(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5164244号
(P5164244)

(45)発行日　平成25年3月21日(2013.3.21)　(24)登録日　平成24年12月28日(2012.12.28)

(51)Int.Cl.			F I		
H02N	2/00	(2006.01)	H02N	2/00	B
B41J	2/045	(2006.01)	B41J	3/04	103A
B41J	2/055	(2006.01)	H01L	41/08	J
H01L	41/09	(2006.01)	H01L	41/22	Z
H01L	41/22	(2013.01)	H01L	41/18	101Z

請求項の数 4　(全 18 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2007-63692(P2007-63692)
(22)出願日　平成19年3月13日(2007.3.13)
(65)公開番号　特開2008-228458(P2008-228458A)
(43)公開日　平成20年9月25日(2008.9.25)
審査請求日　平成21年9月8日(2009.9.8)

(73)特許権者　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　塚本　竜児
神奈川県足柄上郡開成町牛島５７７番地
富士フイルム株式会社内

審査官　松本　泰典

最終頁に続く

(54)【発明の名称】圧電アクチュエータ、液体吐出ヘッド、画像形成装置、及び圧電アクチュエータの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

シリコンで構成される振動板と、

前記振動板の表面に形成される絶縁層と、

前記絶縁層の表面に形成される複数の個別電極と、

前記複数の個別電極の表面に形成される圧電体と、

前記圧電体を挟んで前記複数の個別電極と対向する共通電極と、を備え、

前記圧電体は前記個別電極から前記共通電極に向かう方向に分極されており、

前記振動板の表面に前記絶縁層に相当する第１のシリコン酸化膜が形成されるとともに、前記振動板の裏面に第２のシリコン酸化膜が形成され、

前記第１のシリコン酸化膜の厚みをＡ［μｍ］とし、前記第２のシリコン酸化膜の厚みをＢ［μｍ］とし、前記振動板の厚みをＣ［μｍ］としたとき、０．５≦Ａ≦２、０．５≦Ｂ≦２、０．２≦（Ｂ／Ａ）≦５、及び、２≦Ｃ≦２０のすべての条件を満足することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項２】

請求項１に記載の圧電アクチュエータを備えたことを特徴とする液体吐出ヘッド。

【請求項３】

請求項２に記載の液体吐出ヘッドを備えたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項４】

シリコンで構成される振動板の表面に絶縁層を形成する工程と、

前記絶縁層の表面に複数の個別電極を形成する工程と、
前記複数の個別電極の表面にスパッタ法により圧電体を形成する工程と、
前記圧電体を挟んで前記複数の個別電極と対向する共通電極を形成する工程と、
を含み、
前記振動板の表面に前記絶縁層に相当する第１のシリコン酸化膜が形成されるとともに、前記振動板の裏面に第２のシリコン酸化膜が形成され、
前記第１のシリコン酸化膜の厚みをＡ［μｍ］とし、前記第２のシリコン酸化膜の厚みをＢ［μｍ］とし、前記振動板の厚みをＣ［μｍ］としたとき、０．５≦Ａ≦２、０．５≦Ｂ≦２、０．２≦（Ｂ／Ａ）≦５、及び、２≦Ｃ≦２０のすべての条件を満足することを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は圧電アクチュエータ、液体吐出ヘッド、画像形成装置、及び圧電アクチュエータの製造方法に係り、特に、スパッタ法で形成された圧電体を備える圧電アクチュエータに関する。
【背景技術】
【０００２】
インクジェットヘッド等で用いられる圧電アクチュエータは、例えば、シリコンで構成される振動板（シリコン基板）と、振動板の上面に形成される下部電極と、下部電極の上面に形成される圧電体（ＰＺＴ膜）と、圧電体の上面に形成される上部電極とから構成される。このような圧電アクチュエータを備えるインクジェットヘッドでは、電極間に挟まれた圧電体に電界を印加すると圧電体が変形し、振動板によって圧力室内のインクが加圧され、ノズルからインク滴が吐出される。
【０００３】
一般的な圧電アクチュエータでは、圧電体に印加する電界の方向に関係なく（即ち、どちらの方向の電界を印加しても）同様の変位量を得ることができる。このため、圧電アクチュエータに対して駆動電圧を供給する駆動ＩＣ（ドライバＩＣ）のコストや配線の容易性の観点から、圧電体の振動板側（圧力室側）に配置される下部電極を共通電極（グランド電極）とし、その反対側に配置される上部電極を個別電極（アドレス電極）とする構成が広く採用されている。
【０００４】
しかしながら、スパッタ法で成膜した圧電体（ＰＺＴ膜）を備える圧電エクチュエータにおいては（例えば、特許文献１参照）、圧電体の成膜時点で決まった配向方向（分極方向）をもち、印加する電界の向きによって変位量が異なる。一例として、スパッタ法で成膜したＰＺＴ膜における印加電界と変位の関係を図１２に示す。図示するように、分極方向と同方向の電界を印加する場合には、電界強度に比例したプラスの変位量を得ることができる。これに対して、分極方向と逆方向の電界を印加する場合には、電界強度の絶対値が小さいときは電界強度に比例したマイナスの変位量が得られるものの、電界強度の絶対値が大きくなるにつれて変位量はマイナスからプラスに転じてしまう。このため、上記のようにスパッタ法で成膜した圧電体を備える圧電アクチュエータにおいては、圧電膜の配向方向（分極方向）と同方向の電界が圧電体に印加されるようにするために、下部電極を個別電極（アドレス電極）とし、上部電極を共通電極（グランド電極）とする構成が好ましい。上部電極を個別電極とする場合には、上部電極にマイナス電圧を供給しなければならず、駆動ＩＣや電源コストがプラス電圧を供給する場合に比べて数倍になるためである。
【０００５】
また、振動板がシリコン基板で構成される場合に下部電極を個別電極とし、上部電極を共通電極とすると、振動板を通じて複数の下部電極（個別電極）間での電流リークが発生し、意図しないノズルからインク滴が吐出されたりするなどの電気的クロストークの問題

が生じてしまう。また、静電容量の増大により、消費電力が大きくなってしまう弊害もある。

【０００６】

これに対して、特許文献２に記載される圧電アクチュエータでは、振動板と下部電極（個別電極）の間に絶縁層が配置されている。しかしながら、同文献では、配線の段差をなくし、配線不良の発生を抑えるために上記構成を採用しているだけであって、スパッタ法で成膜した圧電体の分極方向が逆になることについては考慮されておらず、電気的クロストークや消費電力の増大の問題を解決することは難しい。

【０００７】

一方、単結晶酸化マグネシウム（ＭｇＯ）基板上に電極及び圧電膜をスパッタ法により形成し、更にその上に振動板となる薄膜を成膜し、それをシリコン基板（Ｓｉ基板）やガラス基板で形成した圧力室に転写（接着）してインクジェットヘッドを作製する方法もある（例えば、特許文献３参照）。しかし、このような方法では酸化マグネシウムを用いることでコストが高く、また、転写接着法を用いるため、圧電体と圧力室の正確な位置決めをすることが難しい。

【特許文献１】特開２００４－７９９９１号公報

【特許文献２】特開２００６－６０９６号公報

【特許文献３】特開平１０－２８６９５３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、電気的クロストークや消費電力の増大を防止することのできる圧電アクチュエータ、液体吐出ヘッド、画像形成装置、及び圧電アクチュエータの製造方法を提供することを目的とする。

【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、シリコンで構成される振動板と、前記振動板の表面に形成される絶縁層と、前記絶縁層の表面に形成される複数の個別電極と、前記複数の個別電極の表面に形成される圧電体と、前記圧電体を挟んで前記複数の個別電極と対向する共通電極と、を備え、前記圧電体は前記個別電極から前記共通電極に向かう方向に分極されており、前記振動板の表面に前記絶縁層に相当する第１のシリコン酸化膜が形成されるとともに、前記振動板の裏面に第２のシリコン酸化膜が形成され、前記第１のシリコン酸化膜の厚みをＡ［μｍ］とし、前記第２のシリコン酸化膜の厚みをＢ［μｍ］とし、前記振動板の厚みをＣ［μｍ］としたとき、０．５≦Ａ≦２、０．５≦Ｂ≦２、０．２≦（Ｂ／Ａ）≦５、及び、２≦Ｃ≦２０のすべての条件を満足することを特徴とする圧電アクチュエータを提供する。

【００１０】

本発明によれば、振動板と個別電極との間に絶縁層が配置されるので、複数の個別電極間での電流リークを抑えることができ、電気的クロストークや消費電力の増大を防止することができるとともに、振動板の初期撓み（内部応力）を抑えることができ、圧電アクチュエータの変位量の減少を防止することができる。

【００１５】

また前記目的を達成するために、請求項２に記載の発明は、請求項１に記載の圧電アクチュエータを備えたことを特徴とする液体吐出ヘッドを提供する。

【００１６】

本発明によれば、電気的クロストークや消費電力の増大を防止した圧電アクチュエータを備えているので、液体吐出ヘッドの吐出安定性や吐出効率が向上する。

【００１７】

また前記目的を達成するために、請求項３に記載の発明は、請求項２に記載の液体吐出ヘッドを備えたことを特徴とする画像形成装置を提供する。

【００１８】
請求項３の態様によれば、画像品質の向上が可能となる。
【００１９】
更に前記目的を達成するために、請求項４に記載の発明は、シリコンで構成される振動板の表面に絶縁層を形成する工程と、前記絶縁層の表面に複数の個別電極を形成する工程と、前記複数の個別電極の表面にスパッタ法により圧電体を形成する工程と、前記圧電体を挟んで前記複数の個別電極と対向する共通電極を形成する工程と、を含み、前記振動板の表面に前記絶縁層に相当する第１のシリコン酸化膜が形成されるとともに、前記振動板の裏面に第２のシリコン酸化膜が形成され、前記第１のシリコン酸化膜の厚みをＡ［μｍ］とし、前記第２のシリコン酸化膜の厚みをＢ［μｍ］とし、前記振動板の厚みをＣ［μｍ］としたとき、０．５≦Ａ≦２、０．５≦Ｂ≦２、０．２≦（Ｂ／Ａ）≦５、及び、２≦Ｃ≦２０のすべての条件を満足することを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法を提供する。
【００２０】
本発明によれば、電気的クロストークや消費電力の増大を防止した圧電アクチュエータを製造することができるとともに、振動板の初期撓み（内部応力）を抑えることができ、圧電アクチュエータの変位量の減少を防止することができる。
【発明の効果】
【００２１】
本発明によれば、振動板と個別電極と間に絶縁層が配置されるので、複数の個別電極間での電流リークを抑えることができ、電気的クロストークや消費電力の増大を防止することができるとともに、振動板の初期撓み（内部応力）を抑えることができ、圧電アクチュエータの変位量の減少を防止することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００２２】
以下、添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。
【００２３】
〔インクジェットヘッド〕
まず、本発明が適用される圧電アクチュエータを備えるインクジェットヘッド（本発明の液体吐出ヘッドに相当）の構成について説明を行う。
【００２４】
図１は、本実施形態のインクジェットヘッドの要部構成を示した断面図である。図１に示すように、本実施形態のインクジェットヘッド１０は、ノズルプレート１２と、流路形成基板１４と、圧電アクチュエータ１６とを備えており、流路形成基板１４の下面にノズルプレート１２が接着されるとともに、流路形成基板１４の上面に圧電アクチュエータ１６が形成される。
【００２５】
ノズルプレート１２は、例えば、ＳＵＳやＮｉ等の金属材料で構成されていてもよいし、ポリイミド等の非金属材料で構成されていてもよい。本発明の実施に際して、ノズルプレート１２の構成材料は特に限定されるものではない。
【００２６】
ノズルプレート１２には、インクの吐出口となるノズル（ノズル孔）２０が形成されている。図示の例では、ノズル孔２０の形状はインク吐出側（図１の下側）に向かって先細となるテーパ状に構成されている。本発明の実施に際して、ノズル孔２０の形状は特に限定されるものではなく、例えば、ストレート状やラッパ状でもよい。なお図示は省略したが、ノズルプレート１２には複数のノズル孔２０が２次元的に配列された状態で設けられている。
【００２７】
流路形成基板１４はシリコン基板（Ｓｉ基板）で構成され、複数の圧力室２２が形成されている。圧力室２２の側壁部は流路形成基板１４によって構成されるとともに、圧力室

２２の下面はノズルプレート１２で構成され、圧力室２２の上面は圧電アクチュエータ１６のエッチングストップ層３０で構成される。

【００２８】

各圧力室２２はノズルプレート１２の各ノズル孔２０に対応して設けられており、それぞれ対応する圧力室２２とノズル孔２０は連通している。

【００２９】

このように構成される圧力室２２は、ノズル２０から吐出するためのインクが充填される空間部である。インクジェットヘッド１０には、複数の圧力室２２に連通する共通流路（不図示）が設けられており、共通流路から各圧力室２２に対してインクが分配供給される。

【００３０】

圧電アクチュエータ１６は、エッチングストップ層３０と、振動板３２と、絶縁層３４と、下部電極３６と、圧電体３８と、上部電極４０とを備えている。エッチングストップ層３０、振動板３２及び絶縁層３４は複数の圧力室２２に跨る領域にわたって形成される一方で、下部電極３６、圧電体３８及び上部電極４０は複数の圧力室２２にそれぞれ対向する位置に形成される。

【００３１】

振動板３２はシリコン基板（Ｓｉ基板）で構成され、その上面及び下面（表裏面）にはシリコン酸化膜（SiO_2膜）がそれぞれ形成される。振動板３２の上面（表面）に配置されるシリコン酸化膜（第１のシリコン酸化膜）が絶縁層３４であり、振動板３２の下面（裏面）に配置されるシリコン酸化膜（第２のシリコン酸化膜）がエッチングストップ層３０である。

【００３２】

絶縁層３４を介して振動板３２の上面側（表面側）には、各圧力室２２に対向する位置に下部電極３６及び上部電極４０によって挟まれた圧電体３８がそれぞれ配置される。

【００３３】

圧電体３８はスパッタ法で成膜されたＰＺＴ膜であり、図１に示すように、下部電極３６から上部電極４０に向かう方向に優先配向（分極）されている。下部電極３６及び上部電極４０はＩｒ（イリジウム）で構成され、下部電極３６が個別電極（アドレス電極）、上部電極４０が共通電極（グランド電極）となっている。

【００３４】

本発明の実施に際して、圧電体３８を構成する圧電材料はチタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）に限定されるものではなく、例えば、チタン酸バリウム等の他の圧電材料を適用することも可能である。また、下部電極３６及び上部電極４０を構成する電極材料についても特に限定されるものではなく、例えば、白金（Ｐｔ）、タングステン（Ｗ）、金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）、銅（Ｃｕ）、チタン（Ｔｉ）等を適用してもよい。

【００３５】

このようにスパッタ法で形成された圧電体（ＰＺＴ膜）３８を備える圧電アクチュエータ１６において、圧電体３８の振動板３２側に配置される下部電極３６を個別電極とすることで、下部電極（個別電極）３６にプラス電圧を供給することによって圧電体３８の分極方向と同方向の電界を印加することができる。このため上部電極４０を個別電極とする場合に比べて上部電極４０にマイナス電圧を供給する必要がなく、駆動ＩＣや電源のコスト低減を図ることができる。

【００３６】

本実施形態においては、図１に示すように、振動板３２と下部電極（個別電極）３６の間に絶縁層３４が配置される。絶縁層３４がシリコン酸化膜（SiO_2膜）、シリコン炭窒化膜（ＳｉＣＮ膜）、酸化ジルコニウム膜（ZrO_2膜）、及びシリコン酸窒化膜（ＳｉＯＮ膜）のいずれかで構成される態様が好ましい。これらの中でも、安価でプロセスが容易なことから、Ｓｉ基板（振動板３２）を熱酸化して得られるシリコン酸化膜（SiO_2膜）を絶縁層３４とする態様が特に好ましい。

【００３７】
振動板（Ｓｉ基板）３２と下部電極３６の間に絶縁層３４を配置せずに下部電極３６を個別電極とすると、振動板３２を構成するシリコン（Ｓｉ）は半導体であるため、振動板３２を通じて複数の下部電極（個別電極）３６間で電流リークが発生し、電気クロストークや消費電力の増大が問題となる。
【００３８】
これに対し、本実施形態では、上述したように振動板（Ｓｉ基板）３２と下部電極（個別電極）３６の間に絶縁層３４を配置することで、複数の下部電極３６間での電流リークを抑えることができ、電気的クロストークや消費電力の増大を防止している。
【００３９】
かかる構成によって、上部電極（共通電極）４０がグランドに接地された状態で、不図示の駆動ＩＣからプラスの駆動電圧が下部電極（個別電極）３６に印加されると、圧電体３８の変位に応じて振動板３２が圧力室２２側に凸状となるように変形する。このとき圧電体３８の分極方向と同方向の電界が印加されるので、圧電体３８の変位量は電界強度に比例した量となる。振動板３２の変形によって、振動板３２の下面側に配置されるエッチングストップ層３０を介して圧力室２２内のインクは加圧され、その圧力室２２に連通するノズル２０からインク滴が吐出される。インク吐出後、下部電極３６への電圧印加が解除されると、振動板３２が元の状態に復帰するのに伴って新しいインクが共通流路（不図示）から圧力室２２に供給される。
【００４０】
次に、本実施形態のインクジェットヘッド１０の製造方法（圧電アクチュエータ１６の製造方法を含む）について説明する。図２は、本実施形態のインクジェットヘッド１０の製造方法の一例を示した工程図である。
【００４１】
まず、図２（ａ）に示すように、表面にシリコン酸化膜（SiO_2膜）６０が形成されたＳＯＩ基板５０を用意する。ＳＯＩ基板５０は、シリコンで構成される支持層（Ｓｉ層）５２と、シリコン酸化膜で構成されるＢｏｘ層（SiO_2層）５４と、シリコンで構成される活性層（Ｓｉ層）５６とから構成される多層基板である。ＳＯＩ基板５０の表面には、例えば熱酸化、スパッタ、真空蒸着、ＣＶＤ等の各種方法でシリコン酸化膜６０を形成することができ、これらの方法の中でも熱酸化によりシリコン酸化膜６０を形成する方法が安価でプロセスが容易なため特に好ましい。
【００４２】
なお、ＳＯＩ基板５０の支持層５２は、図１に示した流路形成基板１４に相当する。同様に、ＳＯＩ基板５０のＢｏｘ層５４及び活性層５６は、それぞれエッチングストップ層３０、振動板３２に相当し、ＳＯＩ基板５０の表面に形成されるシリコン酸化膜６０は絶縁層３４に相当する。
【００４３】
ＳＯＩ基板５０を構成する各層の厚さは、例えば、Ｂｏｘ層５４（エッチングストップ層３０）が１μｍ、活性層５６（振動板３２）が６μｍである。また、酸化膜６０（絶縁層３４）の厚さは１μｍである。また、活性層酸化膜６０を含むＳＯＩ基板５０の総厚みは５２５μｍである。
【００４４】
次に、図２（ｂ）に示すように、シリコン酸化膜６０の上面に下部電極層６２を形成する。本例ではＩｒ（イリジウム）をスパッタ法で成膜しているが、電極材料は特に限定されるものはなく、金、銀、銅、白金、タングステン等の他の電極材料を好適に用いることができる。また、下部電極層６２の形成方法についても特に限定されず、例えばＣＶＤや真空蒸着等の各種方法を適用することができる。このとき形成する下部電極層６２の厚さは、例えば２５０ｎｍである。
【００４５】
続いて、図２（ｃ）に示すように、下部電極層６２の上面に所定形状にパターニングさ

れたレジスト６３を形成する。具体的には、下部電極層６２の表面全体にネガレジストを塗布し、プリベークを行い、下部電極３６（図１参照）に対応した開口を有するマスクを介して露光し、現像によって露光部分以外を除去し、ポストベークを行う。こうして下部電極層６２上にパターニングされたレジスト６３を得ることができる。

【００４６】

そして、下部電極層６２上に形成されたレジスト６３をマスクとして、下部電極層６２に対してドライエッチングを行う。これにより、下部電極層６２はレジスト６３で覆われていない部分が除去され、図２（ｄ）に示すように、各圧力室２２に対応する位置にパターニングされた下部電極層６２ａを得ることができる。

【００４７】

次に、図２（ｅ）に示すように、シリコン酸化膜６０の上面（下部電極層６２ａが形成される側の面）に、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）から成る圧電層６４をスパッタ法で成膜する。このとき形成する圧電層６４の厚さは、例えば６μｍである。

【００４８】

その後、図２（ｆ）に示すように、圧電層６４の上面に上部電極層６６を形成する。上部電極層６６についても、上述した下部電極層６２と同様に、上部電極層６６を構成する電極材料やその形成方法は特に限定されるものではない。本例ではＩｒ（イリジウム）をスパッタ法で成膜することによって上部電極層６６を形成している。このとき形成する上部電極層６６の厚さは、例えば２５０ｎｍである。

【００４９】

続いて、図２（ｇ）に示すように、上部電極層６６の上面に所定形状にパターニングされたレジスト６８を形成する。具体的には、レジスト６３のパターニング方法と同様に、レジスト塗布、プリベーク、露光、現像、及びポストベークの各処理を順次行うことによって、上部電極層６６上にパターニングされたレジスト６８を得ることができる。

【００５０】

そして、上部電極層６２上に形成されたレジスト６８をマスクとして、上部電極層６６及び圧電層６４に対してドライエッチングを行う。これにより、上部電極層６６及び圧電層６４はレジスト６８で覆われていない部分が除去され、図２（ｈ）に示すように、下部電極層６２ａと同様に、圧力室２２（図１参照）に対応する位置にパターニングされた上部電極層６６ａ及び圧電層６４ａを得るこができる。

【００５１】

次に、図２（ｉ）に示すように、ＳＯＩ基板５０の下面側に開口する凹部（溝部）７０を形成する。具体的には、Ｂｏｘ層５４をエッチングストップ層として、ウェットエッチングによって支持層５２に凹部７０を形成する。このとき形成される凹部７０は圧力室２２に相当する。

【００５２】

そして最後に、ＳＯＩ基板５０の支持層５２に形成された凹部７０（圧力室２２）に、ノズルプレート１２に形成されるノズル２０が連通するように位置合わせされた状態で、凹部７０の開口を塞ぐようにして、ＳＯＩ基板５０の下面側にノズルプレート１２を接着する。こうして本実施形態のインクジェットヘッド１０を得ることができる。

【００５３】

次に、本実施形態のインクジェットヘッド１０の更に好ましい態様について詳説する。

【００５４】

本実施形態のインクジェットヘッド１０に備えられる圧電アクチュエータ１６においては、上述したように、振動板（Ｓｉ基板）３２と下部電極（個別電極）３６の間に絶縁層３４を配置することで、複数の下部電極３６間での電流リークを抑えることができ、電気的クロストークや消費電力の増大を防止することができる。

【００５５】

しかしながら、本発明者の検討によれば、振動板３２の上面に配置される絶縁層（SiO_2膜）３４の厚みと、振動板３２の下面に配置されるエッチングストップ層（SiO_2

膜）３０の厚みに差がありすぎると、振動板３２を構成するシリコン（Ｓｉ）との線膨張係数の差（SiO_2は高温で形成される）から振動板３２が変形し、振動板３２に初期撓みが生じて、圧電アクチュエータ１６の変位量の減少や寿命の低下を引き起こす問題があることが分かった。また、コストの増加等を招く問題もある。

【００５６】

そこで本発明者は、上述した製造方法によって得られるインクジェットヘッド１０を用いて評価実験を実施した。

【００５７】

評価実験の条件として、図１において、振動板（Ｓｉ基板）３２の厚みを６μｍ、圧電体（ＰＺＴ膜）３８の厚みを６μｍ、圧力室２２の一辺を３００μｍの正方形とした。これらの値を採用した理由としては、例えば１２００ｄｐｉ以上の高解像度のインクジェットヘッドでは振動板及び圧電体の厚みは主に６μｍ以下の薄膜であり、また、圧力室の一辺が３００μｍ以下と小さくなる場合が多いことによる。

【００５８】

評価項目として、「リーク電流」、「オーバーエッチング」、「コスト」、及び「振動板変形量」の４つの観点から評価を行った。

【００５９】

「リーク電流」については、１０μＡ未満を○とし、１０μＡ以上を×とした。１０μＡ以上では、電気的クロストークによって他のノズルからインク滴が吐出されてしまうためである。

【００６０】

「オーバーエッチング」については、上記製造方法においてウェットエッチングで圧力室２２（凹部７０）を形成した後のエッチングストップ層（SiO_2膜）３０（Ｂｏｘ層５４）の厚みが０より大きいものを○とし、オーバーエッチングにより振動板３２を削ってしまったものを×とした。エッチングストップ層３０の厚みが薄すぎると、振動板（Ｓｉ基板）３２も削ってしまい、振動板３２の厚みに個体差が生じてしまうためである。

【００６１】

「コスト」については、振動板（Ｓｉ基板）３２の上面に熱酸化によって絶縁層（SiO_2膜）３４を形成する際の加熱時間が２４時間未満を○、２４時間以上を×とした。炉占有時間が長くなると、製造コストが増加するためである。

【００６２】

「振動板変形量」については、振動板３２の初期撓みが１００ｎｍ未満を○、１００ｎｍ以上を×とした。振動板３２の初期撓みが大きいと、応力による振動板の破壊と耐久性の低下が生じるためである。

【００６３】

評価実験の結果を図３に示す。絶縁層（SiO_2膜）３４の厚みをＡ［μｍ］、エッチングストップ層（SiO_2膜）３０の厚みをＢ［μｍ］、振動板（Ｓｉ基板）３２の厚みをＣ［μｍ］としたとき、図３から分かるように、これらの好ましい範囲としては次式（１）～（３）を満足する範囲となる。

【００６４】

$$0.5 \leqq A \leqq 2 \quad \cdots (1)$$

$$0.5 \leqq B \leqq 2 \quad \cdots (2)$$

$$0.2 \leqq (B/A) \leqq 5 \quad \cdots (3)$$

なお、エッチングストップ層３０の厚みＢについては、エッチング前後の寸法を含んだ範囲である。具体的には、式（２）において、下限はエッチング前の寸法であり、上限はエッチング後の寸法である。即ち、エッチングストップ層３０の厚みＢは、エッチング前後において式（２）で示される範囲内であることが好ましい。

【００６５】

このように振動板（Ｓｉ基板）３２の上下面にそれぞれ形成される絶縁層３４の厚みＡ［μｍ］、エッチングストップ層３０の厚みＢ［μｍ］が式（１）～（３）を満足する範

囲となるように構成することで、電気的クロストークや消費電力を低減するとともに、振動板３２の初期撓み（内部応力）を抑えることでき、圧電アクチュエータ１６の変位量の減少を防止することができる。

【００６６】

更に、本発明者は、振動板３２の厚みを変化させて上記同様の評価実験を行った。このときの結果を図４～図７に示す。各図における振動板３２の厚みは、図４では１μｍ、図５では２μｍ、図６では１５μｍ、図７では２０μｍである。

【００６７】

振動板３２の厚みが２μｍ未満の場合には、振動板３２の上下面に配置されるシリコン酸化膜（SiO_2膜）の厚みを正確に制御することが難しい問題があり、容易に振動板変形が起こるため×とした。

【００６８】

一方、図５～図７に示すように、振動板３２の厚みが２μｍや１５μｍ、２０μｍである場合においては、式（１）～式（３）を満足すれば、上述した振動板３２の厚みが６μｍである場合（図３参照）と同様の効果を得ることができる。なお、振動板３２の厚みが２０μｍより大きい場合は、スパッタ法による圧電体成膜を想定したときに、圧電体の厚みを厚くすることが難しく、インク吐出できるような変位量を得にくい。

【００６９】

従って、振動板（Ｓｉ基板）３２の厚みをＣ［μｍ］としたとき、式（１）～（３）を満足するとともに式（４）を満足することが更に好ましい。

【００７０】

$$2 \leqq C \leqq 20 \quad \cdots (4)$$

このように式（１）～（４）を満足するように構成することで、振動板３２の上下面に配置されるシリコン酸化膜（SiO_2膜）の厚み制御を正確に行うことができ、圧電アクチュエータ１６の十分な変位量を得ることが可能となる。また、電気的クロストークや消費電力を低減するとともに、振動板３２の初期撓み（つまり、内部応力）を抑えることができ、圧電アクチュエータ１６の変位量の減少を防止することができる。

【００７１】

〔インクジェット記録装置〕

次に、本発明に係る画像形成装置としての一実施形態であるインクジェット記録装置について説明する。

【００７２】

図８は、インクジェット記録装置の概略を示す全体構成図である。図８に示すように、このインクジェット記録装置１００は、インクの色毎に設けられた複数の記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙを有する印字部１１２と、各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙに供給するインクを貯蔵しておくインク貯蔵／装填部１１４と、記録紙１１６を供給する給紙部１１８と、記録紙１１６のカールを除去するデカール処理部１２０と、前記印字部１１２のノズル面（インク吐出面）に対向して配置され、記録紙１１６の平面性を保持しながら記録紙１１６を搬送する吸着ベルト搬送部１２２と、印字部１１２による印字結果を読み取る印字検出部１２４と、印画済みの記録紙（プリント物）を外部に排紙する排紙部１２６と、を備えている。各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙはそれぞれ図１に示したインクジェットヘッド１０に相当する。

【００７３】

図８では、給紙部１１８の一例としてロール紙（連続用紙）のマガジンが示されているが、紙幅や紙質等が異なる複数のマガジンを併設してもよい。また、ロール紙のマガジンに代えて、又はこれと併用して、カット紙が積層装填されたカセットによって用紙を供給してもよい。

【００７４】

ロール紙を使用する装置構成の場合、図８のように、裁断用のカッター１２８が設けら

れており、該カッター１２８によってロール紙は所望のサイズにカットされる。カッター１２８は、記録紙１１６の搬送路幅以上の長さを有する固定刃１２８Ａと、該固定刃１２８Ａに沿って移動する丸刃１２８Ｂとから構成されており、印字裏面側に固定刃１２８Ａが設けられ、搬送路を挟んで印字面側に丸刃１２８Ｂが配置されている。なお、カット紙を使用する場合には、カッター１２８は不要である。

【００７５】

複数種類の記録紙を利用可能な構成にした場合、紙の種類情報を記録したバーコードあるいは無線タグ等の情報記録体をマガジンに取り付け、その情報記録体の情報を所定の読取装置によって読み取ることで、使用される用紙の種類を自動的に判別し、用紙の種類に応じて適切なインク吐出を実現するようにインク吐出制御を行うことが好ましい。

【００７６】

給紙部１１８から送り出される記録紙１１６はマガジンに装填されていたことによる巻き癖が残り、カールする。このカールを除去するために、デカール処理部１２０においてマガジンの巻き癖方向と逆方向に加熱ドラム１３０で記録紙１１６に熱を与える。このとき、多少印字面が外側に弱いカールとなるように加熱温度を制御するとより好ましい。

【００７７】

デカール処理後、カットされた記録紙１１６は、吸着ベルト搬送部１２２へと送られる。吸着ベルト搬送部１２２は、ローラー１３１、１３２間に無端状のベルト１３３が巻き掛けられた構造を有し、少なくとも印字部１１２のノズル面及び印字検出部１２４のセンサ面に対向する部分が平面をなすように構成されている。

【００７８】

ベルト１３３は、記録紙１１６の幅よりも広い幅寸法を有しており、ベルト面には多数の吸引孔（不図示）が形成されている。図８に示したとおり、ローラー１３１、１３２間に掛け渡されたベルト１３３の内側において印字部１１２のノズル面及び印字検出部１２４のセンサ面に対向する位置には吸着チャンバー１３４が設けられており、この吸着チャンバー１３４をファン１３５で吸引して負圧にすることによってベルト１３３上の記録紙１１６が吸着保持される。

【００７９】

ベルト１３３が巻かれているローラー１３１、１３２の少なくとも一方にモータ（不図示）の動力が伝達されることにより、ベルト１３３は図８において、時計回り方向に駆動され、ベルト１３３上に保持された記録紙１１６は、図８の左から右へと搬送される。

【００８０】

縁無しプリント等を印字するとベルト１３３上にもインクが付着するので、ベルト１３３の外側の所定位置（印字領域以外の適当な位置）にベルト清掃部１３６が設けられている。ベルト清掃部１３６の構成について詳細は図示しないが、例えば、ブラシ・ロール、吸水ロール等をニップする方式、清浄エアーを吹き掛けるエアーブロー方式、あるいはこれらの組み合わせなどがある。清掃用ロールをニップする方式の場合、ベルト線速度とローラー線速度を変えると清掃効果が大きい。

【００８１】

なお、吸着ベルト搬送部１２２に代えて、ローラー・ニップ搬送機構を用いる態様も考えられるが、印字領域をローラー・ニップ搬送すると、印字直後に用紙の印字面にローラーが接触するので、画像が滲み易いという問題がある。従って、本例のように、印字領域では画像面と接触させない吸着ベルト搬送が好ましい。

【００８２】

吸着ベルト搬送部１２２により形成される用紙搬送路上において印字部１１２の上流側には、加熱ファン１４０が設けられている。加熱ファン１４０は、印字前の記録紙１１６に加熱空気を吹きつけ、記録紙１１６を加熱する。印字直前に記録紙１１６を加熱しておくことにより、インクが着弾後乾き易くなる。

【００８３】

印字部１１２は、最大紙幅に対応する長さを有するライン型ヘッドを紙搬送方向（副走

査方向）と直交する方向（主走査方向）に配置した、いわゆるフルライン型のヘッドとなっている。印字部１１２を構成する各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙは、本インクジェット記録装置１００が対象とする最大サイズの記録紙１１６の少なくとも一辺を超える長さにわたってインク吐出口（ノズル）が複数配列されたライン型ヘッドで構成されている（図９参照）。

【００８４】

記録紙１１６の搬送方向（紙搬送方向）に沿って上流側（図８の左側）から黒（Ｋ）、シアン（Ｃ）、マゼンタ（Ｍ）、イエロー（Ｙ）の順に各色インクに対応した記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙが配置されている。記録紙１１６を搬送しつつ各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙからそれぞれ色インクを吐出することにより記録紙１１６上にカラー画像を形成し得る。

【００８５】

このように、紙幅の全域をカバーするフルラインヘッドがインク色毎に設けられてなる印字部１１２によれば、紙搬送方向（副走査方向）について記録紙１１６と印字部１１２を相対的に移動させる動作を一回行うだけで（すなわち、一回の副走査で）記録紙１１６の全面に画像を記録することができる。これにより、記録ヘッドが紙搬送方向と直交する方向（主走査方向）に往復動作するシャトル型ヘッドに比べて高速印字が可能であり、生産性を向上させることができる。

【００８６】

なお本例では、ＫＣＭＹの標準色（４色）の構成を例示したが、インク色や色数の組み合わせについては本実施形態には限定されず、必要に応じて淡インク、濃インクを追加してもよい。例えば、ライトシアン、ライトマゼンタ等のライト系インクを吐出する記録ヘッドを追加する構成も可能である。

【００８７】

図８に示したように、インク貯蔵／装填部１１４は、各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙに対応する色のインクを貯蔵するタンクを有し、各タンクは図示を省略した管路を介して各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙと連通されている。また、インク貯蔵／装填部１１４は、インク残量が少なくなるとその旨を報知する報知手段（表示手段、警告音発生手段等）を備えるとともに、色間の誤装填を防止するための機構を有している。

【００８８】

印字検出部１２４は、印字部１１２の打滴結果を撮像するためのイメージセンサ（ラインセンサ等）を含み、該イメージセンサによって読み取った打滴画像からノズルの目詰まりその他の吐出不良をチェックする手段として機能する。

【００８９】

本例の印字検出部１２４は、少なくとも各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙによるインク吐出幅（画像記録幅）よりも幅の広い受光素子列を有するラインセンサで構成される。このラインセンサは、赤（Ｒ）の色フィルタが設けられた光電変換素子（画素）がライン状に配列されたＲセンサ列と、緑（Ｇ）の色フィルタが設けられたＧセンサ列と、青（Ｂ）の色フィルタが設けられたＢセンサ列とからなる色分解ラインＣＣＤセンサで構成されている。なお、ラインセンサに代えて、受光素子が二次元配列されて成るエリアセンサを用いることも可能である。

【００９０】

印字検出部１２４は、各色の記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｃ、１１２Ｍ、１１２Ｙにより印字されたテストパターンを読み取り、各ヘッドの吐出検出を行う。吐出判定は、吐出の有無、ドットサイズの測定、ドット着弾位置の測定等で構成される。

【００９１】

印字検出部１２４の後段には、後乾燥部１４２が設けられている。後乾燥部１４２は、印字された画像面を乾燥させる手段であり、例えば、加熱ファンが用いられる。印字後のインクが乾燥するまでは印字面と接触することは避けたほうが好ましいので、熱風を吹き

つける方式が好ましい。

【００９２】

多孔質のペーパに染料系インクで印字した場合などでは、加圧によりペーパの孔を塞ぐことでオゾンなど、染料分子を壊す原因となるものと接触することを防ぐことで画像の耐候性がアップする効果がある。

【００９３】

後乾燥部１４２の後段には、加熱・加圧部１４４が設けられている。加熱・加圧部１４４は、画像表面の光沢度を制御するための手段であり、画像面を加熱しながら所定の表面凹凸形状を有する加圧ローラー１４５で加圧し、画像面に凹凸形状を転写する。

【００９４】

このようにして生成されたプリント物は、排紙部１２６から排出される。本来プリントすべき本画像（目的の画像を印刷したもの）とテスト印字とは分けて排出することが好ましい。このインクジェット記録装置１００では、本画像のプリント物と、テスト印字のプリント物とを選別してそれぞれの排出部１２６Ａ、１２６Ｂへと送るために排紙経路を切り換える選別手段（不図示）が設けられている。なお、大きめの用紙に本画像とテスト印字とを同時に並列に形成する場合は、カッター（第２のカッター）１４８によってテスト印字の部分を切り離す。カッター１４８は、排紙部１２６の直前に設けられており、画像余白部にテスト印字を行った場合に、本画像とテスト印字部を切断するためのものである。カッター１４８の構造は前述した第１のカッター１２８と同様であり、固定刃１４８Ａと丸刃１４８Ｂとから構成されている。また、図示を省略したが、本画像の排出部１２６Ａには、オーダー別に画像を集積するソーターが設けられている。

【００９５】

なお、インク色ごとに設けられている各記録ヘッド１１２Ｋ、１１２Ｍ、１１２Ｃ、１１２Ｙの構造は共通しているので、以下、これらを代表して符号１５０によって記録ヘッドを示すものとする。

【００９６】

図１０（ａ）は、記録ヘッド１５０の構造例を示す平面透視図である。図１０（ａ）に示すように、本例の記録ヘッド１５０は、インク滴の吐出口であるノズル２０と、各ノズル２０に対応する圧力室２２等からなる複数のインク室ユニット（１ノズルに対応した記録素子単位となる液滴吐出素子）１６０を千鳥でマトリクス状（２次元的）に配置させた構造を有し、これにより、ヘッド長手方向（紙送り方向と直交する方向）に沿って並ぶように投影される実質的なノズル間隔（投影ノズルピッチ）の高密度化を達成している。

【００９７】

なお、記録紙１１６の搬送方向（副走査方向）と略直交する方向（主走査方向）に、記録紙１１６の全幅に対応する長さ以上のノズル列を構成する形態は本例に限定されない。例えば、図１０（ａ）の構成に代えて、図１０（ｂ）に示すように、複数のノズル２０が２次元に配列された短尺のヘッドユニット１５０’を千鳥状に配列して繋ぎ合わせることで長尺化し、記録紙１１６の全幅に対応する長さのノズル列を有するラインヘッドを構成してもよい。

【００９８】

各ノズル２０に対応して設けられている圧力室２２は、その平面形状が概略正方形となっている。各ノズル２０に対応して設けられている圧力室２２は、その平面形状が概略正方形となっている。各圧力室２２の略中央部にはそれぞれノズル２０が配置されるとともに、それらの隅部には供給インクの流入口（供給口）１５４が設けられている。

【００９９】

また、圧力室２２の形状は、本例に限定されず、平面形状が四角形（菱形、長方形など）、五角形、六角形その他の多角形、円形、楕円形など、多様な形態があり得る。また、ノズル２０や供給口１５４の配置も図１０（ａ）、（ｂ）に示す配置に限定されない。

【０１００】

次に、インクジェット記録装置１００の制御系について説明する。

【０１０１】
図１１は、インクジェット記録装置１００の制御系を示す要部ブロック図である。インクジェット記録装置１００は、通信インターフェース１７０、システムコントローラ１７２、画像メモリ１７４、モータドライバ１７６、ヒータドライバ１７８、プリント制御部１８０、画像バッファメモリ１８２、ヘッドドライバ１８４等を備えている。
【０１０２】
通信インターフェース１７０は、ホストコンピュータ１８６から送られてくる画像データを受信するインターフェース部である。通信インターフェース１７０にはシリアルインターフェースやパラレルインターフェースを適用することができる。この部分には、通信を高速化するためのバッファメモリ（不図示）を搭載してもよい。
【０１０３】
ホストコンピュータ１８６から送出された画像データは通信インターフェース１７０を介してインクジェット記録装置１００に取り込まれ、一旦画像メモリ１７４に記憶される。画像メモリ１７４は、通信インターフェース１７０を介して入力された画像を一旦格納する記憶手段であり、システムコントローラ１７２を通じてデータの読み書きが行われる。画像メモリ１７４は、半導体素子からなるメモリに限らず、ハードディスクなど磁気媒体を用いてもよい。
【０１０４】
システムコントローラ１７２は、通信インターフェース１７０、画像メモリ１７４、モータドライバ１７６、ヒータドライバ１７８等の各部を制御する制御部である。システムコントローラ１７２は、中央演算処理装置（ＣＰＵ）及びその周辺回路等から構成され、ホストコンピュータ１８６との間の通信制御、画像メモリ１７４の読み書き制御等を行うとともに、搬送系のモータ１８８やヒータ１８９を制御する制御信号を生成する。
【０１０５】
モータドライバ１７６は、システムコントローラ１７２からの指示に従ってモータ１８８を駆動するドライバ（駆動回路）である。ヒータドライバ１７８は、システムコントローラ１７２からの指示に従って後乾燥部１４２その他各部のヒータ１８９を駆動するドライバである。
【０１０６】
プリント制御部１８０は、システムコントローラ１７２の制御に従い、画像メモリ１７４内の画像データから印字制御用の信号を生成するための各種加工、補正などの処理を行う信号処理機能を有し、生成した印字制御信号（ドットデータ）をヘッドドライバ１８４に供給する制御部である。プリント制御部１８０において所要の信号処理が施され、該画像データに基づいてヘッドドライバ１８４を介して記録ヘッド１５０のインク滴の吐出量や吐出タイミングの制御が行われる。これにより、所望のドットサイズやドット配置が実現される。
【０１０７】
プリント制御部１８０には画像バッファメモリ１８２が備えられており、プリント制御部１８０における画像データ処理時に画像データやパラメータなどのデータが画像バッファメモリ１８２に一時的に格納される。なお、図１１において画像バッファメモリ１８２はプリント制御部１８０に付随する態様で示されているが、画像メモリ１７４と兼用することも可能である。また、プリント制御部１８０とシステムコントローラ１７２とを統合して１つのプロセッサで構成する態様も可能である。
【０１０８】
ヘッドドライバ１８４は、プリント制御部１８０から与えられるドットデータに基づいて各色の記録ヘッド１５０の圧電アクチュエータ１６（図１参照）を駆動するための駆動信号を生成し、圧電アクチュエータ１６に生成した駆動信号を供給する。ヘッドドライバ１８４には記録ヘッド１５０の駆動条件を一定に保つためのフィードバック制御系を含んでいてもよい。
【０１０９】

印字検出部１２４は、図８で説明したように、ラインセンサを含むブロックであり、記録紙１１６に印字された画像を読み取り、所要の信号処理などを行って印字状況（吐出の有無、打滴のばらつきなど）を検出し、その検出結果をプリント制御部１８０に提供する。

【０１１０】

プリント制御部１８０は、必要に応じて印字検出部１２４から得られる情報に基づいて記録ヘッド１５０に対する各種補正を行う。

【０１１１】

以上、本発明の圧電アクチュエータ、液体吐出ヘッド、画像形成装置、及び圧電アクチュエータの製造方法について詳細に説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【０１１２】

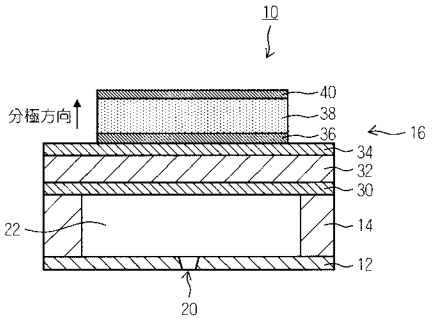
【図１】インクジェットヘッドの要部構成を示した断面図
【図２】インクジェットヘッドの製造方法の一例を示した工程図
【図３】振動板の厚みが６μｍのときの評価実験結果を示した図
【図４】振動板の厚みが１μｍのときの評価実験結果を示した図
【図５】振動板の厚みが２μｍのときの評価実験結果を示した図
【図６】振動板の厚みが１５μｍのときの評価実験結果を示した図
【図７】振動板の厚みが２０μｍのときの評価実験結果を示した図
【図８】インクジェット記録装置の概略を示す全体構成図
【図９】インクジェット記録装置の印字部周辺を示した要部平面図
【図１０】記録ヘッド（インクジェットヘッド）の構造例を示す平面透視図
【図１１】インクジェット記録装置の制御系を示す要部ブロック図
【図１２】スパッタ法で成膜したＰＺＴ膜における印加電界と変位の関係を示した図

【符号の説明】

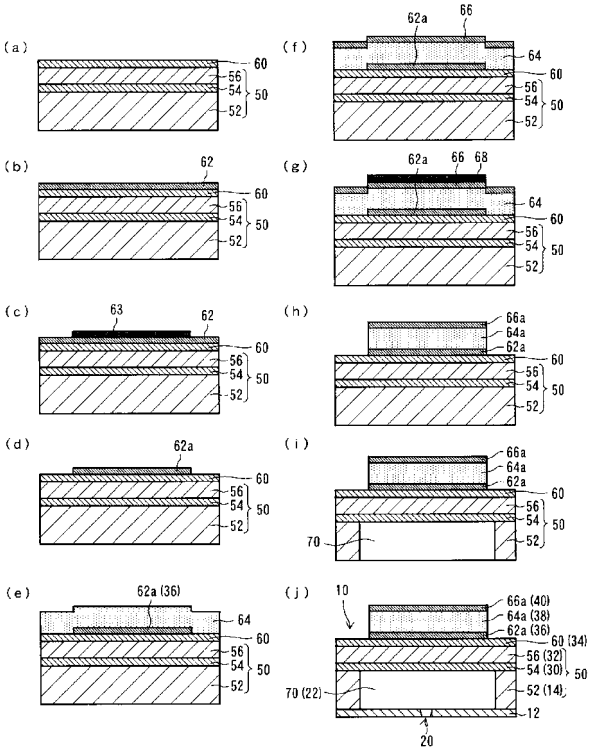
【０１１３】

１０…インクジェットヘッド、１２…ノズルプレート、１４…流路形成基板、１６…圧電アクチュエータ、２０…ノズル（ノズル孔）、２２…圧力室、３０…エッチングストップ層、３２…振動板、３４…保護層、３６…下部電極、３８…圧電体、４０…上部電極、５０…ＳＯＩ基板、５２…支持層、５４…Ｂｏｘ層、５６…活性層、６０…シリコン酸化膜、６２…下部電極層、６４…レジスト、６４…圧電層、６６…上部電極層、６８…レジスト、１００…インクジェット記録装置

【図１】



【図２】



【図３】

振動板厚みC：6[μm]

絶縁層厚み A[μm]	エッチングストップ層厚み B[μm]	リーク電流	オーバーエッチング	コスト	振動板変形	総合評価
0.2	0.2	×	×	○	○	×
	0.5	×	○	○	○	×
	1	×	○	○	○	×
	2	×	○	○	○	×
	3	×	○	×	×	×
0.5	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
1	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
2	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
3	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	○	×

【図４】

振動板厚みC：1[μm]

絶縁層厚み A[μm]	エッチングストップ層厚み B[μm]	リーク電流	オーバーエッチング	コスト	振動板変形	総合評価
0.2	0.2	×	×	○	×	×
	0.5	×	○	○	×	×
	1	×	○	○	×	×
	2	×	○	○	×	×
	3	×	○	×	×	×
0.5	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	×	×
1	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	×	×
2	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	×	×
3	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	×	×

【図５】

振動板厚みC：2[μm]

絶縁層厚み A[μm]	エッチングストップ層厚み B[μm]	リーク電流	オーバーエッチング	コスト	振動板変形	総合評価
0.2	0.2	×	×	○	○	×
	0.5	×	○	○	○	×
	1	×	○	○	○	×
	2	×	○	○	○	×
	3	×	○	×	×	×
0.5	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
1	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
2	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
3	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	○	×

【図６】

振動板厚みC：15[μm]

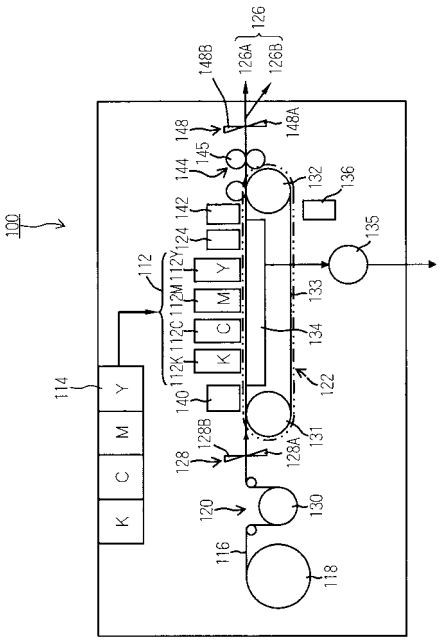
絶縁層厚み A[μm]	エッチングストップ層厚み B[μm]	リーク電流	オーバーエッチング	コスト	振動板変形	総合評価
0.2	0.2	×	×	○	○	×
	0.5	×	○	○	○	×
	1	×	○	○	○	×
	2	×	○	○	○	×
	3	×	○	×	×	×
0.5	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
1	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
2	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
3	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	○	×

【図７】

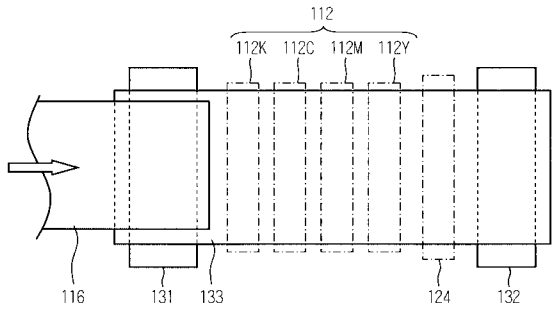
振動板厚みC：20[μm]

絶縁層厚み A[μm]	エッチングストップ層厚み B[μm]	リーク電流	オーバーエッチング	コスト	振動板変形	総合評価
0.2	0.2	×	×	○	○	×
	0.5	×	○	○	○	×
	1	×	○	○	○	×
	2	×	○	○	○	×
	3	×	○	×	×	×
0.5	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
1	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
2	0.2	○	×	○	○	×
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
	3	○	○	×	×	×
3	0.2	○	×	○	×	×
	0.5	○	○	○	×	×
	1	○	○	○	×	×
	2	○	○	○	×	×
	3	○	○	×	○	×

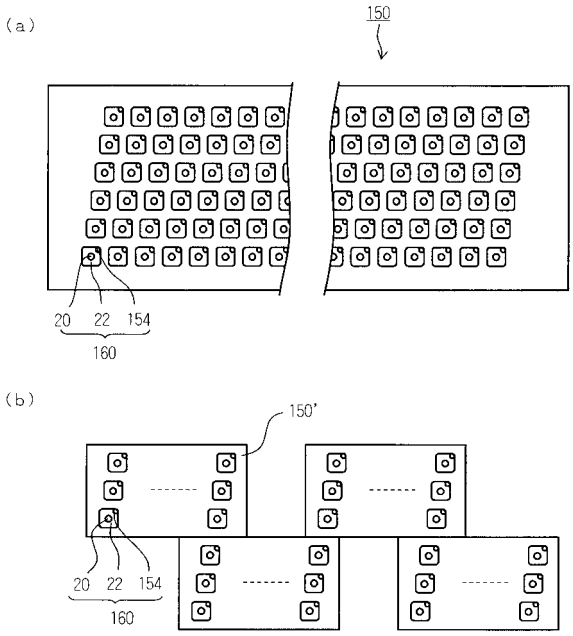
【図８】



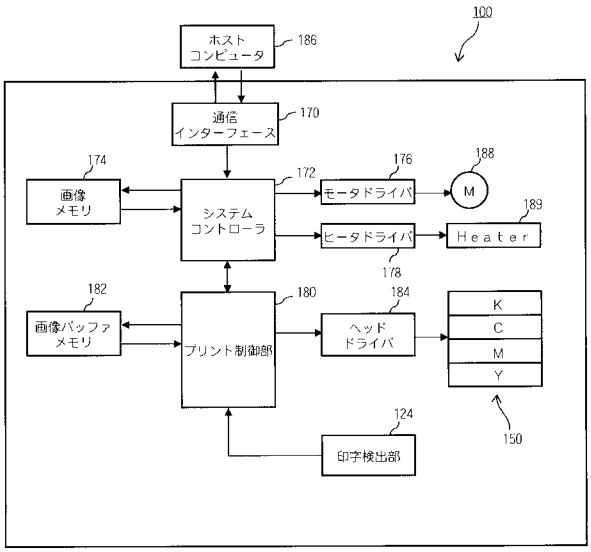
【図９】



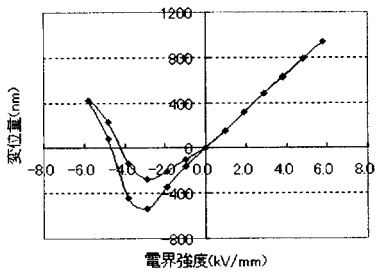
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H01L 41/18	***(2006.01)***	Ｈ０１Ｌ 41/08	Ｑ
H01L 41/083	***(2006.01)***		

(56)参考文献 特開２００６－００６０９６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３４１８５２（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０６７３１６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０７９９９１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２８６９５３（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０７８８７１６３（ＵＳ，Ｂ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｈ０２Ｎ	２／００
Ｂ４１Ｊ	２／０４５
Ｂ４１Ｊ	２／０５５
Ｈ０１Ｌ	４１／０８３
Ｈ０１Ｌ	４１／０９
Ｈ０１Ｌ	４１／１８
Ｈ０１Ｌ	４１／２２