

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3569289号  
(P3569289)

(45) 発行日 平成16年9月22日(2004.9.22)

(24) 登録日 平成16年6月25日(2004.6.25)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

B 4 1 J 2/045

B 4 1 J 3/04 1 O 3 A

B 4 1 J 2/055

請求項の数 27 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願平9-536069	(73) 特許権者	000002369
(86) (22) 出願日	平成9年4月10日(1997.4.10)		セイコーエプソン株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP1997/001238		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(87) 国際公開番号	W01997/037852	(74) 代理人	100082566
(87) 国際公開日	平成9年10月16日(1997.10.16)		弁理士 西川 慶治
審査請求日	平成12年6月1日(2000.6.1)	(74) 代理人	100087974
審査番号	不服2001-16818 (P2001-16818/J1)		弁理士 木村 勝彦
審査請求日	平成13年9月20日(2001.9.20)	(72) 発明者	北原 強
(31) 優先権主張番号	特願平8-88464		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
(32) 優先日	平成8年4月10日(1996.4.10)	(72) 発明者	田中 良一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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
(31) 優先権主張番号	特願平8-88468		
(32) 優先日	平成8年4月10日(1996.4.10)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッドの駆動方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ノズル開口、及びインク供給口を介してリザーバに連通し周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振周期を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

第1の方向に単調に変化する信号を印加して、インク滴吐出前に前記圧力発生室を膨張させて前記ヘルムホルツ共振周波数の振動を誘起させて前記ノズル開口のメニスカスをインク滴を吐出しない程度に振動させる膨張工程と、前記圧力発生室を膨張状態に維持する第1の保持工程と、前記メニスカスの移動が前記ノズル開口側に反転した以後に第1の方向とは逆の方向に変化する信号を印加して前記圧力発生室の容積を、膨張工程における容積変化分よりも小さい容積変化で収縮させて前記ノズル開口の直径よりも小径のインク滴を吐出させる第1の収縮工程と、前記圧力発生室の容積を一定に保持する第2の保持工程と、前記圧力発生室を収縮させて元の状態に復帰させる第2の収縮工程とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項2】

膨張工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ よりも短く設定されている請求の範囲1に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項3】

膨張工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ の1/2以下に設定されている請求の範囲1に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

10

20

## 【請求項 4】

膨張工程の継続時間が前記圧電振動子の固有周期よりも短く設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 5】

第 1 の保持工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ の $1/2$ 以下に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 6】

第 1 の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ 以上に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 7】

第 2 の保持工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ と実質的に同一に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 8】

第 2 の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ よりも短く設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 9】

第 2 の収縮工程の継続時間が、前記膨張工程の継続時間と実質的に同一に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 10】

第 2 の収縮工程における前記圧電振動子に印加する信号の電位差が、前記膨張工程における前記圧電振動子に印加する信号の電位差の $0.2$ 倍乃至 $0.8$ 倍に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 11】

前記膨張工程の開始時点から第 2 の保持工程の終了時点までの時間が、前記周期 $T_c$ の整数倍に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 12】

前記膨張工程の開始時点から第 2 の保持工程の終了時点までの時間が、前記周期 $T_c$ の 2 倍に設定されている請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 13】

第 1 の保持工程の継続時間を調整してインク滴のインク量を変化させる請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 14】

メニスカスの振動がノズル開口側から圧力発生室側に反転した時点で前記第 2 の収縮工程を開始する請求の範囲 1 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 15】

ノズル開口、及びインク供給口を介してリザーバに連通し周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振周期を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて前記ヘルムホルツ共振周波数の振動を誘起させて前記ノズル開口のメニスカスをインク滴を吐出しない程度に振動させる第 1 の収縮工程と、収縮状態を保持する第 1 の保持工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記振動状態のメニスカスを引き込む膨張工程と、膨張状態を保持する第 2 の保持工程と、前記メニスカスの移動が前記ノズル開口側に反転した以後に前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口の直径よりも小径のインク滴を吐出させて前記圧力発生室を元の状態に収縮させる第 2 の収縮工程とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 16】

第 1 の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ より短く設定されている請求の範囲 15 に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

## 【請求項 17】

第 1 の収縮工程ではインク滴が吐出しないように前記圧力発生室を収縮させる請求の範囲

10

20

30

40

50

15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項18】

第1の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ の1/2より短く設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項19】

第1の収縮工程で前記圧電振動子に印加する信号の電位差変化が、前記膨張行程で前記圧電振動子に印加する信号の電位差変化の0.2倍乃至0.5倍である請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項20】

前記膨張工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ よりも短く設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。 10

【請求項21】

前記膨張工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ の1/2以下に設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項22】

前記膨張工程の継続時間が、前記圧電振動子の固有振動周期以下に設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項23】

第1の収縮工程と前記第1の保持工程との継続時間の和が、前記周期 $T_c$ の1/2の奇数倍に設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。 20

【請求項24】

前記第1の収縮工程が、前記周期 $T_c$ の1/2より短く設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項25】

第2の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ 以上に設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項26】

第2の収縮工程の継続時間が、前記周期 $T_c$ と同一に設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項27】

第2の収縮工程における前記圧力発生室の容積変化が、前記膨張行程における容積変化よりも小さく設定されている請求の範囲15に記載のインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。 30

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、圧電振動子をアクチュエータに使用したインクジェット式記録ヘッドを用いて微小なインク滴により写真と同程度の印刷品質を得るためのインクジェット式記録ヘッドの駆動技術に関する。

従来の技術

インクジェット式記録ヘッドは、複数色のインクを用意することで容易にカラー画像を印刷することができるが、写真と同程度の画像を印刷しようとする、ドット自体のサイズを小さくし、かつ隣接するドット同士のインクの滲みを可能な限り少なくするために、インク滴のインク量を可及的に少なくすることが必須の要件となる。 40

インクジェット式記録ヘッドにより微小なドットを形成するための技術は、たとえば特公平4-36071号公報に開示されているように、第19図に示したように第1信号S1により圧力発生室を急速に膨張させてメニスカスをノズル開口から急速に引き戻してメニスカ스에ヘルムホルツ共振振動を生じさせ、ヘルムホルツ共振振動のエネルギーに起因する運動エネルギーでメニスカスの一部を分離させてインク滴を吐出させ、ついで略一定の電圧を保つ第2信号S2によりメニスカスを自由振動させ、最後に第3信号S3によりメニスカスを次のインク滴の吐出に適した位置に復帰させるものがある。 50

上述の技術を第20図を用いてさらに説明する。

第20図は第1信号S1の印加により印刷に適したインク滴を吐出した後のメニスカスの状態を、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ を時間単位として示したもので、符号Mがヘルムホルツ共振振動が重畳したメニスカスの変位を、符号M'が非常に長い周期 $T_m$ で振動するメニスカス自体の変位を示している。

第1信号S1をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ より短い時間に設定すると、ヘルムホルツ共振振動が発振した状態となりメニスカス上に周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が生じる。このヘルムホルツ共振振動は、周期 $T_m$ で変位しているメニスカス固有振動M'に重畳した状態で生じている。そのため、メニスカス自体の固有振動M'がノズル開口に近づくと、ヘルムホルツ共振振動のピークP1'、P2'、P3'によりメニスカスの一部がノズル開口面から大きく盛り上がり、一部が微小なインク滴、つまりサテライトやインクミストとして分離する。このようなサテライトやインクミストはインクの粘度が低下する高温環境において特に顕著に発生する。

本発明は、このような問題点を解決することを目的とするものであって、インク滴吐出語に不要な微小インク滴の発生を招くことなく、インク量が可及的に少なく、微小なドットを形成するのに適したインク滴を高い駆動周波数で吐出することができるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法を提案することである。

発明の開示

本発明のインクジェット式記録ヘッドの第1の駆動方法は、ノズル開口、及びインク供給口を介してリザーバに連通し周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振周期を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、第1の方向に単調に変化する信号を印加して、インク滴吐出前に前記圧力発生室を膨張させて前記ヘルムホルツ共振周波数の振動を誘起させて前記ノズル開口のメニスカスをインク滴を吐出しない程度に振動させる膨張工程と、前記圧力発生室を膨張状態に維持する第1の保持工程と、前記メニスカスの移動が前記ノズル開口側に反転した以後に第1の方向とは逆の方向に変化する信号を印加して前記圧力発生室の容積を、膨張工程における容積変化分よりも小さい容積変化で収縮させて前記ノズル開口の直径よりも小径のインク滴を吐出させる第1の収縮工程と、前記圧力発生室の容積を一定に保持する第2の保持工程と、前記圧力発生室を収縮させて元の状態に復帰させる第2の収縮工程とからなる。

また、本発明のインクジェット式記録ヘッドの第2の駆動方法は、ノズル開口、及びインク供給口を介してリザーバに連通し周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振周期を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電振動子とからなるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ヘルムホルツ共振周波数の振動を誘起させて前記ノズル開口のメニスカスをインク滴を吐出しない程度に振動させる第1の収縮工程と、収縮状態を保持する第1の保持工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記振動状態のメニスカスを引き込む膨張工程と、膨張状態を保持する第2の保持工程と、前記メニスカスの移動が前記ノズル開口側に反転した以後に前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口の直径よりも小径のインク滴を吐出させて前記圧力発生室を元の状態に収縮させる第2の収縮工程とからなる。

これらの構成により、メニスカスの振動をできるだけ小さくすることでメニスカスの盛り返しによるサテライトやインクミストの発生を防止する。このようにメニスカスの振動を小さく抑えることで、メニスカスの減衰時間を短縮して高い駆動周波数での印刷を可能ならしめる。

発明を実施するための最良の形態

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。

第1図、及び第2図は、本発明に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示すものであって、インク流路ユニット1は、圧力発生室2、リザーバ3、及びインク供給口4を形成するスペーサ5と、圧力発生室2に連通するノズル開口6を備えたノズルプレート7と、後述する圧電振動子の変位を受けて弾性変形する弾性板8とを、スペーサ5の表

10

20

30

40

50

面となる側をノズルプレート7により、また裏面となる側を弾性板8により封止して構成されている。

圧力発生ユニット10は、圧力発生室2の配列ピッチに合わせて配置され、弾性板8の面に対して垂直な方向に伸縮する圧電振動子11を変位可能な状態で固定基板12に固定して構成されている。

圧電振動子11は、この実施例では伸縮方向に平行に圧電材料11aと、異なる極となる導電材料11b、11cとを交互に積層して、充電状態では導電層の積層方向と直角な方向に収縮し、また電荷が放電された場合には導電層と直角な方向に伸長する、いわゆる縦振動モードの圧電振動子として構成されている。

そしてインク流路ユニット1をホルダ13の上端14に固定し、また圧力発生ユニット10を、  
圧電振動子11の先端が各圧力発生室2に対向するように弾性板8に当接し、さらに固定基板12をホルダ13に固定してインクジェット式記録ヘッドとして構成されている。なお、図中符号16、16は、外部のインク容器に接続するインク供給流路17、17とリザーバ3、3とを接続する通孔を示す。

このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧電振動子11に時間的に電圧が上昇する信号を印加すると、圧電振動子11が充電されて時間とともに収縮する。この収縮により弾性板8がスペーサ5から離反するように弾性変形して圧力発生室2を膨張させる。圧力発生室2の膨張によりリザーバ3のインクがインク供給口4を経由して圧力発生室2に流入し、またノズル開口6に形成されていたメニスカスが圧力発生室側に引き込まれる。そして、信号が所定のレベルに保持されると、メニスカスが自己の固有振動周期により  
ノズル開口6と圧力発生室2との間を往復するように振動する。

また、充電状態におかれている圧電振動子11の電荷を放電させると、圧電振動子11が時間的に伸長して弾性板8をスペーサ側に押し戻して圧力発生室2の容積を縮小させる。圧力発生室2の縮小により圧力発生室2のインクが加圧されるため、振動状態にあるメニスカスがノズル開口2側に押し戻される。

ところで、このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧力発生室2のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを $C_i$ 、また圧力発生室2を形成している弾性板8、ノズルプレート7等の材料自体による剛性コンプライアンスを $C_v$ 、ノズル開口6のイナータンスを $M_n$ 、インク供給口4のイナータンスを $M_S$ とすると、圧力発生室2のヘルムホルツ共振振動の周波数 $f$ は次式で示される。

$$f = 1/2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_S) / (M_n \times M_S) (C_i + C_v)\}}$$

また、メニスカスのコンプライアンスを $C_n$ とすると、メニスカスの固有振動周期 $T_m$ は次式で示される。

$$T_m = 2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_S) C_n\}}$$

また、圧力発生室2の体積を $V$ 、インクの密度を $\rho$ 、インク中での音速を $c$ とすると、流体コンプライアンス $C_i$ は次式で示される。

$$C_i = V / \rho c^2$$

さらに圧力発生室2の剛性コンプライアンス $C_v$ は、圧力発生室2に単位圧力を印加したときの圧力発生室2の静的な変形率に一致する。

このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、その流体コンプライアンス $C_i$ が $5 \times 10^{-21} \text{m}^5 \text{N}^{-1}$ 、剛性コンプライアンス $C_v$ が $5 \times 10^{-21} \text{m}^5 \text{N}^{-1}$ 、ノズル開口6のイナータンス $M_n$ が $1 \times 10^8 \text{kgm}^{-4}$ 、インク供給口4のイナータンス $M_S$ が $1 \times 10^8 \text{kgm}^{-4}$ の諸特性を有するように構成された場合には、圧電振動子11の伸長、収縮によりメニスカ스에ヘルムホルツ共振振動が重畳されると、周期 $T_c 4.4 \mu \text{s}$  (225kHz)のヘルムホルツ共振振動を生じる。

このような駆動特性を得るために、流路を構成するスペーサは、高い弾性率を有する単結晶シリコンをエッチングすることにより非常に微細で精密な流路が形成されていて、圧力発生室2の剛性コンプライアンス $C_v$ を低減でき、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ を容易に $10 \mu \text{s}$ 以下とすることができる。

また、本発明のように10ng以下となるような微細なインク滴の吐出を可能ならしめるため

10

20

30

40

50

には、上述の特性を備えたスパーサだけではなく、応答性の非常に高い圧電振動子が必要となるが、上述のように構成された縦振動モードの圧電振動子11は、印加された信号に応動して正確に変位するため、圧電振動子11の固有振動周期よりも短い時間で圧力発生室2を膨張、収縮させることができる。

次にこのように構成したインクジェット式記録ヘッドから印刷に適した速度を有するインク量の少ないインク滴を吐出させるための駆動方法の第1の実施例について説明する。

第3図は、本発明の駆動方法に使用する信号の一実施例を示すものであって、第1信号S11を圧電振動子11に印加して圧電振動子11を収縮させると、弾性板8が圧力発生室2から離反する方向に弾性変形して圧力発生室2の容積が膨張する。ノズル開口近傍に静止していたメニスカスが(第4図(I))、圧力発生室2の膨張による負圧によりノズル開口6の奥側に引き込まれ(第4図(II))、同時にリザーバ3のインクがインク供給口4から圧力発生室2に流れ込む。

第1信号S11による圧電振動子11の充電が終了して、充電時の最高電圧を維持する第2信号S12を印加すると、圧力発生室2は膨張を停止して一定容積を維持するから、前述の工程で圧力発生室2に蓄圧されたインクの圧力が急速に解放される。したがって、ノズル開口6の内部に引き込まれたメニスカスは、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ で振動H1を開始し、ノズル開口側に向かって移動する。すなわちメニスカスには周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が励起される(第4図(III))。

メニスカスがヘルムホルツ共振振動している過程で、第3信号S13を圧電振動子11に印加して第1信号S11により充電された電荷の一部を放電させると、圧電振動子11が伸長して圧力発生室2の容積が時間とともに収縮する。この収縮により第3信号S13により周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が重畳されたメニスカスは、その振動の中立線N-Nをノズル開口6の出口に向かって押し出される。そしてメニスカスに重畳している周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動によるピークだけがノズル開口6よりも外側に突出し(第4図(IV))、インク滴Dがメニスカスから分離して飛行する(第4図(V))。このインク滴Dは圧電振動子11により圧力発生室2を加圧し、その加圧力で直接、ノズル開口6からインクを噴出させたインク滴のインク量と比較してインク量が少ない。

継続時間T14が経過した段階で、第4信号S14により伸長動作が停止していた圧電振動子11に第5信号S15を印加して圧電振動子11の残留電荷を再び放電させると、圧電振動子11が伸長して圧力発生室2の容積が減少し、圧力発生室2に正圧が生じる。これにより周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動H2がノズル開口6の先端に向かって発振する(第4図(VI))。この第5信号S15は、その印加の時期を第4信号S14の継続時間T14を調整することにより、メニスカスにインク滴吐出のために元から重畳されていた周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動のピークがノズル開口6から圧力発生室側に反転する時点で圧電振動子11を再伸長させるように印加される。これにより、メニスカスに重畳されていた周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動は圧電振動子11の再伸長により新たに発生したヘルムホルツ共振振動により打ち消されるから、以後にはインクミスト等の不要な微小インク滴を吐出することにはならない。

すなわち、印刷のためのインク滴を分離した後、メニスカスはノズル開口6の内部に引き込まれるが、メニスカスの表面張力やヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ のリングング等によりインク供給口4から圧力発生室2にインクが流れ込む。このためたとえ圧電振動子11が静止状態におかれている状態でも周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が残留しているメニスカスは、再びノズル開口6に向かって移動し、最終的には印刷のためのインク滴の吐出時と同様に重畳されているヘルムホルツ共振振動のピークを分離して微小なインク滴を発生させることになる。

ところが上述の実施例においては、第5信号S15によりインク吐出後に、メニスカスに重畳されている周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動に対して、逆位相となるようにヘルムホルツ共振振動を発振させているため、印刷用のインク滴を吐出させるべく有用に作用した周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動の残留振動分が抑制され、無用なインク滴の発生が防止される。

10

20

30

40

50

次に、第1信号S11による圧電振動子11の充電電圧を従来と同一の値として駆動した場合（第5図における符号A）と、インク滴を吐出しなくなる事態が生じるまで低下させた場合（第5図における符号B）について、第2信号S12の継続時間T12とインク滴の飛行速度との関係を調査したところ第5図に示すような結果を得た。

駆動電圧の低下によりインク滴の速度も低下するが、第2信号S12の継続時間T12がヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下の領域では、メニスカスのヘルムホルツ共振振動が第3信号S13によりノズル開口側に後押しされるため、印刷に適した速度 $v_0$ 以上の速度を有するインク滴を発生させることができる。

すなわち、第2信号S12の継続時間T12がヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2より長くなると、インク滴の速度が低下し、飛行曲がりなどを生じて印刷が不可能になる。

10

これらのことから、第2信号S12の継続時間T12を、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2よりも短い時間に設定すると、圧電振動子11の最高充電電圧を引き下げつつ、インク滴の飛行速度を印刷に適した速度 $v_0$ に維持することができる。いうまでもなく、低い電圧での駆動は、ヘルムホルツ共振振動の振幅の低減に結び付くため、印刷用のインク滴を吐出した後のメニスカスの残留振動に起因するサテライト発生を防止できる。

これに対して、従来の方法においては、第5図の曲線Aとなるように第1信号S1（第19図）を設定し、かつ第3信号S3の継続信号T3をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 程度に設定し、第3信号S3によるメニスカスのノズル開口側への後押しを緩やかにしたのにも拘らず、第5図において符号C、Dで示すような飛行速度のサテライトが発生した。

また、低い電圧での駆動は、ヘルムホルツ共振振動の振幅を低減できるため、メニスカス残留振動の減衰時間が短縮するから、次のインク滴が吐出可能となるまでの時間が短くなり、より高い周波数での駆動、つまり高速印刷が可能となる。

20

さらに、第2信号S12の継続時間T12をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下に設定すると、メニスカスのヘルムホルツ共振振動が第3信号S13によりノズル開口側に後押しされてインク滴を吐出することになるのに対して、第2信号S12の継続時間T12がヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2よりも長くなると、メニスカスのヘルムホルツ共振振動が前述とは逆位相となるためインク滴吐出のための後押しとして機能しなくなる。このことから、第2信号S12の継続時間をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下に設定するのが望ましい。

さらに、第2信号S12の継続時間T12をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下に設定すると、第3信号S13によるメニスカスの後押しのため、吐出するインク滴の量が変化する。

30

第6図は、第2信号S12の継続時間T12と、吐出するインク滴のインク重量との関係を示すものであって、第2信号S12の継続時間T12をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下の範囲で変化させると、吐出されるインク滴の重量を容易に調整することができることが判る。

したがって、第2信号S12の継続時間T12をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2以下に設定することは、記録媒体等に形成されるドットの大きさを変更して高い階調性を実現して写真品質と同程度の画像を印刷できる記録装置を実現可能ならしめるために有用な手法となる。

40

次に、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 残留振動を制振するための第5信号S15の印加タイミングを第7図に基づいて説明する。第7図は、インク滴吐出後のメニスカスの変位をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ を時間単位として、実線の曲線は本発明の駆動方法によるものを、また点線の曲線は第3信号S13でインク滴を吐出した後、そのまま放置した場合を示すものである。図において符号P11、P12、P13、及びP11'、P12'、P13'は、メニスカスに重畳している周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が圧力発生室2からノズル開口6に向かうピークの位置を表わしている。

上述の実施例においてはP11'、P12'、P13'の発生時点にタイミングを合わせてヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ より短い時間継続する第5信号S15を、第1信号S11の印加開始時点から $T_c \times 2$ の時点、つまりピークP11'が発生した時点に一致するように第4信号S14

50

の時間幅T14を調整して印加している。これにより、圧力発生室2が収縮してメニスカスが圧力発生室2からノズル開口6へ押し戻される方向のヘルムホルツ共振振動が発振し、互いのヘルムホルツ共振振動が打ち消し合って振幅のピークP11、P12、P13、が、従来の駆動方法による同時点のピークP11'、P12'、P13'、よりも圧力発生室側に位置する。

以上説明したような動作は、大略次のようにして行わせることができる。

第1信号S11の継続時間T11をヘルムホルツ共振振動の周期Tcよりも短く、望ましくはヘルムホルツ共振振動の周期Tcの1/2以下、より望ましくは圧電振動子11の固有振動周期よりも短く設定することで圧電振動子11に急速な収縮を生じさせて圧力発生室2を急激に膨張させ、これによりメニスカスをノズル開口6から圧力発生室2に急速に引き込み、メニスカスに周期Tcのヘルムホルツ共振振動を重畳させる。

10

そして第3信号S13を印加して圧力発生室2を収縮させることにより、メニスカスの周期Tcのヘルムホルツ共振振動をアシストさせてインク滴を吐出させる。この際、第2信号S12をヘルムホルツ共振振動の周期Tcの1/2以下に設定すると、インク滴の飛行速度を、印刷に適した速度v0以下には低下させることなく、第1信号S11による圧力発生室2の膨張量を少なくして印刷に適した速度の微小なインク滴を発生させることができる。

また第2信号S12をヘルムホルツ共振振動の周期Tcの1/2以下の範囲で変更すると、吐出するインク滴のインク重量が調整できるため、階調性に優れた画像を形成することができる。

また、第3信号S13は第1信号S11で励振されたヘルムホルツ共振振動を無用に増幅させないように、その継続時間T13はヘルムホルツ共振振動の周期Tc以上、望ましくはヘルムホルツ共振振動の周期Tcと実質的に同一の値に設定されている。

20

さらに、第5信号S15の印加時点は、第1信号S11開始からの経過時間がヘルムホルツ共振振動の周期Tcの整数倍であるが、吐出インク滴への影響がなく、かつできるだけ早い時間でヘルムホルツ共振振動によるインク滴吐出後の残留振動を制振させるためには、前述したように第1信号S11の印加開始からヘルムホルツ共振振動の周期Tcの2倍の時間が経過した時点で印加するのが望ましい。また、第5信号S15はメニスカ스에誘起されている周期Tcのヘルムホルツ共振振動と逆位相にヘルムホルツ共振振動を発振させるためのものであるから、その継続時間T15はヘルムホルツ共振振動の周期Tcよりも短く、具体的には第1信号S11の継続時間T11に一致させるのが望ましく、これにより第1信号S11による周期Tcのヘルムホルツ共振振動とほとんど同じヘルムホルツ共振振動を誘起させて、制振作用を著しく高めることができる。

30

さらに第5信号S15は、その電圧変化分がヘルムホルツ共振振動の残留振動を抑制することができるので、かつこの信号S15の印加によっても無用にインク滴を吐出させない大きさで、しかも第3信号S13による圧電振動子11の伸長量が印刷に適したインク滴を発生させることができる電圧変化分を確保できる範囲内でなければならない。具体的には第5信号S15の電圧変化分は、第1信号S11の電圧変化分の0.2倍から0.8倍に設定するのが望ましい。すなわち、第5信号S15の駆動電圧が第1信号S11の駆動電圧の0.2倍より小さい場合にはインク滴吐出後のヘルムホルツ共振振動の残留振動を十分に抑制することができず、反対に0.8倍より大きい場合は、第3信号S13の電圧変化分が小さくなってメニスカスを有効に後押しすることができず、インク滴を吐出させることができない。

40

ここで上述した駆動方法を実現するための駆動信号の代表的データを総括すると、第1信号S11、第2信号S12及び第5信号S15の継続時間T11、T12、及びT15は、それぞれヘルムホルツ共振振動の周期Tcの0%~50%であり、また第3信号S13の継続時間T13はヘルムホルツ共振振動の周期Tcよりも長く、望ましくは実質的にヘルムホルツ共振振動の周期Tcと一致し、第4信号S14の継続時間T14は、第1信号S11の印加開始時点から第5信号S15の印加開始時点までの経過時間がヘルムホルツ共振振動の周期Tcの整数倍、望ましくはヘルムホルツ共振振動の周期Tcの2倍となる値で、第5信号S15の電圧変化分は第1信号S11の電圧変化分の20%~80%である。

なお、上述の実施例においては、圧力発生室2を最大に膨張させた状態、つまり最大電圧

50

に充電された圧電振動子11を、中間に一定状態に保持する第4信号S14を挟んで2つの信号S13、S15を印加して2回に分割して放電させ、第5信号によるヘルムホルツ共振振動によりメニスカスに残留している振動を打ち消しているが、第2信号S12をヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2より短く設定すれば、前述したように印刷に適したインク滴の吐出後にインクミスト等の不要なインク滴の発生を防止できるから、第8図として示す第1の参考例のように望ましくは無用にメニスカスを押し出さない程度の時間勾配、つまり継続時間 $T_{13}'$ で略直線的に連続的に降下する第3信号S13'により圧電振動子11の電荷を連続的に放電させても同様の作用を奏することは明らかである。

第9図は、本発明の第2の参考例を示すものであって、ノズル開口6の先端近傍にメニスカスMが実質的に静止している状態で(第10図(I))、継続時間 $T_{21}$ で電圧 $V_0$ から電圧 $V_9$ までの略直線的に変化する第1信号S21を圧電振動子11に印加して急速に収縮させると、圧力発生室2の容積が急激に拡大し、ノズル開口近傍に静止していたメニスカスMがノズル開口6の内部に引き込まれ(第10図(II))、これによりメニスカスは周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動 $H_1$ を誘起される(第10図(III))。

第1信号S21の印加が終了した後、継続時間 $T_{22}$ で電圧 $V_9$ から電圧 $V_{10}$ まで略直線的にゆっくりと電圧が変化する第2信号S22を印加すると、圧電振動子11の収縮が急速な変位速度から緩慢な変位速度の収縮に切り替わり、圧力発生室2がゆっくりと膨張する。

一方、メニスカスに重畳された周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動は、緩慢な圧力発生室2の膨張の影響を受けることなく、メニスカス自身の周期が長い固有の振動周期 $T_m$ の振動によりノズル開口6の方向に移動するが、緩慢な圧力発生室2の膨張により振動の中立線 $N-N$ は圧力発生室側に移動される(第10図(IV))。そして圧力発生室2が緩慢に膨張する過程で、メニスカスに重畳されているヘルムホルツ共振振動によりメニスカスの先端領域の一部が突出して印刷に適したインク量の少ないインク滴として分離し(第10図(V))、図示しない記録媒体に向かって飛翔する。

すなわち、メニスカスがノズル開口6の先端に向かう期間に、圧電振動子11を緩慢に収縮させる第2信号S22を印加して圧力発生室2を膨張させているため、メニスカスに重畳されている周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動自体は、圧力発生室2の膨張による負圧の影響をほとんど受けることなく、ただメニスカスの中立線 $N$ だけがノズル開口6から圧力発生室側に変位させられる。このため、従来の駆動方法と比較してノズル開口6の先端から盛り上がるメニスカスのピークを小さく抑えることができる。したがって、メニスカスの突出量に相関するインク滴のインク量が少なくなり、高密度でのグラフィック印刷に適したインク滴を吐出させることができる。

さらに電圧を $V_9$ から $V_{10}$ まで変化させる第2信号S22を印加して圧力発生室2の容積をゆっくりと拡大させるため、印刷に適したインク滴として分離され、吐出した領域よりもノズル開口側に存在する速度の遅いメニスカスの後端部がノズル開口側に引き戻されてインク滴の形状が球形に整形されるとともに、サテライトの発生も防止される(第10図(VI))。

すなわち、第11図に示したようにメニスカスは、インク滴 $D$ を形成した後、引き続き周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動を継続するため、第1信号S21の印加開始時点からヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の整数倍の時間でメニスカスの変位にノズル開口側に突出するピーク $P_{21}'$ 、 $P_{22}'$ 、 $P_{23}'$ 、(図中符号Bで示す曲線)が生じ、これらのピーク $P_{21}'$ 、 $P_{22}'$ 、 $P_{23}'$ がサテライトとして吐出する。

ところが第2の参考例においては、第1信号S21によりヘルムホルツ共振振動を発振させた後も第2信号S22により圧力発生室2の容積拡大が継続されているため、第1信号S21の印加開始時点からヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の整数倍の時点におけるピーク $P_{21}$ 、 $P_{22}$ 、 $P_{23}$ 、(図中符号Aで示す曲線)は、このような圧力発生室2の膨張を伴わない従来の駆動方法におけるメニスカスの振動の中立線 $N'$ よりも圧力発生室側に引き込まれた中立線 $N$ に支配されて、ノズル開口6よりも突出した状態とはならないため、サテライト等の不要なインク滴の発生が一層確実に防止される。

第2信号S22が終了した後、時間幅 $T_{23}$ で電圧 $V_{10}$ から電圧 $V_0$ まで略直線的に変化する第3

10

20

30

40

50

信号S23を圧電振動子11に印加して、圧電振動子11をゆっくりと伸長させて圧力発生室2の容積をゆっくりと減少させる。これによりメニスカスは、周期Tcの減衰振動を伴いながらその位置をノズル開口6を満たす方向に移動させ、次のインク滴の吐出に適した位置に復帰する。なお、この時点ではメニスカ스에重畳している周期Tcのヘルムホルツ共振振動が十分に減衰しているから、インクミストが飛散する虞はない。

第1信号S21の印加開始時点からヘルムホルツ共振振動の周期Tc分の時間が経過した時点で、印刷に適した微小インク量のインク滴を吐出させるためには、ヘルムホルツ共振振動を大きく発振させる必要があるので、第1信号S21の継続時間T21は、ヘルムホルツ共振振動の周期Tcより短く、望ましくは周期Tcの1/2以下、より望ましくは圧電振動子11の固有振動周期以下に設定する。

10

インク滴を形成した後のメニスカスは、インクミストの発生を防止する上からも、メニスカスの変位を確実にノズル開口6内に位置させておくことが望ましい。したがって第1信号S21と第2信号S22の継続時間の和T21+T22がヘルムホルツ共振振動の周期Tc以上となるように設定するのが望ましい。

さらに第2信号S22の印加により新たにヘルムホルツ共振振動を誘発させないためには、第2信号S22の継続時間T22をヘルムホルツ共振振動の周期Tc以上に設定することが望ましい。特に第2信号S22の継続時間T22をヘルムホルツ共振振動の周期Tcの2倍以上に設定すると、第1信号S21の印加開始時点からヘルムホルツ共振振動の周期Tcの2倍の時間が経過した時点における最もインクミストを発生しやすいピークP21をノズル開口6の内部に留めておくことが可能になる。

20

さらに、第3信号S23の継続時間T23をヘルムホルツ共振振動の周期Tc以上に長さ、望ましくはヘルムホルツ共振振動の周期Tcと同じ値に設定すると、メニスカ스에ヘルムホルツ共振振動を誘起させることなく、速やかにノズル開口6の先端に復帰させることができる。本参考例のインクジェット式記録ヘッドは、メニスカスが周期Tmの振動に沿って、インク滴吐出後に速やかに次のインク滴の吐出に適した位置に戻るように、そのインク供給口のイナータンスMSが、ノズル開口6のイナータンスMn(1×10<sup>8</sup>kgm<sup>-4</sup>)と同一の値に設定されている。

さらに、メニスカスが初期位置に戻っていく過程でも、第2信号S22により圧力発生室2が膨張過程が維持されているため、第1信号S21の印加開始時点からヘルムホルツ共振振動の周期Tcの4倍の時間経過までに生じるピークP21'~P23'をピークP21、P22、P23のようにノズル開口6の内部に留めることができ、インクミスト等の余分なインク滴の発生を防止することができる。

30

付言するならば、インク滴吐出後のメニスカスが次のインク滴吐出に備えて速やかに初期位置に戻るようにインク供給口を設計された記録ヘッドを、従来の駆動方法で使用すると、ピークP21'、P22'によりメニスカスの一部がノズル開口6から突出してしまい、インクミストが飛散する。これを防止しようとしてインク供給口の流路抵抗を高めた設計を行なうと、メニスカスの初期位置への戻りが遅くなりヘッドの駆動周波数応答性が低下するという新たな問題が生じる。

本参考例によれば、インク滴吐出工程で第2信号S22により圧力発生室2を膨張過程に持続できるため、メニスカスの復帰速度を高めるようにインク供給口が形成された記録ヘッドであってもインク滴吐出後に無用なインク滴の吐出を防止でき、高い印字品質と高い駆動周波数応答性を備えたインクジェット式記録装置を実現することができる。

40

第12図は、前述したインクジェット式記録ヘッドのインク吐出特性を示す線図であって、第1信号S21の印加によりインク滴を吐出する限界曲線Aより図中右下領域(矢印C)では、第1信号S21を圧電振動子11に印加するだけでインク滴が自然に吐出する領域を、また限界曲線Aよりも図中左上領域(矢印D)は第1信号S21の印加だけではインク滴が自然吐出しない境界領域をそれぞれ表している。

また、従来例の駆動方法、すなわちヘルムホルツ共振振動を誘起したメニスカスをノズル開口側に移動させて微小なインク滴を吐出させる際に、メニスカスの移動過程において圧力発生室を膨張させない駆動方法でインク滴を吐出させた場合に、インクミストを発生す

50

る限界が曲線 B であり、限界曲線 B より図中右下領域（矢印 E）では前述のピーク P21'、P22' によりインクミストが発生し、また図中左上領域（矢印 F）では、インクミストが発生しないものの、印刷の目的で発生させたインク滴の飛翔速度が 5m/S 以下となる領域を表している。

本参考例では、第 2 信号 S22 を印加することにより印刷に適したインク滴が吐出した後のメニスカスをノズル開口 6 の中に引き込む方向に負圧を作用させているため、限界曲線 B から矢印 E で示す領域においてもインクミストの発生は見られない。したがって微小インク量で、かつ高速度で飛行するインク滴、実験データによればインク量 2ng、飛行速度 10m/S のインク滴を吐出させることができる。

第 13 図は、第 1 信号 S21 の時間勾配に対する第 2 信号 S22 の時間勾配との比率とインク滴の飛行スピード（図中曲線 A）、及びインク重量（図中曲線 B）との関係を示す線図であって、図からも明らかなように比率が 50% を越えるとインク滴が吐出しないから、第 2 信号 S22 の時間勾配は、第 1 信号 S21 の時間勾配の多くても 50% 以下にする必要がある。また、第 1 信号 S21 の時間勾配を一定とし、第 2 信号 S22 の時間勾配だけを変更すると、インク滴の飛翔速度に変化を及ぼすことなくインク滴のインク量を変更することができ、階調性の優れた画像形成が可能となる。

第 14 図は、本発明に関連する第 3 の参考例を示すものであって、この参考例においては待機状態において圧電振動子 11 には特定の電圧 V60 が予め印加されており、また圧量発生室の微小膨張工程とメニスカスの復帰工程との間に圧力発生室の容積を一定に保持する工程を設けたものである。

予め電圧 V60 で充電された圧電振動子 11 により圧力発生室 2 が一定量の膨張状態に維持されて待機している状態で、継続時間 T31 で電圧 V60 から電圧 V69 まで略直線的に変化する第 1 信号 S31 を印加すると、圧電振動子 11 は急速に収縮し、圧力発生室 2 の容積が急激に拡大する。これによりメニスカスはノズル開口 6 の内部に引き込まれ、前述と同様にヘルムホルツ共振振動の周期  $T_c$  で振動を開始する。

第 1 信号 S31 が終了した後、継続時間 T32 で電圧 V69 から電圧 V70 まで略直線的に電圧がゆっくりと変化する第 2 信号 S32 を印加すると、圧電振動子 11 の収縮が急速な変位速度から緩慢な変位速度の収縮に切り替わり、圧力発生室 2 の容積変化がゆっくりとした膨張に切り替わる。

一方、メニスカスは、これに重畳されている周期  $T_c$  のヘルムホルツ共振振動は緩慢な圧力発生室 2 の膨張による影響をほとんど受けることなく、メニスカス自身の周期が長い固有の振動によりノズル開口 6 の方向に移動する。そしてノズル開口 6 にゆっくり移動する過程で、メニスカスに重畳されている周期  $T_c$  のヘルムホルツ共振振動の先端領域が突出して印刷に適したインク量の少ないインク滴として分離し、記録媒体に向かって飛翔する。

すなわち、メニスカスがノズル開口 6 の先端に向かう期間に、圧電振動子 11 を緩慢に収縮させる第 2 信号 S32 を印加して圧力発生室 2 を膨張させているため、メニスカスに重畳されている周期  $T_c$  のヘルムホルツ共振振動自体は、圧力発生室 2 の膨張による負圧の影響を受けないこと、ただメニスカスの中立線だけがノズル開口 6 から圧力発生室側に変位させられる。したがって従来の駆動方法と比較してノズル開口 6 の先端よりも内側に位置するため、メニスカスの突出量に相関するインク滴のインク量が少なくなり、高密度でのグラフィック印刷に適したインク滴を吐出させることができる。

第 2 信号 S32 が終了した後、継続時間 T33 の間、充電最終電圧 V70 を維持する第 3 信号 S33 を印加して、圧電振動子 11 を収縮したままの状態、つまり圧力発生室 2 を膨張しきった状態に維持する。これにより、第 15 図に示したように周期  $T_c$  でヘルムホルツ共振振動するメニスカスの振動の中立線 N を、従来の駆動方法におけるメニスカスの中立線 N' のようには押し出すことができなくなる。

第 3 信号 S33 の継続時間が終了した段階で、時間幅 T34 で電圧 V70 から電圧 V60 まで略直線的に変化する第 4 信号 S34 を圧電振動子 11 に印加して、圧電振動子 11 をゆっくりと伸長させて圧力発生室 2 の容積をゆっくりと減少させる。この時点では第 3 信号 S33 によりメニスカスの振動が十分に減衰しているからインクミストは発生しない。

10

20

30

40

50

次に本発明の第2の実施例を第16図に基づいて説明する。

第2の実施例においては、停止状態では圧電振動子を若干収縮させた状態、つまり圧力発生室2が予め若干膨張している状態におかれている。

メニスカスがノズル開口6の近傍に静止している状態で(第17図(I))、第1信号S41を印加して放電させると、収縮状態におかれている圧電振動子11が伸長して、圧力発生室2の容積を実質的に収縮させて圧力発生室2を加圧し、メニスカスがノズル開口6からインク適を吐出しない程度に盛り上がる(図17図(II))。もとより、第1信号S41の電圧変化が大きいとメニスカスが大きく押し出されてインク滴を発生させることになるので、第1信号S41の電圧はインク滴を吐出させない大きさに設定されている。

第1信号S41で若干ノズル開口面より外に押し出されたメニスカスは周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動H1'が誘起され、以下第2信号S42の印加中、大きく減衰することなく持続する。

10

この状態で第3信号S43を印加して圧電振動子11を収縮させると、圧力発生室2の容積が膨張して圧力発生室2に負圧が生じる。この急激な引き込みによりメニスカスには大きな振幅の周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動H1が誘起されてノズル開口6の内部に大きく引き込まれる(第17図(III))。

第3信号S43は、メニスカスに重畳されている周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動がノズル開口6から圧力発生室2に向かう時点、つまり第1信号S41の印加時点から第2信号S42の印加が終了するまでの時間が、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 分の $1/2$ となる時点を選択して印加すると、第1信号S41により誘起された振動エネルギーを利用して、第3信号S43は、電圧差が比較的小さく設定されてもメニスカスをノズル開口6の内部に大きく引き込むことができる。

20

このようにして第1信号S41および第3信号S43によりメニスカスに生じていた周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動がノズル開口6の出口に向かう時点で、第5信号S45を印加する。第5信号S45は第1信号S41と同様にメニスカスをノズル開口6から押し出す向きに作用して振動の中立線Nをノズル開口6側に押し上げる。この際、メニスカス上に誘起されている周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動を、無用に増幅しないために第5信号S45の継続時間 $T_{45}$ は、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 以上、望ましくは $T_c$ と実質的に同一の値に設定する。

第5信号S45が印加されてメニスカス振動の中立線が押し上げられると、メニスカスに重畳しているヘルムホルツ共振振動がノズル開口6から突出する(第17図(IV))。この状態ではメニスカスは、ヘルムホルツ共振振動が重畳されている分だけ、その変位速度は第1信号S41によるメニスカスの変位速度よりも大きいため、ノズル開口6から盛り上がったメニスカスのピークだけが分離してインク滴Dとなり吐出する(第17図(V))。

30

インク滴を吐出した後のメニスカスは、ノズル開口6の奥に引き込まれた状態(第17図(VI))となるが、第3信号S43の電位差を比較的小さくしているため、メニスカス上のヘルムホルツ共振振動は小さくサテライトは発生しない。

このようにメニスカスの一部を分離させて、印刷に適した微小なインク滴を吐出させるためには、メニスカスに重畳している周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動がノズル開口6の出口に向かう時点で、第5信号S45を印加するのが望ましい。

第18図(a)は、第1信号S41を印加したまた放置したときのメニスカスの変位を第1信号S41の印加時点からの時間を周期 $T_c$ を時間基準として示すものであって、第1信号S41によりメニスカスは振動の中立線をノズル開口6の面よりもさらに外側に押し上げられた位置N1で周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動を行なっている。この場合、その変位速度(勾配)が小さいため、メニスカスからインク滴が分離されることはない。

40

第18図(b)は第1信号S41の印加後に第3信号S43を印加した場合のメニスカス変位を示すものであって、第3信号S43の印加により圧力発生室2が膨張することで振動の中立線が位置N1から圧力発生室側の位置N2に移動する。

第18図(c)は第1信号S41乃至第4信号まで印加した後、第5信号S45を印加した場合のメニスカスの変位を示すもので、第5信号S45により振動の中立線が位置N2からノズル開口面(図中横軸)にほぼ一致する位置に押し上げられる。このとき第3信号S43によりメ

50

メニスカスに誘起された周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動のピークP31がノズル開口面から外側に盛り上がる。そして第3信号S43により押し上げられたメニスカスには周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動が重畳しているため、その変位速度(勾配)が十分大きくなっている。したがってメニスカス振動のピークP31がメニスカスから分離して微小なインク滴Dとなり飛行する。

インク滴を吐出した後、メニスカスは反転してノズル開口面から圧力発生室2に移動する。ノズル開口面より引き込まれたメニスカスは位置N3に中立線に移して振動するが、メニスカスは自身の表面張力により十分な時間経過後にノズル開口面の近傍に復帰する。

第18図(d)は、第1信号S41と第2信号S42を無くし、第3信号S43と第5信号S45の電位差を同一に設定したとき、つまり従来の駆動方法と同一の信号(第19図)を印加した場合のメニスカスの振動を示すものであって、信号S1で振動の中立線が圧力発生室の奥の位置N4に移動する。第1信号による充電電圧を所定時間保持した後、第3信号S3を印加して圧電振動子を伸長させると、振動の中立線がノズル開口面に戻り、ノズル開口面から盛り上がったメニスカス振動のピークP31'がインク滴D'として飛行する。インク滴を吐出した後のメニスカスはノズル開口面から奥に引き込まれた状態となり、中立線を位置N5として振動するが、ヘルムホルツ共振振動の振幅が大きいためメニスカスの盛り返しピークP32'がノズル開口6から突出し、かつヘルムホルツ共振振動が依然として継続している関係上、変位速度(勾配)が大きく、したがってインク滴D'よりも少ないインク量のインク滴が分離してサテライトSを発生する。

これに対して、第2の実施例においては第1信号S41で中立線Nをノズル開口面から外の位置N1に押し上げてから、第3信号S43により中立線Nを引き込むため、ノズル開口面からの引き込み量L1が、従来の駆動方法におけるノズル開口面からの引き込み量L2よりも少なくなり、印刷のためのインク滴を吐出させるメニスカスの押し上げ量も少なくて済むから、メニスカスの変位速度を抑えて、印刷のためのインク量を低減することができ、さらにはインク滴吐出後のメニスカスの残留振動の振幅を低減できてサテライトの発生防止と、残留振動の平定時間を短縮することができる。

また、本発明は第1信号S41でメニスカスを振動させ、メニスカスの振動がノズル開口6の内部に向かう時点で、第3信号S43を印加するため、第1信号S41の振動エネルギーを有効に利用できて、メニスカス静止状態からメニスカスを引き込む従来の駆動方法と比較して、第3信号の電圧を低減した状態でインク滴を吐出することのできるため、やはりインク滴吐出後のメニスカス残留振動の振幅の低減ができて、サテライトの発生防止を図りつつ、印刷速度の向上を図ることができる。

さらに、静止状態に置かれているメニスカスを、第1信号S41によりノズル開口面より外側にインク滴を吐出させない程度に押し出して、発振、変位させ、この振動に同期してメニスカスの中立線をノズル開口の奥に引き込むように第3信号S43を同期させて印加することにより、印刷に適したインク滴を吐出させるためにメニスカスの中立線Nをノズル開口6の先端に押し出す第5信号S25の電位差を第3信号S43よりも小さくできて、サテライトの発生防止を図りつつ、印刷速度の向上を図ることができる。

ここで第2の実施例の駆動方法を実現するための駆動信号の代表的データを示すと、第1信号S41は、その電圧差がインク滴を吐出させない範囲で、かつ有効にメニスカスを加振できる範囲、たとえばインク滴を吐出させる第3信号S43の0.2倍から0.5倍である。第1信号S41の電位差が第3信号S43の駆動電圧の0.2倍より小さい場合はメニスカスに周期 $T_c$ のヘルムホルツ共振振動を誘起させることができず、また第5信号S45によるインク滴吐出のための振動の中立線の押し上げを無意味にしてしまう。反対に第1信号S41の電位差が第3信号S43の駆動電圧の0.5倍より大きい場合は、静止状態のメニスカスを大きく、かつ速い速度で押し出すことになり不用意にインク滴を吐出させることになる。

そして、第1信号S41の継続時間T41は、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ より短く、特に第2信号S42との兼ね合いでヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2より短く設定するのが望ましい。第2信号S42の継続時間T42は、第1信号S41の印加時点から第2信号S42の印加が終了までの時間( $T_{41} + T_{42}$ )がヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の1/2の奇数倍( $1/2T_c$ 、 $3/2T_c$ )

10

20

30

40

50

c、 $5/2T_c$ 、)、特に $1/2T_c$ となるように設定されている。このように第1信号S41の印加時点から第2信号S42の印加が終了までの時間を $T_c/2$ に設定することにより、メニスカスの振動がノズル開口6の内部に向かう時点で、メニスカスを積極的にノズル開口の奥に引き込む第3信号S43が印加されることになるから、メニスカスの振動エネルギーを有効に利用できて小さな電位差で引き込みを行なうことができる。第3信号S43は、その継続時間 $T_{43}$ がメニスカ스에ヘルムホルツ共振振動を大きく発振させつつノズル開口6の内部に引き込むために、ヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ より短く、具体的には周期 $T_c$ の $1/2$ 以下、さらには圧電振動子11の固有振動周期以下に設定するのが望ましい。

メニスカス振動がノズル開口6の外側に向かう時点で、メニスカスを押し出すように第5信号S45を印加できるように第4信号S44の継続時間 $T_{44}$ を $T_c$ の $1/2$ 以下の範囲に設定し、また第5信号S45は、好ましくはメニスカ스에重畳されているヘルムホルツ共振振動を無用に発振させずにメニスカスの振動の中立線Nをノズル開口面まで押し上げることができるようにヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 以上、望ましくは周期 $T_c$ と同一の値に設定する。すなわち、第1信号S41は周期 $T_c$ の0%~50%、第2信号S42はヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の0%~50%、具体的には $1\mu S \sim 2\mu S$ 、第3信号S43は周期 $T_c$ よりも短く、望ましくは $T_c$ の $1/2$ 、第4信号S44は周期 $T_c$ の0%乃至50%、第5信号S45は周期 $T_c$ より長く、望ましくは実質的に $T_c$ と同一に設定されている。第5信号S45を周期 $T_c$ と実質的に同一とすると、メニスカスを発振させることができなくなりサテライトを確実に防止できる。

上述した実施例は、本発明の実施形態を説明するために周期 $T_c$ が $6\mu S$ 、ノズル開口6の直径が $26\mu m$ のインクジェット式記録ヘッドで実験を行った代表的な例であって、これ以外にも周期 $T_c$ が $4\mu S \sim 20\mu S$ 、ノズル開口6の直径が $20\mu m \sim 40\mu m$ のインクジェット式記録ヘッドでも実験を行い同様の結果を得ている。

なお、上述の実施例においては縦振動モードの圧電振動子を使用しているが、圧電材料のスプッタリング等により弾性板に形成した膜状の圧電振動子や単板の圧電振動板を貼り付けた構造のアクチュエータを用いても、静電容量が小さいため $2\mu S$ 程度の時間で圧力発生室を膨張させてインク滴吐出のために必要なヘルムホルツ共振振動を発生させることができる。

#### 産業上の利用可能性

圧電振動子に印加する駆動電圧を低く設定できるためメニスカスのヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ の発振が必要最小限に抑えられ、さらにメニスカスのヘルムホルツ共振振動の周期 $T_c$ 残留振動を制振して、サテライトの発生防止と、振動の減衰時間の短縮をはかり、もって微小なドットを高い駆動周波数で形成することができるため、写真品質で高速度印刷が可能なインクジェット式記録装置を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示す組立斜視図であり、また第2図は同上記録ヘッドの断面構造を示す図である。

第3図は、インクジェット式記録ヘッドの駆動方法の第1の実施例を示す信号波形図であり、第4図(I)乃至(VI)は、それぞれ第1の実施例の駆動方法によるメニスカスの挙動を示す図であり、第5図は、第2信号の継続時間とインク滴の飛行速度との関係を示す線図であり、第6図は第2信号の継続時間とインク滴の重量との関係を示す線図であり、第7図は第1の実施例の駆動方法及び従来の駆動方法によるインク滴吐出後のメニスカスの位置の時間的変化を示す線図である。第8図は同上実施例の原理を使用した第1の参考例を示す信号波形図である。

第9図は、インクジェット式記録ヘッドの駆動方法の第2の参考例を示す信号波形図であり、第10図(I)乃至(VI)は、それぞれ第2の参考例の駆動方法によるメニスカスの挙動を示す図であり、第11図は、第2の参考例の駆動方法及び従来の駆動方法によるインク滴吐出後のメニスカスの位置の時間的変化を示す線図であり、第12図は、第2の参考例の駆動方法におけるインク滴吐出特性の変化を、第1信号の電圧と継続時間との関係で示す線図であり、第13図は第1信号の時間勾配に対する第2信号の時間勾配の比率と、インク滴の速度及びインク重量との関係を示す線図である。

10

20

30

40

50

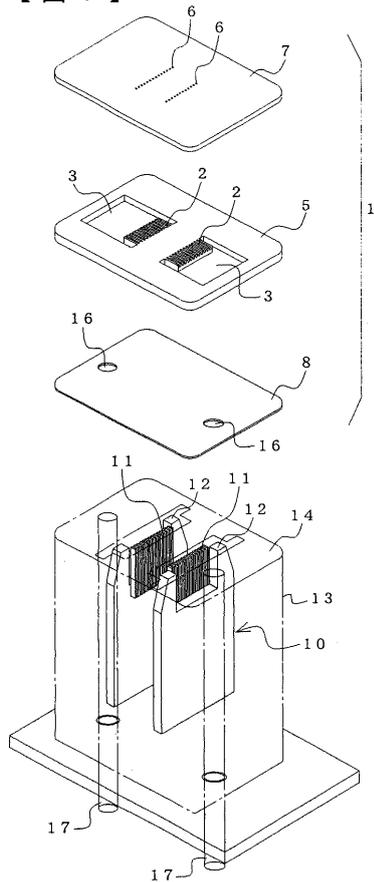
第14図は、インクジェット式記録ヘッドの駆動方法の第3の参考例を示す信号波形図であり、第15図は、第3の参考例の駆動方法及び従来の駆動方法によるインク滴吐出後のメニスカスの位置の時間的変化を示す線図である。

第16図は、インクジェット式記録ヘッドの駆動方法の第2の実施例を示す信号波形図であり、第17図（I）乃至（VI）は、それぞれ第2の実施例の駆動方法によるメニスカス挙動を示す図であり、第18図（a）は第1信号を印加したときのメニスカスの変位を示す線図であり、第18図（b）は第1信号乃至第3信号を印加したときのメニスカスの変位を示す線図であり、第18（c）は第1信号乃至第5信号を印加したときのメニスカスの変位を示す線図であり、第18図（d）は従来の駆動方法によるメニスカスの変位を示す線図である。

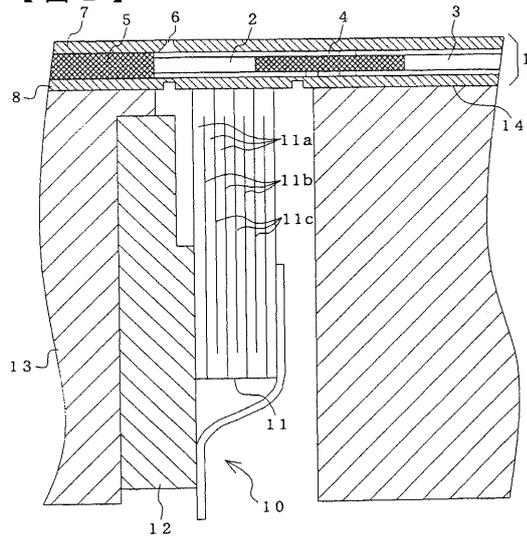
10

第19図は従来の駆動方法に使用する駆動信号の一例を示す波形図であり、第20図はメニスカスの変位を示す線図である。

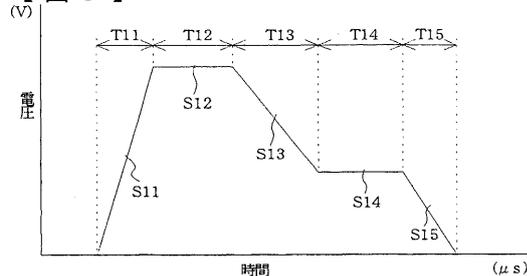
【図1】

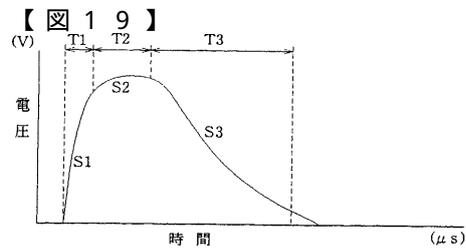
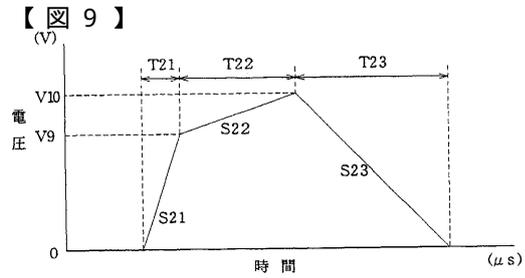
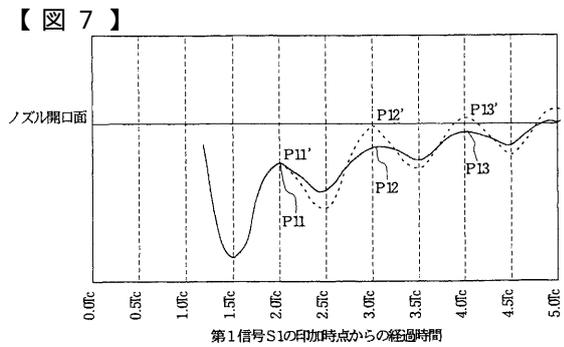
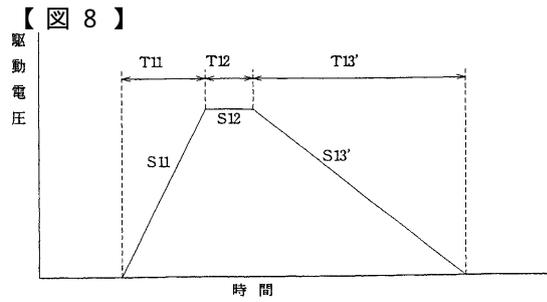
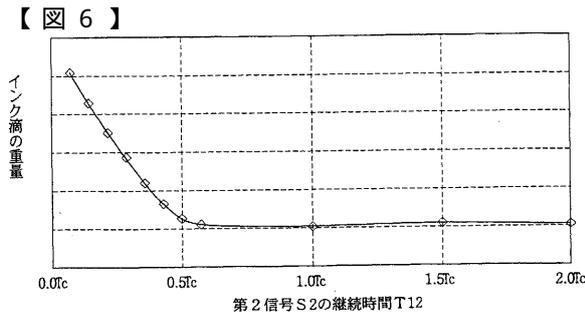
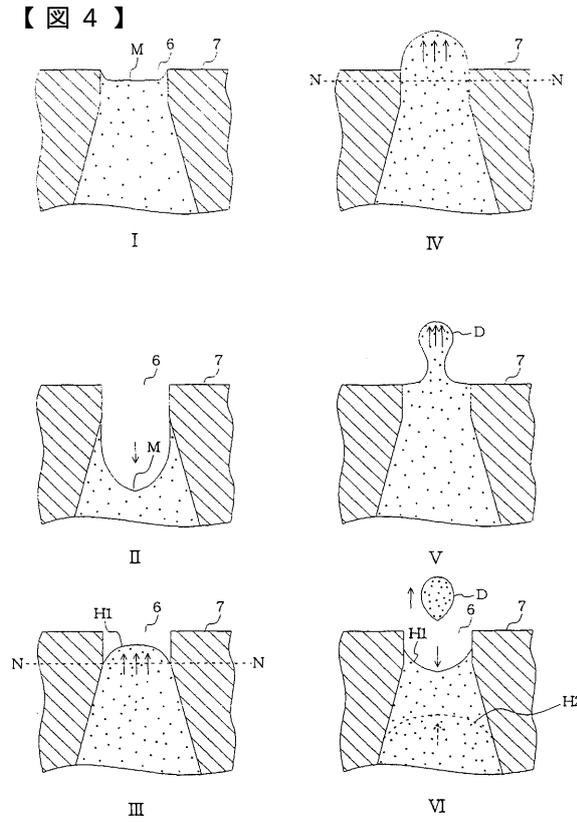
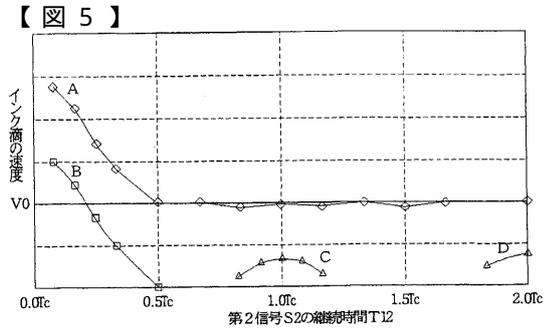
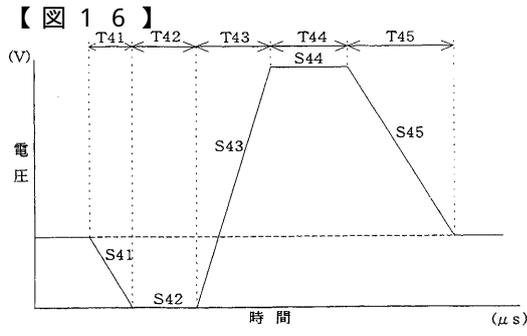


【図2】

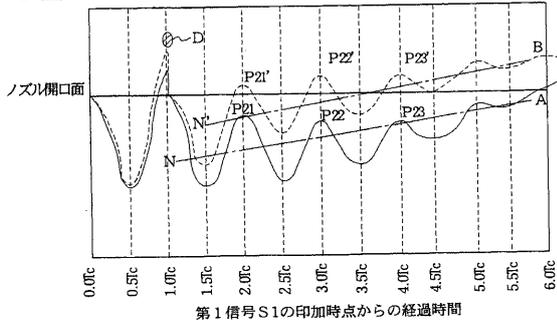


【図3】

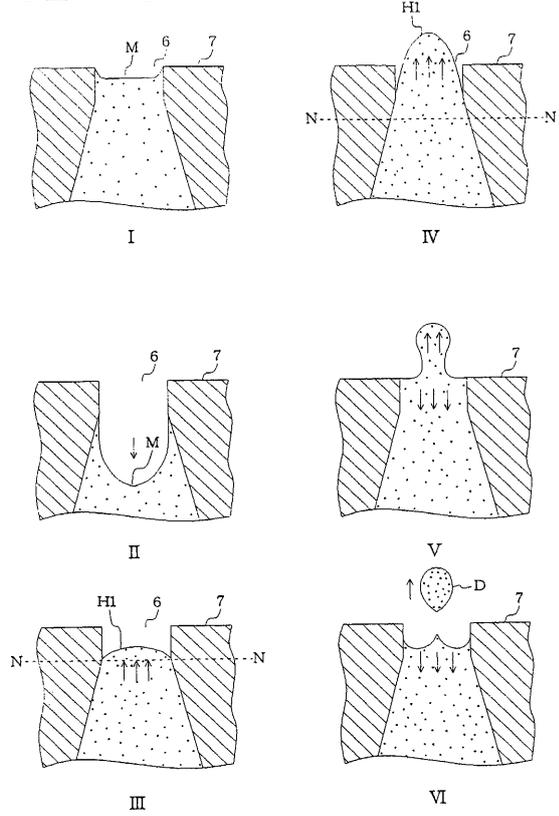




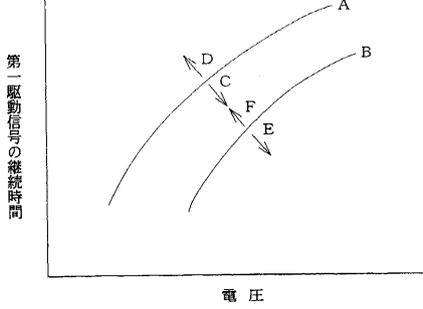
【図11】



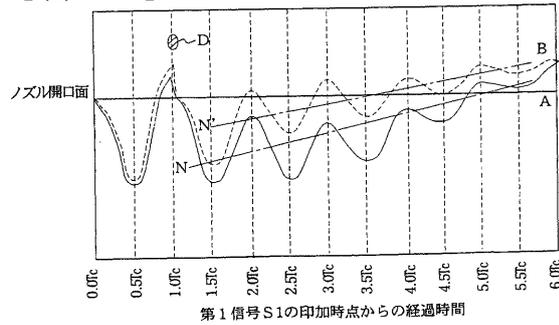
【図10】



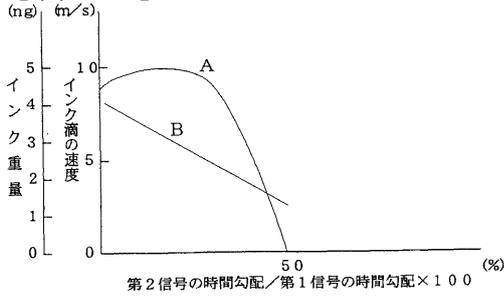
【図12】



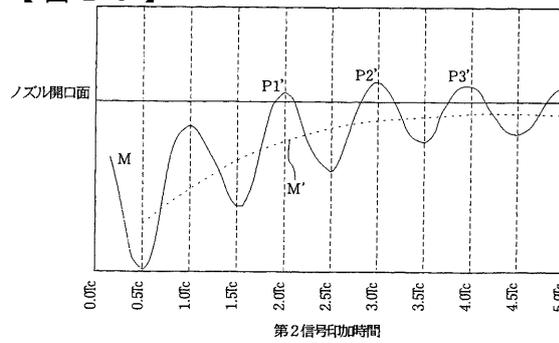
【図15】



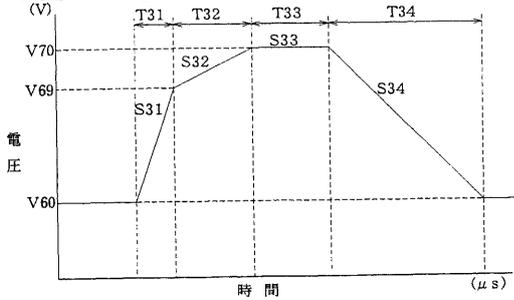
【図13】



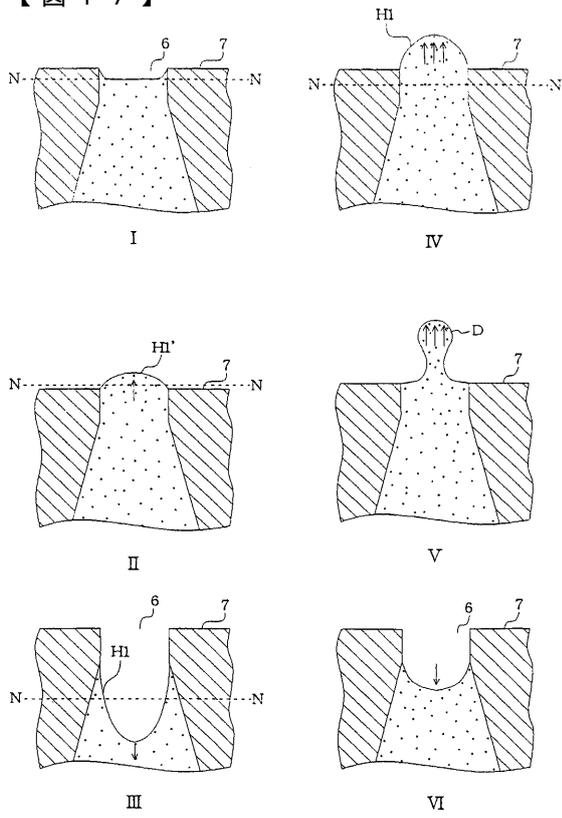
【図20】



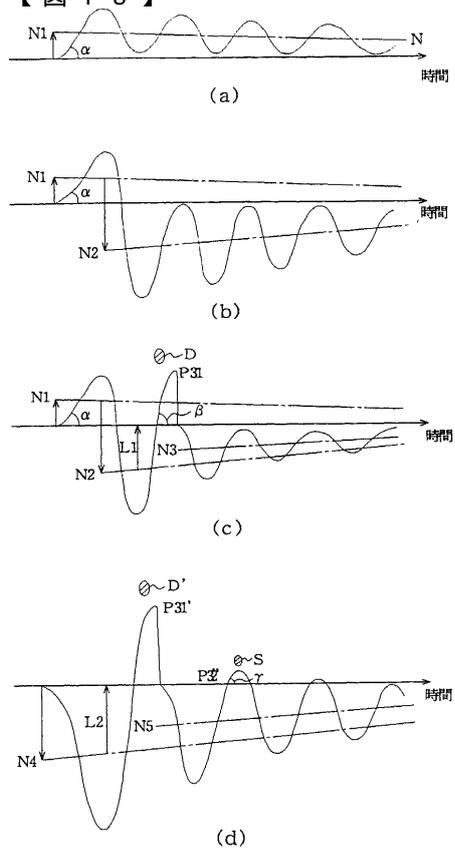
【図14】



【 図 17 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願平8-272742  
(32)優先日 平成8年10月15日(1996.10.15)  
(33)優先権主張国 日本国(JP)

合議体

審判長 小沢 和英  
審判官 清水 康司  
審判官 番場 得造

- (56)参考文献 特開平6 - 171080 (JP, A)  
特開平6 - 316074 (JP, A)  
特開平8 - 85208 (JP, A)  
国際公開第95 / 34427 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
B41J 2/01 - 2/21