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

特許第5573251号
(P5573251)

(45)発行日　平成26年8月20日(2014.8.20)　(24)登録日　平成26年7月11日(2014.7.11)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 41/29	(2013.01)	H01L	41/29	
H01L 41/09	(2006.01)	H01L	41/09	
B41J 2/14	(2006.01)	B41J	2/14	301
B41J 2/16	(2006.01)	B41J	2/14	305
B81C 1/00	(2006.01)	B41J	2/14	613

請求項の数 2　(全 14 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2010-52821(P2010-52821)
(22)出願日　平成22年3月10日(2010.3.10)
(65)公開番号　特開2011-187789(P2011-187789A)
(43)公開日　平成23年9月22日(2011.9.22)
審査請求日　平成24年12月5日(2012.12.5)

(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　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(74)代理人　100127661
弁理士　宮坂　一彦
(72)発明者　風間　宏信
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
(72)発明者　上條　隆弘
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】圧電アクチュエーターの製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上に振動板を形成する振動板形成工程と、
前記振動板上に、個別電極と圧電体層とを備えた圧電素子を形成する圧電素子形成工程と、
チャンバー内の圧力をＡｒガス流量が６０ｓｃｃｍ以上、８０ｓｃｃｍ以下で導入しながら０．５Ｐａ～１．５Ｐａに保ち、前記個別電極の表面をスパッタエッチングするスパッタエッチング工程と、を含み、
前記スパッタエッチング工程において前記個別電極は露出しており、
前記圧電素子形成工程と前記スパッタエッチング工程との間に絶縁膜形成工程がない、
ことを特徴とする圧電アクチュエーターの製造方法。
【請求項２】
請求項１に記載の圧電アクチュエーターの製造方法において、
前記圧電素子形成工程は、共通電極としての下電極を前記振動板上に形成し、
前記下電極上または前記振動板上に前記圧電体層を形成し、
前記圧電体層に前記個別電極としての上電極を形成する
ことを特徴とする圧電アクチュエーターの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、振動板上に、個別電極と圧電材料からなる圧電体層とを有する圧電素子と個別電極に接続されたリード電極とを備えた圧電アクチュエーターの製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

圧電アクチュエーターとして、振動板上に、下電極、圧電体層、上電極を有する圧電素子と圧電素子の電極に接続される引き出し電極としてのリード電極とを形成したものが知られている。圧電素子としては、電気機械変換機能を備えた圧電材料、例えば、結晶化した圧電性セラミックス等からなる圧電体層を、下電極と上電極との２つの電極で挟んで構成されたものがある。

このような圧電アクチュエーターは、撓み振動モードの圧電アクチュエーターと呼ばれ、例えば、液体噴射ヘッド等に搭載されて使用されている。

液体噴射ヘッドとしては、例えば、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧して、ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド等がある。

【０００３】

圧電アクチュエーター、液体噴射ヘッド等の製造方法としては、ウェハー状態でこれらを複数形成した後、個々に切り離すことによって得る製造方法がある。

圧電素子の電極の一方は個別電極にして、他方は共通電極とすることができる。上電極を個別電極として、上電極にリード電極を形成したアクチュエーター装置が知られている（例えば、特許文献１参照）。

また、スパッタエッチングにより半導体基板であるウェハーの表面に形成された自然酸化膜を除去する方法が知られている（例えば、特許文献２参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００７－７３９３１号公報

【特許文献２】特開２００７－２３４６６７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

個別電極にリード電極を形成する際に、個別電極の表面汚染を除去するために、スパッタエッチングを個別電極に対して行なうと、孤立した個別電極に電荷が溜まり、チャージアップを引き起こす。

チャージアップの程度は、圧電アクチュエーター毎、あるいはウェハー面内で異なり、各圧電素子に影響を及ぼし、圧電素子の圧電体層のヒステリシス特性のばらつきを生じる。圧電体層のヒステリシス特性のばらつきにより圧電アクチュエーターの変位特性もばらつく。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【０００７】

［適用例１］

基板上に振動板を形成する振動板形成工程と、前記振動板上に、個別電極と圧電体層とを備えた圧電素子を形成する圧電素子形成工程と、チャンバー内の圧力をＡｒガス流量が６０ｓｃｃｍ以上、８０ｓｃｃｍ以下で導入しながら０．５Ｐａ～１．５Ｐａに保ち、前記個別電極の表面をスパッタエッチングするスパッタエッチング工程と、を含み、前記スパッタエッチング工程において前記個別電極は露出しており、前記圧電素子形成工程と前記スパッタエッチング工程との間に絶縁膜形成工程がない、ことを特徴とする圧電アクチュエーターの製造方法。

【０００８】
この適用例によれば、個別電極とリード電極との密着性を高めるスパッタエッチングにおいて、チャンバー内の圧力をＡｒガス流量が６０ｓｃｃｍ以上、８０ｓｃｃｍ以下で導入しながら０．５Ｐａ～１．５Ｐａに保ち、前記個別電極の表面をスパッタエッチングすることにより、Ａｒガスの導入によるＡｒガスの流れによって、Ａｒイオンの個別電極表面での滞留時間が短くなる。したがって、イオン化したＡｒガスが表面に滞留することによる個別電極のチャージアップが抑えられ、チャージアップによる圧電素子への影響が少なくなり、圧電素子の圧電体層のヒステリシス特性のばらつきおよび変位特性のばらつきの少ない圧電アクチュエーターの製造方法が得られる。
また、Ａｒガス流量を８０ｓｃｃｍ以下で導入しながらスパッタエッチングすることによりエッチング量が抑制され、圧電アクチュエーター毎のエッチング量のばらつきも抑えられる。
【０００９】
［適用例２］
上記圧電アクチュエーターの製造方法であって、前記圧電素子形成工程は、共通電極としての下電極を前記振動板上に形成し、前記下電極上または前記振動板上に前記圧電体層を形成し、前記圧電体層に前記個別電極としての上電極を形成することを特徴とする圧電アクチュエーターの製造方法。
この適用例では、振動板に形成された下電極を共通電極とし、圧電体層に形成された上電極を個別電極とする圧電アクチュエーターにおいて、前述の効果を有する圧電アクチュエーターの製造方法が得られる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】インクジェット式記録ヘッドを示す分解部分斜視図。
【図２】（ａ）はインクジェット式記録ヘッドの部分平面図、（ｂ）は（ａ）におけるＡ－Ａ断面図。
【図３】インクジェット式記録ヘッドの製造方法を表すフローチャート図。
【図４】インクジェット式記録ヘッドの製造方法を表す圧力発生室の長手方向の断面図。
【図５】インクジェット式記録ヘッドの製造方法を表す圧力発生室の長手方向の断面図。
【図６】インクジェット式記録ヘッドの製造方法を表す圧力発生室の長手方向の断面図。
【図７】インクジェット式記録ヘッドの製造方法を表す圧力発生室の長手方向の断面図。
【図８】スパッタエッチング装置の概略図。
【図９】スパッタエッチング装置のＡｒガス流量とチャンバー内の圧力の関係を示した図。
【図１０】インクジェット式記録装置の一例を示す概略図。
【図１１】異なるスパッタエッチング条件によって製造された圧電体層のヒステリシス特性図。
【図１２】変位低下率（％）のＶｂｓ（Ｖ）依存性を示す図。
【図１３】ヒステリシス特性の評価として抗電圧を示す図。
【図１４】Ａｒガス流量と抗電圧のばらつきについて示す図。
【図１５】ウェハー内の位置におけるスパッタエッチング量を表す図。
【図１６】駆動電圧波形を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、実施形態を図面に基づいて詳しく説明する。
図１は、実施形態に係る圧電アクチュエーター１００を備えた装置として、例えば、インクジェット式記録ヘッド１の概略構成を示す分解斜視図であり、図２（ａ）はインクジェット式記録ヘッド１の部分平面図、図２（ｂ）は（ａ）のＡ－Ａ断面図である。
図１および図２において、インクジェット式記録ヘッド１は、流路形成基板１０とノズルプレート２０と保護基板３０とを備えている。インクジェット式記録ヘッド１は、流路

形成基板１０を、ノズルプレート２０と保護基板３０とで挟んで組み立てられている。

【００１２】

流路形成基板１０は、面方位（１１０）のシリコン単結晶基板からなり、その一方の面には予め熱酸化により弾性膜５０が形成されている。

流路形成基板１０には、隔壁１１によって区画された複数の圧力発生室１２が並設されている。また、流路形成基板１０の圧力発生室１２の長手方向外側の領域には連通部１３が形成され、連通部１３と各圧力発生室１２とが、圧力発生室１２毎に設けられたインク供給路１４を介して連通されている。

なお、連通部１３は、保護基板３０と連通して各圧力発生室１２の共通のインク室となるマニホールド２００の一部を構成する。インク供給路１４は、圧力発生室１２よりも狭い幅で形成されており、連通部１３から圧力発生室１２に流入するインクの流路抵抗を一定に保持している。

【００１３】

また、流路形成基板１０の開口面側には、各圧力発生室１２のインク供給路１４とは反対側の端部近傍に連通するノズル開口２１が穿設されたノズルプレート２０が、マスク膜５２を介して接着剤や熱溶着フィルム等によって固着されている。なお、ノズルプレート２０は、例えば、ガラスセラミックス、シリコン単結晶基板またはステンレス鋼などからなる。

【００１４】

一方、流路形成基板１０の開口面とは反対側には、圧電アクチュエーター１００が設けられている。圧電アクチュエーター１００は、振動板５３と駆動手段である圧電素子３００とを備えている。

振動板５３は、厚さが例えば、約１．０μｍの弾性膜５０と、弾性膜５０上に形成された酸化ジルコニウムからなる厚さが、約０．３５μｍの絶縁体膜５４とを備えている。

圧電素子３００は、振動板５３を介して圧力発生室１２と対向する領域に形成されている。

【００１５】

絶縁体膜５４上には、厚さが例えば、約０．１～０．２μｍの下電極６０と、厚さが例えば、約０．５～５μｍの圧電体層７０と、厚さが例えば、約０．０５μｍの上電極８０とからなる圧電素子３００が形成されている。

なお、一般的には、圧電素子３００の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層７０を圧力発生室１２毎にパターニングして構成する。実施形態では、下電極６０を圧電素子３００の共通電極とし、上電極８０を圧電素子３００の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。

【００１６】

また、圧電アクチュエーター１００は、リード電極９０を備えている。各圧電素子３００の上電極８０には、例えば、金（Ａｕ）等からなるリード電極９０がそれぞれ接続され、このリード電極９０を介して各圧電素子３００に選択的に電圧が印加されるようになっている。

【００１７】

流路形成基板１０には、圧電素子３００に対向する領域に、圧電素子３００を保護するための圧電素子保持部３１を有する保護基板３０が、接着剤等によって接合されている。

なお、圧電素子保持部３１は、圧電素子３００の運動を阻害しない程度の空間を確保できればよく、当該空間は密封されていても、密封されていなくてもよい。

また、保護基板３０には、連通部１３に対向する領域にリザーバ部３２が設けられており、このリザーバ部３２は、流路形成基板１０の連通部１３と連通されて各圧力発生室１２の共通のインク室となるマニホールド２００を構成している。

さらに、保護基板３０の圧電素子保持部３１とマニホールド２００との間の領域には、保護基板３０を厚さ方向に貫通する貫通孔３３が設けられ、この貫通孔３３内に下電極６０の一部およびリード電極９０の先端部が露出され、これら下電極６０およびリード電極

９０には、図示しない駆動ＩＣから延設される接続配線の一端が接続される。
保護基板３０としては、流路形成基板１０の熱膨張率と略同一の材料、例えば、ガラス、セラミック材料、シリコン単結晶基板等を用いるのが好ましい。
【００１８】
保護基板３０上には、封止膜４１および固定板４２とからなるコンプライアンス基板４０が接合されている。ここで、封止膜４１は、剛性が低く可撓性を有する材料、例えば、厚さが６μｍのポリフェニレンサルファイド（ＰＰＳ）フィルムからなり、この封止膜４１によってリザーバ部３２の一方面が封止されている。
また、固定板４２は、金属等の硬質の材料、例えば、厚さが３０μｍのステンレス鋼（ＳＵＳ）等で形成される。この固定板４２のマニホールド２００に対向する領域は、厚さ方向に完全に除去された開口部４３となっているため、マニホールド２００の一方面は可撓性を有する封止膜４１のみで封止されている。
【００１９】
インクジェット式記録ヘッド１では、インク供給手段からインクを取り込み、マニホールド２００からノズル開口２１に至るまで内部をインクで満たした後、駆動ＩＣからの記録信号に従い、圧力発生室１２に対応するそれぞれの下電極６０と上電極８０との間に電圧が印加される。電圧の印加によって、弾性膜５０および圧電体層７０がたわみ変形し、各圧力発生室１２内の圧力が高まりノズル開口２１からインク滴が吐出する。
【００２０】
以下、圧電アクチュエーター１００の製造方法を中心に、インクジェット式記録ヘッド１の製造方法について、図３～図７を参照して説明する。
図３は、インクジェット式記録ヘッド１の製造方法を表すフローチャート図であり、図４～図７は、圧力発生室１２の長手方向の断面図である。
【００２１】
図３において、インクジェット式記録ヘッド１の製造方法は、振動板形成工程としてのステップ１（Ｓ１）と、圧電素子形成工程としてのステップ２（Ｓ２）と、スパッタエッチング工程としてのステップ３（Ｓ３）と、リード電極形成工程としてのステップ４（Ｓ４）と、保護基板接合工程としてのステップ５（Ｓ５）と、流路形成基板エッチング工程としてのステップ６（Ｓ６）とを含む。
ここで、圧電アクチュエーター１００の製造方法は、振動板形成工程（Ｓ１）と、圧電素子形成工程（Ｓ２）と、スパッタエッチング工程（Ｓ３）と、リード電極形成工程（Ｓ４）とを含む。
【００２２】
図４（ａ）および図４（ｂ）に、振動板形成工程（Ｓ１）を示した。
図４（ａ）において、シリコンウェハーである流路形成基板用ウェハー１１０を約１１００℃の拡散炉で熱酸化し、その表面に弾性膜５０を構成する二酸化シリコン膜５１を形成する。例えば、流路形成基板用ウェハー１１０として、膜厚が約６２５μｍと比較的厚く剛性の高いシリコンウェハーを用いることができる。
【００２３】
図４（ｂ）において、流路形成基板用ウェハー１１０の片面側の二酸化シリコン膜５１上に、酸化ジルコニウム（ZrO_2）からなる絶縁体膜５４を形成する。具体的には、二酸化シリコン膜５１上に、例えば、スパッタリング法等によりジルコニウム（Ｚｒ）層を形成後、このジルコニウム層を、例えば、５００～１２００℃の拡散炉で熱酸化することにより酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜５４を形成する。弾性膜５０と絶縁体膜５４とで振動板５３が形成される。
【００２４】
図４（ｃ）～図５（ｆ）に、圧電素子形成工程（Ｓ２）を示した。
図４（ｃ）において、白金（Ｐｔ）、イリジウム（Ｉｒ）等からなる下電極膜６００を絶縁体膜５４の全面に形成後、所定形状にパターニングする。
例えば、イリジウムからなる膜と、白金からなる膜とをスパッタリング法により積層し

、積層された複数の膜を所定形状にパターニングすることにより、図４（ｄ）に示す下電極６０が得られる。

【００２５】

図４（ｄ）において、下電極６０および絶縁体膜５４上に、圧電材料からなる圧電体層膜７００を形成する。圧電材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）からなる圧電体層膜７００を用いることができる。

圧電体層膜７００の製造方法としては、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体層膜７００を得る、いわゆるゾル－ゲル法を用いることができる。

なお、ゾル－ゲル法に限定されず、例えば、ＭＯＤ（Ｍｅｔａｌ　Ｏｒｇａｎｉｃ　Ｄｅｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ）法等を用いてもよい。

【００２６】

ゾル－ゲル法を詳しく説明すると、まず金属有機化合物を含むゾル（溶液）を塗布する。次いで、塗布により得られる圧電体前駆体膜を、所定温度に加熱して一定時間乾燥させ、ゾルの溶媒を蒸発させることで圧電体前駆体膜を乾燥させる。さらに、大気雰囲気下において一定の温度で一定時間、圧電体前駆体膜を脱脂する。

なお、ここで言う脱脂とは、ゾル膜の有機成分を、例えば、NO_2、CO_2、H_2O等として離脱させることである。

【００２７】

このような塗布・乾燥・脱脂の工程を、所定回数、例えば、２回繰り返すことで、圧電体前駆体膜を所定厚に形成し、この圧電体前駆体膜を拡散炉等で加熱処理することによって結晶化させて圧電体膜を形成する。すなわち、圧電体前駆体膜を焼成することで結晶が成長して圧電体膜が形成される。

焼成温度は、６５０～８５０℃程度であることが好ましく、例えば、約７００℃で３０分間、圧電体前駆体膜を焼成して圧電体膜を形成する。このような条件で形成した圧電体膜の結晶は（１００）面に優先配向する。

上述した塗布・乾燥・脱脂・焼成の工程を、複数回繰り返すことにより、多層の圧電体膜からなる所定厚さの圧電体層膜７００を形成する。

【００２８】

圧電体層膜７００の材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛等の強誘電性圧電性材料に、ニオブ、ニッケル、マグネシウム、ビスマス又はイットリウム等の金属を添加したリラクサ強誘電体等を用いてもよい。

【００２９】

図５（ｅ）において、圧電体層膜７００を形成した後は、例えば、イリジウム、金（Ａｕ）等からなる上電極膜８００を圧電体層膜７００の全面に形成する。上電極膜８００は、スパッタリング法、例えば、ＤＣまたはＲＦスパッタリング法によって形成することができる。

【００３０】

図５（ｆ）において、圧電体層膜７００および上電極膜８００を、図１および図２に示した各圧力発生室１２に対向する領域にパターニングして圧電素子３００を形成する。

【００３１】

図５（ｇ）において、スパッタエッチング工程（Ｓ３）では、上電極８０の表面をスパッタエッチングして表面汚染を除去する。図８に、スパッタエッチング装置４００の概略図を示した。

図８において、スパッタエッチング装置４００は、チャンバー４１０とマグネットコイル４２０とを備えている。

マグネットコイル４２０はチャンバー４１０の片側に配置されている。また、マグネットコイル４２０が配置された側とは反対側のチャンバー４１０内には、石英リング４３０が設けられ、上電極８０まで形成された流路形成基板用ウェハー１１０がセットされている。また、チャンバー４１０の内側と、マグネットコイル４２０と流路形成基板用ウェハ

ー１１０との間には、スパッタされた物質がチャンバー４１０の内側やマグネットコイル４２０に付着するのを防ぐ防着板４５０が配置されている。

【００３２】

ガスの導入は、以下に示す様に行なわれる。

石英リング４３０の外周の一箇所に、ガス導入口４４０が設けられている。一方、ガス導入口４４０に対し、石英リング４３０を挟んだ反対側には、チャンバー４１０の排気口４６０が設けられている。

導入されたガスのチャンバー４１０中での流れは、ガス導入口４４０から排気口４６０に向かう。

【００３３】

上電極８０の表面のスパッタエッチングには、導入ガスとして、例えば、Ａｒガスを用いることができる。スパッタエッチング装置４００の排気能力によって異なるが、チャンバー４１０内の圧力は、Ａｒガス流量を６０ｓｃｃｍ以上、８０ｓｃｃｍ以下で導入しながら、０．５Ｐａ～１．５Ｐａに保つのが好ましい。

図９は、実施例で使用したスパッタエッチング装置４００のＡｒガス流量とチャンバー内の圧力の関係を示した図である。Ａｒガス流量とチャンバー内の圧力とは一対一で対応している。装置の排気能力によってＡｒガス流量とチャンバー内の圧力の関係は異なるが、Ａｒガス流量を制御することが必要である。

【００３４】

図６（ｈ）において、リード電極形成工程（Ｓ４）では、流路形成基板用ウェハー１１０の全面に亘って、例えば、金（Ａｕ）等からなる金属層９１を形成し、その後、例えば、レジスト等からなる図示しないマスクパターンを介して金属層９１を圧電素子３００毎にパターニングすることによってリード電極９０を形成する。

【００３５】

図６（ｉ）において、保護基板接合工程（Ｓ５）では、流路形成基板用ウェハー１１０の圧電素子３００側に、シリコンウェハーであり複数の保護基板３０となる保護基板用ウェハー１３０を接合する。

なお、この保護基板用ウェハー１３０は、例えば、４００μｍ程度の厚さを有するため、保護基板用ウェハー１３０を接合することによって流路形成基板用ウェハー１１０の剛性は著しく向上することになる。

【００３６】

図６（ｊ）～図７（ｌ）に、流路形成基板エッチング工程（Ｓ６）を示した。

図６（ｊ）において、流路形成基板用ウェハー１１０をある程度の厚さとなるまで研磨した後、さらにフッ硝酸によってウェットエッチングすることにより流路形成基板用ウェハー１１０を所定の厚みにする。例えば、約７０μｍ厚になるように流路形成基板用ウェハー１１０をエッチング加工することができる。

【００３７】

図７（ｋ）および図７（ｌ）において、流路形成基板用ウェハー１１０上に、例えば、窒化シリコン（ＳｉＮ）からなるマスク膜５２を新たに形成し、所定形状にパターニングする。そして、このマスク膜５２を介して流路形成基板用ウェハー１１０を異方性エッチングすることにより、流路形成基板用ウェハー１１０に圧力発生室１２、連通部１３およびインク供給路１４等を形成する。

【００３８】

最後に、流路形成基板用ウェハー１１０および保護基板用ウェハー１３０の外周縁部の不要部分を、例えば、ダイシング等により切断することによって除去する。そして、流路形成基板用ウェハー１１０の保護基板用ウェハー１３０とは反対側の面に、ノズル開口２１が穿設されたノズルプレート２０を接合すると共に、保護基板用ウェハー１３０にコンプライアンス基板４０を接合する。得られた流路形成基板用ウェハー１１０等を図１および図２に示すような一つのチップサイズの流路形成基板１０等に分割することによって、インクジェット式記録ヘッド１が得られる。

【００３９】
インクジェット式記録ヘッド１は、インク供給手段であるインクのカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。
図１０は、本実施形態にかかる液体噴射装置の一例としてのインクジェット式記録装置１０００を示す概略斜視図である。
図１０において、インクジェット式記録装置１０００は、記録媒体である記録シートＳに液体としてのインクを噴射して記録を行う装置である。
インクジェット式記録装置１０００は、インクジェット式記録ヘッド１を有する記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂを備えている。記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂには、インク供給手段を構成するカートリッジ２Ａおよび２Ｂが着脱可能に設けられている。
ここで、インクジェット式記録ヘッド１は、記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂの記録シートＳと対向する側に設けられており、図１０においては図示されていない。
【００４０】
記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂを搭載したキャリッジ３は、装置本体４に取り付けられたキャリッジ軸５に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂは、例えば、それぞれブラックインク組成物およびカラーインク組成物を吐出するものである。
【００４１】
そして、駆動モーター６の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト７を介してキャリッジ３に伝達されることで、記録ヘッドユニット１Ａおよび１Ｂを搭載したキャリッジ３はキャリッジ軸５に沿って移動する。
一方、装置本体４にはキャリッジ３に沿ってプラテン８が設けられている。このプラテン８は図示しない紙送りモーターの駆動力により回転できるようになっており、給紙ローラーなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートＳがプラテン８に巻き掛けられて搬送されるようになっている。
【００４２】
（実施例）
図５（ｇ）に示すスパッタエッチング工程（Ｓ３）は、図８に示すチャンバー４１０内で行なわれるが、チャンバー内の真空度および導入するＡｒガス流量は図９に示すように変化する。
【００４３】
図１１には、異なるスパッタエッチング条件および図５（ｇ）に示した流路形成基板用ウェハー１１０上の異なる位置で製造された圧電体層７０のヒステリシス特性図を例として示した。横軸が電圧（Ｖｏｌｔａｇｅ（Ｖ））、縦軸が分極（Ｐｏｌａｒｉｚａｔｉｏｎ（μＣ／ｃｍ^2））を表している。
図１１において、抗電圧Ｖｃ－での値が、－２Ｖ付近でばらついているのがわかる。抗電圧Ｖｃ－がばらつくと、パルス耐久試験後の変位低下率が高くなる。
【００４４】
図１２は、変位低下率（％）の駆動電圧依存性を示す図である。横軸がＶｂｓ－Ｖｃ－（Ｖ）、縦軸が変位低下率（％）を表している。
Ｖｂｓとは、図１６に示す駆動電圧波形のうち最も低い電圧をいう。サンプルとして、２５億パルス耐久後を１サンプル、５０億パルス耐久後を２サンプル、１００億パルス耐久後を１サンプル用意した。
図１２において、Ｖｂｓ－Ｖｃ－がプラス側で０Ｖに近いほど変位低下率のばらつきが小さくなる。０Ｖに近くてもマイナス側だと変位低下率のばらつきは大きくなる。Ｖｃ－のばらつきが大きいと変位低下率のばらつきを抑えようとしてＶｂｓを大きくとらざるをえなくなるが、図１２からこれは同時に変位の低下率を増加させることになる。逆にＶｃ－のばらつきが小さいと、ＶｂｓをＶｃ－のばらつきが許す範囲で小さくでき、変位低下率のばらつきを小さくできる。

【００４５】
以下に、実施例を実施例１～実施例３を例に具体的に示す。
図１３は、実施例１～実施例３における圧電体層７０のヒステリシス特性の評価として、抗電圧Ｖｃ－を示す図である。横軸が圧電体層７０の流路形成基板用ウェハー１１０での位置、縦軸が抗電圧Ｖｃ－を表している。
実施例１は、Ａｒガス流量を２０ｓｃｃｍ、実施例２は、Ａｒガス流量を４０ｓｃｃｍ、実施例３は、Ａｒガス流量を８０ｓｃｃｍとした。いずれの実施例においても、マグネットコイル４２０へのマグネット電流は、入力が３．０Ａで、出力が７．０Ａであった。また、スパッタエッチング時間は、１２４秒で行なった。
【００４６】
図１３において、横軸には、流路形成基板用ウェハー１１０内の４個のインクジェット式記録ヘッド１の位置および一つのインクジェット式記録ヘッド１内の各圧電素子３００の位置を５個おきに示している。４個のインクジェット式記録ヘッド１は、それぞれ１ａ、１ｂ、１ｃ、１ｄで表した。横軸の中心が流路形成基板用ウェハー１１０の中心位置にあたり、両側に行くほど、流路形成基板用ウェハー１１０の外周に近い位置となる。
【００４７】
いずれのインクジェット式記録ヘッド１内においても流量が大きくなると抗電圧Ｖｃ－の値のばらつきが少なくなり、ヒステリシス特性の分布も小さくなる。また、流量が大きくなると、抗電圧Ｖｃ－の値のインクジェット式記録ヘッド１間のばらつきも少なくなり、ヒステリシス特性の分布も小さくなる。
【００４８】
流路形成基板用ウェハー１１０の中心部に向かうほど、抗電圧Ｖｃ－が大きくなる傾向があるが、マグネットコイル４２０によって発生したプラズマの中心の濃度が外周部と比較して濃いためと思われる。また、インクジェット式記録ヘッド１間で抗電圧Ｖｃ－の値が不連続になっているのは、流路形成基板用ウェハー１１０に形成されたインクジェット式記録ヘッド１間には、ダイシング等により切断するための隙間があり、この隙間の影響と思われる。
【００４９】
図１４は、Ａｒガス流量と抗電圧Ｖｃ－のばらつきについて示した図である。縦軸の抗電圧Ｖｃ－のばらつきは、抗電圧Ｖｃ－の最大値と最小値の平均で表した。横軸は、Ａｒガス流量である。
図１４において、Ａｒガス流量が増えるほどばらつきが少なくなるのがわかる。
【００５０】
一方、Ａｒガス流量を増やした場合のスパッタエッチング量の分布を調べた。
図１５は、流路形成基板用ウェハー１１０内の位置におけるスパッタエッチング量を表す図である。横軸は流路形成基板用ウェハー１１０の中心からの距離を表し、縦軸が中心におけるスパッタ量を１とした場合の比率を示している。Ａｒガス流量は、２０ｓｃｃｍ、４０ｓｃｃｍ、６０ｓｃｃｍ、８０ｓｃｃｍ、１６０ｓｃｃｍで行なった。
図１５において、Ａｒガス流量が１６０ｓｃｃｍにおいては、エッチング量のばらつきが大きくなることがわかる。
【００５１】
このような実施形態によれば、以下の効果がある。
（１）上電極８０とリード電極９０との密着性を高めるスパッタエッチングにおいて、上電極８０の表面を、Ａｒガス流量を６０ｓｃｃｍ以上で導入しながらスパッタエッチングすることにより、Ａｒガスの導入によるＡｒガスの流れによって、Ａｒイオンの上電極８０表面での滞留時間を短くできる。したがって、イオン化したＡｒガスが表面に滞留することによる上電極８０のチャージアップを抑えることができ、チャージアップによる圧電素子３００への影響を少なくでき、圧電素子３００の圧電体層７０のヒステリシス特性のばらつきおよび変位特性のばらつきの少ない圧電アクチュエーター１００の製造方法を得ることができる。

また、Ａｒガス流量を８０ｓｃｃｍ以下で導入しながらスパッタエッチングすることによりエッチング量が抑制され、圧電アクチュエーター１００毎のエッチング量のばらつきも抑えることができる。

【００５２】

（２）振動板５３に形成された下電極６０を共通電極とし、圧電体層７０に形成された上電極８０を個別電極とする圧電アクチュエーター１００において、前述の効果を有する圧電アクチュエーター１００の製造方法を得ることができる。

【００５３】

実施形態および実施例以外にも、種々の変更を行うことが可能である。

例えば、上述した実施形態および実施例では、液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを挙げて説明したが、本発明は広く液体噴射ヘッド全般を対象としたものであり、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにも勿論適用することができる。

その他の液体噴射ヘッドとしては、例えば、プリンター等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルターの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ＥＬディスプレイ、ＦＥＤ（電界放出ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオｃｈｉｐ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。

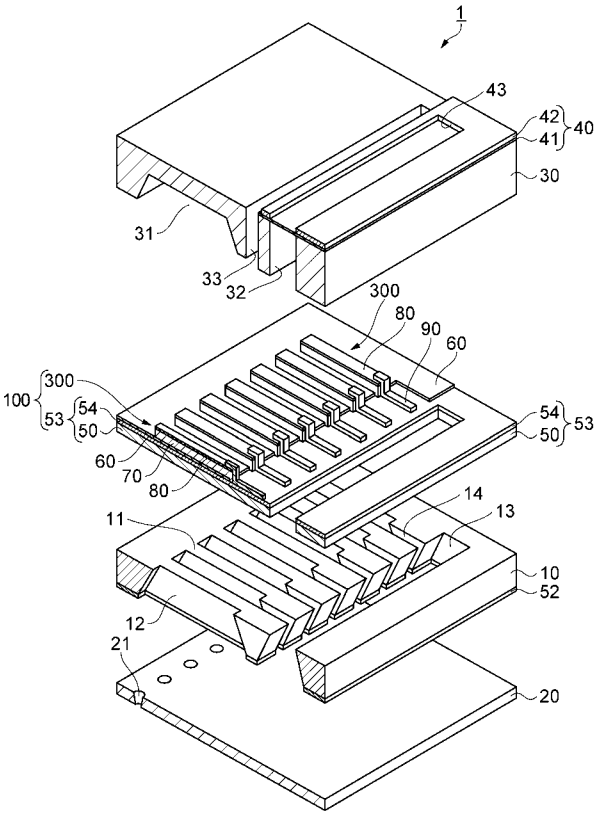
また、液体噴射ヘッドに圧力発生手段として搭載されるアクチュエーターだけでなく、あらゆる装置に搭載されるアクチュエーターに適用することができる。例えば、アクチュエーターは、上述したヘッドの他に、センサー等にも適用することができる。

【符号の説明】

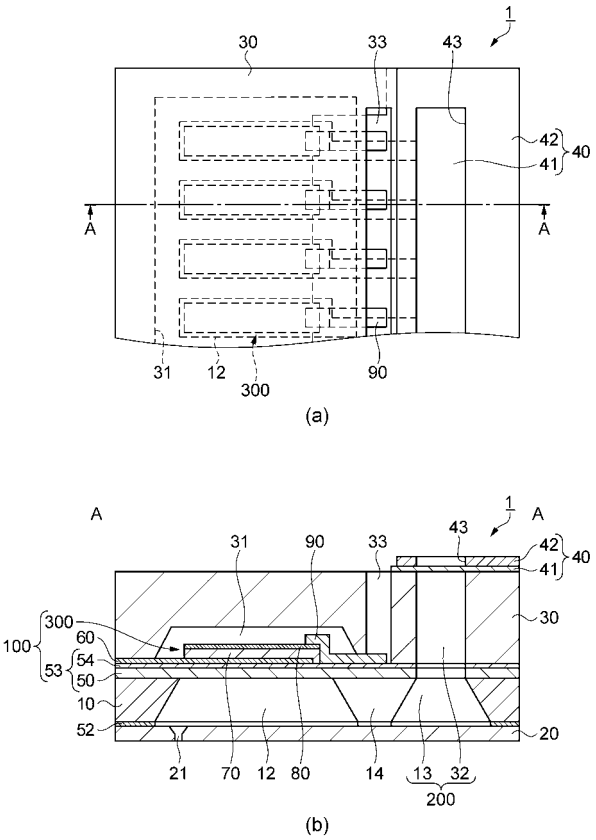
【００５４】

５３…振動板、６０…共通電極としての下電極、７０…圧電体層、８０…個別電極としての上電極、９０…リード電極、１００…圧電アクチュエーター、３００…圧電素子。

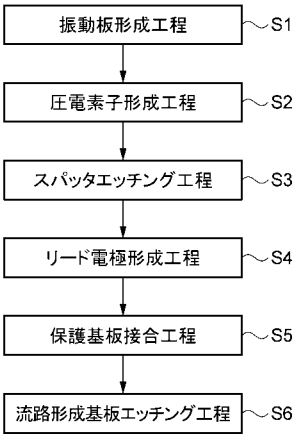
【図１】



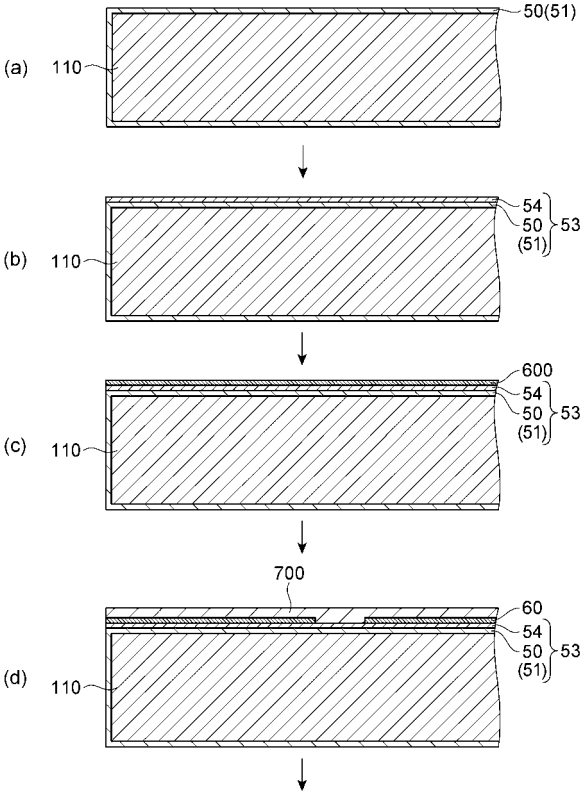
【図２】



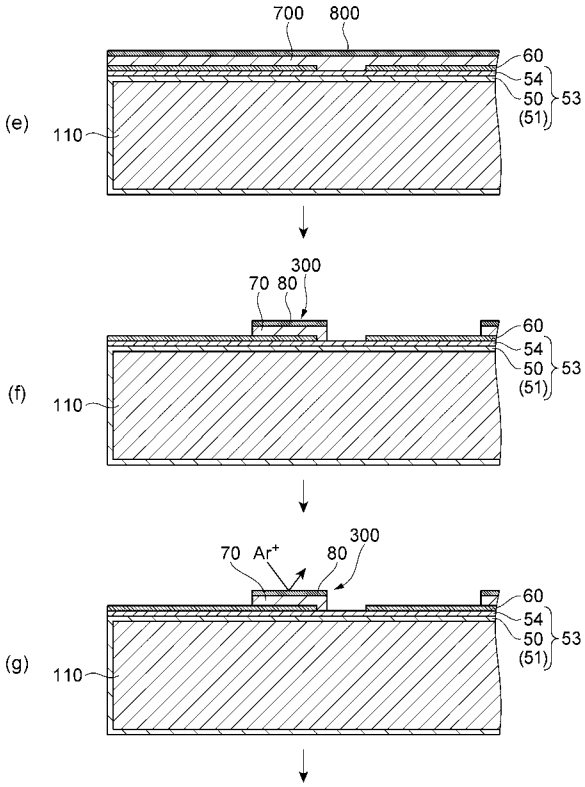
【図３】


振動板形成工程
S1
圧電素子形成工程
S2
スパッタエッチング工程
S3
リード電極形成工程
S4
保護基板接合工程
S5
流路形成基板エッチング工程
S6

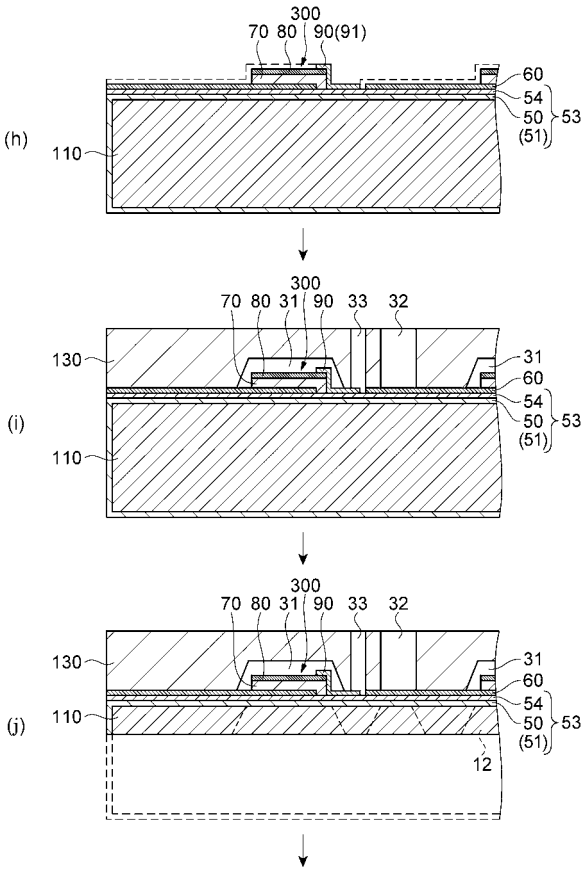
【図４】


(a)
110
50(51)
(b)
110
54
50
(51)
53
(c)
110
600
54
50
(51)
53
(d)
110
700
60
54
50
(51)
53

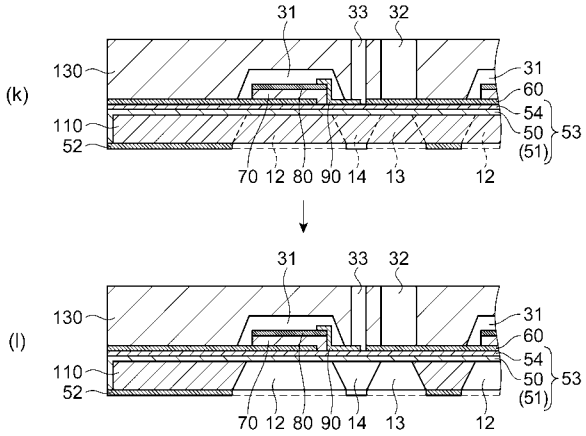
【図５】


(e)
110
700
800
60
54
50
(51)
53
(f)
110
300
70
80
60
54
50
(51)
53
(g)
110
70
Ar+
80
300
60
54
50
(51)
53

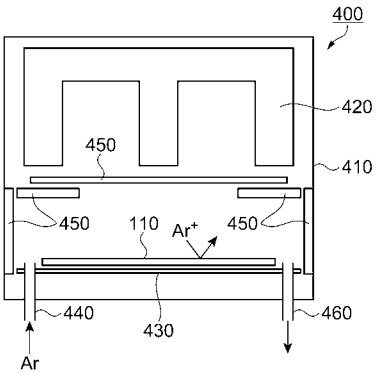
【図６】


(h)
110
300
70
80
90(91)
60
54
50
(51)
53
(i)
130
110
300
70
80
31
90
33
32
31
60
54
50
(51)
53
(j)
130
110
300
70
80
31
90
33
32
31
60
54
50
(51)
53
12

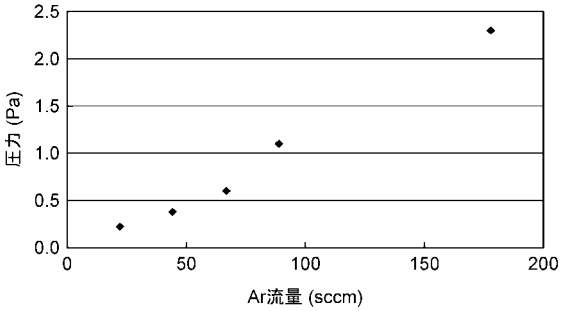
【図７】



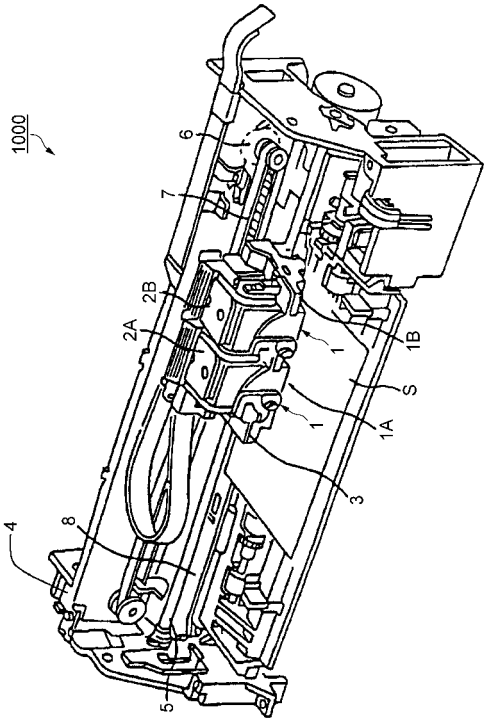
【図８】



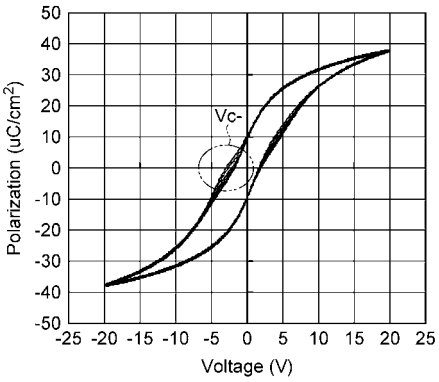
【図９】



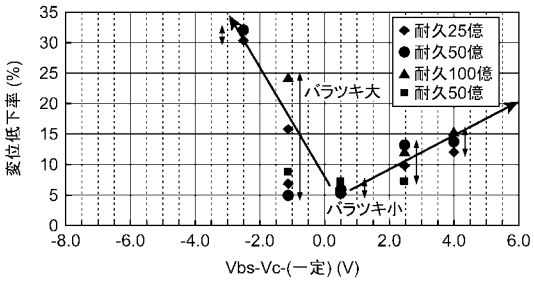
【図１０】



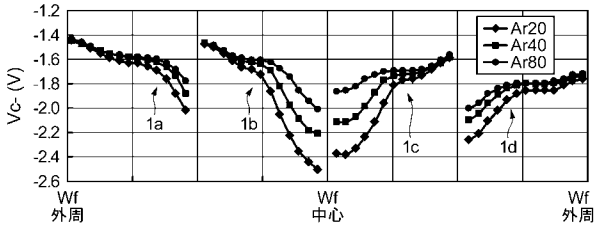
【図１１】



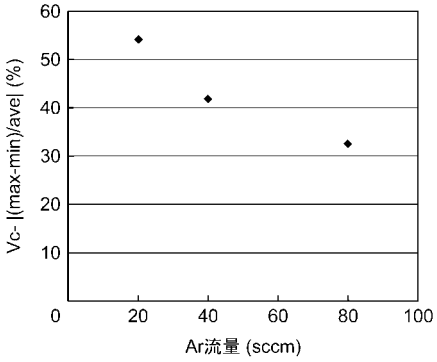
【図１２】



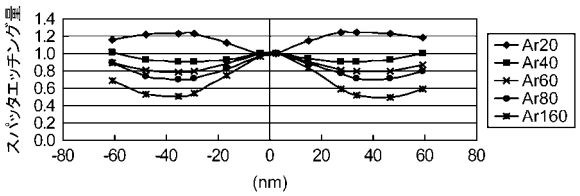
【図１３】



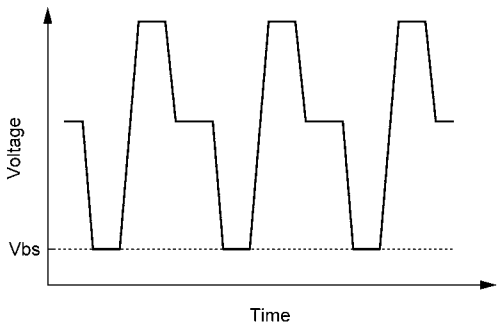
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
B41J 2/16 301
B41J 2/16 305
B41J 2/16 517
B81C 1/00

(72)発明者 島田 勝人
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
(72)発明者 亀井 宏行
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
(72)発明者 米倉 由香
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
(72)発明者 ▲高▼部 本規
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

審査官 井出 和水

(56)参考文献 特開２００７－２１６４２９（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２９８９７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０２６０５４（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２７２３２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１２０９５７（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２３２２９３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ４１／００ － Ｈ０１Ｌ ４１／４７
Ｂ４１Ｊ ２／１４
Ｂ４１Ｊ ２／１６
Ｂ８１Ｃ １／００