

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-23865
(P2008-23865A)

(43) 公開日 平成20年2月7日(2008.2.7)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 4 1 J 2/045 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 0 3 A 2 C 0 5 7
B 4 1 J 2/055 (2006.01)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-199543 (P2006-199543)
 (22) 出願日 平成18年7月21日 (2006.7.21)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (72) 発明者 山本 哲平
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士写真フイルム株式会社内
 Fターム(参考) 2C057 AF28 AG14 AG44 AM21 AM22
 AR04 AR08 BA04 BA14

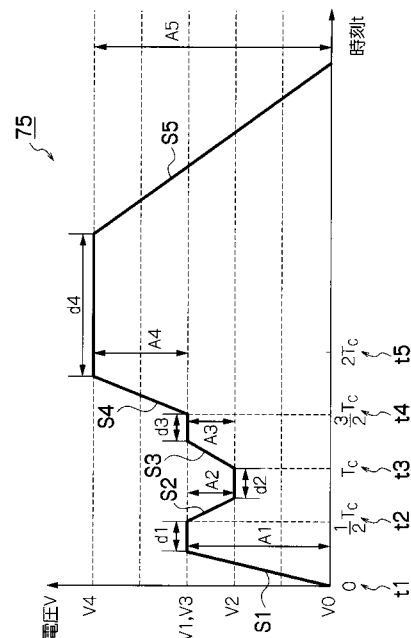
(54) 【発明の名称】 液滴吐出装置および液滴吐出方法

(57) 【要約】

【課題】 サテライト滴の発生を防止しつつ微小液滴を吐出すること。

【解決手段】 第1のプル信号S1、プッシュ信号S2、第2のプル信号S3及び第3のプル信号S4を有する駆動信号75が、圧力室の容積を変化させる圧電素子に付与される。圧力室の共振周波数をTcとしたとき、S1の開始時刻t1、S2の開始時刻t2、S3の開始時刻t3及びS4の開始時刻t4の各間隔はTc/2である。また、t1からt4まで圧力室内の液体の圧力変動が一定の振幅を有する正弦波形となるようにS1の振幅A1、S2の振幅A2及びS3の振幅A3の比が決められ、メニスカスの振動を制動するようにS4の振幅A4が決められている。具体的には、A1:A2:A3:A4 = e^{-1/2}:(e^{-1/2}-e^{-3/2}):(e^{-1/2}-e^{-3/2}):e^{-1/2}とする。ここで、吐出素子に液体が充填されて構成される系の減衰係数、eは自然対数の底である。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液滴を吐出するノズル、前記ノズルに連通する圧力室、前記圧力室に連通する液体供給口、および、前記圧力室の容積を変化させる圧電素子からなる吐出素子と、前記圧電素子に対して駆動信号を付与する駆動手段とを備え、

前記駆動信号は、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスを凹形状にする第 1 の信号要素と、前記圧力室を収縮させて前記ノズルのメニスカスを凸形状にする第 2 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルの凸形状のメニスカスから液滴を生成する第 3 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスの残留振動を制動する第 4 の信号要素と、を含んで構成され、

前記駆動手段は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の共振周期を T_c としたとき、前記第 1 の信号要素の開始時刻 t_1 、前記第 2 の信号要素の開始時刻 t_2 、前記第 3 の信号要素の開始時刻 t_3 および前記第 4 の信号要素の開始時刻 t_4 の各間隔 $|t_1 - t_2|$ 、 $|t_2 - t_3|$ 、 $|t_3 - t_4|$ をいずれも $T_c / 2$ とし、かつ、前記 t_1 から t_4 まで前記圧力室内の液体の圧力変動が一定の振幅を有する正弦波形状となるように前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 および前記第 3 の各信号要素の振幅 A_3 の比が決められている前記駆動信号を前記圧電素子に付与することを特徴とする液滴吐出装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 、前記第 3 の信号要素の振幅 A_3 および前記第 4 の信号要素の振幅 A_4 の比 $A_1 : A_2 : A_3 : A_4$ は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の減衰係数 γ と自然対数の底 e とを用いて指数で表したとき、 $e^{-\gamma t_1 / 2} : (e^{-\gamma t_2 / 2} - e^{-\gamma t_1 / 2}) : (e^{-\gamma t_3 / 2} - e^{-\gamma t_2 / 2}) : e^{-\gamma t_4 / 2}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の液滴吐出装置。

20

【請求項 3】

液滴を吐出するノズル、前記ノズルに連通する圧力室、前記圧力室に連通する液体供給口、および、前記圧力室の容積を変化させる圧電素子からなる吐出素子を用いて、前記ノズルから液滴を吐出する液滴吐出方法であって、

前記圧電素子に対して与える前記駆動信号は、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスを凹形状にする第 1 の信号要素と、前記圧力室を収縮させて前記ノズルのメニスカスを凸形状にする第 2 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルの凸形状のメニスカスから液滴を生成する第 3 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスの残留振動を制動する第 4 の信号要素と、を含んで構成され、

30

前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の共振周期を T_c としたとき、前記第 1 の信号要素の開始時刻 t_1 、前記第 2 の信号要素の開始時刻 t_2 、前記第 3 の信号要素の開始時刻 t_3 および前記第 4 の信号要素の開始時刻 t_4 の各間隔 $|t_1 - t_2|$ 、 $|t_2 - t_3|$ 、 $|t_3 - t_4|$ をいずれも $T_c / 2$ とし、かつ、前記 t_1 から t_4 まで前記圧力室内の液体の圧力変動が一定の振幅を有する正弦波形状となるように前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 および前記第 3 の各信号要素の振幅 A_3 の比が決められている前記駆動信号を前記圧電素子に付与することを特徴とする液滴吐出方法。

40

【請求項 4】

前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 、前記第 3 の信号要素の振幅 A_3 および前記第 4 の信号要素の振幅 A_4 の比 $A_1 : A_2 : A_3 : A_4$ は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の減衰係数 γ と自然対数の底 e とを用いて指数で表したとき、 $e^{-\gamma t_1 / 2} : (e^{-\gamma t_2 / 2} - e^{-\gamma t_1 / 2}) : (e^{-\gamma t_3 / 2} - e^{-\gamma t_2 / 2}) : e^{-\gamma t_4 / 2}$ であることを特徴とする請求項 3 に記載の液滴吐出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明はサテライト滴の発生を防止しつつ微小な液滴を吐出することができる液滴吐出装置および液滴吐出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

液滴を吐出するノズルと、ノズルに連通する圧力室と、圧力室に連通する液体供給口と、圧力室の容積を変化させる圧電素子と、圧電素子に対して駆動信号を与える駆動手段とを備えた液滴吐出装置が知られている。

【0003】

圧電素子に対して与えられる駆動信号は、圧力室を膨張させるプル信号（「Pull」と表記することもある）、および、圧力室を収縮させるプッシュ信号（「Push」と表記することもある）を含んで構成されている。

10

【0004】

微小液滴の吐出を行う場合には、一般に、Pull-Push-Pull波形が用いられる。また、特許文献1には、Push-Pull-Push-Push-Pull波形を用いて液滴の吐出を行うようにしたものが記載されている。また、特許文献2には、Pull-Push-Pull-Pull波形を用いて液滴の吐出を行うようにしたものが記載されている。

【特許文献1】特許第3711443号公報（特に図3）

【特許文献2】特開2004-142448号公報（特に図5）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

微小液滴を吐出させる場合には、一般に、Pull-Push-Pull波形が用いられてきたが、この波形を用いて高粘度のインクを吐出しようとする、長い尾引きが出来てしまい、不安定なサテライト滴が発生してしまうという課題がある。例えば、20cP以上の高粘度の液体を、1p1以下の微小液滴として、サテライト滴なく吐出することは困難であった。

【0006】

図12は、Pull-Push-Pull波形からなる駆動信号が圧電素子に付与されたことによって圧力室内のインクに発生する圧力P（インク発生圧力）の変動96を示す。図12において、時刻 $t = 0$ は第1のプル信号の開始時刻、時刻 $t = (1/2) \cdot T_c$ はプッシュ信号の開始時刻、時刻 $t = T_c$ は第2のプル信号の開始時刻になっている。時刻 $t = 0$ から時刻 $t = (3/2) \cdot T_c$ にかけてインク発生圧力Pの振幅が増していき、高速度でインク滴が吐出される一方で、時刻 $t = (3/2) \cdot T_c$ 以降、振幅の大きな振動が残留してしまう。

30

【0007】

模式図を用いて説明すると、図13（A）に示すように、ノズル51からノズル51の径よりも大きな径を有するインク滴94が吐出されるが、長い尾92が引いた状態となり、このような長い尾92に因って、図13（B）に示すように、どうしてもサテライト滴95が発生してしまう。

【0008】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、サテライト滴の発生を防止しつつ微小液滴を吐出することができる液滴吐出装置および液滴吐出方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、液滴を吐出するノズル、前記ノズルに連通する圧力室、前記圧力室に連通する液体供給口、および、前記圧力室の容積を変化させる圧電素子からなる吐出素子と、前記圧電素子に対して駆動信号を付与する駆動手段とを備え、前記駆動信号は、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスを凹形状にする第1の信号要素と、前記圧力室を収縮させて前記ノズルのメニスカスを凸形状にする第2の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルの凸形状のメニスカスから液

50

滴を生成する第 3 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスの残留振動を制動する第 3 の信号要素と、を含んで構成され、前記駆動手段は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の共振周期を T_c としたとき、前記第 1 の信号要素の開始時刻 t_1 、前記第 2 の信号要素の開始時刻 t_2 、前記第 3 の信号要素の開始時刻 t_3 および前記第 4 の信号要素の開始時刻 t_4 の各間隔 $|t_1 - t_2|$ 、 $|t_2 - t_3|$ 、 $|t_3 - t_4|$ をいずれも $T_c / 2$ とし、かつ、前記 t_1 から t_4 まで前記圧力室内の液体の圧力変動が一定の振幅を有する正弦波形状となるように前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 および前記第 3 の各信号要素の振幅 A_3 の比が決められている前記駆動信号を前記圧電素子に付与することを特徴とする液滴吐出装置を提供する。

【0010】

この発明によれば、第 1 のプル信号の開始時刻 t_1 から第 3 のプル信号の開始時刻 t_4 まで圧力室内の液体の圧力変動を一定の振幅を有する正弦波形状としたことにより、圧力室内の液体に必要以上の圧力をかけなくても、すなわち従来と比較して小さな吐出速度でメニスカスから液滴を生成できるので、液滴から長い尾引きが発生することを防止してサテライト滴の発生を防止しつつ微小液滴を吐出することができる。また、第 4 の信号要素によってメニスカスの残留振動が制動されるので、吐出速度が小さくても、液滴がメニスカスへ引き戻されることなく確実に飛翔することになる。

【0011】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 、前記第 3 の信号要素の振幅 A_3 および前記第 4 の信号要素の振幅 A_4 の比 $A_1 : A_2 : A_3 : A_4$ は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の減衰係数 α と自然対数の底 e とを用いて指数で表したとき、 $e^{-\alpha t_1 / 2} : (e^{-\alpha t_2 / 2} - e^{-\alpha t_1 / 2}) : (e^{-\alpha t_3 / 2} - e^{-\alpha t_2 / 2}) : e^{-\alpha t_4 / 2}$ であることを特徴とする液滴吐出装置を提供する。

【0012】

ここで、減衰係数 α は、ノズルと圧力室と液体供給口と圧電素子とからなる吐出素子に液体が充填されて構成される系において、圧電素子にパルス波形（パルス状電圧）を与えたときに、圧力室内の液体に発生する圧力の減衰自由振動波形の振幅比の自然対数である。

【0013】

請求項 3 に記載の発明は、液滴を吐出するノズル、前記ノズルに連通する圧力室、前記圧力室に連通する液体供給口、および、前記圧力室の容積を変化させる圧電素子からなる吐出素子を用いて前記ノズルから液滴を吐出する液滴吐出方法であって、前記圧電素子に対して与える前記駆動信号は、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスを凹形状にする第 1 の信号要素と、前記圧力室を収縮させて前記ノズルのメニスカスを凸形状にする第 2 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルの凸形状のメニスカスから液滴を生成する第 3 の信号要素と、前記圧力室を膨張させて前記ノズルのメニスカスの残留振動を制動する第 3 の信号要素と、を含んで構成され、吐出素子 54 に液体が充填されて構成される系の共振周期を T_c としたとき、前記第 1 の信号要素の開始時刻 t_1 、前記第 2 の信号要素の開始時刻 t_2 、前記第 3 の信号要素の開始時刻 t_3 および前記第 4 の信号要素の開始時刻 t_4 の各間隔 $|t_1 - t_2|$ 、 $|t_2 - t_3|$ 、 $|t_3 - t_4|$ をいずれも $T_c / 2$ とし、かつ、前記 t_1 から t_4 まで前記圧力室内の液体の圧力変動が一定の振幅を有する正弦波形状となるように前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 および前記第 3 の各信号要素の振幅 A_3 の比が決められている前記駆動信号を前記圧電素子に付与することを特徴とする液滴吐出方法を提供する。

【0014】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の発明において、前記第 1 の信号要素の振幅 A_1 、前記第 2 の信号要素の振幅 A_2 、前記第 3 の信号要素の振幅 A_3 および前記第 4 の信号要素の振幅 A_4 の比 $A_1 : A_2 : A_3 : A_4$ は、前記吐出素子に液体が充填されて構成される系の減衰係数 α と自然対数の底 e とを用いて指数で表したとき、 $e^{-\alpha t_1 / 2} : ($

10

20

30

40

50

$e^{-\dots/2} - e^{-\dots/2}$) : ($e^{-\dots/2} - e^{-\dots/2}$) : $e^{-\dots/2}$ であることを特徴とする液滴吐出方法を提供する。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、サテライト滴の発生を防止しつつ微小液滴を吐出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、添付図面に従って、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明に係る液滴吐出装置の一例としての画像形成装置10の全体構成を示すブロック図である。 10

【0018】

図1において、画像形成装置10は、主として、液滴吐出ヘッド50、通信インターフェース110、システムコントローラ112、メモリ114、152、搬送部116、搬送ドライバ118、給液部142、給液制御部144、インク識別情報取得部146、プリント制御部150、および、ヘッドドライバ154（駆動手段）、を含んで構成されている。

【0019】

液滴吐出ヘッド50は、2次元配列された多数のノズルを有し、インク滴を吐出する。本例の画像形成装置10は、黒（K）、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロ（Y）の各インク色ごとにひとつずつ、合計で4つの液滴吐出ヘッドを備えている。 20

【0020】

通信インターフェース110は、ホストコンピュータ300から送信される画像データを受信する。通信インターフェース110には、USB（Universal Serial Bus）、IEEE1394などの有線、又は、無線のインターフェースを適用することができる。この通信インターフェース110によって画像形成装置10に取り込まれた画像データは、この画像データ記憶用の第1のメモリ114に一旦記憶される。

【0021】

システムコントローラ112は、マイクロコンピュータ及びその周辺回路等から構成されており、所定のプログラムに従って画像形成装置10の全体を制御する。すなわち、システムコントローラ112は、通信インターフェース110、搬送ドライバ118、プリント制御部150等の各部を制御する。 30

【0022】

搬送部116は、紙などの被吐出媒体を搬送するためのローラ（図示を省略）と、このローラに動力を与えるモータ（図示を省略）を含んで構成されている。搬送部116によって、被吐出媒体と液滴吐出ヘッド50とが相対的に移動される。搬送ドライバ118は、システムコントローラ112からの指示に従って搬送部116を駆動する回路を含んで構成されている。

【0023】

給液部142は、インクを貯留するインクタンク（図示を省略）、このタンクから液滴吐出ヘッド50へ至る管路（図示を省略）、この管路を通じてタンク内のインクを液滴吐出ヘッド50へ送液するポンプ（図示を省略）を含んで構成されている。インクタンクは、例えば交換自在なカートリッジ式のものを用いられる。 40

【0024】

給液制御部144は、マイクロコンピュータ及びその周辺回路等から構成されており、所定のプログラムに従い、給液部142を用いて、液滴吐出ヘッド50に対してインクを供給する制御を行う。

【0025】

インク識別情報取得部146は、液滴吐出ヘッド50へ供給されるインクの種別を識別するインク識別情報を取得する。インク識別情報の取得態様には、各種あり、例えば、給 50

液部 1 4 2 のインクタンクにバーコードとして印刷されているインク識別情報を読み取る態様、給液部 1 4 2 のインクタンクに付着させた I C タグ (「RFID: Radio Frequency Identification」ともいう) に予め記憶されているインク識別情報を無線で受信する態様などがある。通信インターフェース 1 1 0 を用いてホストコンピュータ 3 0 0 からインク識別情報を受信するようにしてもよい。

【0026】

プリント制御部 1 5 0 は、マイクロコンピュータ及びその周辺回路等から構成され、所定のプログラムに従って、給液制御部 1 4 4、インク識別情報取得部 1 4 6、および、ヘッドドライバ 1 5 4 を制御する。プリント制御部 1 5 0 は、画像形成装置 1 0 に入力される画像データに基づいて、液滴吐出ヘッド 5 0 が被吐出媒体に向けて吐出 (打滴) を行って被吐出媒体上にドットを形成するために必要なデータ (ドットデータ) を生成する。すなわち、プリント制御部 1 5 0 は、システムコントローラ 1 1 2 の制御に従い、第 1 のメモリ 1 1 4 内の画像データから打滴用のドットデータを生成し、生成したドットデータをヘッドドライバ 1 5 4 に供給する。プリント制御部 1 5 0 には第 2 のメモリ 1 5 2 が付随しており、プリント制御部 1 5 0 における画像処理時にドットデータ等が第 2 のメモリ 1 5 2 に一時的に格納される。

10

【0027】

ヘッドドライバ 1 5 4 は、プリント制御部 1 5 0 から与えられるドットデータ (実際には第 2 のメモリ 1 5 2 に記憶されたドットデータである) に基づき、液滴吐出ヘッド 5 0 に対して吐出用の駆動信号を生成する。このヘッドドライバ 1 5 4 から出力された駆動信号が液滴吐出ヘッド 5 0 (具体的には後述する図 3 の圧電素子 5 8) へ与えられることによって、液滴吐出ヘッド 5 0 から被吐出媒体に向けてインク滴が吐出される。

20

【0028】

また、プリント制御部 1 5 0 は、インク識別情報取得部 1 4 6 によって取得されたインク識別情報に基づいて、ヘッドドライバ 1 5 4 によって生成される駆動信号の波形を選択する。具体的には、第 2 のメモリ 1 5 2 には、インク識別情報と駆動信号の波形 (駆動波形) との対応関係を示すテーブル情報が予め記憶されており、プリント制御部 1 5 0 は、第 2 のメモリ 1 5 2 のテーブル情報に登録されている複数の駆動波形の中から、インク識別情報取得部 1 4 6 によって取得されたインク識別情報に対応する駆動波形を選択する。プリント制御部 1 5 0 によって選択された駆動波形は、ヘッドドライバ 1 5 4 に指示される。

30

【0029】

なお、図 1 ではシステムコントローラ 1 1 2、給液制御部 1 4 4、プリント制御部 1 5 0 を分けて表したが、1 つのマイクロコンピュータによって構成されていてもよい。

【0030】

図 2 は、図 1 の液滴吐出ヘッド 5 0 の一例の全体構成を示す平面透視図であり、図 3 は、図 2 の 3 - 3 線に沿った断面図である。

【0031】

図 2 に一例として示すヘッド 5 0 は、いわゆるフルライン型のヘッドであり、被吐出媒体 1 6 の搬送方向 (図中に矢印 S で示す副走査方向) と直交する方向 (図中に矢印 M で示す主走査方向) において、被吐出媒体 1 6 の幅 W_m に対応する長さにわたり、被吐出媒体 1 6 に向けてインクを打滴する多数のノズル 5 1 を 2 次元的に配列させた構造を有している。

40

【0032】

液滴吐出ヘッド 5 0 は、ノズル 5 1、ノズル 5 1 に連通する圧力室 5 2、圧力室 5 2 に連通する液体供給口 5 3、および、後述の圧電素子 (図 3 の 5 8) からなる複数の吐出素子 5 4 が、主走査方向 M および副走査方向 S に対して所定の鋭角 ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) をなす斜め方向の 2 方向に沿って配列されている。なお、図 2 では、図示の便宜上、一部の吐出素子 5 4 のみ描いている。

【0033】

50

ノズル 5 1 は、具体的には、主走査方向 M に対して所定の鋭角 θ をなす斜め方向において、一定のピッチ d で配列されており、これにより、主走査方向 M に沿った一直線上に「 $d \times \cos \theta$ 」の間隔で配列されたものと等価に取り扱うことができる。

【 0 0 3 4 】

ヘッド 5 0 を構成するひとつの吐出素子 5 4 について、図 2 中の 3 - 3 線に沿った断面図を図 3 に示す。

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように、各圧力室 5 2 は液体供給口 5 3 を介してさらに共通液室 5 5 と連通している。共通液室 5 5 は図示を省略した液体供給源たるインクタンクと連通しており、そのインクタンクから供給されるインクが共通液室 5 5 を介して各圧力室 5 2 に分配供給される。

10

【 0 0 3 6 】

圧力室 5 2 の天面を構成する振動板 5 6 の上には圧電体 5 8 a が配置され、この圧電体 5 8 a の上には個別電極 5 7 が配置されている。振動板 5 6 は、接地されており、共通電極として機能する。これらの振動板 5 6、個別電極 5 7 および圧電体 5 8 a によって、圧力室 5 2 内のインクに打滴用の圧力を発生する手段としての圧電素子 5 8 が構成されている。

【 0 0 3 7 】

図 1 のヘッドドライバ 1 5 4 によって生成された駆動信号が圧電素子 5 8 に与えられると、すなわち、圧電素子 5 8 の個別電極 5 7 に所定の駆動電圧が印加されることにより、圧電体 5 8 a が変形して圧力室 5 2 の容積が変化し、これに伴う圧力室 5 2 内の圧力の変化によって、ノズル 5 1 からインクが打滴される。インク打滴にともなって、共通液室 5 5 から液体供給口 5 3 を通って新しいインクが圧力室 5 2 に供給される。

20

【 0 0 3 8 】

なお、図 2 には、被吐出媒体 1 6 に高解像度の画像を高速で形成し得る構造として、複数のノズル 5 1 が 2 次元配列されている場合を例に示したが、本発明におけるヘッドは、複数のノズル 5 1 が 2 次元配列された構造に特に限定されるものではなく、複数のノズル 5 1 が 1 次元配列された構造であってもよい。また、液滴吐出ヘッドを構成する吐出素子 5 4 は、一例であって、このような場合に特に限定されない。例えば、圧力室 5 2 よりも下（すなわち圧力室 5 2 よりもノズル面 5 1 0 側）に共通液室 5 5 を配置する代りに、圧力室 5 2 よりも上（すなわちノズル面 5 1 0 とは反対側）に共通液室 5 5 を配置してもよい。

30

【 0 0 3 9 】

図 3 に示す、ノズル 5 1、圧力室 5 2、液体供給口 5 3、および、圧電素子 5 8 によって、ひとつの吐出素子 5 4 が構成されている。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、図 1 のヘッドドライバ 1 5 4 によって生成されて図 2 のひとつの圧電素子 5 8 に対して与えられる駆動信号 7 5 を示す波形図であり、縦軸は駆動信号 7 5 の電圧 V （駆動電圧）であり、横軸は時刻 t である。

【 0 0 4 1 】

図 4 において、駆動信号 7 5 は、ひとつのノズル 5 1 からひとつのインク滴を吐出させるための 1 単位の波形である。ひとつのノズル 5 1 から連続してインク滴を吐出させる場合には、図 4 に示した駆動信号 7 5 が繰り返しひとつの圧電素子 5 8 に対して与えられる。

40

【 0 0 4 2 】

駆動信号 7 5 は、初期の電圧 V_0 から第 1 の電圧 V_1 ($> V_0$) へ立ち上がる立ち上がり波形からなる第 1 のプル信号 S_1 (第 1 の信号要素) と、第 1 の電圧 V_1 から第 2 の電圧 V_2 ($< V_1$) へ立ち下がる立ち下がり波形からなるプッシュ信号 S_2 (第 2 の信号要素) と、第 2 の電圧 V_2 から第 3 の電圧 V_3 ($> V_2$) へ立ち上がる立ち上がり波形からなる第 2 のプル信号 S_3 (第 3 の信号要素) と、第 3 の電圧 V_3 から第 4 の電圧 V_4 ($>$

50

V3)へ立ち上がる立ち上がり波形からなる第3のプル信号S4(第4の信号要素)と、第4の電圧V4から初期の電圧V0へ緩やかな勾配で下降する波形からなる復帰信号S5(第5の信号要素)を含んで構成されている。言い換えると、駆動信号75は、振幅A1(=|V0-V1|)を有する第1のプル信号S1と、振幅A2(=|V1-V2|)を有するプッシュ信号S2と、振幅A3(=|V2-V3|)を有する第2のプル信号S3と、振幅A4(=|V3-V4|)を有する第3のプル信号S4と、振幅A5(=|V4-V0|=A1-A2+A3+A4)を有する復帰信号S5を含んで構成されている。

【0043】

吐出素子54に液体が充填されて構成される系の共振周期をTcで表して、第1のプル信号S1の開始時刻t1を「0」としたとき、プッシュ信号S2の開始時刻t2は(1/2)・Tcであり、第2のプル信号S3の開始時刻t3はTcであり、第3のプル信号S4の開始時刻t4は(3/2)・Tcである。言い換えると、t1、t2、t3およびt4の各間隔|t1-t2|、|t2-t3|、|t3-t4|を、いずれもTc/2としてある。

10

【0044】

上記の間隔Tc/2で第1のプル信号S1、プッシュ信号S2、第2のプル信号S3および第3のプル信号S3を圧電素子58へ与えるため、第1のプル信号S1、プッシュ信号S2、第2のプル信号S3にそれぞれ続いて、駆動電圧Vを一定に保持する所定の期間d1、d2、d3が設けられている。また、第3のプル信号S3に続き、インク滴の確実な飛翔を保証するために、駆動電圧Vを一定に保持する期間d4が設けられている。

20

【0045】

第1のプル信号S1は、圧力室52を膨張させて、ノズル51のメニスカスを凹形状にするようにメニスカスを引く信号要素である。

【0046】

プッシュ信号S2は、圧力室52を収縮させて、ノズル51のメニスカスを凸形状にするようにメニスカスを押す信号要素である。

【0047】

第2のプル信号S3は、圧力室52を膨張させて、凸形状のメニスカスからインク滴が形成されるようにノズル51のメニスカスを引く信号要素である。

【0048】

第3のプル信号S4は、圧力室52を膨張させて、ノズル51のメニスカスの残留振動を制動する信号要素である。言い換えると、第3のプル信号S4は、メニスカスからインク滴が分離しようとしているとき、および、メニスカスからインク滴が分離した直後に、再びメニスカスが凸状態になってインク滴がメニスカスに引き戻されることを防ぐ。

30

【0049】

復帰信号S5は、駆動電圧を第1のプル信号S1の印加直前の初期電圧V0に復帰させる信号要素である。復帰信号S5の電圧変化の勾配は、ノズル51から液滴が吐出しない程度に、プッシュ信号S2の電圧変化の勾配よりも小さくしてある。

【0050】

第1のプル信号S1の振幅A1、プッシュ信号S2の振幅A2、第2のプル信号S3の振幅A3、および、第3のプル信号S4の振幅A4の比A1:A2:A3:A4を、減衰係数および自然対数の底eを用いて、次の数1に示す。

40

[数1]

$$A1:A2:A3:A4 = e^{-\frac{1}{2}} : (e^{-\frac{1}{2}} - e^{-\frac{1}{2}}) : (e^{-\frac{1}{2}} - e^{-\frac{1}{2}}) : e^{-\frac{1}{2}}$$

ここで、 $e^{-\frac{1}{2}}$ は、ノズル51と圧力室52と液体供給口53と圧電素子58とからなる吐出素子54にインクが充填されて構成される系において、圧電素子58にパルス波形(パルス状電圧)を与えたときに、圧力室52内のインクに発生する圧力の減衰自由振動波形の振幅比の自然対数である。

【0051】

50

例えば、 $\alpha = 0.3$ の場合、 $A_1 = 7.2 [V]$ 、 $A_2 = 4.4 [V]$ 、 $A_3 = 4.4 [V]$ 、 $A_4 = 2.8 [V]$ である。

【0052】

図5は、図3に示した液滴吐出ヘッド50を構成するひとつの吐出素子54にインクが充填されて構成される系を音響回路としてモデル化した等価回路80を示す回路図である。

【0053】

図5において、第1の回路要素81は、図3の圧電素子58に相当し、コンプライアンス C_p とイナータンス L_p とレジスタンス R_p とを直列接続してなる。第2の回路要素82は、図3の圧力室52に相当し、レジスタンス R_s とイナータンス L_s とを直列接続してなる。第3の回路要素83は、図3の液体供給口53に相当し、コンプライアンス C_c からなる。第4の回路要素84は、図3のノズル51に相当し、イナータンス L_n とレジスタンス R_n とコンプライアンス C_n とを直列接続してなる。

10

【0054】

入力端子85は、圧電素子58相当の第1の回路要素81の一端に配置されており、駆動電圧 V が印加される。言い換えると、図1のヘッドドライバ154から圧電素子58に与えられる駆動信号 $V(t)$ が、入力端子85に与えられる。

【0055】

出力端子86は、圧電素子58相当の第1の回路要素81の入力端子85とは反対側の他端に配置されているとともに、圧力室52相当の第2の回路要素82、液体供給口53相当の第3の回路要素83およびノズル51相当の第4の回路要素84に接続されており、入力端子85に印加された駆動電圧 V に対する応答電圧 P が出力される。言い換えると、図1のヘッドドライバ154から図3の圧電素子58に駆動信号 $V(t)$ が与えられたときに圧力室52内のインクに発生する圧力(圧力室52の内圧)に相当する応答信号 $P(t)$ が、出力端子86に出力される。ここで、 t は時刻を示す。応答電圧 P を以下では「インク発生圧力」ということもある。

20

【0056】

数1の減衰係数 α は、具体的には、次の数2によって表される。

【0057】

【数2】

$$\alpha = \log \left\{ \frac{1}{L_n + L_s} \cdot \frac{C_p}{C_p + C_c} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{L_s + L_n} \cdot \frac{1}{C_p + C_c} - \left(\frac{R_n + R_s}{2(L_s + L_n)} \right)^2}} \right\}$$

30

【0058】

ここで、 L_n 、 L_s 、 C_p 、 C_c 、 R_n 、 R_s は、液体が充填された吐出素子54の等価回路を構成する素子の値である。詳細には、 L_n はノズル51のイナータンス、 L_s は液体供給口53(しぼり)のイナータンス、 C_p は圧電素子58(アクチュエータ)のコンプライアンス、 C_c は圧力室52のコンプライアンス、 R_n はノズル51の抵抗、 R_s は液体供給口53(しぼり)の抵抗である。

40

【0059】

等価回路80の入力端子85へ図4の駆動信号75を入力したとき、等価回路80の出力端子86には図6の応答信号76が出力される。なお、図6では、大気圧に相当する中心値を「0」、最大値を「1.0」として正規化し、応答信号76を表している。

【0060】

図6において、時刻 $t = 0$ は、第1のプル信号 S_1 の開始時刻 t_1 である。第1のプル信号 S_1 によって圧力室52が膨張し、時刻 $t = (1/4) \cdot T_c$ においてインク発生圧

50

力 P は最大値 (1.0) になる。時刻 $t = (1/2) \cdot T_c$ は、プッシュ信号 S_2 の開始時刻 t_2 である。プッシュ信号 S_2 によって圧力室 52 が収縮し、時刻 $t = (3/4) \cdot T_c$ においてインク発生圧力 P は最小値 (-1.0) になる。時刻 $t = T_c$ は、第 2 のプル信号 S_3 の開始時刻 t_3 である。第 2 のプル信号 S_3 によって圧力室 52 が膨張し、時刻 $t = (5/4) \cdot T_c$ においてインク発生圧力 P は最大値 (1.0) になる。時刻 $t = (3/2) \cdot T_c$ は、第 3 のプル信号 S_4 の開始時刻 t_4 である。

【0061】

応答信号 76 すなわち圧力室 52 内のインク発生圧力の変動 $P(t)$ は、第 1 のプル信号 S_1 の開始時刻 t_1 から第 3 のプル信号 S_4 の開始時刻 t_4 まで、一定の振幅 A_s と共振周期 T_c を有する正弦波形 761 となる。また、 $P(t)$ は、第 3 のプル信号 S_4 の開始時刻 t_4 以降、変動が許容範囲内に維持された定常波形 762 となる。

10

【0062】

t_4 以後における液滴の変化の様子を、図 7 (A) および図 7 (B) に模式的に示す。

【0063】

図 7 (A) は t_4 直後を示しており、飛翔していくインク滴 34 に尾 32 が繋がっており、この尾 32 はノズル 51 のメニスカス 30 に連なっている。インク滴 34 の飛翔速度は小さいので、インク滴 34 の尾 32 は短い。その後、図 7 (B) に示すように、インク滴 34 の尾 32 は切断されてノズル 51 のメニスカス 30 からインク滴 34 が完全に分離する。ここで、インク滴 34 の尾 32 は短いので、サテライト滴は殆ど発生しない。また、 t_4 以降、ノズル 51 のメニスカスは凹形状のまま維持されるので、インク滴 34 がノ

20

【0064】

次に、図 4 の駆動信号 75 を構成する 4 つの信号要素 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 の各振幅 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 の算出方法の一例について、詳細に説明する。

【0065】

ステップ状の信号要素 (ここでは垂直立ち上がり波形または垂直立ち下がり波形) を圧電素子 58 へ入力したとき、圧力室 52 内のインクに発生する圧力 (圧力室 52 の内圧) の変動を、次の数 3 に応答信号 $P_i(t)$ として示す。

【0066】

[数 3]

$$P_i(t) = G_i \times e^{(-\gamma \times t^2 - f_c \cdot t)} \sin(2\pi \cdot f_c \cdot t)$$

ここで、 i は信号要素のインデックス、 G_i はゲイン、 e は自然対数の底、 γ は吐出素子 54 に液体が充填されて構成される系の減衰係数、 f_c は吐出素子 54 に液体が充填されて構成される系の共振周波数、 t はステップ状の信号要素の印加時刻を「0」とした時刻 (経過時間) である。なお、吐出素子 54 に液体が充填されて構成される系の共振周期を T_c としたとき、 $f_c = 1/T_c$ である。

30

【0067】

以下では、図 4 の第 1 のプル信号 S_1 を疑似した垂直立ち上がり波形からなる信号、プッシュ信号 S_2 を疑似した垂直立ち下がり波形からなる信号、第 2 のプル信号 S_3 を疑似した垂直立ち上がり波形からなる信号、および、第 3 のプル信号 S_4 を疑似した垂直立ち上がり波形を、それぞれ、第 1 の疑似信号 SS_1 、第 2 の疑似信号 SS_2 、第 3 の疑似信号 SS_3 、第 4 の疑似信号 SS_4 とする。

40

【0068】

ここで、第 1 の疑似信号 SS_1 は第 1 のプル信号 S_1 と同じ振幅 A_1 を有し、第 2 の疑似信号 SS_2 はプッシュ信号 S_2 と同じ振幅 A_2 を有し、第 3 の疑似信号 SS_3 は第 2 のプル信号 S_3 と同じ振幅 A_3 を有し、第 4 の疑似信号 SS_4 は第 3 のプル信号 S_4 と同じ振幅 A_4 を有する。また、第 1 の疑似信号 SS_1 のみを圧電素子 58 へ付与したときのインク発生圧力、第 2 の疑似信号 SS_2 のみを圧電素子 58 へ付与したときのインク発生圧力、第 3 の疑似信号 SS_3 のみを圧電素子 58 へ付与したときのインク発生圧力、および、第 4 の疑似信号 SS_4 のみを圧電素子 58 へ付与したときのインク発生圧力を、それぞ

50

、 P 1、 P 2、 P 3、 P 4 とする。

【 0 0 6 9 】

最初に、図 8 (A) に示すように、時刻 $t = 0$ において垂直立ち上がり波形からなる第 1 の疑似信号 $SS 1$ を圧電素子 5 8 へ入力したものと、数 3 を用いて算出した応答信号 $P (t) = P 1 (t)$ を、図 8 (B) に示す。なお、減衰係数 $\alpha = 0.3$ である。

【 0 0 7 0 】

ここで、図 8 (B) に示すように、時刻 $t = (1 / 4) \cdot T c$ において $| P | = | P 1 | = 1$ となる $G 1$ を求める。そうすると、 $G 1$ は、次の数 4 で表される。

【 0 0 7 1 】

[数 4]

$$G 1 = e^{-\alpha / 2}$$

続いて、図 9 (A) に示すように、時刻 $t = (1 / 2) \cdot T c$ において垂直立ち下がり波形からなる第 2 の疑似信号 $SS 2$ を圧電素子 5 8 へ入力したものと、数 3 を用いて算出した応答信号 $P (t) = P 1 (t) + P 2 (t)$ を、図 9 (B) に示す。

【 0 0 7 2 】

ここで、図 9 (B) に示すように、時刻 $t = (3 / 4) \cdot T c$ において $| P | = | P 1 + P 2 | = 1$ となる $G 2$ を求める。そうすると、 $G 2$ は、次の数 5 で表される。

【 0 0 7 3 】

[数 5]

$$G 2 = (e^{-\alpha / 2} - e^{-\alpha})$$

続いて、図 10 (A) に示すように、時刻 $t = T c$ において垂直立ち上がり波形からなる第 3 の疑似信号 $SS 3$ を圧電素子 5 8 へ入力したものと、数 3 を用いて算出した応答信号 $P (t) = P 1 (t) + P 2 (t) + P 3 (t)$ を、図 10 (B) に示す。

【 0 0 7 4 】

ここで、図 10 (B) に示すように、時刻 $t = (5 / 4) \cdot T c$ において $| P | = | P 1 + P 2 + P 3 | = 1$ となるように、 $G 3$ を求める。そうすると、 $G 3$ は、次の数 6 で表される。

【 0 0 7 5 】

[数 6]

$$G 3 = (e^{-\alpha / 2} - e^{-\alpha} - e^{-3\alpha / 2})$$

最後に、図 11 (A) に示すように、時刻 $t = (2 / 3) \cdot T c$ において垂直立ち上がり波形からなる第 4 の疑似信号 $SS 4$ を圧電素子 5 8 へ入力したものと、数 3 を用いて算出した応答信号 $P (t) = P 1 (t) + P 2 (t) + P 3 (t) + P 4 (t)$ を、図 11 (B) に示す。

【 0 0 7 6 】

ここで、図 11 (B) に示すように、時刻 $t = (3 / 2) \cdot T c$ において $P = P 1 + P 2 + P 3 + P 4 = 0$ となるように、 $G 4$ を決める。そうすると、 $G 4$ は、次の数 7 で表される。

【 0 0 7 7 】

[数 7]

$$G 4 = e^{-\alpha} (e^{-\alpha / 2} - 1)$$

ところで、 $A 1 : A 2 : A 3 : A 4 = G 1 : G 2 : G 3 : G 4$ なので、数 4、数 5、数 6 および数 7 より、 $A 1 : A 2 : A 3 : A 4$ を示す前述の数 1 が求められる。

【 0 0 7 8 】

なお、図 4 に示す実際の駆動信号 7 5 を構成する信号要素 $S 1$ 、 $S 2$ 、 $S 3$ 、 $S 4$ は、疑似信号 $SS 1$ 、 $SS 2$ 、 $SS 3$ 、 $SS 4$ とは異なり、アンダーシュートおよびオーバーシュートを防止するために勾配を持たせてある。そこで、図 5 の等価回路 8 0 を用いたシミュレーションにより、実際の応答信号すなわち図 6 の 7 6 を確認する。

【 0 0 7 9 】

時刻 $t 1$ から $t 4$ までの正弦波形 7 6 1 の振幅 $A s (= 1.0)$ と、時刻 $t 4$ 以降の定常

10

20

30

40

50

波形 762 の許容値 E_s との比 E_s / A_s は、0.5 以下である。

【0080】

本発明を適用した実験機を用いて実験を行った。実験の条件は次のとおりである。

<条件>

ノズル径 18 μm
 ノズル長 18 μm
 共振周期 3.4 μs
 インク粘度 20 cP
 表面張力 30 mN/m
 接触角度 30度

10

実験の結果、図7(B)に示すように、サテライト滴を発生させることなく、微小なインク滴を吐出できることが確認できた。

【0081】

以上説明したように、本実施形態の画像形成装置10では、インクの吐出を行うとき、図1のヘッドドライバ154によって、図3の圧電素子58に対して図4に示す駆動信号75が付与される。具体的には、最初に、図4の第1のプル信号S1によって、図3の圧力室52を膨張させて、図3のノズル51のメニスカスを引くことにより当該メニスカスを凹形状にする。次に、図4のプッシュ信号S2によって、圧力室52を収縮させて、ノズル51のメニスカスを押すことにより当該メニスカスを凸形状にする。次に、図4の第2のプル信号S3によって、圧力室52を膨張させて、ノズル51のメニスカスを引くことにより当該メニスカスを凹形状にする。これらの第1のプル信号S1、プッシュ信号S2、第2のプル信号S3に因って圧力室52内のインクに発生する圧力の変動 $P(t)$ は、図6に示すように t_1 から t_4 まで、一定の振幅 A_s を有する正弦波形761となり、圧力室52内のインクは共振状態となる。このように、 t_1 から t_4 まで圧力室52内のインクの圧力変動を一定の振幅 A_s を有する正弦波形761としたことにより、圧力室52内のインクに対して必要以上の圧力をかけなくてもよくなり、長い尾引きによるサテライト滴の発生を防止できる。次に、図4の第3のプル信号S4によって、圧力室52の内圧を定常状態に制定してノズル51のメニスカスの残留振動を制動し、ノズル51のメニスカスを凹形状のまま維持する。これにより、インク滴34がメニスカス30へ引き戻されることなく確実に飛翔することになる。

20

30

【0082】

なお、液体がインクである場合を例に説明したが、本発明は液体がインクである場合に限定されず、他の液体を吐出する際に適用してもよい。

【0083】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は、本明細書において説明した例や図面に図示された例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の設計変更や改良を行ってよいのはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明に係る液滴吐出装置の一例としての画像形成装置の全体構成を示すブロック図である。

40

【図2】液滴吐出ヘッドの一例の全体構成を示す平面透視図である。

【図3】図2の3-3線に沿った断面図である。

【図4】駆動信号を示す波形図である。

【図5】液滴吐出ヘッドを構成する一吐出素子の等価回路を示す回路図である。

【図6】図4に示す駆動信号を図5に示す等価回路へ入力したときの応答信号の変動を示す図である。

【図7】(A)はメニスカスに連なる短い尾を有する液滴の模式図、(B)はサテライト滴が発生することなく飛翔する液滴を示す模式図である。

【図8】(A)は第1のプル信号に相当する擬似信号の波形図、(B)は圧力室の内圧の

50

変動に相当する応答信号の波形図である。

【図9】(A)はプッシュ信号に相当する擬似信号の波形図、(B)は圧力室内の内圧の変動に相当する応答信号の波形図である。

【図10】(A)は第2のプル信号に相当する擬似信号の波形図、(B)は圧力室内の内圧の変動に相当する応答信号の波形図である。

【図11】(A)は第3のプル信号に相当する擬似信号の波形図、(B)は圧力室内の内圧の変動に相当する応答信号の波形図である。

【図12】従来の画像形成装置において圧力室内の内圧の変動を示す図である。

【図13】(A)は従来の画像形成装置においてメニスカスに連なる長い尾を有する液滴の模式図、(B)は従来の画像形成装置においてサテライト滴を伴い飛翔する液滴を示す模式図である。

【符号の説明】

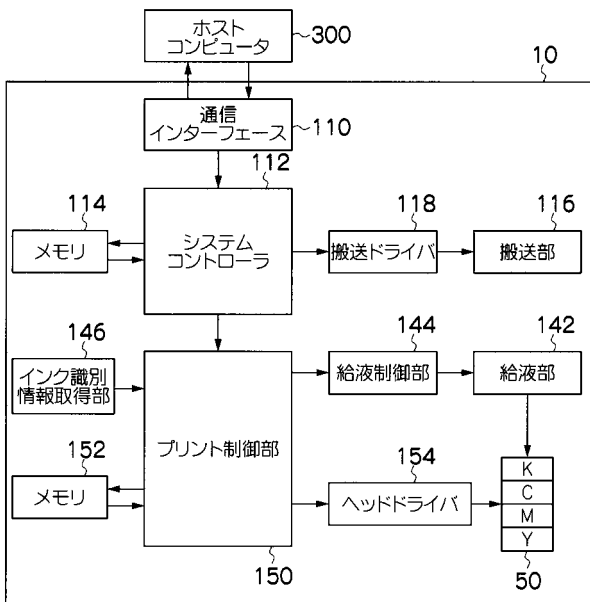
【0085】

50...液滴吐出ヘッド、51...ノズル、52...圧力室、53...液体供給口、54...吐出素子、55...共通液室、58...圧電素子、75...駆動信号、80...等価回路、85...等価回路の入力端子、86...等価回路の出力端子、112...システムコントローラ、114、152...メモリ、146...インク識別情報取得部、150...プリント制御部、154...ヘッドドライバ(駆動手段)、S1...第1のプル信号(第1の信号要素)、S2...プッシュ信号(第2の信号要素)、S3...第2のプル信号(第3の信号要素)、S4...第3のプル信号(第4の信号要素)、S5...復帰信号、Tc...共振周期、...減衰係数

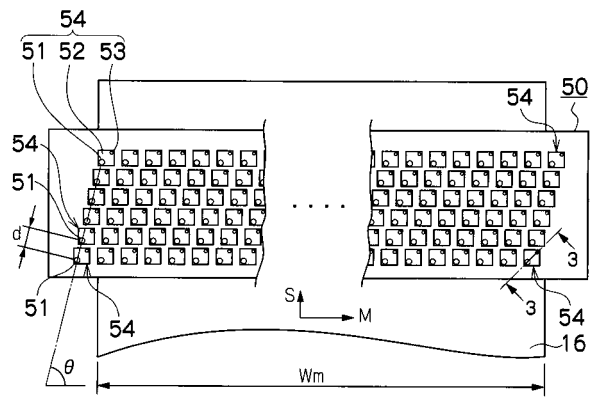
10

20

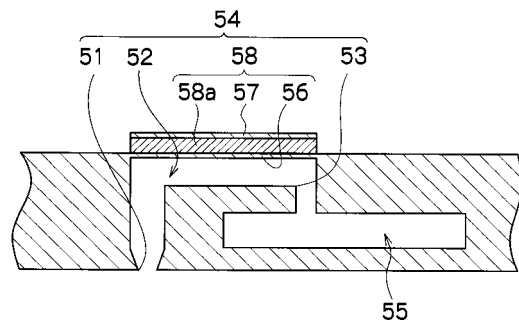
【図1】



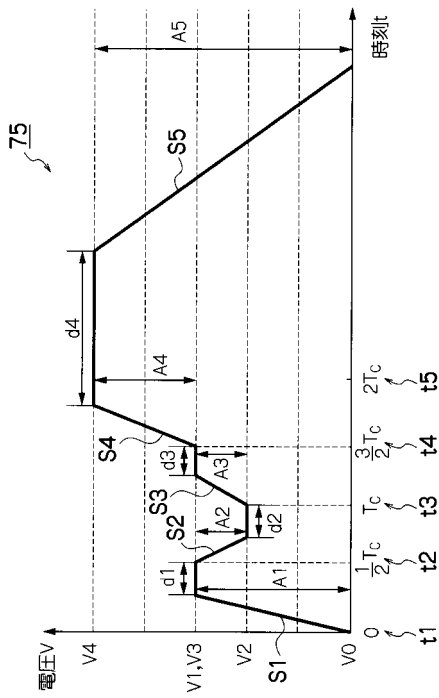
【図2】



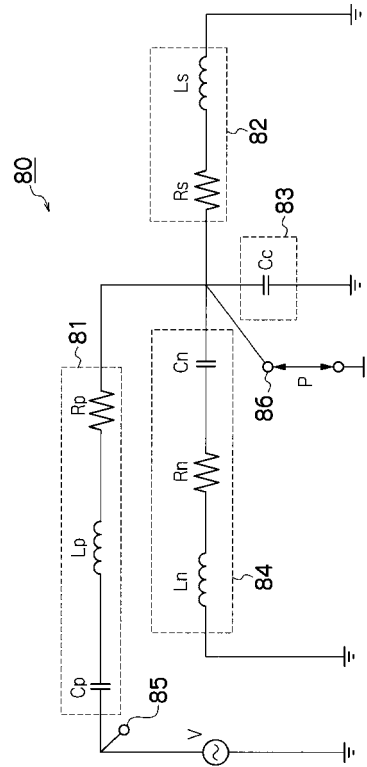
【図3】



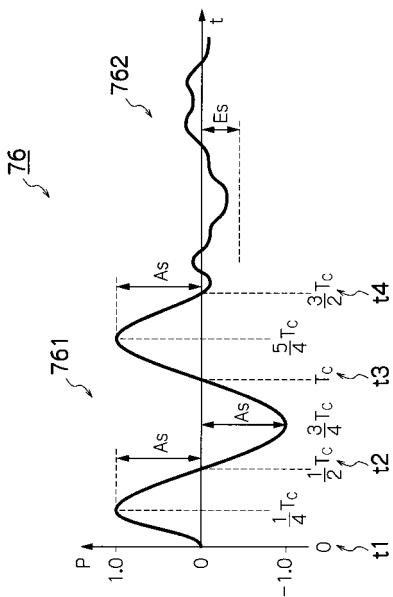
【 図 4 】



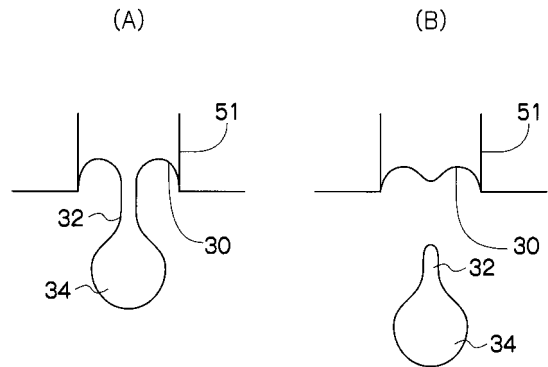
【 図 5 】



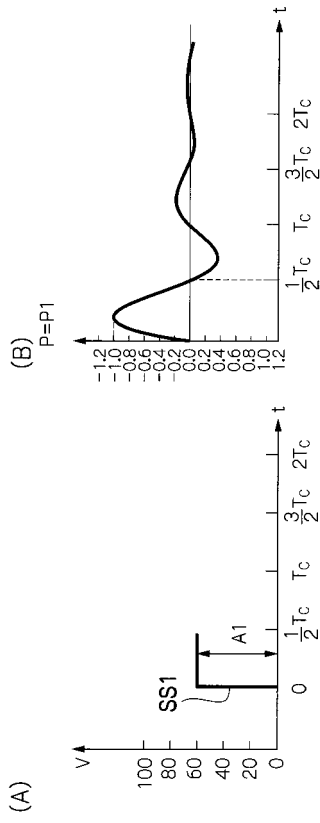
【 図 6 】



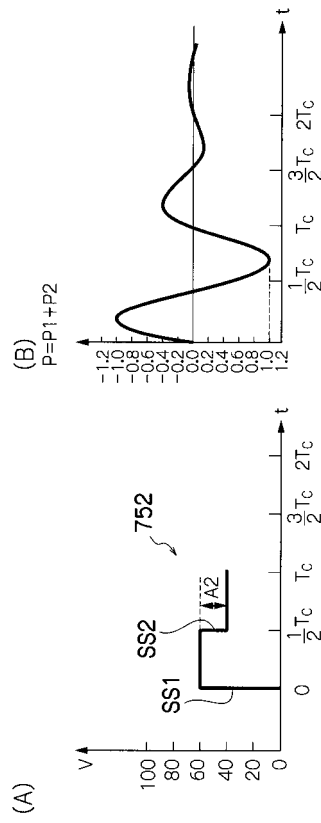
【 図 7 】



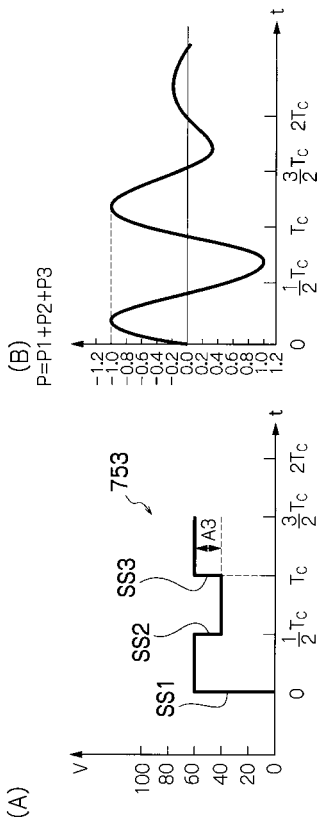
【 図 8 】



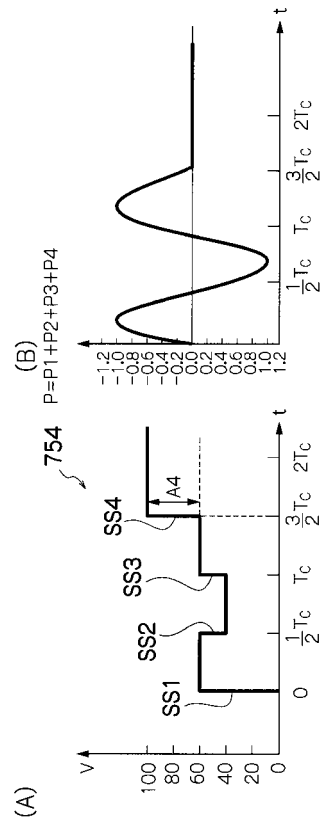
【 図 9 】



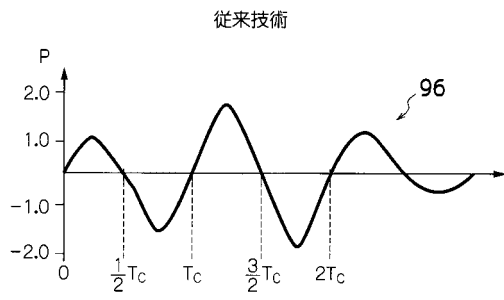
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

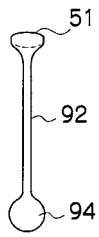


【 図 1 2 】

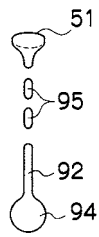


【 図 1 3 】

従来技術



(A)



(B)