(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3594628号
(P3594628)
(45)発行日　平成16年12月2日(2004.12.2)　(24)登録日　平成16年9月10日(2004.9.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
B41J 2/045	B41J	3/04	103A
B41J 2/055	B41J	3/04	102Z
B41J 2/175			

請求項の数 6　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平5-91393
(22)出願日　平成5年4月19日(1993.4.19)
(65)公開番号　特開平6-297709
(43)公開日　平成6年10月25日(1994.10.25)
審査請求日　平成12年3月29日(2000.3.29)
審判番号　不服2002-6877(P2002-6877/J1)
審判請求日　平成14年4月19日(2002.4.19)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095452
弁理士　石井　博樹
(72)発明者　星野　勝
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

合議体
審判長　小沢　和英
審判官　清水　康司
審判官　津田　俊明

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
B41J 2/01 ～ 2/21

(54)【発明の名称】インクジェット記録装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
インクを吐出するノズルと、前記ノズルに連通したインク室と、前記インク室の一部に設けられたインク室の容積を変化させる圧力壁と、前記インク室にインクを供給する供給路と、電圧の印加によって形状を変化させる圧電素子とを備え、前記圧力壁と前記圧電素子が機械的に接続されており、前記圧電素子に印加する電圧の変化で前記インク室の容積を拡張及び縮小、または、縮小及び拡張させ前記ノズルよりインクを吐出させるオンデマンド方式のインクジェット記録装置において、
前記圧力室の拡張時または縮小時またはその前後のいずれにおいても前記圧電素子に常に一方向の歪みを加える機構として前記圧電素子の分極電圧と同方向のバイアス電圧を印加する機構を備え、
該バイアス電圧を印加する機構は、印加されるバイアス電圧による前記圧電素子の歪み幅が、前記圧電素子の残留振動の振幅の最大値よりも大きくなるようにバイアス電圧を加えるものであり、
前記圧力室の拡張時または縮小時に生じる前記圧電素子の残留振動によって前記圧電素子の歪み方向が反転しないようにしたことを特徴とするインクジェット記録装置。
【請求項２】
前記バイアス電圧が、前記圧電素子の放電動作時における残留振動の振幅の最大値ΔＤと、前記圧電素子の電圧印加部の総厚みＨと、前記圧電素子の隣り合う電極間の距離ｈと、圧電常数ｄと、によって規定される値（ΔＤ×ｈ）／（ｄ×Ｈ）以上であることを特徴と

する請求項１記載のインクジェット記録装置。
【請求項３】
上記バイアス電圧が、上記規定される値の２倍以上であることを特徴とする請求項２記載のインクジェット記録装置。
【請求項４】
インクを吐出するノズルと、前記ノズルに連通したインク室と、前記インク室の一部に設けられたインク室の容積を変化させる圧力壁と、前記インク室にインクを供給する供給路と、電圧の印加によって形状を変化させる圧電素子とを備え、前記圧力壁と前記圧電素子が機械的に接続されており、前記圧電素子に印加する電圧の変化で前記インク室の容積を拡張及び縮小、または、縮小及び拡張させ前記ノズルよりインクを吐出させるオンデマンド方式のインクジェット記録装置において、
前記圧力室の拡張時または縮小時またはその前後のいずれにおいても前記圧電素子に常に一方向の歪みを加える機構として前記圧電素子を圧縮状態に保持する構造材、または、加圧機構を備え、
前記圧力室の拡張時または縮小時に生じる前記圧電素子の残留振動によって前記圧電素子の歪み方向が反転しないようにしたことを特徴とするインクジェット記録装置。
【請求項５】
前記圧電素子に印加される最大電圧を変化させることでインク吐出量の変調を行うことを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載のインクジェット記録装置。
【請求項６】
前記圧電素子の電圧印加部に印加する電界を、分極時と同方向とし、かつ、常に５０ｋＶ／ｍ以上の電界強度で駆動することを特徴とする請求項１に記載のインクジェット記録装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明はデータに基づいて紙面や記録媒体上にインクを吐出し文字や画像などを記録するインクジェット記録装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
インクジェット方式による記録装置は小型で低騒音であり装置コスト、ランニングコストともに比較的安価であるためにコンピュータなどに接続して文字や画像などのデータを記録する目的で広く使用されている。しかしながら、印字速度が遅いために高速記録が要求される場合においては高価で複雑、大型の電子写真方式の記録装置に頼らざるを得ない。インクジェット方式の記録装置の記録速度を電子写真方式のそれに匹敵する速度に高速化するためには、インクジェット記録装置の１ノズル当りのインク吐出の繰返し応答周波数を向上すること、記録装置のノズル数を増やすことが要求される。
【０００３】
現状のインクジェット記録装置の１ノズル当りのインク吐出の繰返し応答周波数は３～１０ｋＨｚ程度であるが、この繰返し周波数を実験的に上げて駆動した場合、それぞれのノズルのインク吐出は可能であるが、各ノズル間の吐出インク量、吐出インクスピードのばらつきが激しくなり、更に駆動繰返し周波数を上げた場合、一部のノズルでインクの吐出が可能でも残りのノズルでインク吐出ができない状態になる。すなわち、現状のインクジェット記録装置で吐出繰返し周波数を上げるとノズル間のインク吐出特性のばらつきが激しくなったり吐出不良が発生したりすることで記録装置として実用的でなくなってしまう。
【０００４】
更に、現状のインクジェット記録装置で吐出繰返し周波数を実験的に上げると、圧電素子の圧縮、伸張の繰返しによる疲労現象によって破壊寿命が著しく短くなり、この点からも記録装置としての実用性が損なわれる。また、電子写真方式に匹敵する高速記録を実現す

るためにはインクの吐出繰返し周波数を上げると同時にインクノズル数も現状の４８～６４ノズル程度から少なくとも１００ノズル以上に増やさなければならない。しかしながら、インクジェット記録装置においては１ノズルでも吐出不良が発生すると記録装置として不良となるために、現状のインクジェット方式でノズル数を増やすことは装置としての不良率を著しく増加させてしまい実用的な信頼性を得ることは困難であった。

【０００５】

すなわち、従来のインクジェット記録装置は高速化に当って、インク吐出特性がばらつく、圧電素子の疲労破壊により寿命が短い、圧電素子の不良発生率が高すぎるといった問題があった。

【０００６】

従来のインクジェット記録装置のインク吐出部構成例の断面を図１６及び図１７に示す。図１６はノズル１に連通するインク室２とインク供給路３から成るインク流路に満たされているインクを、インク室２の一部に設けられた圧力壁２ｐに接続された圧電素子４へ両面の電極４ｅによって電圧を印加することで圧電素子４に縦横比の変化としての歪みを生じさせてインク室２を加圧しノズル１からインクを吐出させる構成である。図１７はノズル１に連通するインク室２とインク供給路３から成るインク流路にインクが満たされており、インク室２の一部に設けられた圧力壁２ｐに両面に電極４ｅをもつ圧電セラミクスと弾性板４ｔを張り合わせてなる圧電素子４を備え、電極間に電圧を印加することで圧電素子４を屈曲させ、インク室２を加圧しノズル１からインクを吐出させる構成である。従来例として示す図１６、図１７とも圧電素子に印加する電圧によってインク室を拡張または縮小させる構造となっている点で圧電素子を用いたインクジェット記録装置に共通する構成である。

【０００７】

図１８は圧電素子を用いたインクジェット記録装置の従来例における、圧電素子に印加する駆動電圧波形と圧電素子の歪みを示すグラフである。図中実線Ｖが印加する電圧波形であり、破線Ｐが圧電素子の歪みである。グラフ横軸は時間であり、縦軸は電圧及び歪みを示す。図の電圧波形Ｖは電圧値であり、圧電素子の歪みＰは変位値であるのでグラフの縦軸の単位は異なるが本図では説明の為、重ねて標記している。グラフの上方向が圧電素子の分極電圧と同方向の電圧を加えた場合で、その時の圧電素子の歪みは電極間の距離が伸張する方向である。グラフ水平軸０の状態が歪み０の状態であり、下方向が縮み方向の歪みである。

【０００８】

図１８（ａ）は押し打ちと言われる駆動方法で、圧電素子に電圧を加えて充電することでインク室が縮小する構造とし、図中符号Ｉで示す様に圧電素子にパルス状の電圧を印加し圧電素子を急激に充電し歪ませてインク室の容積を縮小させることでノズルからインクを吐出させる方式である。インク吐出後は図中符号Ｒで示す様に圧電素子を放電し圧電素子の歪みを０の状態にしインク室を吐出前の状態に戻す。図１６（ａ）の構造で圧電素子に分極時と同方向の電圧を印加すると圧電素子は電極面４ｅの間隔が拡張する方向に歪むので、片側の電極面をインク室の壁面に接合しているのでインク室を圧縮する事ができる。同様に図１８（ａ）の駆動方法で図１７（ａ）の構造の圧電素子を駆動する場合は、符号Ｉで示す様に圧電素子に電圧を印加して急激に充電することで圧電素子４が厚み方向に拡張すると同時に長さ方向に収縮するので圧電素子に張り合わされている弾性板４ｔとの歪みの差が生じインク室を加圧する方向に振動板が反り、インクを吐出させる。インク吐出後は図中符号Ｒで示す様に圧電素子を放電することで圧電素子の歪みを０の状態にし、インク室を吐出前の状態に戻す。

【０００９】

図１８（ｂ）は引き打ちと言われる駆動方法で、圧電素子を充電することでインク室が拡張する構造とし、インク吐出の準備として図中符号Ｒで示す様に圧電素子に電圧を印加し圧電素子を充電し歪ませることでインク室を拡張しておき、インク吐出のタイミングで図中符号Ｉで示す様に充電されている圧電素子を急激に放電し振動子の歪みを元の状態に解

放することでインク室を加圧しインクを吐出させる方式である。図１６（ｂ）の構造では圧電素子は電圧の印加でインク室２を拡張する方向に歪むので図１７の駆動方法でインク吐出ができる。同様に図１７（ｂ）の構造では圧電素子の反りは電圧の印加でインク室２を拡張する方向に生じるので図１７の駆動方法でインク吐出ができる。

【００１０】

従来の圧電素子を用いたインクジェット記録装置は米国特許第４４７１３６３号明細書などに述べられているように、図１８で示した例またはそのタイミングを改善した例、それらを組み合せて圧電素子に印加する電圧を反転可能にした例などが見られる。しかしながら、これら、従来の方法で記録速度を高速化していくと圧電素子の疲労破壊による不良や寿命の著しい低下が発生するために実用的でなくなるという問題点を有していた。図１９に従来の圧電素子を用いたインクジェット記録装置における圧電素子の破壊部位を断面図で示す。図中符号４は圧電性セラミクスであり、符号４ｅは圧電性セラミクスに電圧を印加する電極である。図１９（ａ）、（ｂ）、（ｃ）は厚み方向の歪み変位でインク室を拡張または縮小する圧電素子の例である。図１９（ｄ）、（ｅ）、（ｆ）は圧電素子に弾性板４ｔを張り合わせることで圧電性セラミクス４の厚み及び広がり方向の歪みを屈曲変位に変換しインク室を拡張または縮小する圧電素子の例である。これらの圧電素子を図１８で示す従来の方法で長時間インク吐出の為の駆動を行なうと、図１９において符号Ｋで例示する部分にクラックが入り、圧電素子の駆動動作が行なわれなくなったり、著しく特性を損ねてインク吐出が不可能になる。図１９（ａ）及び（ｄ）は圧電セラミクス４と電極４ｅの接合部付近にクラックＫが生じた例であり、同様に図１９（ｂ）及び（ｅ）の符号Ｋで示すクラックは圧電セラミクスの表面付近に生じた例であり、図１９（ｃ）及び（ｆ）の符号Ｋで示すクラックは圧電性セラミクスの内部に生じた例である。いずれも接合部の組成の変化部や微小な欠陥や異物など応力の集中しやすい部分に圧電素子の伸張の繰返しによる疲労破壊が発生したものと考えられる。また、従来の圧電素子を用いたインクジェット記録装置で記録速度を高速化していくと圧電素子の疲労破壊の顕在化とともに、圧電素子の電気機械変換特性の素子間ばらつきが著しくなり実用的でなくなるという問題点も有していた。

【００１１】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明が解決しようとする課題は、圧電素子を用いたインクジェット記録装置の記録速度を高速化するための課題である圧電素子の疲労破壊の防止と圧電素子の電気機械変換特性の素子間バラツキを極小にすることである。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

このような課題を解決するために本発明においては、インクを吐出するノズルと、前記ノズルに連通したインク室と、前記インク室の一部に設けられたインク室の容積を変化させる圧力壁と、前記インク室にインクを供給する供給路と、電圧の印加によって形状を変化させる圧電素子とを備え、前記圧力壁と前記圧電素子が機械的に接続されており、前記圧電素子に印加する電圧の変化で前記インク室の容積を拡張及び縮小、または、縮小及び拡張させ前記ノズルよりインクを吐出させるオンデマンド方式のインクジェット記録装置において、前記圧力室の拡張時または縮小時またはその前後のいずれにおいても前記圧電素子に常に一方向の歪みを加える機構として前記圧電素子の分極電圧と同方向のバイアス電圧を印加する機構を備え、該バイアス電圧を印加する機構は、印加されるバイアス電圧による前記圧電素子の歪み幅が、前記圧電素子の残留振動の振幅の最大値よりも大きくなるようにバイアス電圧を加えるものであり、前記圧力室の拡張時または縮小時に生じる前記圧電素子の残留振動によって前記圧電素子の歪み方向が反転しないようにしたことを特徴とする。

また、前記インクジェット記録装置において、好ましくは前記バイアス電圧が、前記圧電素子の放電動作時における残留振動の振幅の最大値ΔＤと、前記圧電素子の電圧印加部の総厚みＨと、前記圧電素子の隣り合う電極間の距離ｈと、圧電常数ｄと、によって規定

される値（ΔＤ×ｈ）／（ｄ×Ｈ）以上であることを特徴とする。
　また、前記インクジェット記録装置において、好ましくは上記バイアス電圧が、上記規定される値の２倍以上であることを特徴とする。
【００１３】
　また、前記インクジェット記録装置において、好ましくは前記圧電素子に印加される最大電圧を変化させることでインク吐出量の変調を行うことを特徴とする。
　また、前記インクジェット記録装置において、好ましくは前記圧電素子の電圧印加部に印加する電界を、分極時と同方向とし、かつ、常に５０ｋＶ／ｍ以上の電界強度で駆動することを特徴とする。
　また、本発明の別の態様におけるインクジェット記録装置は、インクを吐出するノズルと、前記ノズルに連通したインク室と、前記インク室の一部に設けられたインク室の容積を変化させる圧力壁と、前記インク室にインクを供給する供給路と、電圧の印加によって形状を変化させる圧電素子とを備え、前記圧力壁と前記圧電素子が機械的に接続されており、前記圧電素子に印加する電圧の変化で前記インク室の容積を拡張及び縮小、または、縮小及び拡張させ前記ノズルよりインクを吐出させるオンデマンド方式のインクジェット記録装置において、前記圧力室の拡張時または縮小時またはその前後のいずれにおいても前記圧電素子に常に一方向の歪みを加える機構として前記圧電素子を圧縮状態に保持する構造材、または、加圧機構を備え、前記圧力室の拡張時または縮小時に生じる前記圧電素子の残留振動によって前記圧電素子の歪み方向が反転しないようにしたことを特徴とする。
【００１４】
【作用】
圧電素子の充電または放電またはその前後に生じる圧電素子の歪みが０の状態あるいは０の状態を越えて圧縮と伸張の両方の状態を繰り返すことがなく、常に一方向の歪みで圧電素子が動作するために圧電素子の疲労破壊が著しく低減される。また、圧電素子を常に一定電圧以上が印加された状態で使用するので圧電素子の素子間で電気機械変換特性のばらつきが激しい電圧０付近の状態を避けられるために素子間の特性ばらつきを極小にできる。
【００１５】
【実施例】
そこで以下に本発明の詳細を図示した実施例に基づいて説明する。
【００１６】
本発明を用いた第１の実施例を図１、図２　図３、図４、及び図５を用いて説明する。本実施例はＡ４大シート状の記録媒体に１分当り１２枚の記録を可能とするインクジェット記録装置である。本実施例では高速記録を可能とするためにインクノズルとそれに連通するインク室、インク室を加圧する圧電素子で１組を成すインクジェット素子を６４０素子用い、それぞれの素子の繰返し駆動周波数を２４ｋＨｚとしている。また、印字密度は６００ドット／インチとし高速でありながら高精細な画質で記録が可能である。
【００１７】
図２は本実施例の構成要素外観を示す斜視図であり、図中符号１０は記録ヘッド、図中符号１１はヘッド駆動回路、図中符号１２は記録用紙、図中符号１３はヘッド支持機構、図中符号１４はヘッド移動機構、図中符号１５は印字ドラム、図中符号１６は記録用紙クランプ機構、図中符号１７はドラム駆動機構、図中符号１８はインクタンクである。記録用紙１２は図示しない用紙カセットから給紙され、印字ドラム１５に巻き付けられ記録用紙クランプ機構１６により固定される。記録ヘッド１０はインクを吐出させるノズル及びそれに連通したインク室及びインクを加圧する圧電素子よる１組を成すインクジェット素子をライン状に６４０素子備えている。それぞれのノズル間隔は８／６００インチ間隔であり、印字ドラム１５が１回転する毎にヘッド移動機構１４により１／６００インチずつ印字ドラム軸に平行な方向に沿って移動する。記録ヘッド１０は印字ドラム１５の回転に同期して駆動される。記録ヘッド１０の１素子の繰返し駆動周波数は２４ｋＨｚであるので

印字ドラムは１回転１秒以下で記録が可能であり、紙面全面の記録を印字ドラム８回転で終了する。従って本実施例の記録装置はインクジェット方式でありながら駆動周波数の高速化と圧電素子の多ノズル化を図ったことで高速記録を可能としている。

【００１８】

図１は図２で示した実施例の記録ヘッドの１素子のノズル及びインク室及び圧電素子の構成と、圧電素子を駆動する装置の構成を示した図である。図中符号１はノズル、図中符号２はインク室であり、インクは図中符号３のインク供給路を通じてインクタンクから供給されインク室２を満たしている。インク室２の一部には図中符号２ｐで示す圧力壁が設けられており圧電素子４と接合されている。本実施例で用いた圧電素子は板状の圧電性セラミクスを膜状の電極４ｅを挟んで複数枚積層した積層タイプ圧電素子と言われるもので、交互に接続される電極間に電圧を加えて分極されている。図１５（ａ）に本実施例で用いた積層タイプ圧電素子の電極構造とそれぞれの圧電セラミクス層の分極状態を示す。図１５（ｂ）は最も基本的な圧電素子で、両面に電極を形成した１層のものである。ここで圧電セラミクス４は分極の為の電源Ｅによって図上側の電極４ｅがプラス、下側の電極４ｅがマイナスとなる様電圧を印加している。圧電素子中の電荷は図中符号４ｃで示す方向に向きをそろえ分極される。本実施例ではこの場合の分極方向をプラスからマイナスに向かう矢印４ａで示し、この状態で分極された圧電素子の端子の極性をそれぞれ分極時のプラス側を＋、マイナス側を－と記述する。本実施例で用いている積層タイプ圧電素子を示す図１５（ａ）は、電極４ｅが櫛歯状に交互に圧電性セラミクス層４をはさんで形成されており、電源Ｅによって分極することでそれぞれの圧電層４は図中矢印４ａで示す様に交互に方向を換えて分極されている。第１の実施例の図１において図中記号ｔｃが複数の素子で共通して接続するコモン電極端子で、図中記号ｔｓが各素子それぞれでスイッチングされるセグメント電極端子である。本実施例ではコモン電極端子ｔｃ側をマイナス、セグメント電極端子ｔｓ側をプラスにして圧電素子４は分極されている。従ってコモン電極端子ｔｃ側をマイナスとしてセグメント電極端子ｔｓ間に電圧を印加すると圧電素子４は電極間の距離を拡張する方向に歪みを生じ、同時にそれに直行する方向に縮小する歪みを生じる。本実施例では図１で示すように、電極４ｅに直行する面を厚力壁２ｐと接続しているので、圧電素子４の端子間に分極時と同方向の電圧を印加することでインク室を拡張することができる。本実施例では圧電素子４のコモン電極端子ｔｃを充放電装置５に接続し、セグメント電極端子ｔｓをそれぞれの素子のスイッチング装置７に接続している。充放電装置５はバイアス電圧Ｖｂのマイナス電源と、バイアス電圧Ｖｂにドライブ電圧ＶＤを加えた電圧のマイナス電源－（Ｖｂ＋ＶＤ）に接続されており、充電制御信号、放電制御信号の入力によってコモン電極端子ｔｃの電位を制御し圧電素子４の充電動作、放電動作を行なうことができる。また、それぞれの圧電素子のセグメント電極端子に接続されているスイッチング装置は印字データに従ってそれぞれの圧電素子の放電動作をＯＮ／ＯＦＦすることができる。ここで充放電装置５はバイアス電圧印加装置６を備えており圧電素子４は分極電圧と同方向のバイアス電圧Ｖｂを印加された状態で、インク吐出動作のためのインク室の拡張及び縮小の為の充電、放電が行なわれる。

【００１９】

次に本実施例のインク吐出動作について説明する。図３は図２で示した圧電素子の電極間の駆動電圧とその時の圧電素子の歪みを示すグラフである。本実施例では図中Ｂで示す様に、記録装置の電源が入った状態で記録信号が入力され記録動作が開始されると同時に圧電素子に分極電圧と同方向のバイアス電圧Ｖｂを印加する。これにより圧電素子は印字動作時の基底歪み状態となる。本実施例では従来例で説明したいわゆる引き打ち動作を行なうので図３符号Ｒで示す様に、印字動作の前状態として更に図２で示した駆動電圧発生装置５で圧電素子４に更に電圧ＶＤを加え、圧電素子を充電してインク室を拡張する方向の歪みを生じさせる。駆動タイミングで放電制御信号が充放電装置に入力されると図３符号Ｉで示す様に、駆動電圧発生装置は駆動電圧ＶＤを急激に放電するよう回路動作を行ない圧電素子間の電圧はバイアス電圧Ｖｂまで放電され、圧電素子の歪みが基底歪み状態まで解放され、インク室が圧縮されてノズルよりインクが吐出する。インク吐出後、次回のイ

ンク吐出動作に備えて駆動電圧発生装置は圧電素子に電圧ＶＤを除々に印加しインク室を拡張しておく。

【００２０】

本動作において圧電素子は常に一方向の歪み状態にある。従来の方式では図１８（ｂ）符号Ｏで示す様に、インク吐出時の急激な放電で圧電素子はオーバーシュートで一時的に反対方向の歪みを生じることは避けられず、この歪み方向の反転の繰返しが圧電素子の疲労破壊を招く原因となっていた。本発明によれば圧電素子の分極時と同方向のバイアス電圧Ｖｂを常に圧電素子に印加することで、図３符号Ｏで示す様に、駆動電圧の変動、またはその前後のオーバーシュートなどによっても圧電素子の歪み方向が０を越えて反転しないために、高速の繰返し動作を長時間行なっても圧電素子が疲労破壊しない。本実施例のバイアス電圧Ｖｂは図１５（ａ）で示す圧電素子の隣り合う電極間の距離ｈと、圧電素子の電圧印加部の総厚みＨと、実際に測定された圧電素子の放電動作時における残留振動の振幅の最大値ΔＤと、圧電素子の圧電常数ｄから規定される値（ΔＤ×ｈ）／（ｄ×Ｈ）の約２倍の電圧とした。本実施例でΔＤは、図１で示す圧電素子とインク室の構造を持った系において圧力版２ｐの表面の速度変化を実際の駆動条件に近い条件でレーザードップラー速度測定器を用いて測定し、その結果を積分して圧電素子の変位量を求め、圧電素子の放電動作時におけるオーバーシュート時の最大変位と収束した変位との差として求めた。また、本実施例において圧電常数ｄは圧電素子の物性値であるｄ３１を用いた。

【００２１】

図２０は一般的な圧電素子の歪み変位状態を示すもので、圧電素子の電極間の電位を０にした状態から分極時と同方向のある電圧まで定電流で充電し、充電が終了したら電圧を一定時間保持し、次に充電時と同じ定電流で電極間の電位が０になるまで放電させた時の圧電素子の歪み変位を示している。図中細線Ｐｉは理想的な変位状態であり、図中太線Ｐｒは実際の変位状態である。図２０（ａ）で示す様に比較的ゆっくりと圧電素子の充放電を行ない変位させると圧電素子の歪み変位のオーバーシュート量は少なく、図２０（ｂ）で示す様に高速で圧電素子の充放電を行ない動作させようとすると圧電素子の歪み変位のオーバーシュートが激しくなることがわかる。本発明で述べている圧電素子の放電動作時における残留振動の振幅の最大値ΔＤは図２０のＰｏで示す部分のオーバーシュート量のことを示す。

【００２２】

図４は一般的な圧電素子の電気機械変換特性を示すグラフであり、横軸に圧電素子に印加する電圧、縦軸に歪率を示している。一般に圧電素子の歪みは印加された電圧に比例せず、０からある電圧まではグラフの傾きが緩やかな部分があり途中からほぼ一定のグラフの傾きを示す。本発明によれば、図中符号ＶＤｏで示す電圧０からの部分で電圧を変動させて圧電素子を駆動する従来の方法に比べ、図４で示すＶｂのバイアス電圧を印加することで、最も電気機械変換効率の良いＶＤの部分で圧電素子を駆動するので電気機械変換効率に優れる利点がある。また、本発明に当って調査した結果、複数の圧電素子を用いる場合に避けられない素子間の電気機械特性のばらつきは、そのほとんどが電圧０付近の電気機械変換効率のばらつきとして現われ、ある一定電圧以上では電気機械変換効率はばらつかずほぼ一定値を示すことが判明した。更に、ほとんどの圧電素子で、駆動部分の電界強度を５０ｋＶ／ｍ以上にすることで複数の圧電素子間で特性のばらつきが激しく、また電気機械変換効率の低い領域を避けられることが判明した。図４で示す実線ａ及び破線ｂ、ｃ、ｄは同様の製造方法で製作した複数の圧電素子の電気機械変換特性を測定した例であるが、電圧が０からＶｂの範囲ではグラフの形や傾きが様々に異なるのに対して、電圧Ｖｂ以上のＶＤの範囲では電気機械変換率を示すグラフの傾きがほぼ同一であることがわかる。従って、本発明によれば、圧電素子の最も電気機械変換効率の高い部分で駆動ができることに加えて、複数の圧電素子の電気機械変換効率のばらつきを駆動時に無視できるので、圧電素子の高速駆動が可能であり、また、駆動特性を一定に保つことができる。

【００２３】

図５は本実施例の圧電素子の駆動回路を示すものである。図中符号ＣＧで示す破線で囲ま

れた部分が圧電素子の充電及び放電を行なう充放電回路であり、図中符号Ｃ１、Ｃ２、・・・はそれぞれのインク室に設けられた複数の圧電素子を示し、分極時の印加電圧の極性を＋、－で示す。本実施例では充放電回路ＣＧの端子ｔｐ３を複数の圧電素子のマイナス電極に共通に接続し、充電及び放電を行なう。複数の圧電素子Ｃ１、Ｃ２、・・・のプラス側の電極はそれぞれのスイッチング回路Ｓ１、Ｓ２、・・・に接続されておりそれぞれの制御端子ｔｐＳ１、ｔｐＳ２に制御電圧を印加して各素子の放電のＯＮ／ＯＦＦを制御する。充放電回路ＣＧは－（Ｖｂ＋ＶＤ）及び－Ｖｂの電位の異なる２つのマイナス電源に接続されており、充電制御端子ｔｐ１と放電制御端子ｔｐ２は初期状態で５Ｖの電位にされている。回路は充電制御端子ｔｐ１の電位を０Ｖにすることで図中符号Ｍ１で示す部分がＯＮの状態になりコンデンサＣ０が定電流で放電されトランジスタＴｒ１がＯＮの状態になり充放電端子ｔｐ３が－（Ｖｂ＋ＶＤ）の電位になるまで圧電素子Ｃ１、Ｃ２、・・・を充電する。従って圧電素子Ｃ１、Ｃ２、・・・は電位Ｖｂ＋ＶＤまで充電されそれぞれのインク室を拡張する方向に歪む。次にインクを吐出させるための圧電素子の放電動作について説明する。ここでインク吐出させる素子をＣ１としインク吐出させない素子をＣ２とする。充放電回路ＣＧの充電制御端子ｔｐ１を元の状態である５Ｖに戻し、放電制御端子ｔｐ２を０Ｖにすることで図中符号Ｍ２の部分がＯＮになりコンデンサＣ０に充電が開始され、トランジスタＴｒ２がＯＮの状態になり充放電端子ｔｐ３の電位が上がる。ここで吐出させる圧電素子に接続されたスイッチング回路のスイッチング端子ｔｐＳ１を５Ｖにしておくことで圧電素子Ｃ１はスイッチング回路Ｓ１を通して放電される。一方、吐出させない圧電素子Ｃ２に接続されたスイッチング回路Ｓ２のスイッチング端子ｔｐＳ２を０Ｖにしてスイッチング回路Ｓ２をＯＦＦの状態にしておくことで圧電素子Ｃ２はｔｐ３の電位が上がっても放電されない。圧電素子の放電はコンデンサＣ０の図中上側の電位がダイオードを通して接続されているバイアス電源の電位である－Ｖｂになるまで行なわれるので圧電素子Ｃ１は電圧Ｖｂまで放電される。従って本実施例の回路を用いて駆動すれば圧電素子に分極電圧と同方向のバイアス電圧Ｖｂを常に印加しながら引き打ち駆動動作をすることができる。

【００２４】

以上、第１の実施例は本発明により、６４０素子という多数のノズルを用いてそれぞれのノズルを最高２４ｋＨｚで繰返し駆動させるにもかかわらず圧電素子の特性が均一で、かつ、疲労破壊などの不良をほぼ皆無にすることが可能と成った為に実用的に高速記録が可能となった。

【００２５】

本実施例の実験によれば圧電素子の疲労破壊による平均寿命は従来の方法と比較して２倍以上延長し、複数の素子間の特性ばらつきは実質的に無視できる程度に低下した。

【００２６】

本発明を用いた第２の実施例を図６、図７、図８及び図９を用いて説明する。図６は記録装置の構成要素を示す斜視図でＡ４記録用紙に１２０素子の記録ヘッドをシリアルスキャンし３００ｄｐｉの記録密度で記録する記録装置である。図中符号２０は記録ヘッドであり、ノズルとそれに連通するインク室とインク室のそれぞれに配置された圧電素子で１組を成すインクジェット素子を１２０素子備える。図中符号２１は交換可能なインクタンクであり記録ヘッド２０に連結されインクを供給する。図中符号２２の記録用紙は図中符号２３の給紙ローラによりヘッド下まで供給される。記録ヘッド２０はヘッド移動機構２４によりスライド軸２５に沿って記録用紙２２上をシリアルスキャンする構造となっている。

【００２７】

図７に記録ヘッドの１素子の圧電素子及びインク吐出機構と圧電素子の駆動機構を示す。ノズル１に連通するインク室２はインク供給路３よりインクが供給されている。インク室の壁面の一部が圧力壁２ｐとなっており、両面に電極４ｅを備える圧電セラミクス４から成る圧電素子が張り合わされている。圧力壁２ｐは圧電セラミクス４の歪み変位を屈曲変位に換える為の弾性板４ｔの機能も併用している。電極４ｅに分極時の印加電圧と同方向

の電圧を印加すると圧電性セラミクス４は厚み方向に拡張歪みを生じると同時に広がり方向に縮むので、張り合わされている弾性板４ｔとの弾性率の差で弾性板を外側に反りを生じる。本実施例では弾性板４ｔがインク室の圧力壁４ｐを兼ねているので圧電素子４に分極時の印加電圧と同方向に電圧を印加するとインク室は縮小する。本実施例では圧電素子４の分極時のプラス側の電極はコモン電極端子ｔｃとして複数の圧電素子と共通して充放電装置５に接続され、マイナス側の電極はセグメント電極端子ｔｓとしてそれぞれの素子で独立してスイッチング装置７に接続されている。充放電装置５はバイアス電圧ＶｂのＶｂにドライブ電圧ＶＤを加えた電圧の電源に接続されており、バイアス電圧印加装置６を備えている。

【００２８】

図８に本実施例の圧電素子の電極間電圧とその屈曲変位を示す。本実施例では記録装置の電源を入れると図中符号Ｂで示す様に圧電素子に分極時の印加電圧と同方向のバイアス電圧Ｖｂを印加する。この電圧が印加された状態を圧電素子の基底状態として従来例で説明した押し打ちと呼ばれる方法でインク吐出の為の駆動動作が行なわれる。すなわち、図中符号Ｉで示す様に、駆動信号によって圧電素子に電圧ＶＤを印加し急速に充電することでインク室を加圧する方向に圧電素子が屈曲運動し、ノズルからインクが吐出される。インクの吐出が終了すると、図中符号Ｒで示す様に、電圧ＶＤを電圧Ｖｂまで下げて放電させ、圧電素子を電圧Ｖｂで圧電素子の歪みがインク吐出前の基底状態までもどし、インク室を拡張する。本実施例ではオーバーシュートの比較的大きな板状の圧電素子を用いているにもかかわらず、それぞれの圧電素子を最高１２ｋＨｚという高速で繰返し駆動するが、本発明に分極時の電圧方向と同方向のバイアス電圧が圧電素子に加えられた状態を基底状態としているために、図中符号Ｏで示す様に、オーバーシュート時に圧電素子の歪み方向が０を越えて逆転することなく常に同方向に収まるために圧電素子の疲労破壊が防止される。また、オーバーシュート時の歪みが歪み０付近の不安定な状態にならないので、オーバーシュートの収縮時間が従来の方式に比較して早く、また、素子間でばらつかないので、高速繰返し駆動の周波数を実用的に高めることが可能となった。また、本発明による本実施例では、実施例１で述べたのと同様に圧電素子の電気機械変換効率が高く、また、素子間で一定の領域を用いることができるので、電気機械変換効率の改善と素子間ばらつきの低減の効果が実効的に得られ、高速駆動、多素子化が実用的に可能になっている。

【００２９】

図９は本実施例の圧電素子の駆動回路を示すものである。図中符号ＣＧで示す破線で囲まれた部分が圧電素子の充電及び放電を行なう充放電回路であり、図中符号Ｃ１、Ｃ２、・・・はそれぞれのインク室に設けられた複数の圧電素子を示す。圧電素子の分極時の印加電圧極性を記号＋、－で示す。本実施例では充放電回路ＣＧの端子ｔｐ３を複数の圧電素子のプラス電極に共通に接続し充電及び放電動作時の電圧印加を行なう。複数の圧電素子Ｃ１、Ｃ２、・・・のマイナス側の電極はそれぞれのスイッチング回路Ｓ１、Ｓ２、・・・に接続されておりそれぞれの制御端子ｔｐＳ１、ｔｐＳ２に制御電圧を印加して各素子の充電のＯＮ／ＯＦＦを制御する。充放電回路ＣＧはＶｂ＋ＶＤ及びＶｂの電位の異なる２つの電源に接続されており、充電制御端子ｔｐ１と放電制御端子ｔｐ２は初期状態で０Ｖの電位にされている。回路は充電制御端子ｔｐ１の電位を５Ｖにすることで図中Ｍ１で示す部分がＯＮの状態となりコンデンサＣ０に定電流で充電が開始され、Ｔｒ１がＯＮの状態となり充放電端子Ｔｐ３の電位がＶｂ＋ＶＤまで上昇する。ここで吐出動作をさせる圧電素子をＣ１とすると圧電素子Ｃ１のマイナス端子に接続されているスイッチング回路Ｓ１のスイッチング制御端子ｔｐＳ１を５Ｖとすることによって圧電素子Ｃ１に電流が流れ電位Ｖｂ＋ＶＤまで充電される。一方、吐出動作をさせない圧電素子をＣ２とすると圧電素子Ｃ２のマイナス端子に接続されているスイッチング回路Ｓ２のスイッチング制御回路ｔｐＳ２を０Ｖにしておくことで充放電回路ＣＧの充放電端子ｔｐ３の電位が上がっても圧電素子Ｃ２に電流が流れないので充電動作が行なわれない。以上の動作で吐出させる圧電素子の充電を行ないインク室を加圧してインク吐出を行なう。次に圧電素子を元の状態に戻す為に全ての圧電素子をＶｂの電位まで放電させる動作について説明する。充電制

御端子ｔｐ１を０Ｖに戻し、放電制御端子ｔｐ２を５Ｖにすることで図中Ｍ２で示す部分がＯＮの状態になりコンデンサＣ０の電荷が定電流で放電され、トランジスタＴｒ２がＯＮの状態になり充放電端子ｔｐ３の電位が下がり接続されている圧電素子Ｃ１、Ｃ２、・・・を放電する。ここでコンデンサＣ０はダイオードＤを通してバイアス電源Ｖｂに接続されているのでＣＯの電圧が概ねＶｂとなった状態でＴｒ２がＯＦＦの状態となり充放電端子ｔｐ３の電位が概ねＶｂとなった状態で圧電素子の放電は停止する。従って本実施例の回路を用いて駆動すれば圧電素子に分極電圧と同方向のバイアス電圧Ｖｂを常に印加して複数の圧電素子を押し打ち駆動することができる。

【００３０】

本発明を用いた第３の実施例を図１０、図１１、図１２及び図１３により説明する。本実施例はイエロー、マゼンタ、シアン、ブラック色のインクを吐出できる素子をそれぞれ１素子ずつ合計４素子備えたカラー記録装置である。記録密度は３００ｄｐｉで記録面積はＡ６相当からＡ４相当で家庭用のテレビ画像のプリントや写真データの記録を目的としたものである。それぞれの素子は厚み振動タイプの圧電素子でインク室の拡張及び縮小を行ない、引き打ちと言われる駆動動作を行なうが、カラー記録の為に駆動波形を変調することで１回当りのインク吐出量を変調することが可能な構成となっている。

【００３１】

図１０に本実施例のカラー記録装置の要素構成を示す。本実施例は低価格でカラー記録を実現するために各色１ノズルの素子構成となっている。従来の方式では少ない素子数で記録装置を構成すると、１素子当りの駆動回数が記録媒体枚数に対して非常に多くなり、寿命の点で実用化が困難であったが本発明を用いることにより、圧電素子の寿命が著しく改善されたために本実施例の記録装置が実現された。また、本実施例では本発明によって素子の駆動繰返し周波数を２８ｋＨｚと高速化することができたために少ない記録素子数でも実用的な記録速度が可能となった。図中符号３４は記録用紙３３を巻き付けるドラムであり、図中符号３０はノズルとインク室及び圧電素子よりなるインク吐出素子をもったヘッドで各色１ノズル合計４ノズルの素子を内蔵しており交換可能なインクカートリッジ３１から４色のインクを供給されている。ヘッド３０は図中符号３２のキャリッジに固定され、キャリッジ３２はねじ状のヘッド移動軸３５によってドラム軸方向に駆動される構造となっている。ドラム３４は紙を巻き付け後、ＤＣモーター３６によって高速回転し、ヘッド移動軸はステッピングモータ３７によってドラム１周に付き１／３００インチずつ移動する構造になっている。本実施例では非常に低コストで製造可能な構造にもかかわらずフルカラーのＡ５相当画面を約２分で印字できる。

【００３２】

図１１は本実施例の１素子のインク吐出機構と圧電素子の駆動機構を示す図である。図中符号１で示すノズルとそれに連通するインク室２とインク室にインクを供給するインク供給路３そして、インク室２の一部を圧力壁２ｐとし圧電素子４と接合されている。圧電素子４は両面に電極４ｅを形成した圧電性セラミクスから成っており圧力壁２ｐに接合された面と直行する面に電極４ｅを形成し厚み振動させるので、第１の実施例と同様に圧電素子の電圧を印加することでインク室を拡張する動作を行なうことができる。本実施例では、図中符号５で示す充放電装置により、いわゆる引き打ちと言われる方式で圧電素子を駆動してインクを吐出させるが、図中符号６で示すバイアス電圧印加装置によりインク室の拡張時または縮小時またはその前後のいずれにおいても前記圧電素子に前記圧電素子の分極電圧と同方向の電圧を印加する構造となっている。これにより第１の実施例と第２の実施例で述べた駆動速度の高速化と圧電素子の疲労破壊の防止による寿命の著しい長期化が可能となった。

【００３３】

更に本実施例では、階調記録性を向上させるために、圧電素子の駆動電圧を８段階に変調させ、１回のインク吐出量を通常の吐出量を１００％とした場合、９０％、８０％、７０％、・・・、３０％と、１０％間隔で３０％までのインク吐出量の変調を可能としている。すなわち、インク量の１００％を吐出させる時は図１２で示すようにバイアス電圧Ｖｂ

に対して充電電圧をＶＤ１とし圧電素子をインク室を拡張する方向に歪ませ、吐出タイミングでＶｂまで放電することでインクを吐出させ、例えば６０％及び３０％吐出の場合はそれぞれ図１２ＶＤ２及びＶＤ３で示す電圧で圧電素子を充電しインク室の拡張量を少なくし、吐出タイミングでＶｂまで放電することでそれぞれ求められる量のインクを吐出させている。従来の方法で、本実施例の様に電圧を変調して圧電素子を駆動し、インクの吐出量を変調しようとすると圧電素子の電圧０付近で電気機械変換効率がばらつき、駆動電圧を変調しても吐出量の定量管理が不可能であった。本発明によれば、常に電圧Ｖｂ以上の電圧を圧電素子に加えて駆動するので、図４のグラフで見られる様に電気機械変換効率が一定の領域ＶＤで圧電素子を駆動でき、電気機械変換効率が一定でない歪み０付近の特性に影響されないので、吐出インク量の変調が設計値どうり可能となった。

【００３４】

図１３は本実施例の圧電素子の駆動回路を示すもので、充放電回路ＣＧは先に示した実施例２と同様の構成となっており圧電素子Ｃは充電制御端子ｔｐ１に５Ｖの制御電圧を印加することで充電され、放電制御端子ｔｐ２に５Ｖの制御電圧を印加することで放電される。また図中ＢＣで示す部分でバイアス電圧が決定されているので圧電素子Ｃの充放電は常にバイアス電圧Ｖｂ以上で行なわれる。また、図１２で示した様に充電電位を変調するために本実施例では充電制御端子ｔｐ１に印加する充電制御信号を印字データの濃度に従ってパルス巾変調することで充電時間を変調し充電量を制御している。０Ｖから充電を行なう従来の方法では充電時間を制御しても充電電位が充電時間に比例しないことに加え圧電素子の特性ばらつきで設計値とことなる充電電位になってしまったが、本発明による本実施例では充電時間で圧電素子の充電電位が設計値どうり規定することが可能となった。

【００３５】

図１４は本発明による第４、第５の実施例を示す断面図で、圧電素子を圧縮状態に保持する構造材を設けた例ある。図１４（ａ）は両面に電極４ｅを備えた圧電素子４をスペーサ８ｓを介して加圧部材８で圧縮状態に保持している。本実施例において圧縮部材８はジルコニア系セラミクス、スペーサ８ｓは樹脂からできており、圧縮部材８は圧電素子４を挟んだ後に、図示しない調整ネジによって圧電素子４を圧縮する方向に圧力を与えられている。図１４（ｂ）はノズル１とインク室２とインク供給路３とからなるインク流路とインク室２の一部に設けられた圧力壁２ｐと圧力壁２ｐに接続された圧電素子４からなる実施例であるが、圧電素子４は形状記憶合金からなる圧縮部材８により図の縦方向にあらかじめ圧縮されている。図１４で示す実施例はいずれも構造的に圧電素子を圧縮状態にしている。こうすることで駆動時にバイアス電圧を印加しなくても圧電素子の放電時のオーバーシュートによって圧電素子の歪みが０をこえて反転せず、圧電素子の疲労破壊を防止することができる。

【００３６】

以上、本実施例で述べたとうり本発明はいわゆる押し打ち駆動方式でも引き打ち駆動方式でも同様に効果がある。また本実施例で述べた圧電素子は圧電セラミクス、あるいは、積層された圧電セラミクスの厚み方向の変位を利用してインクを吐出させる方式、または、厚み方向の歪みを屈曲変位に変換してインクを吐出させる方式であったが、本発明は圧電素子の変位がずり変位であっても同様の効果がある。また、本実施例ではいずれも圧電素子がインク室の壁面を変位させる構造となっていたが、本発明は圧電素子がインク室内に設けられ、インクに直接圧力を加える方式であっても同様の効果を持つ。更に、本実施例では圧電素子にバイアス電圧を印加する方法として充放電回路の放電電位を規定する方法を用いたが、本発明は圧電素子の放電時間を制限して圧電素子の電位を保持する方法など、バイアス電圧の印加方法によらず同様の効果を持つ。

【００３７】

【発明の効果】

本発明によれば、圧電素子の歪みが０を越えて反転することなく常に同方向の歪み状態で駆動動作される。従って圧電素子の疲労破壊が防止され寿命が著しく改善される。また、圧電素子は電気機械変換効率の高い部分で駆動動作されるので高速、高能率の駆動動作が

可能となる。また、複数の圧電素子を用いる場合において電気機械変換特性のばらつきが激しい歪み０付近でなく特性の均一な領域で駆動動作されるので、簡単な構造で実質的に素子間の特性ばらつきを軽減できる。従って、多数の圧電素子を用いて高速繰返し駆動をすることが実質的に可能となり、高速なインクジェット記録装置が実現できる。

【００３８】

更に本発明によれば、実施例に述べた効果に加えて、圧電素子を常に歪んだ状態に保つことで圧電素子の剛性が増し、インク室の圧力壁の不要な振動が抑制されるので素子間の伝播振動によるクロストークを軽減できる効果もある。また、圧電素子に分極時と同方向の電圧を常に印加しているので、長期の繰返し駆動においても分極状態が安定して維持される効果もある。

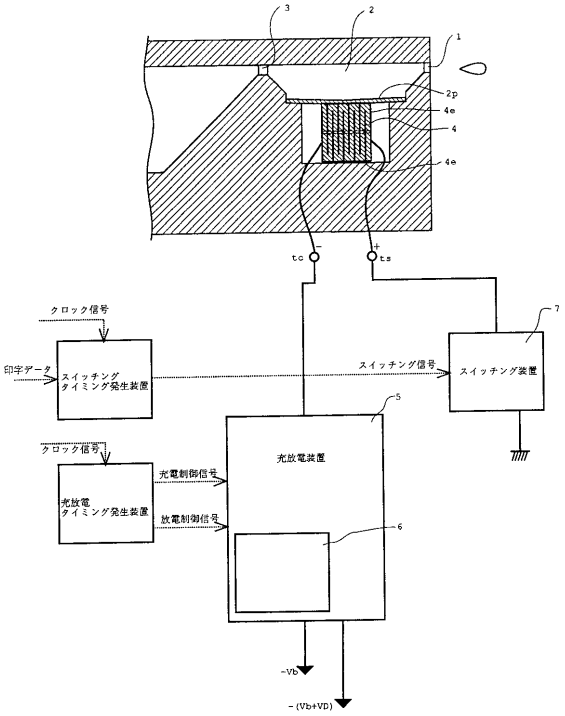
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例を示す装置の断面図及び構成図である。
【図２】本発明の第１の実施例を示す装置の斜視図である。
【図３】本発明の第１の実施例の駆動波形と変位を示す図である。
【図４】圧電素子の電気機械変換特性を示す図である。
【図５】本発明の第１の実施例の回路図である。
【図６】本発明の第２の実施例を示す装置の斜視図である。
【図７】本発明の第２の実施例を示す装置の断面図及び構成図である。
【図８】本発明の第２の実施例の駆動波形と変位を示す図である。
【図９】本発明の第２の実施例を示す装置の回路図である。
【図１０】本発明の第３の実施例を示す装置の斜視図である。
【図１１】本発明の第３の実施例を示す装置の断面図及び構成図である。
【図１２】本発明の第３の実施例の駆動波形と変位を示す図である。
【図１３】本発明の第３の実施例の回路図である。
【図１４】本発明の第４、第５の実施例を示す断面図である。
【図１５】圧電素子の構造と分極方向を示す図である。
【図１６】従来例を示す装置の断面図である。
【図１７】従来例を示す装置の断面図である。
【図１８】従来例の駆動波形と変位を示すである。
【図１９】従来例の圧電素子の破壊例を示す断面図である。
【図２０】圧電素子の駆動変位を示す図である。

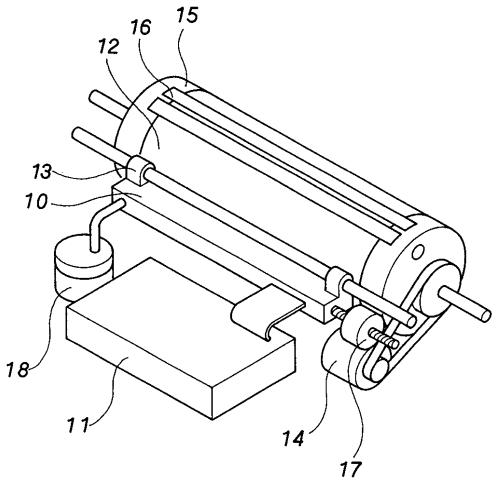
【符号の説明】

１：ノズル
２：インク室
２ｐ：圧力壁
３：インク供給路
４：圧電素子
５：充放電装置
６：バイアス電圧印加装置
７：スイッチング装置
８：圧縮部材

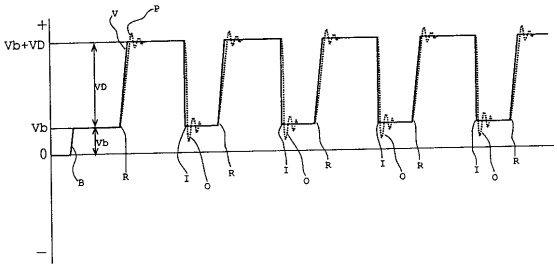
【図１】


クロック信号
印字データ
スイッチング
タイミング発生装置
スイッチング信号
スイッチング装置
充放電装置
充放電
タイミング発生装置
充電制御信号
放電制御信号
-Vb
-(Vb+VD)

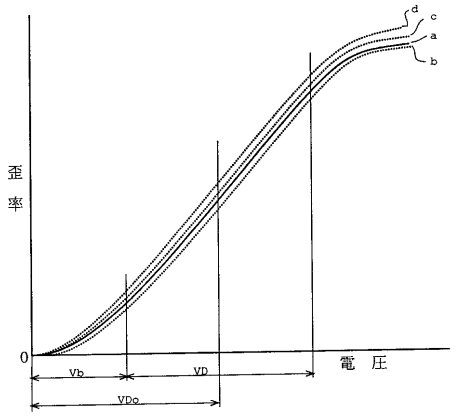
【図２】


15
16
12
13
10
18
11
14
17

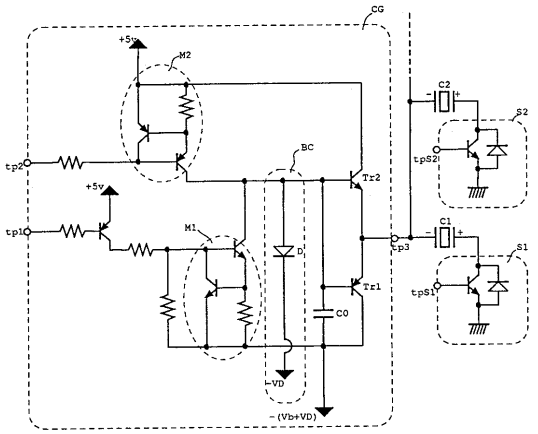
【図３】


Vb+VD
VD
Vb
0
P
B
R
I
O

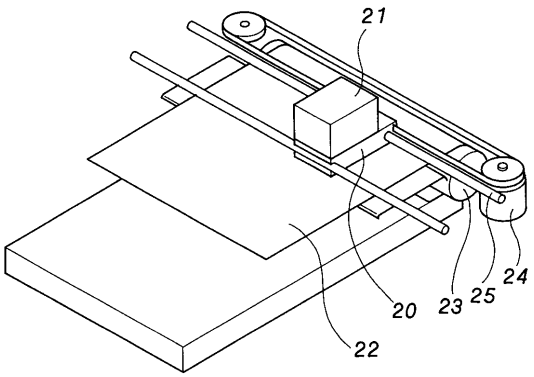
【図４】


歪率
電圧
0
Vb
VD
VDo
a
b
c
d

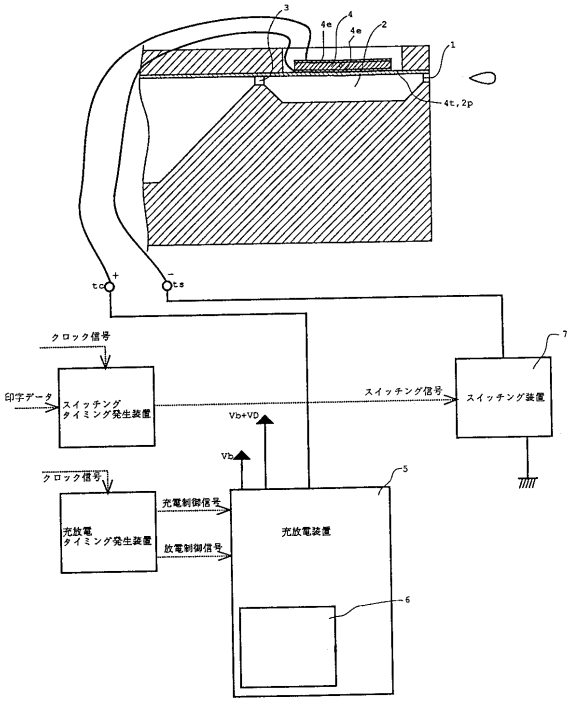
【図５】


CG
+5v
M2
M1
BC
Tr2
Tr1
D
C0
C1
C2
S1
S2
tp1
tp2
tp3
tpS1
tpS2
-VD
-(Vb+VD)

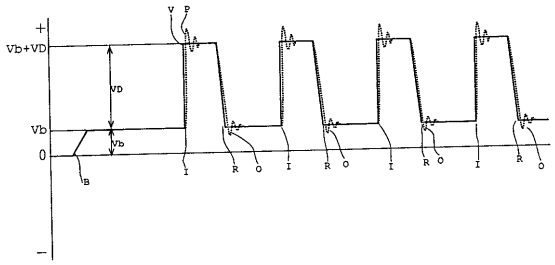
【図６】



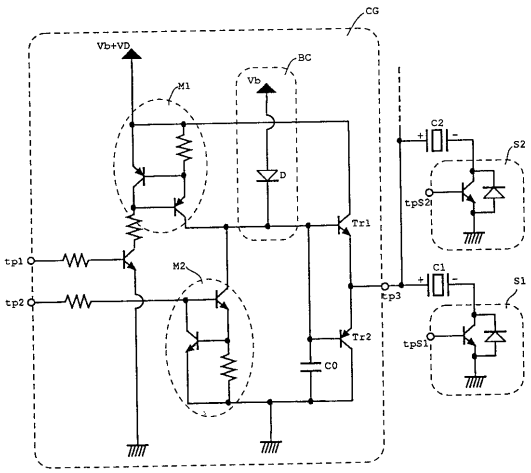
【図７】



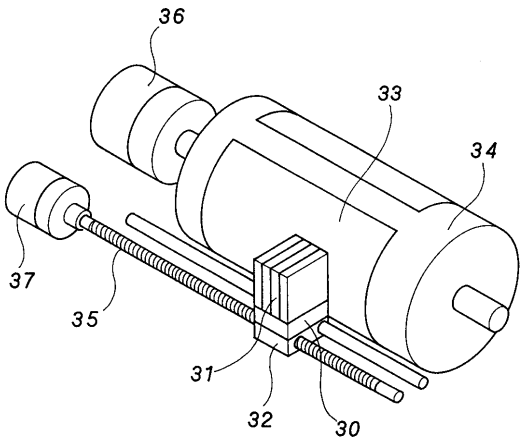
【図８】



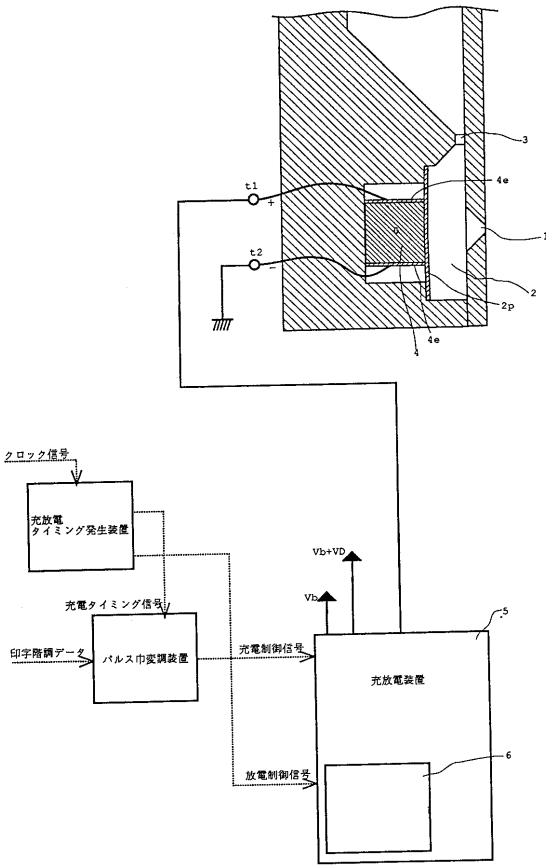
【図９】



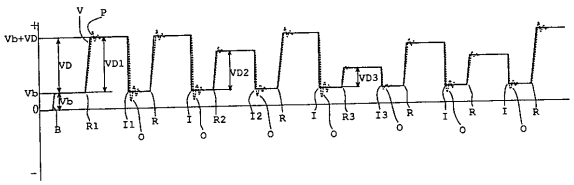
【図１０】



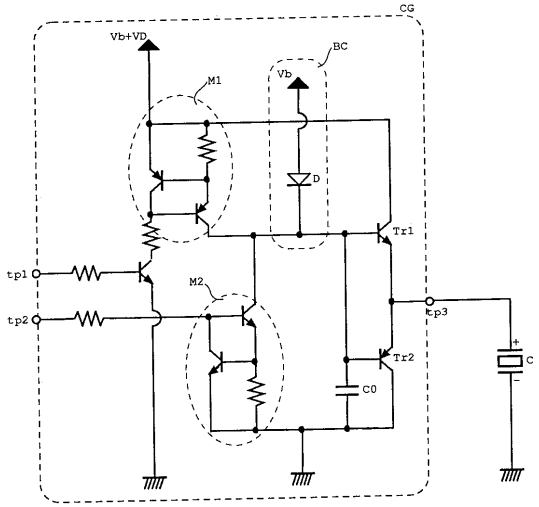
【図１１】



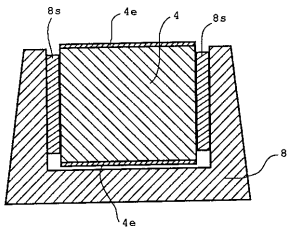
【図１２】



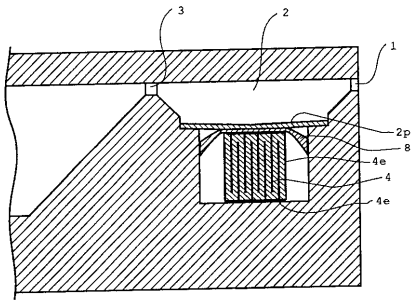
【図１３】



【図１４】

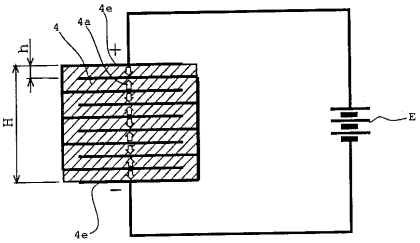


(a)

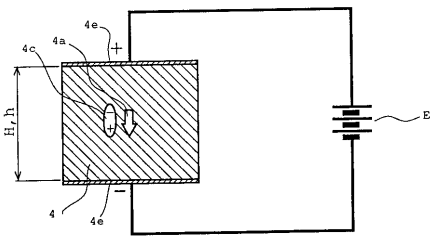


(b)

【図１５】

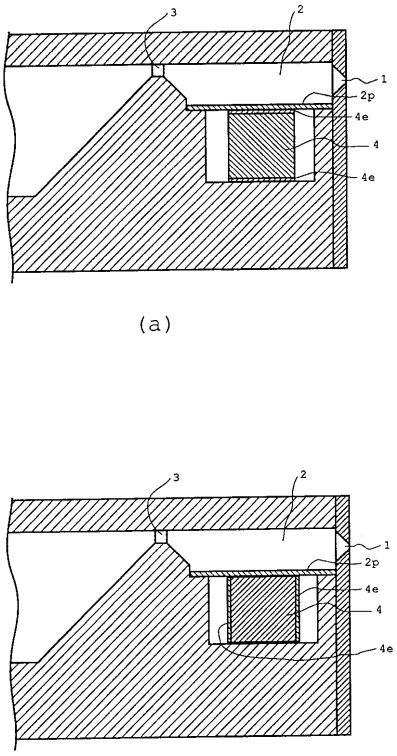


(a)

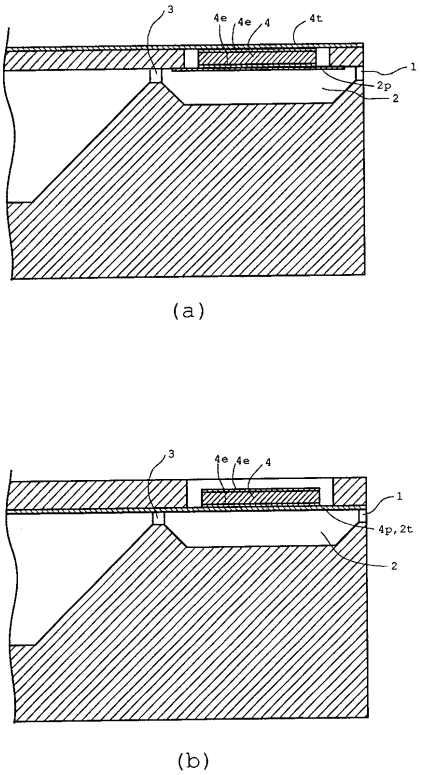


(b)

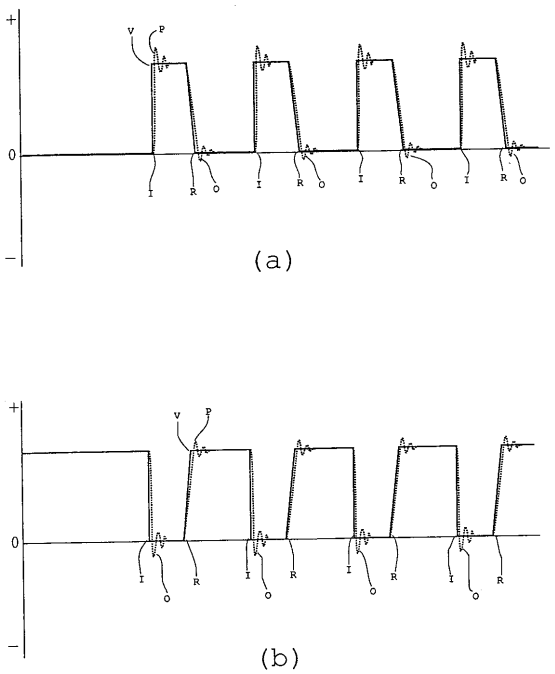
【図１６】



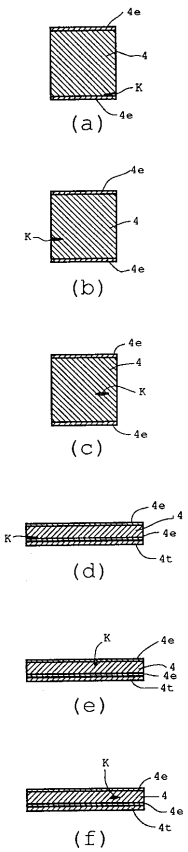
【図１７】



【図１８】



【図１９】



【図２０】

