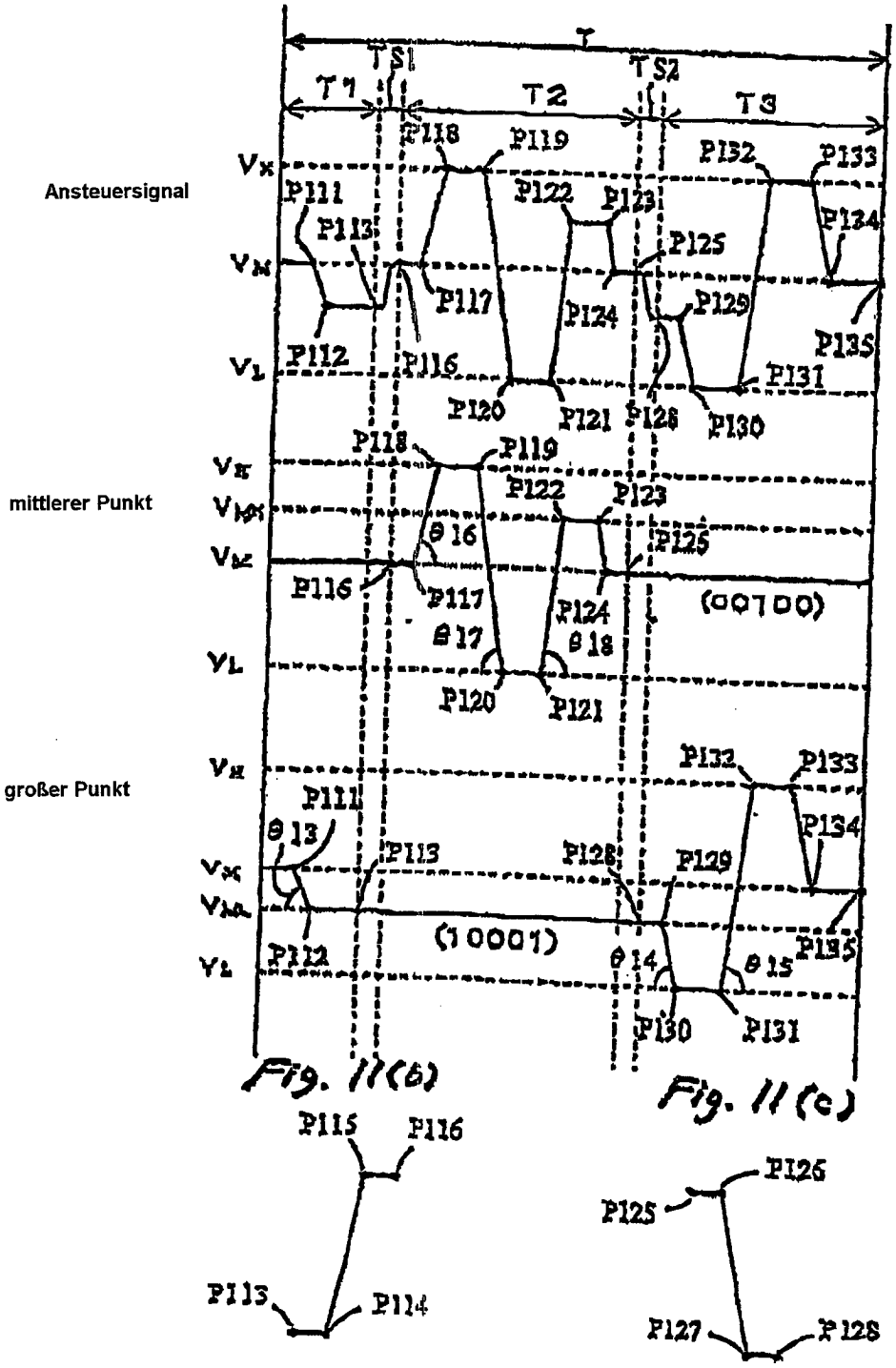


Fig. 11(b)

Fig. 11(c)

Fig. 12 (a)

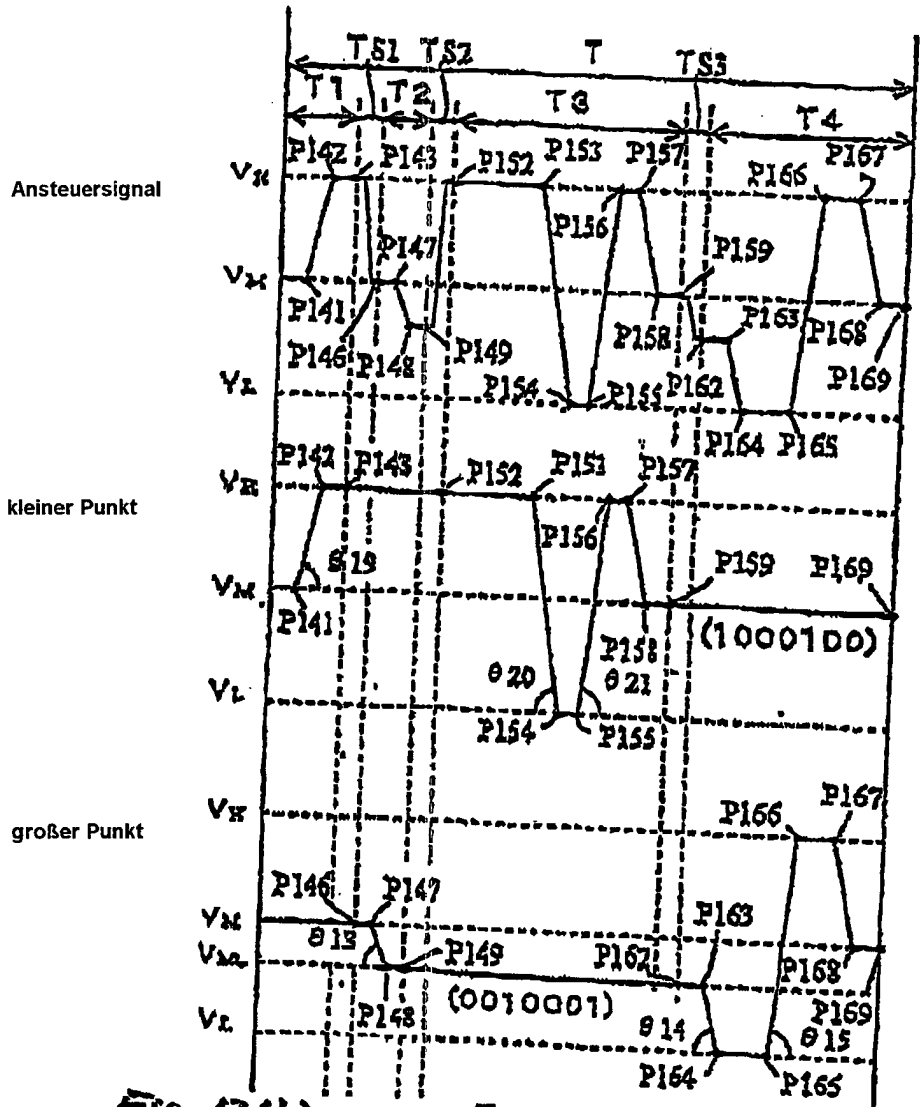


Fig. 12 (b)

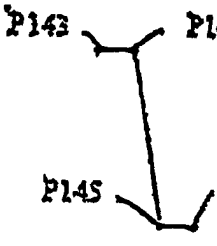


Fig. 12 (c)

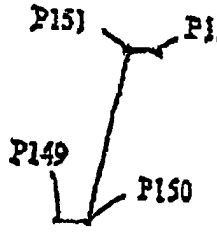


Fig. 12 (d)

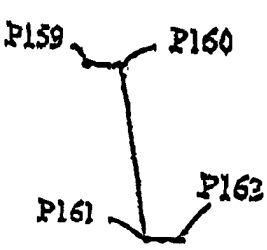


Fig. 13

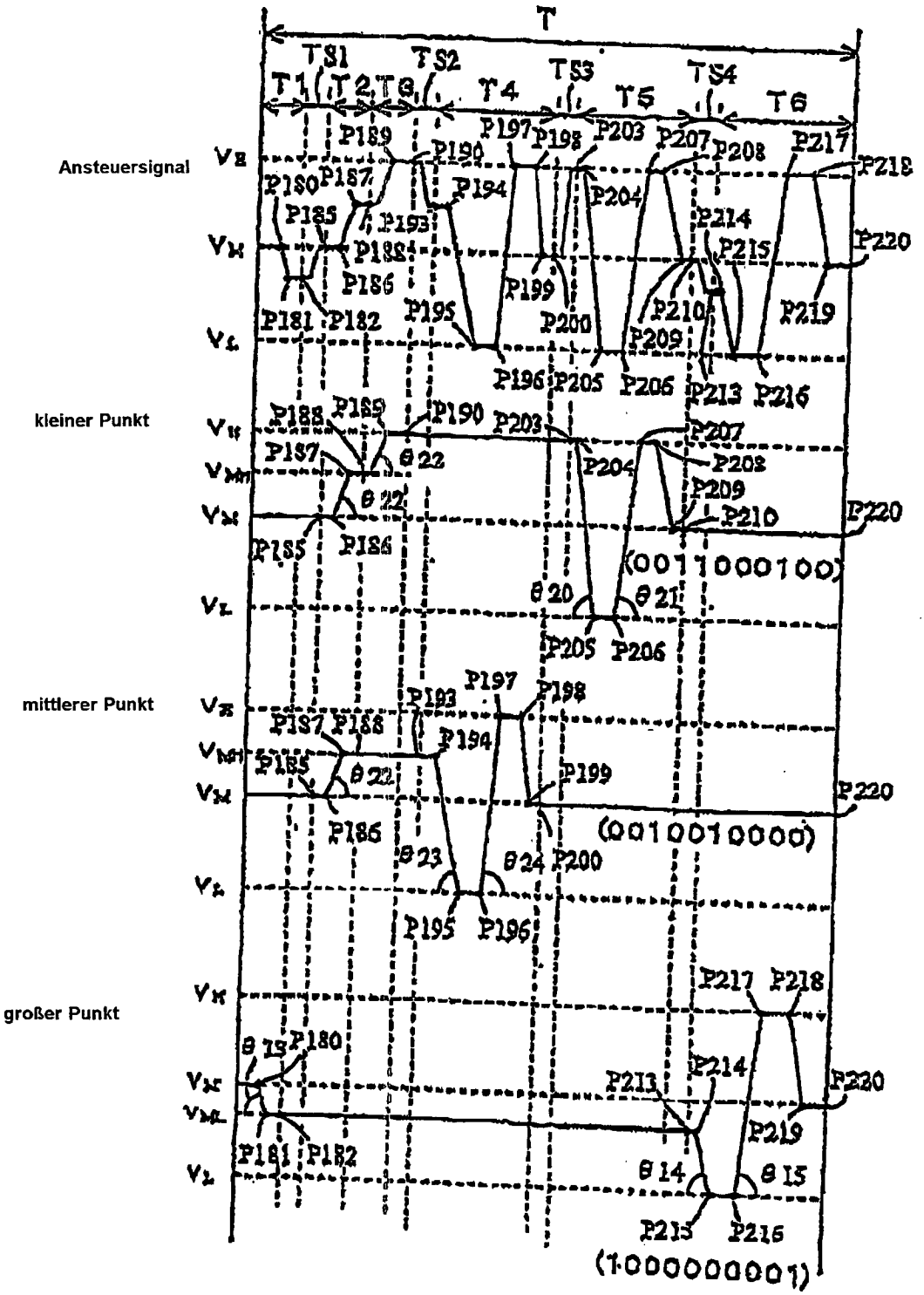

Ansteuersignal
kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
T
TS1
TS2
TS3
TS4
T1
T2
T3
T4
T5
T6
(0011000100)
(0010010000)
(1000000001)

Fig. 14(a)

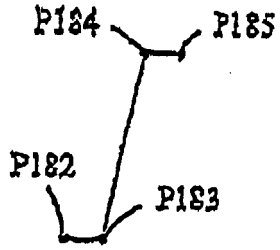


Fig. 14(b)

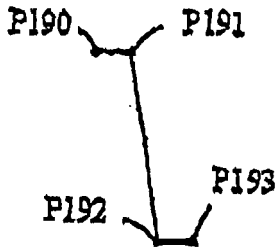


Fig. 14(c)

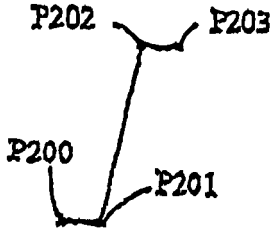


Fig. 14(d)

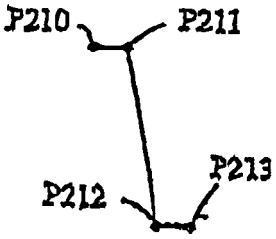


Fig. 15

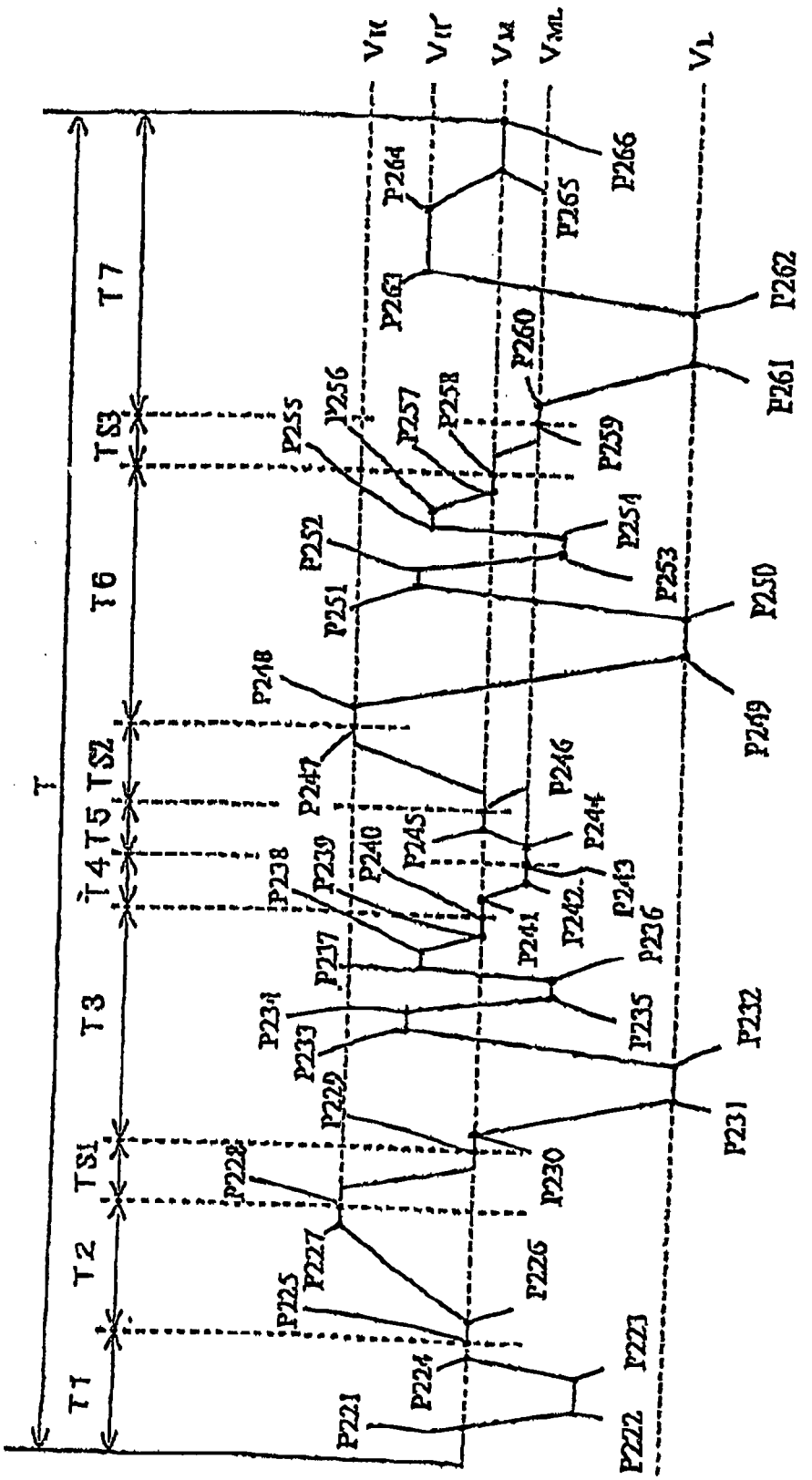

T
T1
T2
TS1
T3
T4
T5
TS2
T6
TS3
T7
P221
P222
P223
P224
P225
P226
P227
P228
P229
P230
P231
P232
P233
P234
P235
P236
P237
P238
P239
P240
P241
P242
P243
P244
P245
P246
P247
P248
P249
P250
P251
P252
P253
P254
P255
P256
P257
P258
P259
P260
P261
P262
P263
P264
P265
P266

Fig. 16

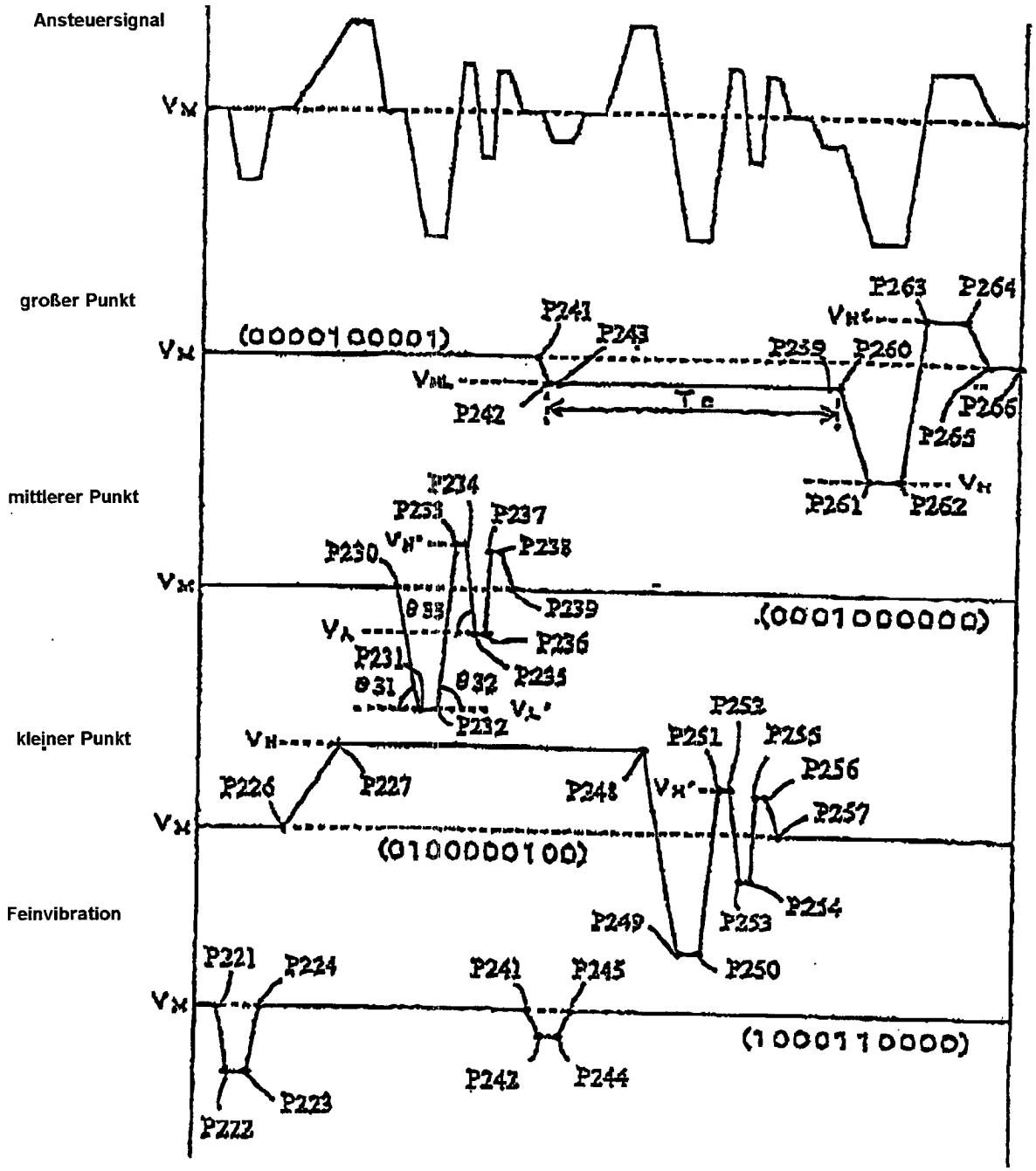

Ansteuersignal
großer Punkt
mittlerer Punkt
kleiner Punkt
Feinvibration
(0000100001)
(0001000000)
(0100000100)
(1000110000)

Fig. 17

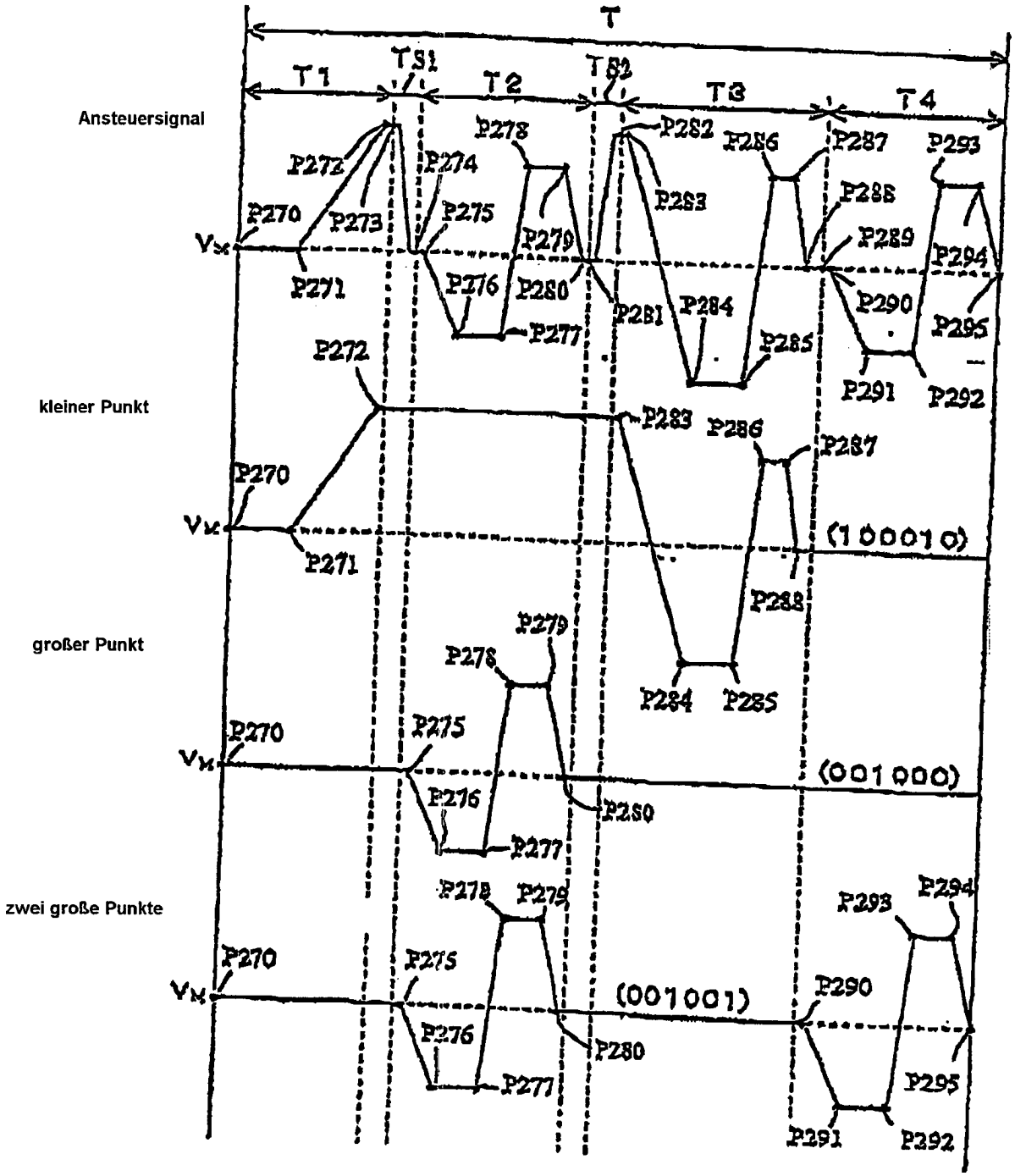

T
T1
TS1
T2
TS2
T3
T4
Ansteuersignal
kleiner Punkt
großer Punkt
zwei große Punkte
VM
P270
P271
P272
P273
P274
P275
P276
P277
P278
P279
P280
P281
P282
P283
P284
P285
P286
P287
P288
P289
P290
P291
P292
P293
P294
P295
(100010)
(001000)
(001001)

Fig. 18

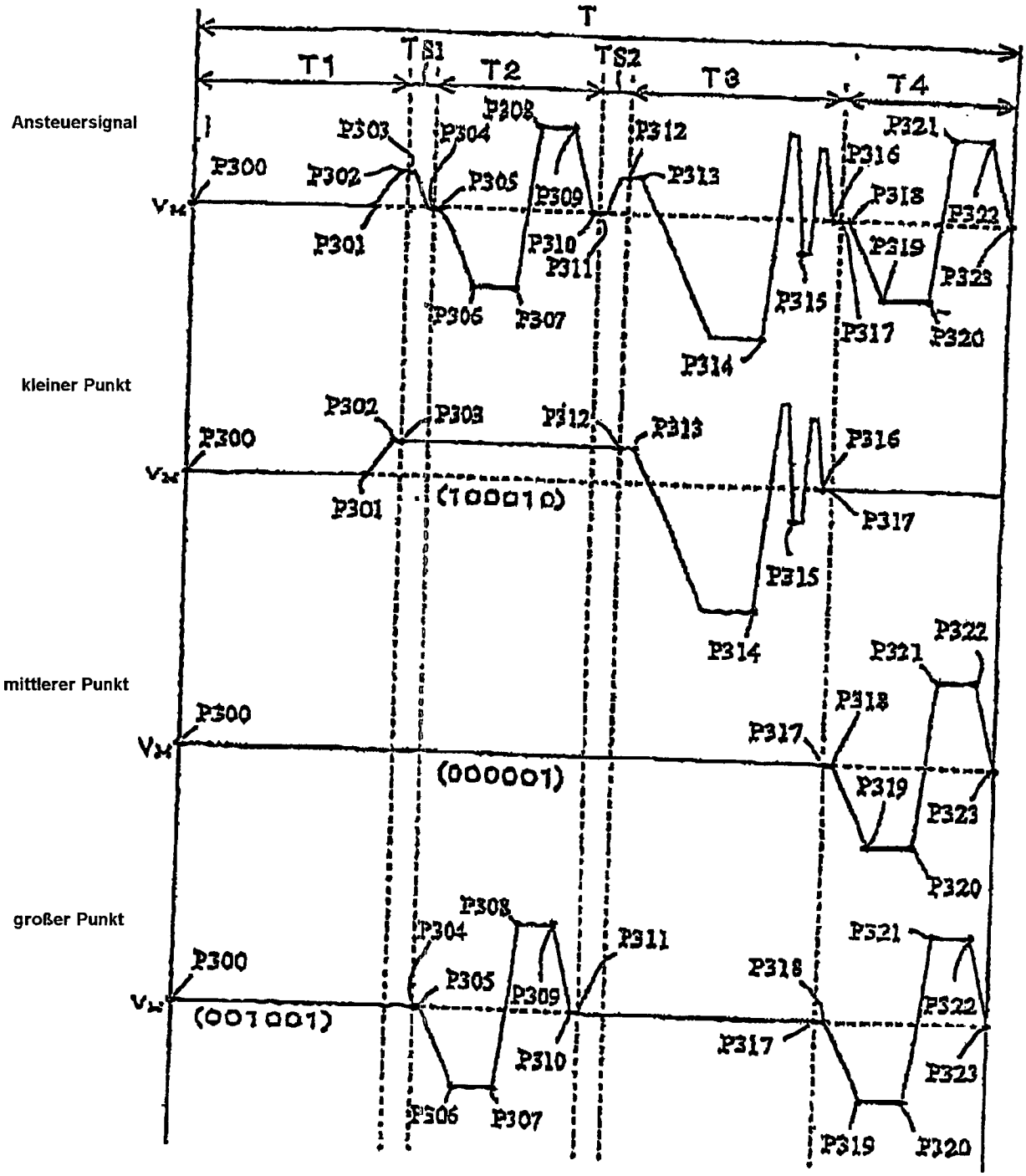

T
T1
TS1
T2
TS2
T3
T4
Ansteuersignal
kleiner Punkt
mittlerer Punkt
großer Punkt
P300
P301
P302
P303
P304
P305
P306
P307
P308
P309
P310
P311
P312
P313
P314
P315
P316
P317
P318
P319
P320
P321
P322
P323
(100010)
(000001)
(001001)

Fig. 19

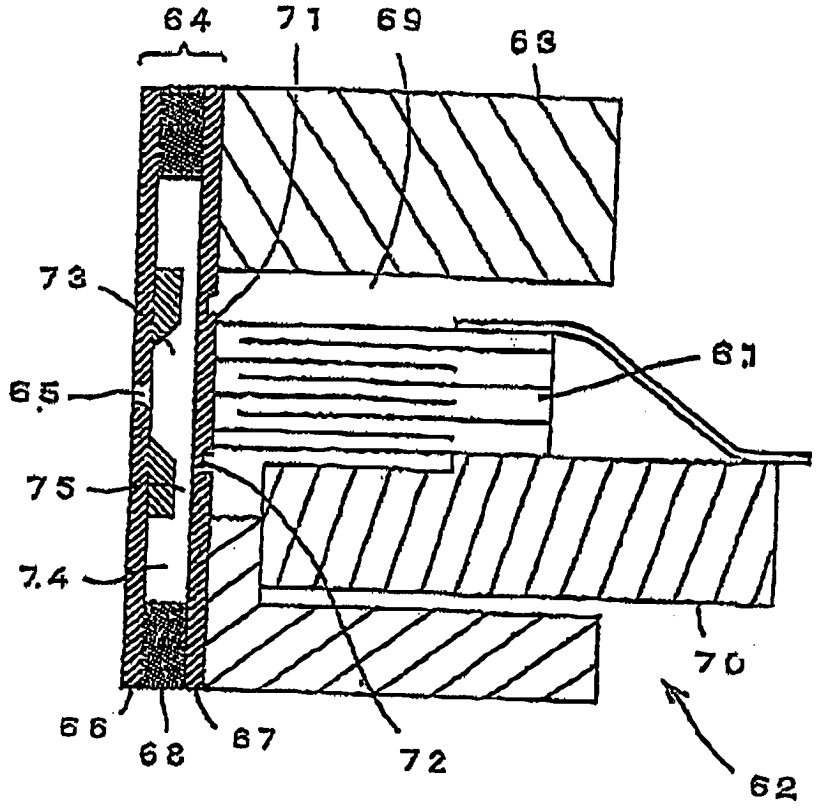
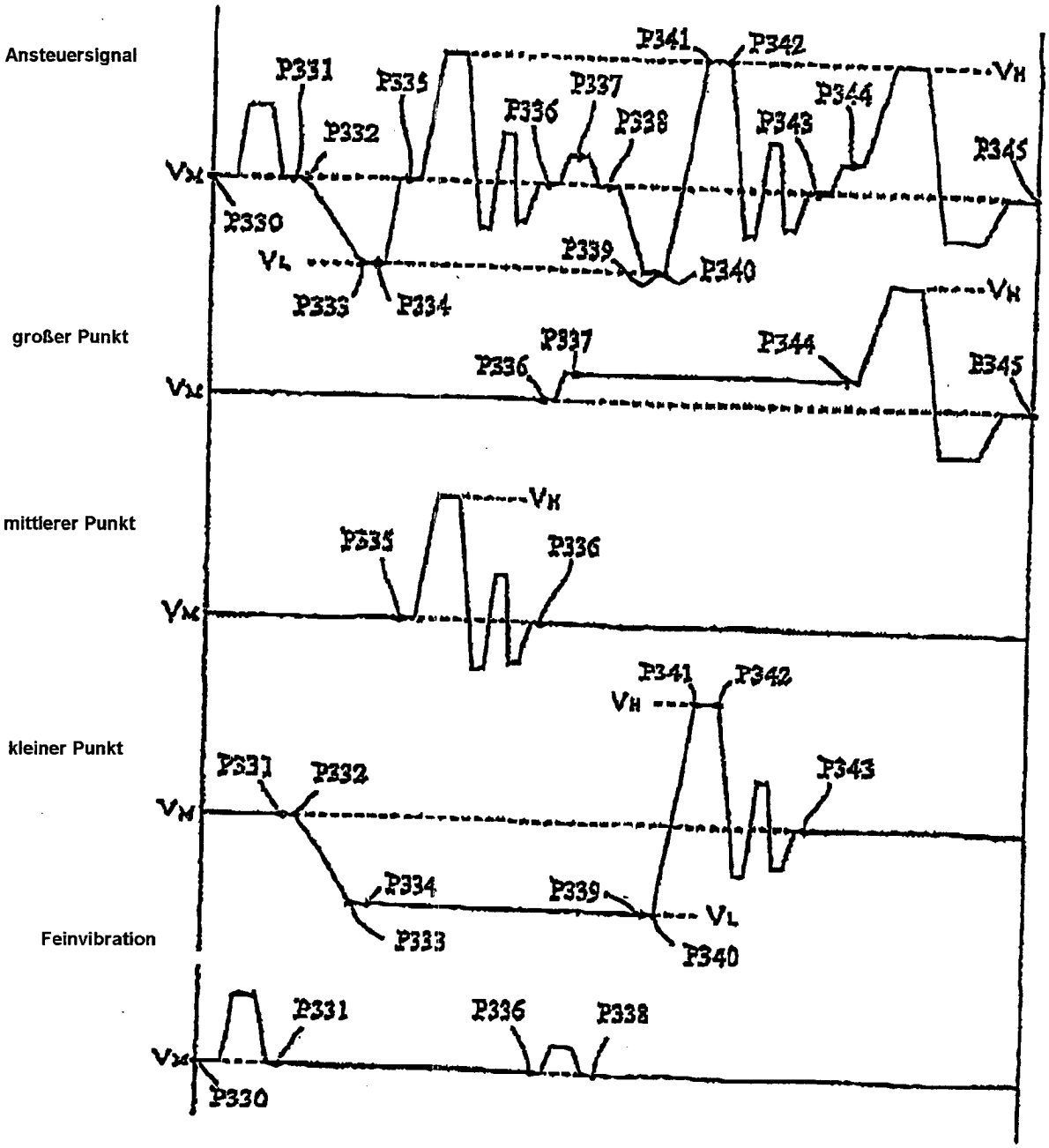


Fig. 20


Ansteuersignal
großer Punkt
mittlerer Punkt
kleiner Punkt
Feinvibration
P330
P331
P332
P333
P334
P335
P336
P337
P338
P339
P340
P341
P342
P343
P344
P345
VH
VL
VM