

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5645863号
(P5645863)

(45) 発行日 平成26年12月24日(2014.12.24)

(24) 登録日 平成26年11月14日(2014.11.14)

(51) Int.Cl.

F 1

B 41 J 2/16 (2006.01)
B 41 J 2/14 (2006.01)B 41 J 2/16 401
B 41 J 2/16 507
B 41 J 2/16 517
B 41 J 2/14 613

請求項の数 16 (全 35 頁)

(21) 出願番号

特願2012-57638 (P2012-57638)

(22) 出願日

平成24年3月14日(2012.3.14)

(65) 公開番号

特開2013-188968 (P2013-188968A)

(43) 公開日

平成25年9月26日(2013.9.26)

審査請求日

平成25年9月2日(2013.9.2)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

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 ▲高▼橋 秀治

神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
富士フィルム株式会社内

審査官 島▲崎▼ 純一

(56) 参考文献 特開平09-216360 (JP, A)

特開2008-049673 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ノズルプレートの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化膜の一面側に面方位が(111)の第1シリコン基板と、面方位が(100)の第2シリコン基板とを順番に積層してなる積層基板の前記第2シリコン基板上においてノズルを形成すべき位置に、第1開口部を有する枠形状のマスクパターン層を形成するマスクパターン層形成工程と、

前記第1開口部から前記第2シリコン基板と前記第1シリコン基板とを貫通して前記酸化膜の一面まで達する非貫通穴を形成することで、前記第1シリコン基板に前記ノズルのストレート部を形成する非貫通穴形成工程と、

前記第2シリコン基板上の前記マスクパターン層で覆われていない第1の部分と、前記非貫通穴を形成する前記第1及び第2シリコン基板の内面とにそれぞれ保護膜を形成する保護膜形成工程と、

前記第2シリコン基板上から前記マスクパターン層を除去することで、前記第2シリコン基板上の前記マスクパターン層で覆われていた第2の部分を露呈させるマスクパターン層除去工程と、

前記保護膜をマスクとして、前記第2シリコン基板を前記第2の部分から前記第1シリコン基板に達するまで結晶異方性エッティングする結晶異方性エッティング工程であって、前記結晶異方性エッティングにより露呈された前記第2シリコン基板の(111)面により、前記ストレート部に連通しつつ当該ストレート部に近づくのに従って次第に先細りとなる前記ノズルのテーパ部を形成する結晶異方性エッティング工程と、

10

20

前記保護膜を除去する保護膜除去工程と、

前記ストレート部の前記酸化膜側の開口を露呈させる開口露呈工程と、を有し、

前記第1シリコン基板の厚みを調整することにより、前記ストレート部の長さを決定するノズルプレートの製造方法。

【請求項2】

前記マスクパターン層形成工程では前記第1開口部を円形状に形成し、前記非貫通穴形成工程では前記非貫通穴を丸孔形状に形成することで、前記ストレート部を丸孔形状に形成する請求項1記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項3】

前記マスクパターン層形成工程では、前記マスクパターン層の外形を四角形状に形成する請求項1または2記載のノズルプレートの製造方法。 10

【請求項4】

前記第2シリコン基板の厚みを調整することにより、前記テープ部の長さを決定する請求項1から3のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項5】

前記結晶異方性エッティング工程では、前記第1シリコン基板が前記第2シリコン基板を結晶異方性エッティングする際のエッティングストップとして機能する請求項1から4のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項6】

前記マスクパターン層形成工程は、

20

前記第2シリコン基板上にマスク層を形成するマスク層形成工程と、

前記マスク層上の前記ノズルを形成すべき位置に対応する位置に、前記マスクパターン層に対応する形状の第1レジストパターン層を形成する第1レジストパターン層形成工程と、

前記第1レジストパターン層をマスクとして前記マスク層をエッティングすることで、前記マスクパターン層を形成するマスク層エッティング工程と、

前記第1レジストパターン層を除去する第1レジストパターン層除去工程と、

を有する請求項1から5のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項7】

前記非貫通穴形成工程は、

30

前記第2シリコン基板及び前記マスクパターン層上に、前記第1開口部を露呈させる第2開口部を有する第2レジストパターン層を形成する第2レジストパターン層形成工程と、

前記第2レジストパターン層をマスクとして前記第2シリコン基板及び前記第1シリコン基板を順番にエッティングして、前記非貫通穴を形成するシリコン基板エッティング工程と、

前記第2レジストパターン層を除去する第2レジストパターン層除去工程と、
を有する請求項1から6のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項8】

前記マスクパターン層は耐熱酸化性を有する材料で形成されており、

40

前記保護膜形成工程は、前記第2シリコン基板上の前記第1の部分と、前記非貫通穴を形成する前記第1及び第2シリコン基板の内面とにそれぞれ前記保護膜として熱酸化膜を形成する請求項1から7のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項9】

前記開口露呈工程は、前記酸化膜を除去することにより、前記ストレート部の前記酸化膜側の開口を露呈させる請求項1から8のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項10】

前記保護膜形成工程は、

前記第2シリコン基板の前記第1の部分上と、前記マスクパターン層上と、前記非貫通

50

穴の内部とに前記保護膜を形成する保護膜全面形成工程と、

前記第1の部分上に形成された前記保護膜を覆う第3レジストパターン層を形成する第3レジストパターン層形成工程と、

前記第3レジストパターン層をマスクとして、前記マスクパターン層上に形成された前記保護膜と、前記非貫通穴の底部に形成された前記保護膜とをエッチングにより除去する保護膜エッチング工程と、

を有する請求項1から7のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項11】

前記酸化膜の他面側には面方位が(110)の第3シリコン基板が設けられており、

前記マスクパターン層除去工程では、前記非貫通穴を通して前記酸化膜をエッチングすることで前記酸化膜に前記非貫通穴と同軸の第3開口部を形成して、前記第3シリコン基板の前記酸化膜と対向する対向面の一部を露呈させる請求項10記載のノズルプレートの製造方法。 10

【請求項12】

前記結晶異方性エッチング工程では、前記非貫通穴及び前記第3開口部を通して前記第3シリコン基板を前記対向面の一部から前記対向面とは反対側の反対面に向かって結晶異方性エッチングすることで、前記第3シリコン基板の前記対向面側にザグリ穴を形成する請求項11記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項13】

前記開口露呈工程では、前記第3シリコン基板を前記反対面側から研磨または研削して前記ザグリ穴を露呈させる請求項12記載のノズルプレートの製造方法。 20

【請求項14】

前記積層基板は、第3シリコン基板上に前記酸化膜及び前記第1シリコン基板を順番に積層してなるSOI基板と、前記第1シリコン基板上に積層された前記第2シリコン基板とを有するものであり、

前記開口露呈工程では、前記第3シリコン基板と前記酸化膜とを順番に除去する請求項1から9のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項15】

前記積層基板は、面方位が(110)の第3シリコン基板上に前記酸化膜及び前記第1シリコン基板を順番に積層してなるSOI基板と、前記第1シリコン基板上に積層された前記第2シリコン基板とを有する請求項10から13のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。 30

【請求項16】

前記マスクパターン層形成工程の前に、前記積層基板を準備する積層基板準備工程を有する請求項1から15のいずれか1項記載のノズルプレートの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ストレート部とテープ部とを有するノズルを備えるノズルプレートの製造方法に関する。 40

【背景技術】

【0002】

一般に、インクジェット記録装置のインクジェットヘッドは、複数のノズル（ノズル孔ともいう）が形成されたノズルプレートを備えている。インクジェットヘッドは、例えば圧電素子や発熱素子などから与えられる吐出エネルギーを利用して圧力室内のインクを加圧することで、圧力室に連通するノズルからインク滴をそれぞれ吐出して記録媒体上に記録を行う。

【0003】

ノズルプレート（ノズル形成基板ともいう）には、ノズル開口と、ノズル開口から垂直方向に延びて形成されたストレート部と、このストレート部のノズル開口とは反対側に形 50

成され、ストレート部に対して傾斜した略漏斗状のテーパ部と、を含むノズルが形成されているものが良く知られている。ストレート部とテーパ部との間に略直角の段差が形成されていないので、インクに気泡が残留している場合であってもこの気泡が段差部に残留して吐出性能を低下させることが防止される。これにより、スムーズなインク液滴の吐出が可能となる。

【0004】

このようなノズルプレートは、例えば特許文献1に記載されているように、積層基板形成工程と、エッティング窓形成工程と、第1エッティング工程と、第2エッティング工程とを経て形成される。積層基板形成工程では、面方位が (110) のシリコン基板（以下、 (110) 基板と略す）上に、面方位が (100) のシリコン基板（以下、 (100) 基板と略す）を接合して積層基板を形成する。エッティング窓形成工程では、 (100) 基板上においてノズルを形成すべき位置にエッティング窓を形成する。なお、ノズルを形成すべき位置以外の領域はマスクで覆われる。

【0005】

第1エッティング工程では、エッティング窓を介して (100) 基板を結晶異方性エッティングする。結晶異方性エッティングにより、 (100) 基板の (111) 面と、 (110) 基板の四角形の上面（以下、四角形上面という）とが露呈することで、 (100) 基板から (110) 基板に向かって次第に先細り形状となるエッティング穴が形成される。このエッティング穴を形成している (100) 基板の (111) 面によって、 (100) 基板にノズルのテーパ部が略四角錐形状に形成される。

【0006】

第2エッティング工程では、結晶異方性エッティングにより露呈された (110) 基板の四角形上面から (110) 基板を結晶異方性エッティングする。結晶異方性エッティングにより (110) 基板の (111) 面が露呈することで、 (110) 基板にテーパ部と連通する四角孔形状のノズルのストレート部が形成される。

【0007】

このように (100) 基板に形成されたエッティング穴を介して (110) 基板をエッティングしてストレート部を形成している、すなわち、1回のフォトリソグラフィ（エッティング窓形成工程）でノズルのテーパ部とストレート部の位置を規定することで、テーパ部とストレート部とは同軸に形成される。その結果、テーパ部とストレート部との位置ずれが防止される。

【0008】

また、面方位の異なる両基板にテーパ部とストレート部とをそれぞれ形成しているので、両基板の厚みを調整することにより、テーパ部とストレート部の長さ（ノズルプレートの厚み方向の長さ）を決定することができる。その結果、テーパ部及びストレート部の長さを高精度に管理することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平7-201806号公報（図29～図31参照）

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献1記載のノズルプレートの製造方法では、面方位の異なる両基板にストレート部とテーパ部とをそれぞれ形成することで、テーパ部及びストレート部の位置ずれ防止と高精度な長さの管理とを可能にしている。しかしながら、特許文献1記載のノズルの製造方法では、エッティング窓の大きさが同じであっても、 (100) 基板の厚みに応じて第1エッティング工程で露呈される (110) 基板の四角形上面の大きさが変わるので、ノズルのストレート部の孔径も変化してしまう（特許文献1の段落110参照）。従って、ストレート部の孔径は、エッティング窓の大きさと (100) 基板の厚みとの計2つのパラメー

50

タで決定される。エッティング窓の大きさと (100) 基板の厚みとはそれぞれ高精度に管理することができるものの、パラメータが複数ある場合にはストレート部（その開口の大きさ）を高精度に形成するのには限界がある。

【0011】

また、積層基板が (100) 基板と (110) 基板の2層構造である場合には、積層基板の厚みが薄くなるので、ハンドリング性が悪く破損するおそれがある。さらに、 (111) 基板にストレート部を形成しているので、ストレート部は四角孔形状に限定されてしまう。ストレート部が四角孔形状であると、液滴吐出時に四角形の角の部分と他の部分との流速が異なってしまうので、ゴミの付着や固化の原因となり好ましくない。

【0012】

本発明の目的は、面方位が異なるシリコン基板にノズルのストレート部とテーパ部とをそれぞれ形成する際ににおける、ストレート部の高精度な形成と、積層基板の破損防止と、ストレート部の孔形状の調整とが可能なノズルプレート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】

【0013】

本発明の目的を達成するためのノズルプレートの製造方法は、酸化膜の一面側に面方位が (111) の第1シリコン基板と、面方位が (100) の第2シリコン基板とを順番に積層してなる積層基板の第2シリコン基板上においてノズルを形成すべき位置に、第1開口部を有する枠形状のマスクパターン層を形成するマスクパターン層形成工程と、第1開口部から第2シリコン基板と第1シリコン基板とを貫通して酸化膜の一面まで達する非貫通穴を形成することで、第1シリコン基板にノズルのストレート部を形成する非貫通穴形成工程と、第2シリコン基板上のマスクパターン層で覆われていない第1の部分と、非貫通穴を形成する第1及び第2シリコン基板の内面とにそれぞれ保護膜を形成する保護膜形成工程と、第2シリコン基板上からマスクパターン層を除去することで、第2シリコン基板上のマスクパターン層で覆われていた第2の部分を露呈させるマスクパターン層除去工程と、保護膜をマスクとして、第2シリコン基板を第2の部分から第1シリコン基板に達するまで結晶異方性エッティングする結晶異方性エッティング工程であって、結晶異方性エッティングにより露呈された第2シリコン基板の (111) 面により、ストレート部に連通しかつこのストレート部に近づくのに従って次第に先細りとなるノズルのテーパ部を形成する結晶異方性エッティング工程と、保護膜を除去する保護膜除去工程と、ストレート部の酸化膜側の開口を露呈させる開口露呈工程と、を有し、第1シリコン基板の厚みを調整することにより、ストレート部の長さを決定することを特徴とする。

【0014】

本発明によれば、第1及び第2シリコン基板にノズルのストレート部とテーパ部とをそれぞれ形成する際に、1つのパラメータ（第1開口部）に基づきストレート部の孔径の大きさが決定される。また、ストレート部の長さを高精度に制御することができる。

【0015】

マスクパターン層形成工程では第1開口部を円形状に形成し、非貫通穴形成工程では非貫通穴を丸孔形状に形成することで、ストレート部を丸孔形状に形成することが好ましい。これにより、ノズルの吐出性能を安定させることができる。

【0016】

マスクパターン層形成工程では、マスクパターン層の外形を四角形状に形成することが好ましい。この場合には、マスクパターン層の外形とテーパ部の開口の形状とが等しくなるので、マスクパターン層の外形の大きさを調整することによりテーパ部の開口の大きさを容易に調整することができる。

【0018】

第2シリコン基板の厚みを調整することにより、テーパ部の長さを決定することが好ましい。これにより、テーパ部の長さを高精度に制御することができる。

【0019】

10

20

30

40

50

結晶異方性エッチング工程では、第1シリコン基板が第2シリコン基板を結晶異方性エッチングする際のエッチングストップとして機能することが好ましい。これにより、第2シリコン基板のみにテープ部を形成することができる。

【0020】

マスクパターン層形成工程は、第2シリコン基板上にマスク層を形成するマスク層形成工程と、マスク層上のノズルを形成すべき位置に対応する位置に、マスクパターン層に対応する形状の第1レジストパターン層を形成する第1レジストパターン層形成工程と、第1レジストパターン層をマスクとしてマスク層をエッチングすることで、マスクパターン層を形成するマスク層エッチング工程と、第1レジストパターン層を除去する第1レジストパターン層除去工程と、を有することが好ましい。これにより、第2シリコン基板上にマスクパターン層を形成することができる。10

【0021】

非貫通穴形成工程は、第2シリコン基板及びマスクパターン層上に、第1開口部を露呈させる第2開口部を有する第2レジストパターン層を形成する第2レジストパターン層形成工程と、第2レジストパターン層をマスクとして第2シリコン基板及び第1シリコン基板を順番にエッチングして、非貫通穴を形成するシリコン基板エッチング工程と、第2レジストパターン層を除去する第2レジストパターン層除去工程と、を有することが好ましい。これにより、積層基板に非貫通穴を形成することができる。

【0022】

マスクパターン層は耐熱酸化性を有する材料で形成されており、保護膜形成工程は、第2シリコン基板上の第1の部分と、非貫通穴を形成する第1及び第2シリコン基板の内面とにそれぞれ保護膜として熱酸化膜を形成することが好ましい。これにより、結晶異方性エッチング工程において、第2シリコン基板上の第1の部分と、非貫通穴を形成する第1及び第2シリコン基板の内面とをマスクすることができる。20

【0023】

開口露呈工程は、酸化膜を除去することにより、ストレート部の酸化膜側の開口を露呈させることが好ましい。

【0024】

保護膜形成工程は、第2シリコン基板の第1の部分上と、マスクパターン層上と、非貫通穴の内部とに保護膜を形成する保護膜全面形成工程と、第1の部分上に形成された保護膜を覆う第3レジストパターン層を形成する第3レジストパターン層形成工程と、第3レジストパターン層をマスクとして、マスクパターン層上に形成された保護膜と、非貫通穴の底部に形成された保護膜とをエッチングにより除去する保護膜エッチング工程と、を有することが好ましい。これにより、結晶異方性エッチング工程において、第2シリコン基板上の第1の部分と、非貫通穴を形成する第1及び第2シリコン基板の内面とをマスクすることができる。30

【0025】

酸化膜の他面側には面方位が(110)の第3シリコン基板が設けられており、マスクパターン層除去工程では、非貫通穴を通して酸化膜をエッチングすることで酸化膜に非貫通穴と同軸の第3開口部を形成して、第3シリコン基板の酸化膜と対向する対向面の一部を露呈させることが好ましい。これにより、第1及び第2シリコン基板の厚みが薄い場合でもハンドリング性が悪化することが防止される。また、結晶異方性エッチング工程において、第3シリコン基板にザグリ穴を形成することができる。40

【0026】

結晶異方性エッチング工程では、非貫通穴及び第3開口部を通して第3シリコン基板を対向面の一部から対向面とは反対側の反対面に向かって結晶異方性エッチングすることで、第3シリコン基板の対向面側にザグリ穴を形成することが好ましい。ザグリ穴を形成することで、記録紙の搬送不良(ジャムなど)が発生して記録紙がインクジェットヘッドに接触したとしても、この記録紙がノズルプレートのノズル面に直接接触することが防止される。50

【0027】

開口露呈工程では、第3シリコン基板を反対面側から研磨または研削してザグリ穴を露呈させることが好ましい。

【0028】

積層基板は、第3シリコン基板上に酸化膜及び第1シリコン基板を順番に積層してなるSOI基板と、第1シリコン基板上に積層された第2シリコン基板とを有するものであり、開口露呈工程では、第3シリコン基板と酸化膜とを順番に除去することが好ましい。これにより、SOI基板を用いてノズルプレートを製造することができる。

【0029】

積層基板は、面方位が(110)の第3シリコン基板上に酸化膜及び第1シリコン基板を順番に積層してなるSOI基板と、第1シリコン基板上に積層された第2シリコン基板とを有することが好ましい。これにより、SOI基板を用いてノズルプレートを製造することができる。10

【0030】

マスクパターン層形成工程の前に、積層基板を準備する積層基板準備工程を有することが好ましい。

【発明の効果】**【0031】**

本発明のノズルプレートの製造方法は、酸化膜上に第1及び第2シリコン基板を積層してなる積層基板上に枠形状のマスクパターン層を形成し、このマスクパターン層の第1開口部を基準として第1シリコン基板にノズルのストレート部を形成するとともに、マスクパターン層を基準として第2シリコン基板にノズルのテーパ部を形成するので、ストレート部の孔径の大きさを第1開口部に基づき決定することができる。これにより、第1及び第2シリコン基板にノズルのストレート部とテーパ部とをそれぞれ形成する際に、1つのパラメータでストレート部の孔径の大きさが決定される。その結果、ストレート部及びテーパ部の長さの高精度な管理と両者の位置ずれ防止とを図りつつ、ストレート部を高精度に形成することができる。20

【0032】

また、第1シリコン基板として面方位(111)のシリコン基板を用いて、さらにマスクパターン層の第1開口部の形状を調整することで、ストレート部の形状を自由に決定することができる。ストレート部をゴミの付着や固化が発生しやすい四角孔形状ではなく、丸孔形状とすることでノズルの吐出性能を安定させることができる。さらに、酸化膜上に第1及び第2シリコン基板を積層してなる積層基板を用いてノズルプレートを製造しているので、ノズルプレート（第1及び第2シリコン基板）の厚みが薄い場合に、ノズルプレートのハンドリング性が悪化して破損することが防止される。30

【図面の簡単な説明】**【0033】**

【図1】第1実施形態のインクジェットヘッドの断面図である。

【図2】インクジェットの製造工程の工程フローである。

【図3】マスクパターン層形成工程の工程フローである。40

【図4】非貫通穴形成工程の工程フローである。

【図5】積層基板準備工程を説明するための説明図である。

【図6】マスク層形成工程を説明するための説明図である。

【図7】第1レジストパターン層形成工程を説明するための説明図である。

【図8】図7の積層基板を上面側から見た上面図である。

【図9】マスク層エッチング工程を説明するための説明図である。

【図10】第1レジストパターン層除去工程を説明するための説明図である。

【図11】第2レジストパターン層形成工程を説明するための説明図である。

【図12】活性層エッチング工程を説明するための説明図である。

【図13】第2レジストパターン層除去工程を説明するための説明図である。50

- 【図14】熱酸化膜形成工程を説明するための説明図である。
- 【図15】マスクパターン層除去工程を説明するための説明図である。
- 【図16】結晶異方性エッチング工程を説明するための説明図である。
- 【図17】結晶異方性エッチング処理後のテーパ部の正面図である。
- 【図18】結晶異方性エッチング処理後のテーパ部の斜視図である。
- 【図19】熱酸化膜除去工程を説明するための説明図である。
- 【図20】流路基板貼付工程を説明するための説明図である。
- 【図21】圧電素子形成工程を説明するための説明図である。
- 【図22】ハンドル層除去工程を説明するための説明図である。
- 【図23】B O X 層除去工程を説明するための説明図である。 10
- 【図24】撥液膜形成工程を説明するための説明図である。
- 【図25】第2実施形態のインクジェットヘッドの断面図である。
- 【図26】インクジェットヘッドのザグリ穴の斜視図である。
- 【図27】インクジェットの製造工程の工程フローである。
- 【図28】保護膜全面形成工程を説明するための説明図である。
- 【図29】第3レジストパターン層形成工程を説明するための説明図である。
- 【図30】保護膜エッチング工程を説明するための説明図である。 20
- 【図31】第3レジストパターン層除去工程を説明するための説明図である。
- 【図32】マスクパターン層除去工程を説明するための説明図である。
- 【図33】結晶異方性エッチング工程を説明するための説明図である。
- 【図34】保護膜除去工程を説明するための説明図である。
- 【図35】ハンドル層研磨工程を説明するための説明図である。
- 【図36】インクジェット記録装置の概略図である。
- 【図37】印字部を上面側から見た上面図である。
- 【図38】インクジェットヘッドのノズル面の概略図である。
- 【図39】インクジェットヘッドへのインクの供給系を示す概略図である。
- 【図40】インクジェット記録装置の電気的構成を示すブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0034】
〔第1実施形態のインクジェットヘッドの全体構成〕 30
インクジェットヘッド10の断面を示す図1において、インクジェットヘッド10は、複数のノズル12が形成されたノズルプレート13と、圧力室14や共通流路（図示せず）等の流路が形成された流路基板15と、振動板16と、圧電素子17と、を含んで構成されている。
- 【0035】
ノズル12は、ノズル開口19と、ストレート部20と、テーパ部21とを含んで構成されている。ノズル開口19は、ノズルプレート13（インクジェットヘッド10）のノズル面13a側に開口している。ストレート部20は、ノズル開口19から垂直方向（ノズルプレート13の厚み方向）に延びた丸孔形状を有している。テーパ部21は、ストレート部20におけるノズル開口19とは反対側に形成されており、略漏斗形状（略四角錐形状）を有している（図16～図18参照）。このテーパ部21は、ストレート部20に連通しており、ストレート部20に近づくのに従って次第に先細りとなる。 40
- 【0036】
ノズルプレート13は、第1活性層（第1シリコン基板）23と、第2活性層（第2シリコン基板）24とを含んで構成されている。第1活性層23はストレート部20を有している。第2活性層24は、ノズル開口19が開口したノズル面13aと、テーパ部21と有している。また、ノズル面13aには、インク液滴の吐出方向の安定化や吐出性能の向上のために撥液膜25が形成されている。
- 【0037】
流路基板15は、例えばシリコンで形成されており、圧力室14の側壁部を構成してい 50

る。また、流路基板 15 は、共通流路（図示せず）から圧力室 14 にインクを導く個別供給路の絞り部（最狭窄部）としての供給口（図示せず）を形成している。なお、説明の便宜上、図 1 では流路基板 15 を簡略的に図示しているが、流路基板 15 は一枚又は複数の基板を積層した構造である。共通流路（図示せず）は、インク供給源たるインクタンク（図示せず）と連通している。インクタンクから供給されるインクは共通流路を介して各圧力室 14 に供給される。

【0038】

振動板 16 は、圧力室 14 の天面（図 1 中の上面）を構成している。振動板 16 上には圧電素子 17 が形成されている。圧電素子 17 は、下部電極 26 と圧電膜 27 と上部電極 28 とを含んで構成されており、駆動電圧の印加により変形する。圧電素子 17 の変形に伴い振動板 16 が変形して圧力室 14 の容積が減少することで、圧力室 14 内のインクに圧力が加わる。これにより、ノズル 12 からインクが吐出される。10

【0039】

[第 1 実施形態のインクジェットヘッドの製造工程]

次に、図 2 から図 4 の工程フロー及び図 5 から図 24 の説明図を用いて、本発明のノズルプレートの製造工程を含むインクジェットヘッド 10 の製造工程（以下、単にヘッド製造工程という）30について説明を行う。なお、図 5 から図 24 では、図面の煩雑化を防止するために、インクジェットヘッド 10 の記録素子の単位となる 1 チャンネル分のインク噴射素子のみの製造過程を図示している。

【0040】

図 2 に示すように、ヘッド製造工程 30 では、積層基板準備工程 31 と、マスクパターン層形成工程 32 と、非貫通穴形成工程 33 と、熱酸化膜形成工程（保護膜形成工程）34 と、マスクパターン層除去工程 35 と、結晶異方性エッティング工程 36 と、熱酸化膜除去工程（保護膜除去工程）37 と、流路基板貼付工程 38 と、圧電素子形成工程 39 と、ハンドル層除去工程 40 と、BOX 層除去工程 41 と、撥液膜形成工程 42 とが順番に実行される。なお、ハンドル層除去工程 40 及び BOX 層除去工程 41 は、本発明の開口露呈工程に相当する。20

【0041】

ヘッド製造工程 30 では、BOX 層除去工程 41 まで完了すると、図 1 に示したノズルプレート 13 が完成する。30

【0042】

図 5 (A) に示すように、ノズルプレート 13 は、SOI (Silicon On Insulator) 基板 48 を用いて製造する。SOI 基板 48 は、ハンドル層（支持層ともいう、本発明の第 3 シリコン基板に相当）50 上に、BOX 層（埋め込み酸化膜層ともいう、本発明の酸化膜に相当）51、第 1 活性層 23 を順番に積層してなる。なお、「～上とは」は図中上方側を指し、ここではハンドル層 50 から第 2 活性層 24 に向かう方向（積層方向）側を指す。

【0043】

ハンドル層 50 は、面方位が (100)、すなわち両面が (100) 面である単結晶シリコン基板である。なお、ハンドル層 50 の面方位は特に限定はされない。ハンドル層 50 の厚みは 100 ~ 1000 μm に調整される。この際に、ハンドル層 50 が 400 μm 未満であるとハンドリング性が悪く基板が破損する可能性が高くなる。また、500 μm を上回ると後工程（ハンドル層除去工程 40）でハンドル層 50 の除去に要する時間が長くなり、コストアップにつながる。このため、本実施形態ではハンドル層 50 の厚みを 500 μm としたが、400 μm 程度がより好ましい。40

【0044】

BOX 層 51 は、例えば SiO₂ で形成されている。この BOX 層 51 の厚みは 0.1 μm ~ 10 μm に調整されるが、本実施形態では 1 μm としている。

【0045】

第 1 活性層 23 は、面方位が (111)、すなわち両面が (111) 面である単結晶シリコン基板である。50

リコン基板である。この第1活性層23の厚みは、ノズルプレート13の厚み方向におけるストレート部20の長さ（以下、単に「ノズルプレート13の長さ」と略す）に応じて決定される。ストレート部20の長さは、吐出性能から決めればよく、吐出する液滴（インク）の性質、相性、吐出される液滴の方向性から決定される。ストレート部20の長さは、例えば0.5～500μmに調整されるが、本実施形態では5μmとしている。

【0046】

<積層基板準備工程>

積層基板準備工程31では、図5(B)に示すように、例えばシリコン基板をスライスするなどして予め形成された第2活性層24を第1活性層23上に積層する（貼り合せる又は接合）ことで、積層基板53を形成する。これにより、BOX層51の一面側（図中では上面側）には、第1活性層23と第2活性層24とが順番に積層される。また、第2活性層24を第1活性層23上に積層（貼りあわせる）した後に研削、研磨し所定の厚さにすればよい。第2活性層が薄い場合は、基板のハンドリング性が悪く破損の可能性が高いので、積層後、研削、研磨した方が良い。なお、積層基板53は、メーカーで製造されたものを購入してもよい。

10

【0047】

第2活性層24は、面方位が(100)、すなわち両面が(100)面である単結晶シリコン基板である。この第2活性層24の厚みは、ノズルプレート13の厚み方向におけるテーパ部21の長さ（以下、単に「テーパ部21の長さ」と略す）に応じて決定される。テーパ部21の長さは、吐出性能から決めればよく、吐出する液滴（インク）の性質や相性から決定される。テーパ部21の長さは、例えば0.5～500μmに調整されるが、本実施形態ではインクの吐出効率などから50μmとしている。

20

【0048】

このように第1及び第2活性層23, 24の厚みに応じてストレート部20、テーパ部21の長さが決定される。第1及び第2活性層23, 24の厚みは、積層基板53(SOI基板48)の製造時に高精度に管理することができるので、ストレート部20及びテーパ部21の長さも高精度に管理することができる。

30

【0049】

また、第1及び第2活性層23, 24をシリコンで形成している理由は、シリコン以外の材料を用いると熱膨張係数の違いなどの材料物性値が異なることで、ヘッド製造工程30の各工程で加熱処理が実施されたときにノズルプレート13に反りが生じるためである。ノズルプレート13に反りが生じると、ストレート部20が直線状にならずに曲がったり、非対称に変形したりするなどの問題が発生する。このため、第1及び第2活性層23, 24をシリコンで形成している。

【0050】

<マスクパターン層形成工程>

図3に示すように、マスクパターン層形成工程32では、マスク層形成工程55、第1レジストパターン層形成工程56、マスク層エッチング工程57、第1レジストパターン層除去工程58が順番に実行される。

【0051】

40

(マスク層形成工程)

図6に示すように、マスク層形成工程55では、第2活性層24上にマスク層60を形成する。マスク層60はSiO₂、SiN、SiC、Al₂O₃などで形成される。ここでマスク層60は、後工程の熱酸化膜形成工程34で熱酸化を行うので、熱酸化膜であるSiO₂（シリコン酸化膜）以外で形成する必要がある。これは熱酸化膜形成工程34で選択的にシリコン（第1及び第2活性層23, 24）を酸化させてSiO₂を形成するためである。このため、マスク層60を例えばSiNで形成すれば、熱酸化膜形成工程34でSiN以外の部分（第1及び第2活性層23, 24）を選択的に酸化することができる（図14参照）。従って、本実施形態ではSiNでマスク層60を形成した。なお、マスク層60は、SiN以外の耐熱酸化性を有する材料で形成してもよい。

50

【0052】

マスク層60(SiN膜)は、スパッタ法、CVD法、蒸着法などで形成される。例えばCVD法を用いてマスク層60(SiN膜)を形成する場合には、LPCVD(減圧化学気相成長)法や熱CVD法を選択することができる。熱CVD法を選択した場合には、SiH₂C1₂(ジクロルシラン)とNH₃(アンモニア)の熱反応でSiN膜を生成する。この際の反応圧力は20~200Paとし、加熱温度は650~800とすればよい。

【0053】

マスク層60の膜厚は、0.1~5.0μm程度に調整されるが、本実施形態では0.5μmに形成した。このマスク層60の膜厚は、後工程の結晶異方性エッチング工程36で用いられるKOHなどのエッチャントとの選択比から必要な膜厚を決めれば良い。また、エッチャントとしてKOHを用いた場合に、SiNは選択比が高いので必要なマスク層60の膜厚を薄くすることができる。

10

【0054】

(第1レジストパターン層形成工程)

図7及び図8に示すように、第1レジストパターン層形成工程56は、大別して、レジスト層形成ステップと、フォトリソグラフィーステップ(以下、フォトリソステップという)と、ポストベークステップとを経て、マスク層60上に第1レジストパターン層62(図7中では単にレジストパターン層と表示)を形成する。なお、図8では、図7との対応関係を明確にするために、マスク層60及び第1レジストパターン層62をハッチングで表示している。

20

【0055】

レジスト層形成ステップでは、汎用品の東京応化工業社製のOPPRシリーズやTSMRシリーズを用いて、スピンドルコート法やスプレーコート法などによりマスク層60上にレジスト層(次のステップで第1レジストパターン層62となる層)を形成する。このレジスト層の膜厚は0.1~10μmに調整されるが、本実施形態では2μmとした。次いで、レジスト層中の溶剤成分を揮発させるため、プリベークが行われる。このプリベークには、ホットプレートやオーブンを用いれば良く、本実施形態ではホットプレートを用いて100度で2分間行った。

【0056】

30

フォトリソステップでは、ステッパーやアライナーなどの露光装置によりマスクパターンをレジスト層に転写する、いわゆる露光を行う。この際の露光時間及び/又は露光量は、レジスト層に用いるレジストの種類、レジスト層の膜厚などから最適な値が選択される。この露光後に、専用の現像液(例えば東京応化工業のNMD-3(TMAH 2.38%))を用いてレジスト層を現像する。本実施形態では現像時間を1分に設定した。これにより、マスク層60上においてノズル12を形成すべき位置に枠形状の第1レジストパターン層62が形成される。

【0057】

第1レジストパターン層62は、その外形が四角形状(略四角形状を含む)に形成されており、その中央部(略中央部を含む)に第1レジスト開口部62aが形成されている。第1レジスト開口部62aは、ストレート部20の孔形状及び孔径を規定するものであり、本実施形態では20μmの円形に形成されている。

40

【0058】

また、第1レジストパターン層62の外形は、図1に示したテーパ部21の圧力室14側の開口(以下、単にテーパ部21の開口という)の大きさを規定するものである。テーパ部21の開口の大きさは、ストレート部20の孔径と、テーパ部21の角度と、第2活性層24の厚みとに基づいて決定される。例えば、ストレート部20の孔径をX、テーパ部21の開口の大きさをYとし、第2活性層24の厚みをdとし、テーパ部21の角度をとしたときに、以下の(式1)が成り立つ。

$$(式1) Y = X + (d / \tan \theta) \times 2$$

50

従って、ストレート部 20 の孔径 X を $20 \mu\text{m}$ 、第 1 活性層 23 の厚み d を $50 \mu\text{m}$ 、テーパ部 21 の角度 を 54.74° としたときに、上記（式 1）に基づきテーパ部 21 の開口の大きさ Y は約 $90.6 \mu\text{m}$ となる。このため、第 1 レジストパターン層 62 の外形の大きさは $90.6 \mu\text{m}$ に形成される。

【0059】

このようにノズル 12 のストレート部 20 及びテーパ部 21 を、第 1 レジストパターン層 62 により一括で形成することができるので、ストレート部 20 及びテーパ部 21 のアライメントが不要となり、高精度のノズル形成が可能となる。

【0060】

ポストベークステップでは、ホットプレートやオープンなどを用いて現像処理後の第 1 レジストパターン層 62 をポストベークする。本実施形態では、ホットプレートにより 120° で 3 分間のポストベークを行った。以上で第 1 レジストパターン層形成工程 56 が完了する。10

【0061】

（マスク層エッチング工程）

図 9 に示すように、マスク層エッチング工程 57 では、周知のドライエッチング装置により、第 1 レジストパターン層 62 をマスクとしてマスク層 60 に対してドライエッチング処理を施す。ドライエッチング処理にはフッ素系のガスが用いられる。なお、ドライエッチングの代わりに、各種の異方性エッチングを行ってもよい。

【0062】

ドライエッチング処理により、マスク層 60 の第 1 レジストパターン層 62 で覆われていない部分が除去されることで、マスク層 60 に第 1 レジストパターン層 62 の形状が転写される。これにより、第 2 活性層 24 上においてノズル 12 を形成すべき位置に、マスクパターン層 60a が形成される。20

【0063】

マスクパターン層 60a は、第 1 レジストパターン層 62 と同様に、その外形が四角形状に形成され、かつその中央部に円形のマスク開口部（第 1 開口部）60b を有する枠形状のパターンとなる。マスクパターン層 60a 及びマスク開口部 60b の形状・大きさは、それぞれ第 1 レジストパターン層 62 及び第 1 レジスト開口部 62a の形状・大きさと等しくなる。マスクパターン層 60a は第 2 活性層 24 上においてテーパ部 21 を形成すべき位置を覆い、マスク開口部 60b は第 2 活性層 24 上においてストレート部 20 を形成すべき位置を露呈させている。30

【0064】

（第 1 レジストパターン層除去工程）

図 10 に示すように、第 1 レジストパターン層除去工程 58 では、アッシングや専用の剥離液を用いてマスクパターン層 60a 上から第 1 レジストパターン層 62 を剥離する。以上でマスクパターン層形成工程 32 が完了する。

【0065】

<非貫通穴形成工程>

図 4 に示すように、非貫通穴形成工程 33 では、第 2 レジストパターン層形成工程 64 と、活性層エッチング工程（シリコン基板エッチング工程）65 と、第 2 レジストパターン層除去工程 66 とが順番に実行される。40

【0066】

（第 2 レジストパターン層形成工程）

図 11 に示すように、第 2 レジストパターン層形成工程 64 では、第 2 活性層 24 及びマスクパターン層 60a 上に、第 2 レジストパターン層 68 を形成する。第 2 レジストパターン層 68 は、マスク開口部 60b を露呈させる第 2 レジスト開口部（第 2 開口部）68a を有しており、第 2 活性層 24 及びマスクパターン層 60a をマスクする。この第 2 レジストパターン層 68 は、例えば前述の第 1 レジストパターン層 62 と同様の方法（レジスト層形成ステップ、フォトリソステップなど）で形成される。50

【0067】

なお、マスク開口部 60b に対する第2レジスト開口部 68a のアライメントの精度は低くてもよい。これは、1回目のフォトリソ(マスクパターン層形成工程32)でノズルのテーパ部21とストレート部20の吐出孔の位置がマスクパターン層60aにより決定されているため、今回は第2活性層24及びマスクパターン層60a上に第2レジストパターン層68(マスク)があればよいからである。

【0068】

(活性層エッチング工程)

図12に示すように、活性層エッチング工程65では、周知のドライエッチング装置により、第2レジストパターン層68をマスクとして第2活性層24、第1活性層23に順番にドライエッチング処理を施す。なお、ドライエッチングの代わりに、各種の異方性エッチングを行ってもよい。

10

【0069】

第1及び第2活性層23, 24(すなわち、面方位 (111) 、 (100) の単結晶シリコン基板)は、ドライエッチング法を用いれば面方位に関係なくエッチング加工が可能である。ドライエッチングは、例えばボッシュプロセスを用いてもよい。また、SF₆などのフッ素ガスによるエッチング工程と、C₄F₈などのフッ素ガスによるポリマー堆積工程とを交互に繰り返して行うことで垂直な孔加工を行うことが出来る。なお、この場合には、いわゆるスキヤロップと言われる規則的な凹凸が形成されるので、エッチング及びポリマー堆積のそれぞれの工程の時間を短くするなどの工夫が必要となる。

20

【0070】

また、ドライエッチングには、SF₆、CF₄CHF₃、C₄F₈などのフッ素系ガスのうちの少なくとも1種類以上のガスと、酸素とをエッチングガスとして用いることもできる。さらに、不活性ガスとしてAr、N₂、Heなどを添加してもよい。この方法を用いればスキヤロップの問題は無いが、エッチングガスに酸素を用いるため、マスクとして使用するレジスト(第2レジストパターン層68)との選択比を考慮して、予め厚めな第2レジストパターン層68を形成する必要がある。SF₆と酸素を1:1で混合するエッチング条件によりドライエッチングを行うことで、垂直な孔加工が可能である。

【0071】

このようなドライエッチング処理により、第2レジスト開口部68a及びマスク開口部60bと同形状[円形状(丸孔形状)]の穴がBOX層51の一面側(図中では上面側)に向けて垂直に掘り下げられる。このドライエッチングは、SiO₂膜であるBOX層51によりストップされる。すなわち、BOX層51がドライエッチングのエッチングストップとして機能する。こうして、積層基板53のノズル12を形成すべき位置に、第2活性層24及び第1活性層23を貫通してBOX層51の一面に達する非貫通穴70が形成される。ここで第1及び第2活性層23, 24は共にシリコンであるので一括で加工が可能である。

30

【0072】

非貫通穴70を形成することで、この非貫通穴70の一部としてストレート部20が第1活性層23に形成される。非貫通穴70は丸孔形状に形成されるので、ストレート部20も丸孔形状(断面円形状)に形成される。ここで、第1活性層23として面方位 (110) の単結晶シリコン基板を用いた場合は、四角孔形状(断面四角形状)のストレート部が形成される。ストレート部が四角孔形状であると、液滴吐出時に四角形の角の部分と他の部分との流速が異なってしまうので、ゴミの付着や固化の原因となり好ましくない。

40

【0073】

これに対して、本実施形態のように第1活性層23として面方位 (111) の単結晶シリコン基板を用い、さらにフォトリソグラフィにより第2レジスト開口部68a及びマスク開口部60bの形状を調整することで、ストレート部20の形状を自由に決定することができる。従って、ストレート部20を丸孔形状以外の形状とすることも可能であるが、特にストレート部20を丸孔形状とすることでノズル12の吐出性能を安定させることができ

50

できる。なお、ここでいう丸孔形状には断面橜円形状も含まれる。

【0074】

また、ストレート部20の孔径は、第1レジスト開口部62a(マスク開口部60b)の大きさ(開口径)に基づき決定される。さらに、ストレート部20の長さは第1活性層23の厚みに応じて決定される。

【0075】

(第2レジストパターン層除去工程)

図13に示すように、第2レジストパターン層除去工程66では、アッシングや専用の剥離液を用いて第2活性層24及びマスクパターン層60a上から第2レジストパターン層68を剥離する。以上で非貫通穴形成工程33が完了する。

10

【0076】

<熱酸化膜形成工程>

図14に示すように、熱酸化膜形成工程34では、例えばウェット酸化やドライ酸化などの熱酸化膜形成方法を用いて、積層基板53のマスクパターン層60aでマスクされていない部分に熱酸化処理を行って、本発明の保護膜に相当する熱酸化膜72(本実施形態ではSiO₂)を形成する。熱酸化膜72は、第2活性層24上のマスクパターン層60aで覆われていない非マスク部分(第1の部分、図13参照)24aと、非貫通穴70を形成する第1及び第2活性層23, 24の内面(以下、単に「非貫通穴70の内側面」という)とに形成される。

【0077】

20

例えばウェット酸化を行う場合には、800~1200に加熱したチューブ内に酸素と水蒸気を流してシリコンと反応させてシリコン酸化膜であるSiO₂を形成する。

【0078】

<マスクパターン層除去工程>

図15に示すように、マスクパターン層除去工程35では、第2活性層24上からマスクパターン層60aを除去する。本実施形態では、マスクパターン層60aをウェットエッティング(ウェットエッティング以外でも可)により除去する。このウェットエッティングには100~150に加熱した磷酸が用いられる。これにより、第2活性層24上のマスクパターン層60aで覆われていた部分が露呈される。以下、この露呈された部分を露呈部分(第2の部分)24bという。

30

【0079】

<結晶異方性エッティング工程>

結晶異方性エッティング工程36では、熱酸化膜72をマスクとして、ウェットエッティング装置により第2活性層24を結晶異方性エッティングする。第2活性層24の非マスク部分24a(図13参照)及び非貫通穴70の内側面は熱酸化膜72よりマスクされており、非貫通穴70の底部にはBOX層(SiO₂)が露呈しているので、第2活性層24は露呈部分24bから結晶異方性エッティングされる。

【0080】

40

結晶異方性エッティングに用いられるエッティング液としてはKOHやTMAHなどが用いられるが、本実施形態ではKOH、例えば三菱ガス化学社製のシリコンエッティング液“ELM-SiM”を用いた。ELM-SiMは、KOHベースのエッティング液であり、KOHベース液とヒドロキシルアミン含有液とを重量比で1:1に混合した混合液を50~90に加熱(本実施形態では80に加熱)して使用される。また、結晶異方性エッティングを行う際には、積層基板53を回転(例えば本実施形態では45rpm)させることでエッティングの均一性の向上を図った。

【0081】

第2活性層24の面方位は(100)であるので、第2活性層24はその表面に対して45°の角度を有する(111)面を有している。ここで、単結晶シリコンは面方位(結晶方位)によりエッティングレートが大きく異なっている。このため、(100)面と(111)面とのエッティングレートが10~1000倍異なる。例えば、(100)面のエッ

50

チングレートが $1 \mu\text{m}/\text{min}$ だとすると (111) 面のエッチングレート $1 \sim 100 \text{ nm}/\text{min}$ であり、 (111) 面はエッチングがほとんど進行しない。

【0082】

一方、第1活性層23の面方位は (111) であるので、第1活性層23の第2活性層24と対向する対向面 ((111) 面) も同様にエッチングがほとんど進行しない。このため、第1活性層23は、第2活性層24の結晶異方性エッチングをストップさせるエッチングストップとして機能する。

【0083】

図16から図18に示すように、エッチング液により、第2活性層24は露呈部分24bから第1活性層23側に向けて結晶異方性エッチングされる。第2活性層24を第1活性層23に達するまで結晶異方性エッチングすると、第1活性層23の (111) 面により、第2活性層24から第1活性層23に向かう方向(図16の下方向)側への結晶異方性エッチングのエッチングレートが大きく低下する。従って、図16中の下方向側への結晶異方性エッチングがストップされる。

【0084】

また、結晶異方性エッチングにより第2活性層23の4つの (111) 面73が露呈されると、結晶異方性エッチングのエッチングレートが大きく低下するので、第2活性層24内における結晶異方性エッチングもストップされる。これにより、第2活性層24には、4つの (111) 面73により構成される略四角錐状(略漏斗状)のテーパ部21が形成される。テーパ部21は、ストレート部20に連通(熱酸化膜72は後工程で除去)し、かつストレート部20に近づくのに従って次第に先細りとなる。

【0085】

テーパ部21の四角形状の開口の大きさは、露呈部分24bの大きさ、すなわち第1レジストパターン層62(マスクパターン層60a)の外形に基づき決定される。このため、第1レジストパターン層62(マスクパターン層60a)の外形の大きさを調整することにより、テーパ部21の開口の大きさを容易に調整することができる。また、テーパ部21の長さは第2活性層24の厚みに応じて決定される。

【0086】

このようにノズル12のストレート部20及びテーパ部21の長さを、第1活性層23及び第2活性層24の厚みで決定することができる。これら両活性層23, 24の厚みは、積層基板53(SOI基板48)の製造時に高精度に管理することができるので、ストレート部20及びテーパ部21の長さも高精度に管理することができる。

【0087】

また、ストレート部20及びテーパ部21は、第1レジストパターン層62(マスクパターン層60a)を基準として形成されるので、ストレート部20及びテーパ部21の形状や形成位置を規定するためのフォトリソグラフィは1回しか行われない。このため、テーパ部21とストレート部20(非貫通穴70)とが同軸に形成されて、両者の位置ずれが防止される。その結果、高精度のノズル形成が可能となる。

【0088】

さらに、ストレート部20とテーパ部21との間に略直角の段差を有さないので、インクに気泡が残留している場合であってもこの気泡が段差部に残留して吐出性能を低下させることができない。これにより、スムーズなインク液滴の吐出が可能となる。

【0089】

<熱酸化膜除去工程>

図19に示すように、熱酸化膜除去工程37では、例えばHFやBHFを用いたウェットエッチングなどを行うことで熱酸化膜72を積層基板53から除去する。BHFとして10:1のものを用いると、熱酸化膜72が $1 \mu\text{m}$ であれば15分程度のエッチングで除去することができる。これにより、ハンドル層50及びBOX層51上に積層された状態でノズルプレート13が形成される。ここでハンドル層50及びBOX層51を除去すればノズルプレート13が完成する。ノズルプレート13には、上述の各工程を経てストレ

10

20

30

40

50

ート部 20 とテーパ部 21 と含むノズル 12 が形成される。

【0090】

<流路基板貼付工程>

図 20 に示すように、流路基板貼付工程 38 では、振動板 16 が接合された流路基板 15 を第 2 活性層 24 上に貼り付けて両者を接合する。第 2 活性層 24 及び流路基板 15 は共にシリコンで形成されているので、両者は直接接合される。

【0091】

<圧電素子形成工程>

図 21 に示すように、圧電素子形成工程 39 では、振動板 16 の圧力室 14 に対向する面側とは反対面側に、下部電極 26 と、圧電膜 27 と、上部電極 28 とを形成することによって、圧電素子 17 を形成する。圧電素子 17 の形成方法は公知であるので、ここでは具体的な説明は省略する。

【0092】

<ハンドル層除去工程>

図 22 に示すように、ハンドル層除去工程 40 では、ハンドル層 50 を膜厚が数～数十 μm になるまで研削・研磨を行い薄板化する。例えばドライポリッシュによるハンドル層 50 の研削を行う。残りのハンドル層 50 はドライエッティングにより除去する。フッ素プラズマなどを用いてドライエッティングを行うことで、例えばハンドル層 50 のみをエッティング除去可能である。なお、ハンドル層 50 を除去する方法はドライポリッシュ、ドライエッティングに限定されるものではなく、公知の各種研磨、研削、エッティングを行ってもよい。

【0093】

<BOX層除去工程>

図 23 に示すように、BOX 層除去工程 41 では、BOX 層 51 (SiO_2) を例えばドライエッティングにより除去する。例えばフッ素系プラズマを用いることで BOX 層 51 を選択的に除去することができる。これにより、ノズルプレート 13 のノズル面 13a 及び各ノズル 12 のノズル開口 19 が露呈される。なお、ハンドル層 50 を除去する方法はドライエッティングに限定されるものではなく、公知の各種研磨、研削、エッティングを行ってもよい。

【0094】

<撥液膜形成工程>

図 24 に示すように、撥液膜形成工程 42 では、ノズル面 13a に撥液膜 25 をスピニコート、ディップコート、蒸着、CVD 法で形成する。撥液膜 25 は、例えばサイトップ（登録商標）やオプツール（登録商標）を用いて形成される。以上でヘッド製造工程 30 の全て完了して、インクジェットヘッド 10 が完成する。

【0095】

<インクジェットヘッドの製造工程の効果>

上述のヘッド製造工程 30 では、第 1 及び第 2 活性層 23, 24 にノズル 12 のストレート部 20 とテーパ部 21 とをそれぞれ形成する際に、ストレート部 20 の孔径（ノズル開口 19 の開口径）を、第 1 レジスト開口部 62a（マスク開口部 60b）に基づき決定することができる。すなわち、1 つのパラメータでストレート部 20 の孔径が決定される。その結果、ストレート部 20 及びテーパ部 21 の長さの高精度な管理と両者の位置ずれ防止とを図りつつ、ストレート部 20 を高精度に形成することができる。

【0096】

また、第 1 活性層 23 として面方位 (111) の単結晶シリコン基板を用いて、さらに第 2 レジスト開口部 68a（マスク開口部 60b）の形状を調整することで、ストレート部 20 の形状を自由に決定することができる。ストレート部 20 をゴミの付着や固化が発生しやすい四角孔形状ではなく、丸孔形状とすることでノズル 12 の吐出性能を安定させることができる。さらに、SOI 基板 48 上に第 2 活性層 24 を積層してなる積層基板 53 を用いてノズルプレート 13 を製造しているので、ノズルプレート 13（第 1 及び第 2

10

20

30

40

50

活性層 23, 24 の厚みが薄い場合に、ノズルプレート 13 のハンドリング性が悪化して破損することが防止される。

【0097】

[第2実施形態のインクジェットヘッドの全体構成]

次に、図25及び図26を用いて本発明の第2実施形態のインクジェットヘッド80について説明を行う。上記第1実施形態のインクジェットヘッド10では、ノズルプレート13のノズル面13aからハンドル層50及びBOX層51を全て除去している。これに対して、インクジェットヘッド80は、BOX層51と、面方位が(110)のハンドル層82と、ハンドル層82に形成された四角孔形状のザグリ穴83とを有している。なお、第2実施形態では、図面の煩雑化を防止するために撥液膜25は図示を省略している。

10

【0098】

インクジェットヘッド80は、BOX層51、ハンドル層82、及びザグリ穴83を有する点を除けば、第1実施形態のインクジェットヘッド10と基本的に同じ構成であり、上記第1実施形態と機能・構成上同一のものについては同一符号を付してその説明は省略する。

【0099】

ザグリ穴83は、各ノズル12のノズル開口19に対向する位置に設けられている。このザグリ穴83を通してノズル開口19が露呈する。図26中に示すザグリ穴83は、ノズルプレート13の表裏面に平行な方向に沿う断面が四角形状であるが、断面が四角形以外の他の形状であってもよい。

20

【0100】

[第2実施形態のインクジェットヘッドの製造工程]

次に、図27の工程フロー及び図28から図35の説明図を用いて、本発明のノズルプレートの製造工程を含むインクジェットヘッド80の製造工程（以下、単にヘッド製造工程という）84について説明を行う。なお、図28から図35では、第1実施形態と同様に、インクジェットヘッド80の記録素子の単位となる1チャンネル分のインク噴射素子のみの製造過程を図示している。

【0101】

図27に示すように、ヘッド製造工程84では、積層基板準備工程31と、マスクパターン層形成工程32と、非貫通穴形成工程33と、保護膜全面形成工程85と、第3レジストパターン層形成工程86と、保護膜エッチング工程87と、第3レジストパターン層除去工程88と、マスクパターン層除去工程89と、結晶異方性エッチング工程90と、保護膜除去工程91と、ハンドル層研磨工程92とが順番に実行される。なお、保護膜全面形成工程85から第3レジストパターン層除去工程88までが、本発明の保護膜形成工程に相当する。また、ハンドル層研磨工程92が本発明の開口露呈工程に相当する。

30

【0102】

<積層基板準備工程～非貫通穴形成工程>

積層基板準備工程31から非貫通穴形成工程33までは、第1実施形態（図2～図13）と基本的に同じであるので具体的な説明は省略する。ただし、ヘッド製造工程84では、ハンドル層50の代わりに面方位が(110)のハンドル層82を有するSOI基板48が用いられる。図13に示したように、積層基板53にマスクパターン層60a及び非貫通穴70が形成される。

40

【0103】

<保護膜全面形成工程>

図28に示すように、保護膜全面形成工程85では、非貫通穴70の内部を含む第2活性層24及びマスクパターン層60aの全面上に保護膜94を形成する。保護膜94はa-Si、Poly-Si、SiN、SiC、Al₂O₃、Al、Cuなどで形成することができるが、本実施形態ではSiNで保護膜94を形成した。この保護膜94、すなわちSiN膜は、スパッタ法、CVD法、蒸着法などで形成される。

【0104】

50

例えば熱CVD法を用いて保護膜94(SiN膜)を形成する場合には、SiH₂C₁₂(ジクロルシラン)とNH₃(アンモニア)の熱反応でSiN膜を生成する。この際の反応圧力は20~200Paとし、加熱温度は650~800とすればよい。保護膜94の膜厚は、0.1~5.0μm程度に調整されるが、本実施形態では0.5μmに形成した。保護膜94をSiNで形成する理由は、後工程でHFガスなどを用いてBOX層51(SiO₂膜)の一部を除去する必要があり、SiO₂膜以外の保護膜を選択する必要があるからである。なお、SiN膜以外に、BOX層51(SiO₂膜)を除去する時に用いるエッチャントに耐性がある材料を用いてもよい。

【0105】

<第3レジストパターン層形成工程>

10

図29に示すように、第3レジストパターン層形成工程86では、第2活性層24の非マスク部分24a(図13参照)上に形成された保護膜94を覆う第3レジストパターン層95を形成する。第3レジストパターン層95は、マスクパターン層60a上に形成された保護膜94及び非貫通穴70の内部に形成された保護膜94を露呈させる第3レジスト開口部95aを有している。第3レジストパターン層95は、例えば第1実施形態の第1レジストパターン層62と同様の方法(レジスト層形成ステップ、フォトリソステップなど)で形成される。

【0106】

<保護膜エッチング工程>

20

図30に示すように、保護膜エッチング工程87では、第3レジストパターン層95をマスクとして、周知のドライエッチング装置により保護膜94にドライエッチング処理を施す。このドライエッチング処理には、例えばフッ素系のガスが用いられる。これにより、マスクパターン層60a上の保護膜94と、非貫通穴70の底部の保護膜94とが選択的に除去される。その結果、マスクパターン層60aと非貫通穴70の底部にあるBOX層51とが露呈される。

【0107】

なお、ドライエッチングのよう所謂異方性エッチングでは、非貫通穴70の内側面に形成された保護膜94が除去されることはない。また、ドライエッチング以外の各種異方性エッチングを行ってもよい。

【0108】

30

<第3レジストパターン層除去工程>

図31に示すように、第3レジストパターン層除去工程88では、アッティングや専用の剥離液を用いて保護膜94上から第3レジストパターン層95を剥離する。これにより、第2活性層24上の非マスク部分24a(図13参照)と、非貫通穴70の内側面とが保護膜94で覆われた状態となる。これより、非マスク部分24a及び非貫通穴70の内側面を覆う保護膜の種類が異なるものの、図14に示した熱酸化膜形成工程34の終了後と同じ状態になる。

【0109】

<マスクパターン層除去工程>

マスクパターン層除去工程89では、保護膜94をマスクとして、HFやBHFを用いるウェットエッチング装置あるいはHFベーパーエッチング装置などにより、第2活性層24上のマスクパターン層60aをウェットエッチングまたはベーパエッチングする。なお、ウェットエッチングまたはベーパエッチング以外の各種等方性エッチングを行ってもよい。

40

【0110】

図32に示すように、ウェットエッチングまたはベーパエッチングにより、第2活性層24上からマスクパターン層60aが除去されて、第1実施形態と同様に第2活性層24上に露呈部分24bが形成される。なお、第2活性層24の非マスク部分24a(図13参照)は保護膜94で保護されているのでエッチングされることはない。

【0111】

50

また、マスクパターン層除去工程 8 9 では、マスクパターン層 6 0 a の除去と同時に、非貫通穴 7 0 を通してその底部に露呈している B O X 層 5 1 をウェットエッチングまたはベーパエッチングする。この際に、非貫通穴 7 0 の内側面は、保護膜 9 4 でマスクされているのでエッチングされることはない。ウェットエッチング及びベーパエッチングはいわゆる等方性エッチングであるので、B O X 層 5 1 には非貫通穴 7 0 と同軸の丸孔形状の B O X 層開口部（第 3 開口部）5 1 a が形成される。

【 0 1 1 2 】

B O X 層開口部 5 1 a の大きさ（開口径）は、ウェットエッチングまたはベーパエッチングのエッチング時間の増加に伴って増加する。従って、ウェットエッチングまたはベーパエッチングが実施されると、非貫通穴 7 0 の底に露呈している B O X 層 5 1 の露呈部分が最初に除去され、次いでこの露呈部分の周辺部分が除去される。これにより、B O X 層開口部 5 1 a 内（非貫通穴 7 0 の奥）に、ハンドル層 8 2 の B O X 層 5 1 と対向する対向面 8 2 a の一部が露呈される。10

【 0 1 1 3 】

この際に、B O X 層開口部 5 1 a の開口径は、後述の結晶異方性エッチング工程 9 0 で形成されるザグリ穴 8 3 の開口の大きさを決定するものである。このため、ウェットエッチングまたはベーパエッチングのエッチング時間とエッチング量との関係を予め求めておき、この関係に基づき、ザグリ穴 8 3 の開口の大きさに応じたエッチング時間を決定することで、ウェットエッチングまたはベーパエッチングのエッチングストップを行う。なお、エッチング量は、例えば積層基板 5 3 を I R 顕微鏡で観察することで測定することができる。20

【 0 1 1 4 】

< 結晶異方性エッチング工程 >

図 3 3 に示すように、結晶異方性エッチング工程 9 0 では、保護膜 9 4 をマスクとして、ウェットエッチング装置により第 2 活性層 2 4 を結晶異方性エッチングする。第 1 実施形態と同様に、エッチング液により第 2 活性層 2 4 が露呈部分 2 4 b から第 1 活性層 2 3 側に向けて結晶異方性エッチングされることで、4 つの $(\bar{1}11)$ 面 7 3（図 1 8 参照）により構成される略四角錐状のテープ部 2 1 が形成される。

【 0 1 1 5 】

また、結晶異方性エッチング工程 9 0 では、非貫通穴 7 0 及び B O X 層開口部 5 1 a を通して、B O X 層開口部 5 1 a 内に露呈しているハンドル層 8 2 を結晶異方性エッチングする。具体的に、ハンドル層 8 2 は、エッチング液により対向面 8 2 a の一部（図 3 2 参照）から対向面 8 2 a とは反対側の反対面 8 2 b 側に向けて結晶異方性エッチングされる。この際に、ハンドル層 8 2 の面方位は $(\bar{1}10)$ であるので、結晶異方性エッチングによりハンドル層 8 2 の 4 つの $(\bar{1}11)$ 面 8 2 c が露呈する。これにより、ハンドル層 8 2 の対向面 8 2 a 側に 4 つの $(\bar{1}11)$ 面 8 2 c を含んで構成される四角孔形状のザグリ穴 8 3 が形成される。結晶異方性エッチングのエッチング時間を調整することで、ザグリ穴 8 3 の深さを適宜調整することができる。30

【 0 1 1 6 】

< 保護膜除去工程 >

図 3 4 に示すように、保護膜除去工程 9 1 では、例えば熱磷酸を用いたウェットエッチングなどを行うことで積層基板 5 3 から保護膜 9 4 を除去する。これにより、ハンドル層 5 0 及び B O X 層 5 1 上に積層された状態でノズルプレート 1 3 が形成される。ノズルプレート 1 3 には、上述の各工程を経てストレート部 2 0 とテープ部 2 1 と含むノズル 1 2 が形成されている。40

【 0 1 1 7 】

< ハンドル層研磨工程 >

図 3 5 に示すように、ハンドル層研磨工程 9 2 では、ハンドル層 8 2 を反対面 8 2 b 側から研磨してザグリ穴 8 3 を露呈させる。これにより、ノズルプレート 1 3 のノズル面 1 3 a 及び各ノズル 1 2 のノズル開口 1 9 が露呈される。ハンドル層 8 2 の反対面 8 2 b を50

研磨する代わりに研削してもよく、あるいはドライエッティングしてもよい。

【0118】

< その他の工程 >

以下、図示は省略するが、第1実施形態で説明した流路基板貼付工程38や圧電素子形成工程39などが実行される。これにより、ヘッド製造工程84の全てが完了して、インクジェットヘッド80が完成する。

【0119】

< 第2実施形態のインクジェットヘッドの製造工程の効果 >

上述のヘッド製造工程84は、第2活性層24の非マスク部分24a及び非貫通穴70の内側面をマスクする方法が異なる点と、ノズルプレート13にザグリ穴83を形成する点とを除けば、第1実施形態のヘッド製造工程30と基本的に同じである。このため、上記第1実施形態で説明した効果と同様の効果が得られる。

【0120】

また、ノズルプレート13にザグリ穴83を形成することで、インクジェットヘッド80をインクジェット記録装置に装着して記録紙に画像を記録する際に、記録紙の搬送不良(ジャムなど)が発生して記録紙がインクジェットヘッド80に接触したとしても、この記録紙がノズルプレート13のノズル面13aに直接接触することが防止される。その結果、ノズル面13aに形成された撥液膜25など各種膜が剥がれたり、ノズル12が破壊されたりすることなどが防止される。

【0121】

[インクジェット記録装置の全体構成]

図36は、本発明の製造方法で製造されたノズルプレート13を有するインクジェットヘッド10(インクジェットヘッド80でも可)を備えたインクジェット記録装置110の概略を示す全体構成図である。図36に示すように、インクジェット記録装置110は、インクの色ごとに設けられた複数のインクジェットヘッド10K、10C、10M、10Y(上述のインクジェットヘッド10にそれぞれ対応)を有する印字部112と、各インクジェットヘッド(以下、単にヘッドと略す)10K、10C、10M、10Y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のかールを除去するデカール処理部120と、ヘッド10K、10C、10M、10Y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を備えている。

【0122】

図36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。

【0123】

ロール紙を使用する場合には、裁断用のカッター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、この固定刃128Aに沿って移動する丸刃128Bとから構成されている。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。

【0124】

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るため、かールする。このか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かールとなるように加熱温度を制御するとより好ましい。

【0125】

10

20

30

40

50

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ており、少なくともヘッド10K、10C、10M、10Y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。

【0126】

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。ローラ131、132間に掛け渡されたベルト133の内側には、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吸着チャンバー134が設けられている。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。

10

【0127】

ベルト133が巻かれているローラ131、132の少なくとも一方にモータ188(図40参照)の動力が伝達されることにより、ベルト133は図中時計回り方向に駆動される。これにより、ベルト133上に保持された記録紙116は、図中の左から右へと搬送される。

【0128】

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線速度を変えると清掃効果が大きい。

20

【0129】

なお、吸着ベルト搬送部122に代えて、ローラ・ニップ搬送機構を用いる様も考えられるが、印字領域をローラ・ニップ搬送すると、印字直後に用紙の印字面にローラが接触するので、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。

【0130】

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。

30

【0131】

図37に示すように、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送り方向(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を有している。印字部112を構成する各ヘッド10K、10C、10M、10Yは、本インクジェット記録装置110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。

【0132】

40

記録紙116の搬送方向に沿って上流側(図36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ヘッド10K、10C、10M、10Yが配置されている。記録紙116を搬送しつつ各ヘッド10K、10C、10M、10Y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。

【0133】

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ごとに設けられてなる印字部112によれば、紙送り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1回行うだけで(即ち、1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、ヘッドが紙送り方向と直交する主走査方向に往復動作

50

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。

【0134】

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ヘッドを追加する構成も可能である。

【0135】

図36に戻って、インク貯蔵／装填部114は、各ヘッド10K、10C、10M、10Y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ヘッド10K、10C、10M、10Y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機能を備えるとともに、色間の誤装填を防止するための機構を有している。10

【0136】

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、この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機能を有する。

【0137】

本実施形態の印字検出部124は、少なくとも各ヘッド10K、10C、10M、10Y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2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。20

【0138】

印字検出部124は、各色のヘッド10K、10C、10M、10Y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。

【0139】

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、例えば加熱ファンが用いられており、印字された画像面を乾燥させる。なお、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ため、後乾燥部142は熱風を吹きつける方式が好ましい。30

【0140】

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。加熱・加圧部144は、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145で加圧して、画像面に凹凸形状を転写する。

【0141】

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110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部（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。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。40

【0142】

〔インクジェットヘッドの構成〕50

次に、ヘッドの構造について説明する。色別の各ヘッド 10K, 10C, 10M, 12Y 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 によってヘッドを示すものとする。

【0143】

図 38 (a) はヘッド 150 の構造例を示す平面透視図であり、図 38 (b) はその一部の拡大図である。また、図 38 (c) はヘッド 150 の他の構造例を示す平面透視図である。

【0144】

記録紙 116 上に印字されるドットピッチを高密度化するためには、ヘッド 150 におけるノズルピッチを高密度化する必要がある。本例のヘッド 150 は、インク滴の吐出孔であるノズル 151 (前述のノズル 12 に対応) と、各ノズル 151 に対応する圧力室 152 (前述の圧力室 14 に対応)、供給口 154 等からなる複数のインク室ユニット 153 を千鳥でマトリクス状に (2 次元的に) 配置させた構造を有している。これにより、ヘッド長手方向 (紙送り方向と直交する主走査方向) 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) を狭め、高密度化を達成している。10

【0145】

紙送り方向と略直交する主走査方向に記録紙 116 の全幅に対応する長さにわたり 1 列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 38 (a) の構成に代えて、図 38 (c) に示すように、複数のノズル 151 が 2 次元状に配列された短尺のヘッドブロック 150' を千鳥状に配列して繋ぎ合わせることで記録紙 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。20

【0146】

なお、本例では圧力室 152 の平面形状が略正方形である様子を示したが、圧力室 152 の平面形状は略正方形に限定されず、略円形状、略だ円形状、略平行四辺形 (ひし形) など様々な形状を適用することができる。また、ノズル 151 や供給口 154 の配置も図 38 (a) ~ (c) に示す配置に限定されず、圧力室 152 の略中央部にノズル 151 を配置してもよいし、圧力室 152 の側壁側に供給口 154 を配置してもよい。

【0147】

図 38 (b) に示すように、主走査方向に沿う行方向及び主走査方向に対して直交しない一定の角度 θ を有する斜めの列方向に沿って一定の配列パターンで格子状に多数配列させることにより、本例の高密度ノズルヘッドが実現されている。30

【0148】

即ち、主走査方向に対してある角度 θ の方向に沿ってインク室ユニット 153 を一定のピッチ d で複数配列する構造により、主走査方向に並ぶように投影されたノズルのピッチ P は $d \times c \cos \theta$ となり、主走査方向については、各ノズル 151 が一定のピッチ P で直線状に配列されたものと等価的に取り扱うことができる。このような構成により、主走査方向に並ぶように投影されるノズル列が 1 インチ当たり 2400 個 (2400 ノズル / インチ) におよぶ高密度のノズル構成を実現することが可能になる。

【0149】

本発明の実施に際してノズルの配置構造は図示の例に限定されず、副走査方向に 1 列のノズル列を有する配置構造や、2 列の千鳥配置されたノズル列を有する構造など、様々なノズル配置構造を適用できる。40

【0150】

なお、印字可能幅の全幅に対応した長さのノズル列を有するフルラインヘッドで、ノズルを駆動する時には、(1) 全ノズルを同時に駆動する、(2) ノズルを片方から他方に向かって順次駆動する、(3) ノズルをブロックに分割して、ブロックごとに片方から他方に向かって順次駆動する等が行われ、記録媒体の幅方向 (主走査方向) に 1 ライン (1 列のドットによるライン又は複数列のドットから成るライン) を印字するようなノズルの駆動を主走査と定義する。

【0151】

50

特に、図38(a)～(c)に示すようなマトリクス状に配置されたノズル151を駆動する場合は、上記(3)のような主走査が好ましい。

【0152】

一方、上述したフルラインヘッドと記録紙116とを相対移動することによって、上述した主走査で形成された1ライン(1列のドットによるライン又は複数列のドットから成るライン)の印字を繰り返し行うことを副走査と定義する。

【0153】

なお、本実施形態ではフルラインヘッドを例示したが、本発明の適用範囲はこれに限定されず、記録紙116の幅よりも短い長さのノズル列を有する短尺のヘッドを記録紙116の幅方向に走査させながら、記録紙116の幅方向の印字を行うシリアル型ヘッドにも適用可能である。10

【0154】

なお、図38(a)～(c)に示すように、各ノズル151に対応して設けられている圧力室152は、その平面形状が概略正方形となっており、対角線上の両隅部に形成されたノズル151と供給口154が設けられている。各圧力室152は不図示の共通流路(共通液室)と連通されている。この共通流路は不図示のインク供給タンクと連通している。インク供給タンクから供給されるインクは、共通流路を介して各圧力室152に分配供給される。

【0155】

〔吐出回復装置〕

20

図39は、インクジェット記録装置110におけるインク供給系の構成を示した概要図である。インクタンク190は、図36に示したインク貯蔵/装填部114に設置されており、ヘッド150にインクを供給する。インクタンク190の形態には、インク残量が少なくなった場合に、補充口(図示省略)からインクを補充する方式と、タンクごと交換するカートリッジ方式とがある。使用用途に応じてインク種類を替える場合には、カートリッジ方式が適している。この場合、インクの種類情報をバーコード等で識別して、インク種類に応じて吐出制御を行なうことが好ましい。なお、インクタンク190は、先に記載した図36のインク貯蔵/装填部114と等価のものである。

【0156】

インクタンク190とヘッド150を繋ぐ管路の中間には、異物や気泡を除去するためにフィルタ192が設けられている。フィルタ・メッシュサイズはヘッド150のノズル径と同等若しくはノズル径以下(一般的には、 $20\mu m$ 程度)とすることが好ましい。30

【0157】

なお、図39には示さないが、印字ヘッド150の近傍又はヘッド150と一緒にサブタンクを設けてもよい。サブタンクは、ヘッドの内圧変動を防止するダンパー効果及びフィルを改善する機能を有する。

【0158】

また、インクジェット記録装置110には、ノズルの乾燥防止又はノズル近傍のインク粘度上昇を防止するキャップ194と、ノズル面150Aを清掃するためのクリーニングブレード196とが設けられている。40

【0159】

これらキャップ194及びクリーニングブレード196を含むメンテナンスユニットは、図示を省略した移動機構によって印字ヘッド150に対して相対移動可能であり、必要に応じて所定の退避位置から印字ヘッド150下方のメンテナンス位置に移動される。

【0160】

キャップ194は、図示しない昇降機構によって印字ヘッド150に対して相対的に昇降変位される。昇降機構は、電源OFF時や印刷待機時にキャップ194を所定の上昇位置まで上昇させ、ヘッド150に密着されることにより、ノズル面150Aのノズル領域をキャップ194で覆う。

【0161】

50

クリーニングブレード 196 は、ゴムなどの弾性部材で構成されており、図示を省略したブレード移動機構によりヘッド 150 のインク吐出面（ノズル面 150A）に摺動可能である。ノズル面 150A にインク液滴又は異物が付着した場合は、クリーニングブレード 196 をノズル面 150A に摺動させることでノズル面 150A を拭き取り、ノズル面 150A を清浄化する。

【0162】

印字中又は待機中において、特定のノズル 151 の使用頻度が低くなり、そのノズル 151 近傍のインク粘度が上昇した場合、粘度が上昇して劣化したインクを排出すべく、キャップ 194 に向かって予備吐出が行われる。

【0163】

すなわち、ヘッド 150 は、ある時間以上吐出しない状態が続くと、ノズル近傍のインク溶媒が蒸発してノズル近傍のインクの粘度が高くなってしまい、吐出駆動用のアクチュエータ（圧電素子）が動作してもノズル 151 からインクが吐出しなくなる。従って、このような状態になる手前で（圧電素子の動作によってインク吐出が可能な粘度の範囲内で）、インク受けに向かって圧電素子を動作させ、粘度が上昇したノズル近傍のインクを吐出させる「予備吐出」が行われる。また、クリーニングブレード 196 等のワイパーによってノズル面 150A の汚れを清掃した後に、このワイパー摺擦動作によってノズル 151 内に異物が混入するのを防止するためにも予備吐出が行われる。なお、予備吐出は、「空吐出」、「ページ」、「唾吐き」などと呼ばれる場合もある。

【0164】

また、ヘッド 150 内のインク（圧力室 152 内のインク）に気泡が混入した場合、印字ヘッド 150 にキャップ 194 を当て、吸引ポンプ 197 で圧力室 152 内のインク（気泡が混入したインク）を吸引により除去し、吸引除去したインクを回収タンク 198 へ送液する。この吸引動作は、初期のインクのヘッドへの装填時、あるいは長時間の停止後の使用開始時にも行われ、粘度が上昇して固化した劣化インクが吸い出され除去される。

【0165】

具体的には、ノズル 151 や圧力室 152 内に気泡が混入したり、ノズル 151 内のインクの粘度上昇があるレベルを超えたときに、圧電素子を動作させる予備吐出ではノズル 151 からインクを吐出できなくなる。このような場合、印字ヘッド 150 のノズル面 150A に、キャップ 194 を当てて圧力室 152 内の気泡が混入したインク又は増粘インクをポンプ 197 で吸引する動作が行われる。

【0166】

ただし、上記の吸引動作は、圧力室 152 内のインク全体に対して行われるためインク消費量が大きい。従って、粘度上昇が少ない場合はなるべく予備吐出を行うことが好ましい。なお、図 39 で説明したキャップ 194 は、吸引手段として機能するとともに、予備吐出のインク受けとしても機能し得る。

【0167】

また、好ましくは、キャップ 194 の内側が仕切壁によってノズル列に対応した複数のエリアに分割されており、これら仕切られた各エリアをセレクタ等によって選択的に吸引できる構成とする。

【0168】

〔制御系の説明〕

図 40 はインクジェット記録装置 110 のシステム構成を示す要部ブロック図である。インクジェット記録装置 110 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。

【0169】

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 USB (Universal serial bus)、IEEE 1394、イーサネット（登録商標）、無線ネットワーク

10

20

30

40

50

などのシリアルインターフェースやセントロニクスなどの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。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110に取り込まれ、一旦メモリ174に記憶される。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。このメモリ174は、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。なお、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。

【0170】

システムコントローラ172は、通信インターフェース170、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で構成されており、ホストコンピュータ186との間の通信制御、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。

【0171】

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(図36に図示)等のヒータ189を駆動するドライバである。

【0172】

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、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ており、生成した印字制御信号をヘッドドライバ184に供給する。プリント制御部180において所要の信号処理が施され、画像データに基づいてヘッドドライバ184を介してヘッド150のインク液滴の吐出量や吐出タイミングの制御(打滴制御)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。

【0173】

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、図中では、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、メモリ174と兼用することも可能である。

【0174】

ヘッドドライバ184はプリント制御部180から与えられる印字データに基づいて各色のヘッド10K, 10C, 10M, 10Y(ヘッド150)の圧電素子を駆動する。ヘッドドライバ184にはヘッドの駆動条件を一定に保つためのフィードバック制御系が含まれていてもよい。

【0175】

印字検出部124は、図36に示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)を検出して、その検出結果をプリント制御部180に提供する。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ヘッド150に対する各種補正を行う。

【0176】

なお、システムコントローラ172及びプリント制御部180は、1つのプロセッサで構成されていてもよい。また、システムコントローラ172とモータドライバ176とヒータドライバ178とを一体に構成したデバイスや、プリント制御部180とヘッドドライバとを一体に構成したデバイスを用いてもよい。

【0177】

<インクジェット記録装置の作用効果>

10

20

30

40

50

各ヘッド10K, 10C, 10M, 10Y(ヘッド150)のノズル151(前述のノズル12のストレート部20やテーパ部21)が高精度に形成されており、吐出性能が安定しているので、良質な記録画像が得られる。

【0178】

<装置応用例>

なお、上記各実施形態のインクジェットヘッド10, 80では、各ノズルから液滴を吐出させるための吐出用の圧力(吐出エネルギー)を圧電素子から発生させているが、静電アクチュエータ、サーマル方式(ヒータの加熱による膜沸騰の圧力をを利用してインクを吐出させる方法)におけるヒータ(加熱素子)や他の方法による各種アクチュエータなど様々な圧力発生素子(吐出エネルギー発生素子)を適用し得る。ヘッドの吐出方式に応じて、相応のエネルギー発生素子が流路構造体に設けられる。10

【0179】

上記実施形態では、グラフィック印刷用のインクジェット記録装置に用いられるインクジェットヘッドのノズルプレートの製造方法について説明したが、電子回路の配線パターンを描画する配線描画装置、各種デバイスの製造装置、吐出用の機能性液体として樹脂液を用いるレジスト印刷装置、カラーフィルター製造装置、マテリアルデポジション用の材料を用いて微細構造物を形成する微細構造物形成装置など、液状機能性材料を用いて様々な形状やパターンを描画する各種インクジェット記録装置に用いられるノズルプレートの製造方法に本発明を適用することができる。20

【0180】

上記実施形態ではSOI基板48の第1活性層23上に第2活性層24を積層してなる積層基板53を用いてノズルプレート13を製造したが、SOI基板48を用いずに、SiO₂膜などの酸化膜上に第1及び第2活性層23, 24を積層してなる積層基板を用いてノズルプレートの製造を行ってもよい。20

【0181】

上記第1実施形態では、ハンドル層50として面方位(100)の単結晶シリコン基板を用いたが、ハンドル層50の面方位は特に(100)に限定されるものない。さらに、ハンドル層50としてシリコン以外の材料を用いてもよい。ただし、この場合には、ヘッド製造工程30の各工程での加熱処理により積層基板に反りなどが発生しない、あるいは反りが低減するような材料の種類や厚みなどを選択することが好ましい。また、上記各実施形態では、BOX層51としてSiO₂膜を例に挙げて説明したが、加熱処理により積層基板に反りなどが発生しない範囲内で各種の酸化膜を用いてもよい。30

【0182】

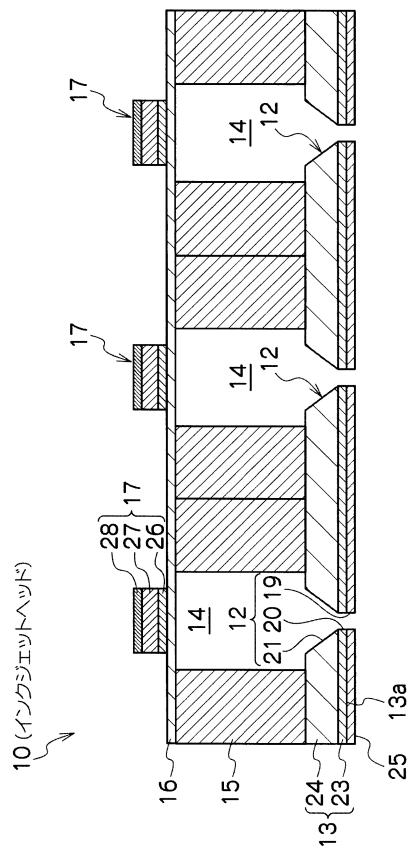
さらに、本発明は上述した各実施形態(例えば各層及び各膜の形成方法、エッチング方法など)に限定されず、本発明の精神を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であることは言うまでもない。

【符号の説明】

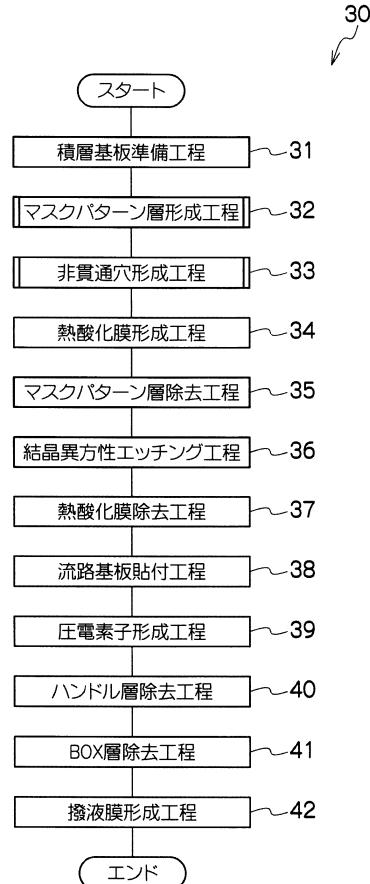
【0183】

10, 80...インクジェットヘッド, 12...ノズル, 13...ノズルプレート, 20...ストレート部, 21...テーパ部, 23...第1活性層, 24...第2活性層, 30, 84...インクジェットヘッドの製造工程, 31...積層基板準備工程, 32...マスクパターン層形成工程, 33...非貫通穴形成工程, 34...熱酸化膜形成工程, 35, 89...マスクパターン層除去工程, 36, 90...結晶異方性エッチング工程, 48...SOI基板, 50...ハンドル層, 51...BOX層, 53...積層基板, 53...積層基板, 60a...マスクパターン層, 70...非貫通穴40

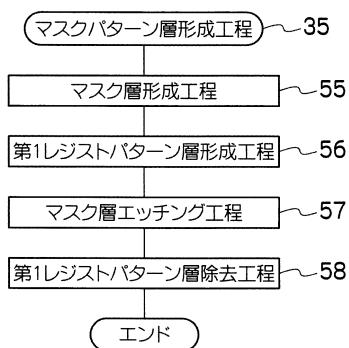
【図1】



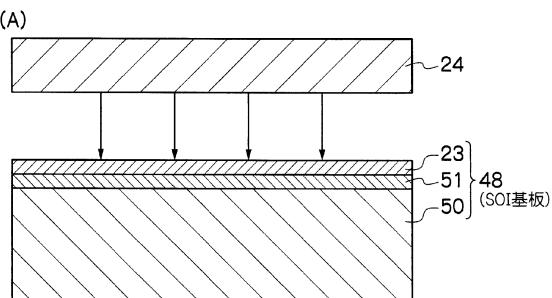
【図2】



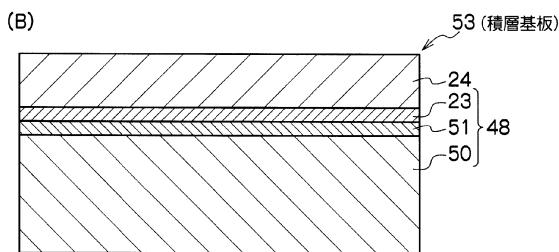
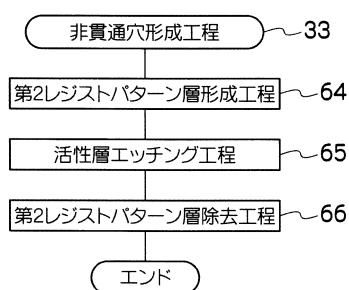
【図3】



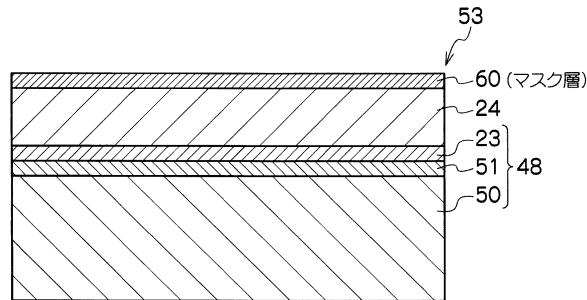
【図5】



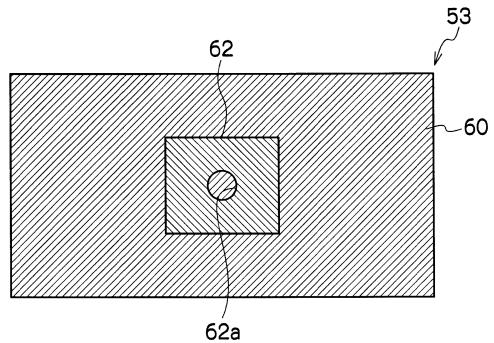
【図4】



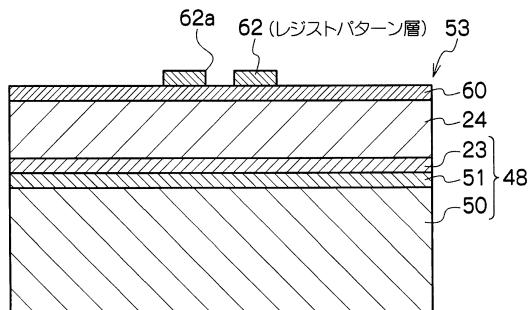
【図 6】



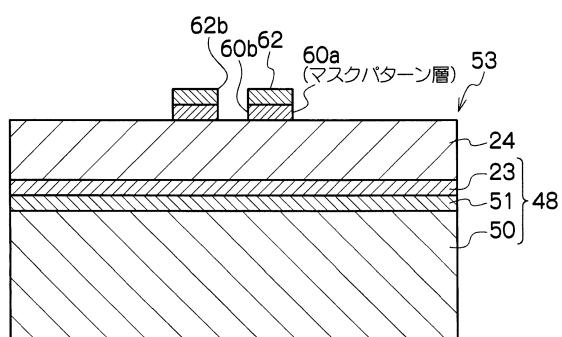
【図 8】



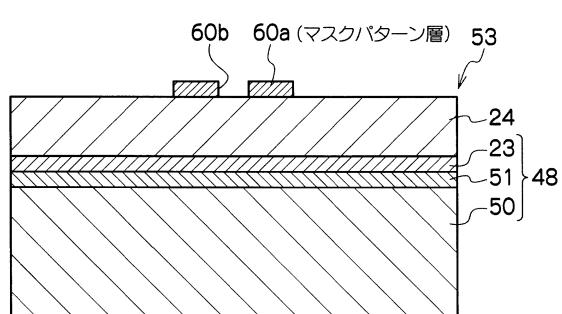
【図 7】



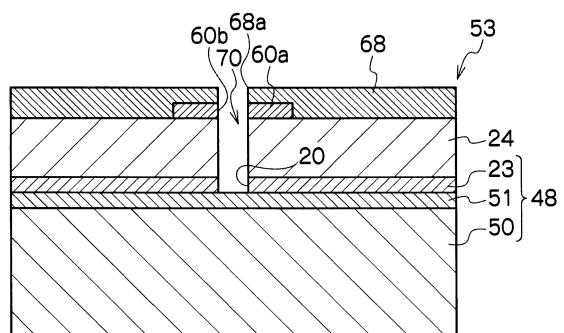
【図 9】



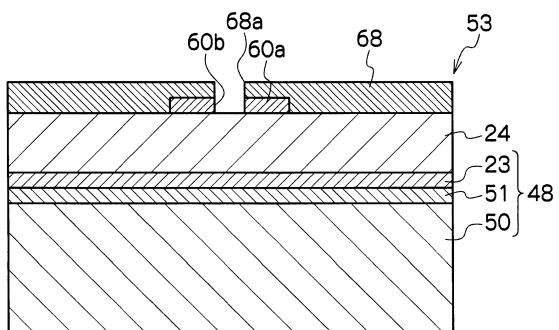
【図 10】



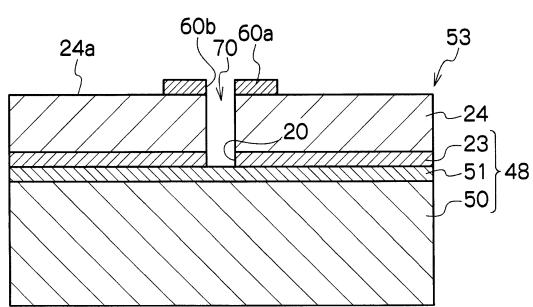
【図 12】



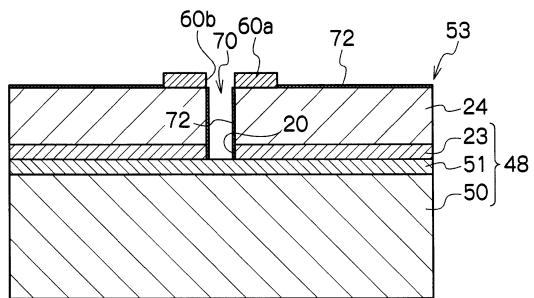
【図 11】



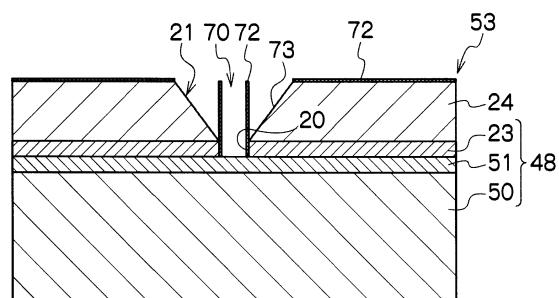
【図 13】



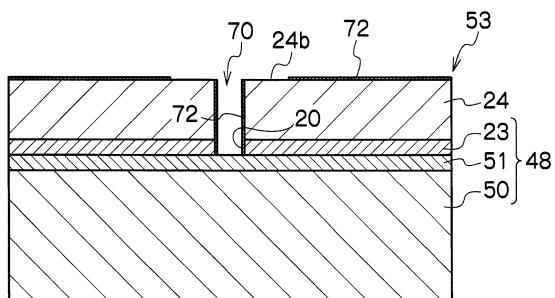
【図14】



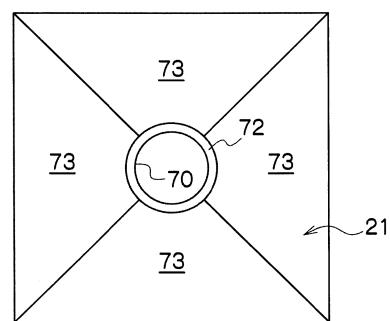
【図16】



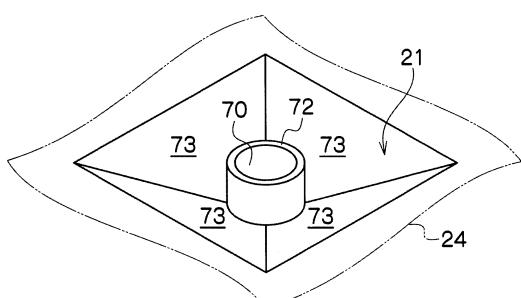
【図15】



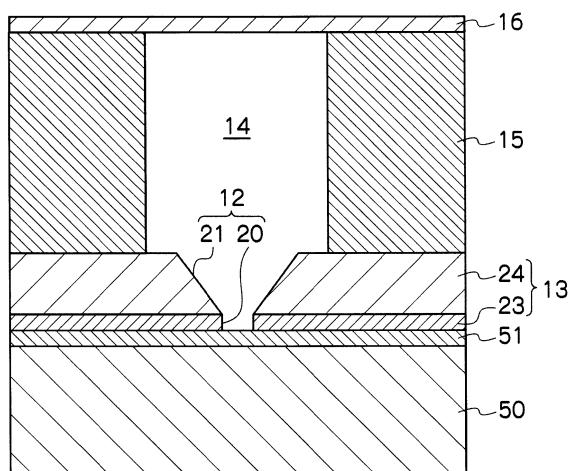
【図17】



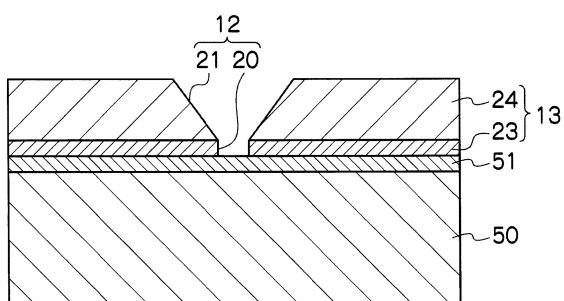
【図18】



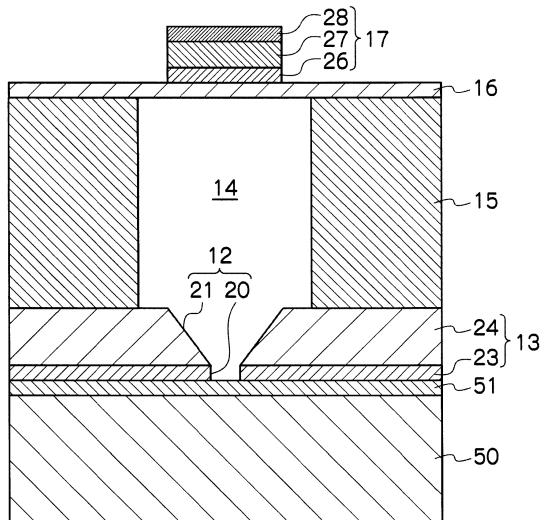
【図20】



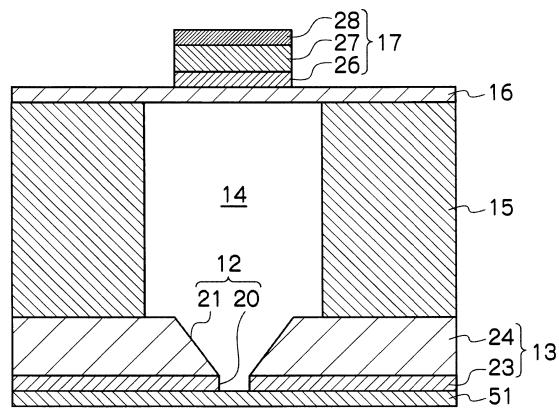
【図19】



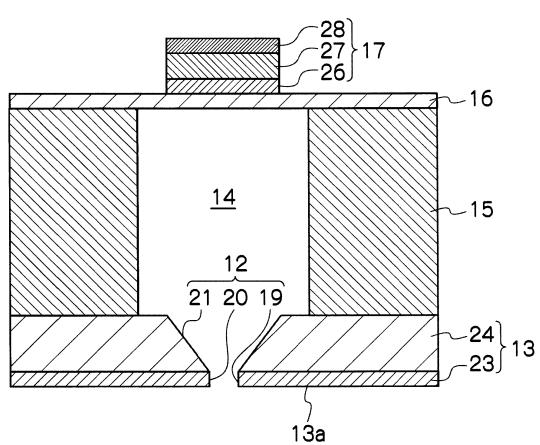
【図21】



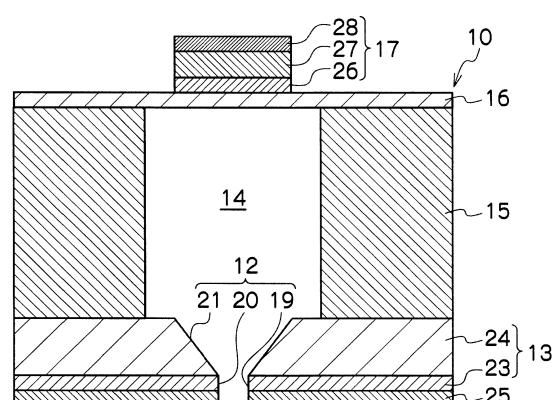
【図22】



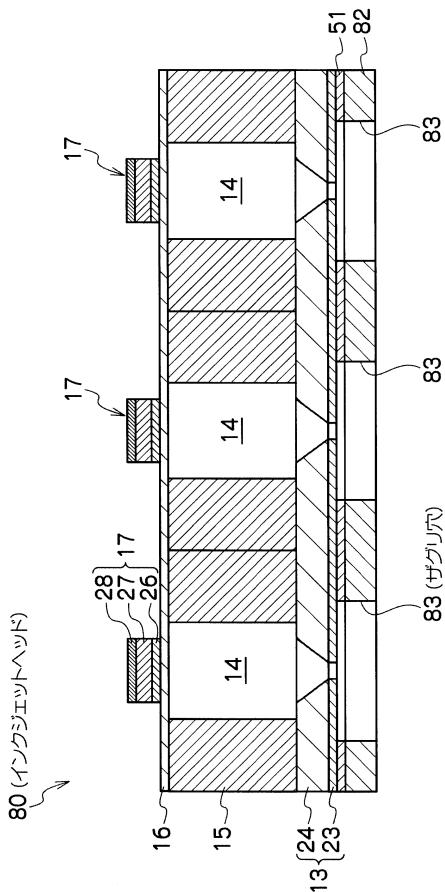
【図23】



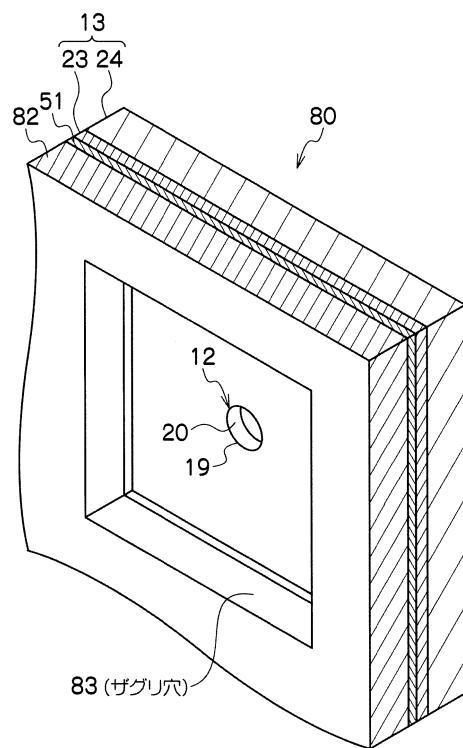
【図24】



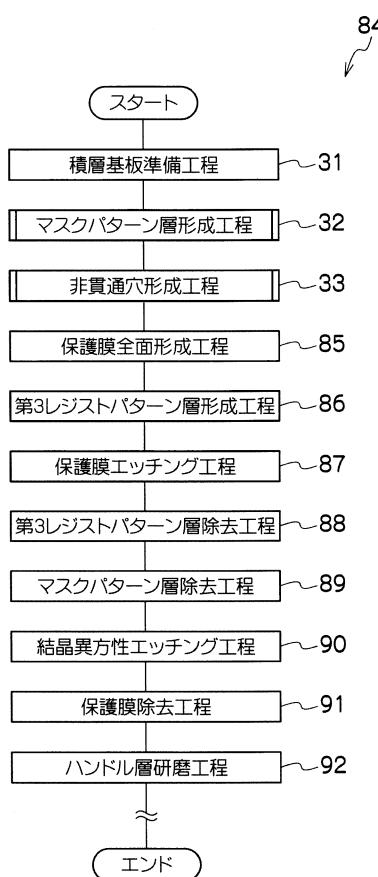
【図25】



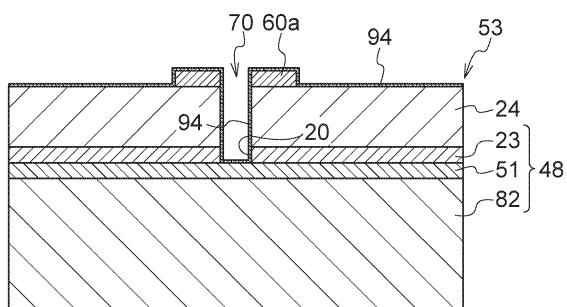
【図26】



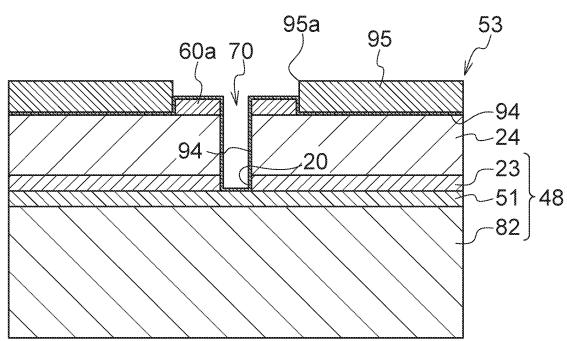
【図27】



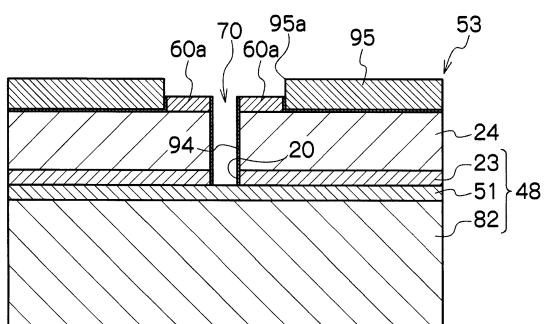
【図28】



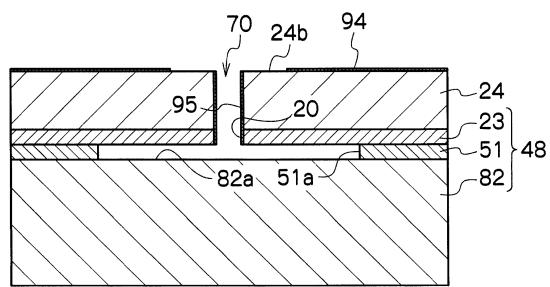
【図29】



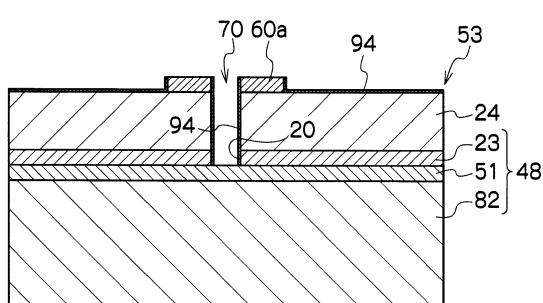
【図30】



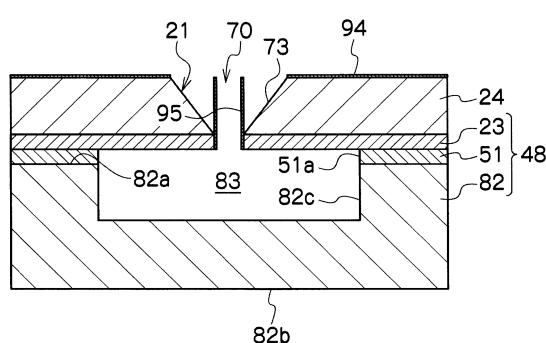
【図32】



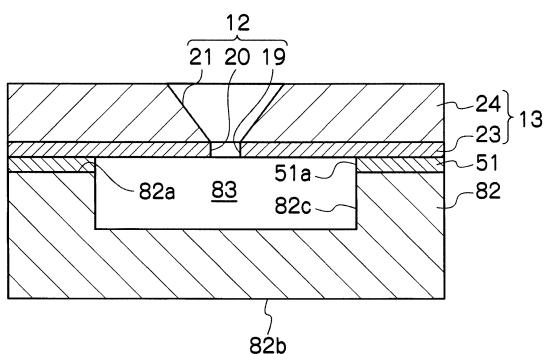
【図31】



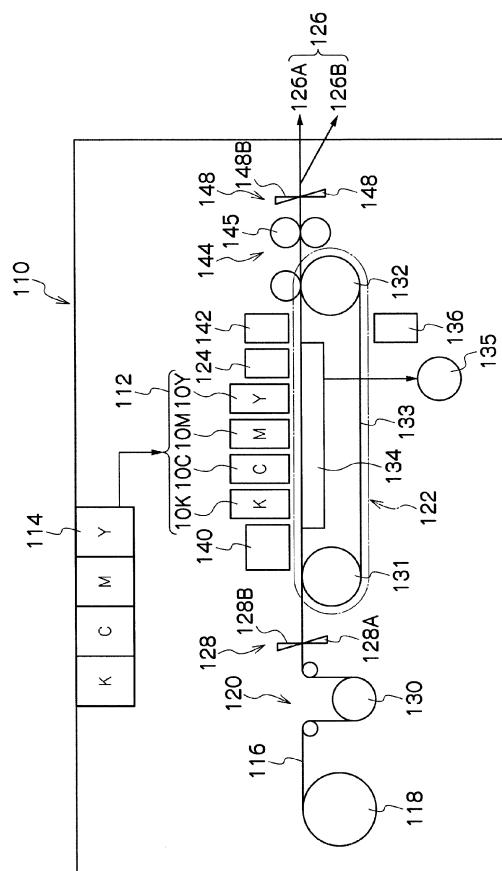
【図33】



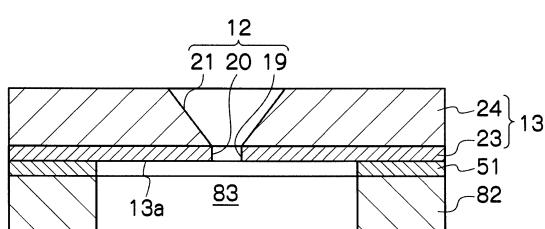
【図34】



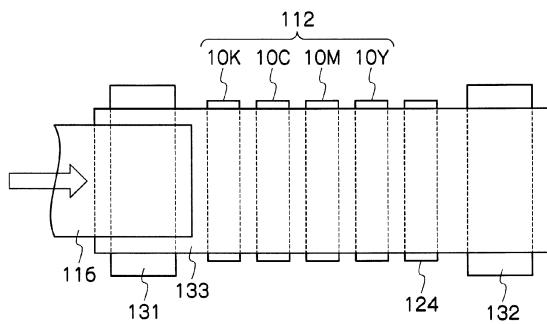
【図36】



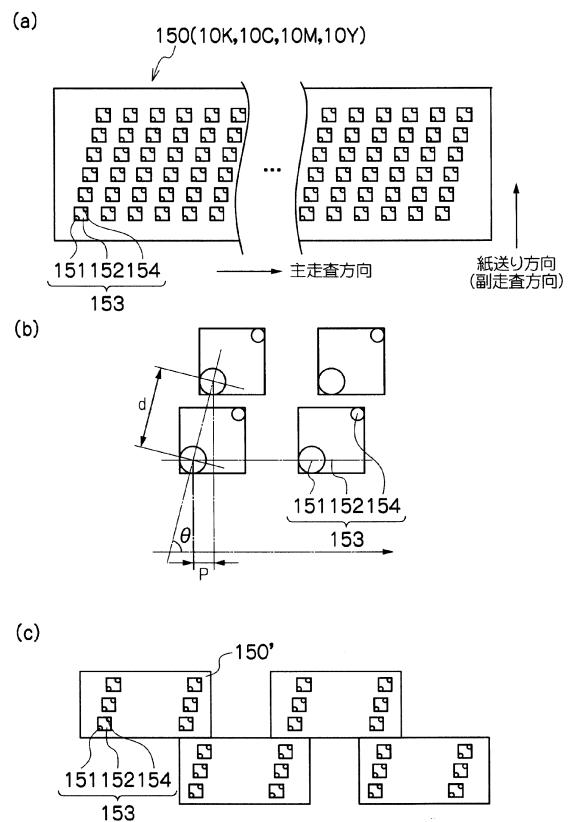
【図35】



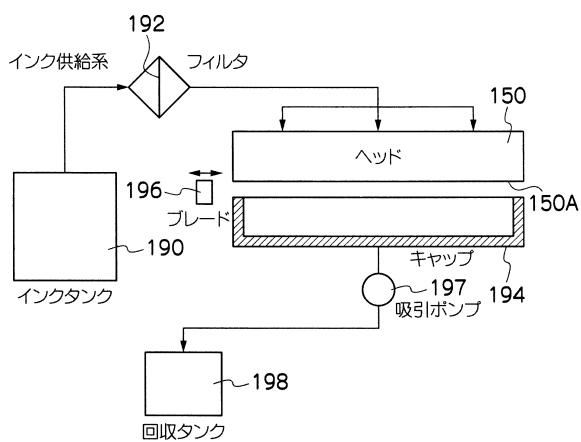
【図37】



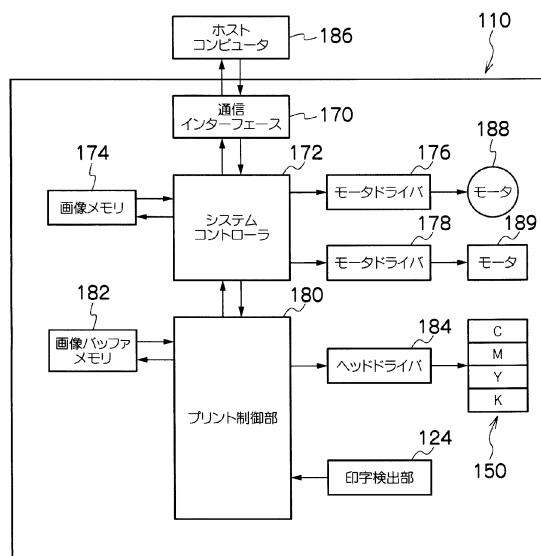
【図38】



【図39】



【図40】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 41 J 2 / 01 - 2 / 215