(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2002 年2 月7 日 (07.02.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/11182 A2

(51) 国際特許分類[7]: H01L

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/06353

(22) 国際出願日: 2001 年7 月23 日 (23.07.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2000-220410	2000 年7 月21 日 (21.07.2000)	JP
特願2000-220420	2000 年7 月21 日 (21.07.2000)	JP
特願2000-220421	2000 年7 月21 日 (21.07.2000)	JP
特願2001-10188	2001 年1 月18 日 (18.01.2001)	JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤田博之 (FUJITA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒171-0041 東京都豊島区千川一丁目9番14号 Tokyo (JP). 三田吉郎 (MITA, Yoshio) [JP/JP]; 〒112-0011 東京都文京区千石1-6-38-B Tokyo (JP). 大東良一 (OHIGASHI, Ryoichi) [JP/JP]. 土屋勝則 (TSUCHIYA, Katsunori) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉武賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): KR, US.

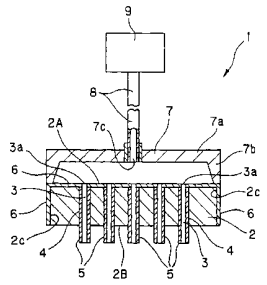
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書なし; 報告書を受け取り次第公開される。

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: FINE PATTERN DRAWING METHOD

(54) 発明の名称: 微細パターンの形成方法



(57) Abstract: A fine pattern drawing apparatus for drawing a fine pattern directly in ink with high precision, a method for fabricating a fine nozzle that such a fine pattern drawing apparatus has, and a method for drawing a fine pattern are disclosed. The fine pattern drawing apparatus comprises a silicon base, fine holes extending through the silicon base from its front surface to its back surface and having silicon oxide layers on their walls, fine nozzles projecting from the back surface of the silicon base and extending from the openings of the fine holes integrally with the silicon oxide layers, silicon nitride layers formed on the front and side surfaces of the silicon base, a support member provided to the front surface of the silicon base, an ink passage for supplying ink to the openings of the fine holes in the front surface, and an ink supply connected to the ink passage.

[続葉有]

WO 02/11182 A2

(57) 要約:

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えたものとすることにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。

明　　細　　書

微細パターンの形成方法

技術分野

本発明は、微細パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および微細パターンの形成方法に係り、特に液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス等のフラットディスプレイ製造のパターン形成やプリント配線板の導体パターン形成、および修正等に応用できる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置に用いられる微細ノズルの製造方法、および、上記のような微細パターンの形成方法に関する。

発明の背景

例えば、液晶ディスプレイ用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成は、フォトリソグラフィー法、印刷法、電着法等により行なわれている。これらの形成方法の中でも、精度、外観品位の点でフォトリソグラフィー法が優れている。また、プリント配線板の導体パターンの形成においても、高精度な配線が可能なフォトリソグラフィー法が用いられている。

フォトリソグラフィー法によるカラーフィルタの製造の一例では、スパッタリングや蒸着等で成膜されたクロム等の金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、フォトマスクを介して露光、現像によりレジストパターンを作製し、これをマスクとして金属薄膜をエッチングでパターニングすることによりブラックマトリックスが形成される。次に、着色顔料を含有する感光性レジストを塗布した後、フォトマスクを介して露光、現像することによりカラーフィルタの着色層が形成される。一方、プリント配線板は、銅めっき層上に感光性レジストのパターンを形成し、これをマスクとして銅めっき層をエッチングすることにより導体パターンが製造される。

しかし、上述のようなフォトリソグラフィー法を用いたカラーフィルタのパターン形成、導体パターン形成等の従来の微細パターン形成は工程が複雑であり、製造コストの低減に支障を来たしていた。

発明の開示

本発明は上述のような実情に鑑みてなされたものであり、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供することを目的とする。

このような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

そして、前記微細ノズルの開口径は１～１００μmの範囲内、かつ、バラツキは±１μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは２～１０００μmの範囲内であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有するような構成とした。

そして、前記微細ノズルの開口径は１～１００μmの範囲内、かつ、バラツキは±１μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは４～１０００μmの範囲内であるような構成とした。

また、上述の微細パターン形成装置において、前記微細ノズルの突出長が１～１５０μmの範囲内にあるような構成とした。

また、上述の微細パターン形成装置において、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

さらに、前記微細孔は２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成する第１の工程、前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第２の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第３の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第４の工程、を有するような構成とした。

そして、前記第４の工程において、前記マスクパターンを除去した面からエッチングを行うような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第１の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、該マスク薄膜をパターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第２の工程、前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第

３の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第４の工程、前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第５の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第１の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第２の工程、シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面のマスク薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつマスクパターンを形成する第３の工程、前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第４の工程、前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第５の工程、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第６の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成

した表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第１の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第２の工程、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第３の工程、シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側のマスク薄膜をパターニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第４の工程、前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第５の工程、前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第６の工程、前記珪素窒化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第７の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第１の工程、前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第２の工程、前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第３の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に

露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第４の工程、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第５の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第１の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、次に該マスク薄膜をパターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成するとともに、他方の面のマスク薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第２の工程、前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第３の工程、前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第４の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第５の工程、前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第６の工程、を有するような構成とした。

このような本発明では、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されたパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

また、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、

シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層の厚みが前記微細ノズルの厚みの２倍以上であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層が珪素酸化物およびリン珪素ガラスのいずれかにより形成されたものであるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細ノズルの開口径が１～１００μmの範囲内、微細ノズルの形成ピッチが４～１０００μmの範囲内であるような構成、前記微細ノズルの突出長が１～４００μmの範囲内にあるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔が２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

さらに、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記撥水性層がフルオロカーボンで形成されたものであるような構成とした。

このような本発明では、微細ノズルは補強層により機械的強度が高いものとされ、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えること

によりインキ付着量を任意に変えることができる。

さらに、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されているような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記対向電極がドラム形状および平板形状のいずれかであるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の開口径が１～１００μmの範囲内、前記微細孔の形成ピッチは２～１０００μmの範囲内であるような構成とした。

さらに、本発明の微細パターン形成装置は、前記ノズルの突出長が１０～４００μmの範囲内にあるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔は２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成、さらに、各微細孔グループごとに別個の主電極を備えるような構成とした。

本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを

各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成するような構成とした。

また、上記のパターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成するような構成とした。

また、本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成するような構成とした。

そして、上述の主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御するような構成とした。

このような本発明では、供給されたインキは、主電極と対向電極間に形成される電界と供給時の低圧力とによりシリコン基板の微細孔から吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画がなされ、電界強度とインキ供給圧を変えることによりインキの吐出幅と吐出量を制御して、インキ付着量を任意に変えることができる。なお、本明細書において、「インキ」とは、通常、染料や顔料などからなる着色剤とバインダーないしビヒクルを含んでなる液状組成物を意味するが、ディスプレイ部材や回路形成用途などにおいては、金属や磁性微粒子、あるいはセラミックスなどの微粒子を含むペースト、ならびに樹脂や蛍光体材料、有機ＥＬ材料を含む液状組成物、およびフォトレジストなどを広く含むものとする。

図面の簡単な説明

図１は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図２は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図３は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図４は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図５は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図６は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図７は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図８は、図７に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図９は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図９（Ａ）は概略断面図、図９（Ｂ）は底面図である。

図１０は、図９に示される微細パターン形成装置の支持部材のＡ－Ａ線矢視における横断面図である。

図１１は、図９に示される微細パターン形成装置の支持部材のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図１２は、図９に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

図１３は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図１４は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

図１５は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

図１６は、本発明の微細ノズルの製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。

図１７は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図１８は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図１９は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２０は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工

程図である。

図２１は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２２は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２３は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２４は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２５は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図２６は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図２７は、図２６に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。

図２８は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図２９は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図３０は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図３１は、図５に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図３２は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図３２（Ａ）は概略断面図、図３２（Ｂ）は底面図である。

図３３は、図３２に示される微細パターン形成装置の支持部材のＡ－Ａ線矢視における横断面図である。

図３４は、図３２に示される微細パターン形成装置の支持部材のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図３５は、図３２に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図

である。

図３６は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図３７は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

図３８は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

図３９は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４０は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４１は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４２は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４３は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４４は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４５は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図４６は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

図４７は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

図４８は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図４９は、シリコン基板の表面側に配設された主電極を説明するための支持部材を取り除いた状態の平面図である。

図５０は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図で

ある。

図５１は、シリコン基板の裏面側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。

図５２は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図５３は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図５４は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図５５は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図５６は、図５５に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図５７は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図５７（Ａ）は概略断面図、図５７（Ｂ）は底面図である。

図５８は、図５７に示される微細パターン形成装置の支持部材のＡ－Ａ線矢視における横断面図である。

図５９は、図５７に示される微細パターン形成装置の支持部材のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図６０は、図７に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

図６１は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図６２は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

図６３は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

図６４は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図６５は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図６６は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図６７は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図６８は、本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を示す斜視図である。

図６９は、本発明による微細パターン形成方法の他の実施形態を示す斜視図で

ある。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

Ⅰ－1　微細パターン形成装置

（第１の実施形態）

図１は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図１において、微細パターン形成装置１は、シリコン基板２と、このシリコン基板２の裏面２Ｂ側に突出した微細ノズル５と、シリコン基板２の表面２Ａと側面２Ｃに形成された珪素窒化物層６と、支持部材７と、シリコン基板２と支持部材７との空隙部にインキを供給するインキ流路８と、このインキ流路８に接続されたインキ供給装置９とを備えている。

シリコン基板２は、表面２Ａ側から裏面２Ｂ側に貫通する複数の微細孔３を備え、この微細孔３の表面２Ａ側の開口部３ａは、上記のシリコン基板２と支持部材７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板２の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。このようなシリコン基板２は、その線膨張係数が約２．６×１０$^{-6}$／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板２の表面２Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板２の表面２Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層４が設けられている。通常、この珪素酸化物層４の厚みは５０００～１００００Å程度である。図示例では、シリコン基板２の厚み、微細孔３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔３の内径は１～１００μm程度、微細孔３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１μm程度が好ましい。

微細孔３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔３が、横断面形状が異なる２種以上の微

細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は５～５００μｍの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔３の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μｍ以下となっている。

微細ノズル５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔３の壁面に形成された珪素酸化物層４と一体的に形成され、微細孔３に連通している。この微細ノズル５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径（内径）は１～１００μｍの範囲、突出量は１～１５０μｍの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μｍ以下となっている。このような微細ノズル５を設けることにより、微細孔３から吐出されたインキがシリコン基板２の裏面２Ｂ側に付着することが防止される。

珪素窒化物層６は、選択酸化（ＬＯＣＯＳ）用のマスクとなり、かつシリコン基板２に高い電気絶縁性を付与するものであり、厚みは２００～３０００Åの範囲で適宜設定することができる。

支持部材７は、上述のシリコン基板２の表面２Ａ側に配設され、シリコン基板２を保持するためのものである。図示例では、支持部材７はシリコン基板２と同じ平面形状の基部７ａと、この基部７ａの周縁に設けられたフランジ部７ｂ、基部７ａの中央に設けられた開口部７ｃからなり、フランジ部７ｂにてシリコン基板２の表面２Ａ側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板２と支持部材７との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材７をシリコン基板２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材７は、その線膨張係数がシリコン基板２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング＃７７４０、線膨張係数＝３．５×10^{-6}／Ｋ）、ＳＵＳ３０４（線膨張係数＝１７．３×10^{-6}／Ｋ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板２と支持部材７との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板２の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路８は、上記の支持部材７の開口部７ｃに接続され、その他端はイン

キ供給装置９に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路８が１つ接続されているが、微細パターン形成装置１の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部７ｃを複数設け、各開口部７ｃにインキ流路８を接続してもよい。また、支持部材７やシリコン基板２を加工することにより、インキ流路を支持部材７および／またはシリコン基板２の内部に形成してもよい。

インキ供給装置９は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置１は、シリコン基板２の裏面の複数の微細ノズル５からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

（第２の実施形態）

図２は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図２に示されるように、微細パターン形成装置１１は、シリコン基板１２と、このシリコン基板２の裏面２Ｂ側に突出した微細ノズル１５と、支持部材１７と、シリコン基板１２と支持部材１７との空隙部にインキを供給するインキ流路１８と、このインキ流路１８に接続されたインキ供給装置１９とを備えている。

シリコン基板１２は、表面１２Ａ側から裏面１２Ｂ側に貫通する複数の微細孔１３を備え、この微細孔１３の表面１２Ａ側の開口部１３ａは、上記のシリコン基板１２と支持部材１７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板１２の材質は、上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔１３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板１２の表面１２Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板１２の表面１２Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層１４が設けられている。通常、この珪素酸化物層１４

の厚みは５０００～１００００Å程度である。図示例では、シリコン基板１２の厚み、微細孔１３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１３の内径は１～１００μm程度、微細孔１３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で４μm程度が好ましい。

微細孔１３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔１３の内径が軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。

微細ノズル１５は、シリコン基板１２と一体的に形成されたノズル基部１５ａと、上記の微細孔１３に連通したノズル基部１５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層１５ｂと、ノズル基部１５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層１５ｃとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層１５ｂと、珪素酸化物端面層１５ｃは、微細孔１３の壁面に形成された珪素酸化物層１４と一体的に形成されている。ノズル基部１５ａの外径は３～１５０μmの範囲、ノズル基部１５ａの肉厚は１～２５μmの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層１５ｂと珪素酸化物端面層１５ｃの厚みは５０００～１００００Åの範囲、微細ノズル１５の開口径（珪素酸化物内面層１５ｂの内径）は１～１００μmの範囲、微細ノズル１５の突出量（ノズル基部１５ａの高さ）は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル１５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。このような微細ノズル１５を設けることにより、微細孔１３から吐出されたインキがシリコン基板１２の裏面１２Ｂ側に付着することが防止される。

支持部材１７は、上述のシリコン基板１２の表面１２Ａ側に配設され、シリコン基板１２を保持するためのものである。図示例では、支持部材１７は、上述の

支持部材７と同様に、シリコン基板１２と同じ平面形状の基部１７ａと、この基部１７ａの周縁に設けられたフランジ部１７ｂ、基部１７ａの中央に設けられた開口部１７ｃからなり、フランジ部１７ｂにてシリコン基板１２の表面１２Ａ側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板１２と支持部材１７との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材１７をシリコン基板１２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材１７の材質は、上述の支持部材７と同様に、その線膨張係数がシリコン基板１２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路１８は、上記の支持部材１７の開口部１７ｃに接続され、その他端はインキ供給装置１９に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路１８が１つ接続されているが、微細パターン形成装置１１の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部１７ｃを複数設け、各開口部１７ｃにインキ流路１８を接続してもよい。また、支持部材１７やシリコン基板１２を加工することにより、インキ流路を支持部材１７および／またはシリコン基板１２の内部に形成してもよい。

インキ供給装置１９は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置１１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置１１は、シリコン基板１２の裏面の複数の微細ノズル１５からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル１５がノズル基部１５ａを備えるので、微細ノズル１５の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

（第３の実施形態）

図３は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図３に示されるように、微細パターン形成装置１′は、シリコン基板２′と、このシリコン基板２′の表面２′Ａに形成されたテーパー形状の凹部３′ａと、シリコン基板２′の裏面２′Ｂ側に突出した微細ノズル５と、シリコン基板２′の表面２′Ａと側面２′Ｃに形成された珪素窒化物層６と、支持部材７と、シリコン基板２′と支持部材７との空隙部にインキを供給するインキ流路８と、このインキ流路８に接続されたインキ供給装置９とを備えている。

シリコン基板２′は、表面２′Ａ側の複数のテーパー形状の凹部３′ａの底部から裏面２′Ｂ側に貫通する微細孔３を備え、この微細孔３の表面２′Ａ側の開口部３ａはテーパー形状の凹部３′ａに露出し、テーパー形状の凹部３′ａは上記のシリコン基板２′と支持部材７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板２′は、表面２′Ａと裏面２′Ｂの結晶方位が＜１００＞面であるシリコンの単結晶であり、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。このようなシリコン基板２′は、その線膨張係数が約２．６×１０$^{-6}$／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパー形状の凹部３′ａの壁面は、珪素酸化物層４が設けられており、通常、この珪素酸化物層４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部３′ａのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは５～１５０μm程度、最大開口径は１０～２００μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部３′ａの壁面は、シリコン基板２′の表面２′Ａ（＜１００＞面）に対して５５°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板２′の厚み、テーパー形状の凹部３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１′により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板２′の表面２′Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板２′の表

面２′Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部３′ａの壁面から連続するように珪素酸化物層４が設けられている。図示例では、微細孔３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔３の内径は１～１００μm程度、微細孔３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１′により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔３の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。

微細ノズル５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔３の壁面に形成された珪素酸化物層４と一体的に形成され、微細孔３に連通している。この微細ノズル５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径（内径）は１～１００μmの範囲、突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。このような微細ノズル５を設けることにより、微細孔３から吐出されたインキがシリコン基板２′の裏面２′Ｂ側に付着することが防止される。

尚、珪素窒化物層６、支持部材７、インキ流路８、および、インキ供給装置９は、上述の微細パターン形成装置１と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１′は、テーパー形状の凹部３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板２′の裏面の複数の微細ノズル５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２′の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することがで

きる。

（第４の実施形態）

図４は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図４に示されるように、微細パターン形成装置１１′は、シリコン基板１２′と、このシリコン基板１２′の表面１２′Ａに形成されたテーパー形状の凹部１３′ａと、シリコン基板１２′の裏面１２′Ｂ側に突出した微細ノズル１５と、支持部材１７と、シリコン基板１２′と支持部材１７との空隙部にインキを供給するインキ流路１８と、このインキ流路１８に接続されたインキ供給装置１９とを備えている。

シリコン基板１２′は、表面１２′Ａ側の複数のテーパー形状の凹部１３′ａの底部から裏面１２′Ｂ側に貫通する微細孔１３を備え、この微細孔１３の表面１２′Ａ側の開口部１３ａはテーパー形状の凹部１３′ａに露出し、テーパー形状の凹部１３′ａは上記のシリコン基板１２′と支持部材１７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板１２′は、表面１２′Ａと裏面１２′Ｂの結晶方位が＜１００＞面であるシリコンの単結晶であり、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。

テーパー形状の凹部１３′ａの壁面は、珪素酸化物層１４が設けられており、通常、この珪素酸化物層１４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部１３′ａのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは５～１５０μm程度、最大開口径は１０～２００μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部１３′ａの壁面は、シリコン基板１２′の表面１２′Ａ(＜１００＞面)に対して５５°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板１２′の厚み、テーパー形状の凹部１３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部１３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１′により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔１３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔１３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板１２′の表面１

２′Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板１２′の表面１２′Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部１３ａ′の壁面から連続するように珪素酸化物層１４が設けられている。図示例では、微細孔１３の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１３の径は１～１００μm程度、微細孔１３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１′により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔１３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔３の径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。

微細ノズル１５は、シリコン基板１２′と一体的に形成されたノズル基部１５ａと、上記の微細孔１３に連通したノズル基部１５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層１５ｂと、ノズル基部１５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層１５ｃとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層１５ｂと、珪素酸化物端面層１５ｃは、微細孔１３の壁面に形成された珪素酸化物層１４と一体的に形成されている。ノズル基部１５ａの外径は３～１５０μmの範囲、ノズル基部１５ａの肉厚は１～２５μmの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層１５ｂと珪素酸化物端面層１５ｃの厚みは５０００～１００００Åの範囲、微細ノズル１５の開口径（珪素酸化物内面層１５ｂの内径）は１～１００μmの範囲、微細ノズル１５の突出量（ノズル基部１５ａの高さ）は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル１５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。このような微細ノズル１５を設けることにより、微細孔１３から吐出されたインキがシリコン基板１２′の裏面１２′Ｂ側に付着することが防止される。

尚、支持部材１７、インキ流路１８、および、インキ供給装置１９は、上述の

微細パターン形成装置１１と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１１′は、テーパー形状の凹部１３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板１２′の裏面の複数の微細ノズル１５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１２′の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル１５がノズル基部１５ａを備えるので、微細ノズル１５の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

（第５の実施形態）

図５は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図５に示されるように、微細パターン形成装置１″は、シリコン基板２″と、このシリコン基板２″の表面２″Ａに形成された多段形状の凹部３″ａと、シリコン基板２″の裏面２″Ｂ側に突出した微細ノズル５と、シリコン基板２″の表面２″Ａと側面２″Ｃに形成された珪素窒化物層６と、支持部材７と、シリコン基板２″と支持部材７との空隙部にインキを供給するインキ流路８と、このインキ流路８に接続されたインキ供給装置９とを備えている。

シリコン基板２″は、表面２″Ａ側の複数の多段形状の凹部３″ａの底部から裏面２″Ｂ側に貫通する微細孔３を備え、この微細孔３の表面２″Ａ側の開口部３ａは凹部３″ａに露出し、この凹部３″ａは上記のシリコン基板２″と支持部材７とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔３は、微細開口部である開口部３ａと、広幅開口部である凹部３″ａとからなる２段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板２″の材質は、上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板２″は、凹部３″と微細孔３との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

凹部３″ａの壁面は、珪素酸化物層４が設けられており、通常、この珪素酸化物層４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部３″ａの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは１～１５０μm程度、開口径は５～２００μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板２″の厚み、凹部３″ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部３″ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１″により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部３ａと、広幅開口部である凹部３″ａとからなる２段の開口部であるが、３段以上の開口部であってもよい。

微細孔３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板２″の表面２″Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板２″の表面２″Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部３″ａの壁面から連続するように珪素酸化物層４が設けられている。図示例では、微細孔３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔３の内径は１～１００μm程度、微細孔３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１″により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。

微細孔３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔３の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。

微細ノズル５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔３の壁面に形成された珪素酸化物層４と一体的に形成され、微細孔３に連通している。この微細ノズル５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径（内径）は１～１００μmの範

囲、突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。このような微細ノズル５を設けることにより、微細孔３から吐出されたインキがシリコン基板２″の裏面２″Ｂ側に付着することが防止される。

尚、珪素窒化物層６、支持部材７、インキ流路８、および、インキ供給装置９は、上述の微細パターン形成装置１と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１″は、多段形状の凹部３″ａを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板２″の裏面の複数の微細ノズル５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２″の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

（第６の実施形態）

図６は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図６に示されるように、微細パターン形成装置１１″は、シリコン基板１２″と、このシリコン基板１２″の表面１２″Ａに形成された多段形状の凹部１３″ａと、シリコン基板１２″の裏面１２″Ｂ側に突出した微細ノズル１５と、支持部材１７と、シリコン基板１２″と支持部材１７との空隙部にインキを供給するインキ流路１８と、このインキ流路１８に接続されたインキ供給装置１９とを備えている。

シリコン基板１２″は、表面１２″Ａ側の複数の多段形状の凹部１３″ａの底部から裏面１２″Ｂ側に貫通する微細孔１３を備え、この微細孔１３の表面１２″Ａ側の開口部１３ａは凹部１３″ａ内に露出し、凹部１３″ａは上記のシリコン基板１２″と支持部材１７とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔１３は、微細開口部である開口部１３ａと、広幅開口部である凹部１３″ａとからなる２段の開口部を有することになる。

シリコン基板１２″の材質は、上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基

板２″は、凹部３″と微細孔３との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

凹部１３″ａの壁面は、珪素酸化物層１４が設けられており、通常、この珪素酸化物層１４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部１３″ａの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは１～１５０μm程度、開口径は５～２００μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板１２″の厚み、凹部１３″ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部１３″ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１″により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔１３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部１３ａと、広幅開口部である凹部１３″ａとからなる２段の開口部であるが、３段以上の開口部であってもよい。

微細孔１３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板１２″の表面１２″Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板１２″の表面１２″Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部１３ａ″の壁面から連続するように珪素酸化物層１４が設けられている。図示例では、微細孔１３の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１３の径は１～１００μm程度、微細孔１３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１″により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。

微細孔１３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔１３の径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。

微細ノズル１５は、シリコン基板１２″と一体的に形成されたノズル基部１５

ａと、上記の微細孔１３に連通したノズル基部１５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層１５ｂと、ノズル基部１５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層１５ｃとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層１５ｂと、珪素酸化物端面層１５ｃは、微細孔１３の壁面に形成された珪素酸化物層１４と一体的に形成されている。ノズル基部１５ａの外径は３～１５０μｍの範囲、ノズル基部１５ａの肉厚は１～２５μｍの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層１５ｂと珪素酸化物端面層１５ｃの厚みは５０００～１００００Åの範囲、微細ノズル１５の開口径（珪素酸化物内面層１５ｂの内径）は１～１００μｍの範囲、微細ノズル１５の突出量（ノズル基部１５ａの高さ）は１～１５０μｍの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル１５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μｍ以下となっている。このような微細ノズル１５を設けることにより、微細孔１３から吐出されたインキがシリコン基板１２″の裏面１２″Ｂ側に付着することが防止される。

尚、支持部材１７、インキ流路１８、および、インキ供給装置１９は、上述の微細パターン形成装置１１と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１１″は、多段形状の凹部１３″ａを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板１２″の裏面の複数の微細ノズル１５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１２″の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル１５がノズル基部１５ａを備えるので、微細ノズル１５の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

（第７の実施形態）

図７は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図８は図７に示される微細パターン形成装置の底面図である。図７および図８において、微細パターン形成装置２１は、連続した３つの装置部２１ａ，２１ｂ，

２１ｃからなり、共通のシリコン基板２２と、このシリコン基板２２の裏面から突出している複数の微細ノズル２５と、シリコン基板２２の表面２２Ａ側に配設された３つの支持部材２７と、シリコン基板２２と各支持部材２７との空隙部にインキを供給する３つのインキ流路２８と、これらのインキ流路２８に接続されたインキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃとを備えている。

シリコン基板２２は、各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃごとに、表面２２Ａ側から裏面２２Ｂ側に貫通する複数の微細孔２３を備え、この微細孔２３の表面２２Ａ側の開口部２３ａは、シリコン基板２２と各支持部材２７とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板２２の材質は上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔２３は、各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃごとに所定の方向（図８の矢印Ａ方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル２５の開口部２５ｄも同様に配置されている。すなわち、装置部２１ａでは、矢印Ａ方向に沿って配置された微細孔２３の列がピッチＰ１で複数列形成され、同様に、装置部２１ｂ、装置部２１ｃでも、微細孔２３の列がピッチＰ１で複数列形成されている。そして、各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃにおける微細孔２３の列は、相互にピッチＰ２（Ｐ１＝３×Ｐ２）で位置がずれているので、微細パターン形成装置２１全体としては、ピッチＰ２で各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔２３の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔１３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔２３の壁面に形成されている珪素酸化物層２４も、上述の珪素酸化物層１４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層２４を備えた微細孔２３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

微細ノズル２５は、上述の微細ノズル１５と同様の構成であり、シリコン基板２２と一体的に形成されたノズル基部２５ａと、上記の微細孔２３に連通したノズル基部２５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層２５ｂと、ノズル基部２５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層２５ｃとで構成されてい

る。また、珪素酸化物内面層２５ｂと珪素酸化物端面層２５ｃは、微細孔２３の壁面に形成された珪素酸化物層２４と一体的に形成されている。このような微細ノズル２５において、そのノズル基部２５ａの外径と肉厚、珪素酸化物内面層２５ｂと珪素酸化物端面層２５ｃの厚み、微細ノズル２５の開口部２５ｄの内径(珪素酸化物内面層２５ｂの内径)、微細ノズル２５の突出量（ノズル基部２５ａの高さ）は、上述の微細ノズル１５と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル２５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μｍ以下となっている。このような微細ノズル２５を設けることにより、微細孔２３から吐出されたインキがシリコン基板２２の裏面２２Ｂ側に付着することが防止される。

支持部材２７は、上述のシリコン基板２２の表面２２Ａ側に配設され、シリコン基板２２を保持するためのものである。図示例では、支持部材２７は、上述の支持部材７と同様に、シリコン基板２２と同じ平面形状の基部２７ａと、この基部２７ａの周縁に設けられたフランジ部２７ｂ、基部２７ａの中央に設けられた開口部２７ｃからなり、フランジ部２７ｂにてシリコン基板２２の表面２２Ａ側に固着されている。これにより、シリコン基板２２と各支持部材２７との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材２７をシリコン基板２２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材２７の材質は、上述の支持部材７と同様に、その線膨張係数がシリコン基板２２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路２８は、上記の各支持部材２７の開口部２７ｃに接続され、他端はインキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃに接続されている。インキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置１１の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材２７に設けられているインキ流路２８は１つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、１つの支持部材２７に複数の開口部２７ｃを設け、各開口部２７ｃにインキ流路２８を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材２７の内

部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置２１は、シリコン基板２２の裏面の複数の微細ノズル２５からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃから別種のインキを供給することにより、各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃを制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置２１は、各装置部２１ａ，２１ｂ，２１ｃが一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、微細ノズル２５がノズル基部２５ａを備えるので、微細ノズル２５の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

尚、微細パターン形成装置２１において、図１に示されるような微細ノズル５をシリコン基板２２の裏面２２Ｂ側の設けたものとしてもよい。

また、微細パターン形成装置２１においても、微細孔２３の表面２２Ａ側の開口部２３ａを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル２５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第８の実施形態）

図９は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図９（Ａ）は概略断面図、図９（Ｂ）は底面図である。図９において、微細パターン形成装置３１は、シリコン基板３２と、このシリコン基板３２の裏面３２Ｂから突出している複数の微細ノズル３５と、シリコン基板３２の表面３２Ａ側に配設された支持部材３７と、シリコン基板３２および支持部材３７内に形成された３種のインキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置３９ａ，３９ｂ，３９ｃとを備えている。

シリコン基板３２は表面３２Ａ側から裏面３２Ｂ側に貫通する複数の微細孔３３を備え、この微細孔３３の表面３２Ａ側の開口部３３ａは、表面３２Ａ側に溝

状に形成された３種のインキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃ内のいずれかに露出している。シリコン基板３２の材質は上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔３３（後述する微細ノズル３５の開口部３５ｄ）は所定の方向（図９（Ｂ）の矢印ａ方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチＰで複数形成されている。図示例では、矢印ａ方向に沿って複数の微細孔が配列された６本の微細孔列３３Ａ，３３Ｂ，３３Ｃ，３３Ｄ，３３Ｅ，３３ＦがピッチＰで形成されている。このような微細孔３３の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔３３の壁面に形成されている珪素酸化物層３４も、上述の珪素酸化物層１４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層３４を備えた微細孔３３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

微細ノズル３５は、上述の微細ノズル１５と同様の構成であり、シリコン基板３２と一体的に形成されたノズル基部３５ａと、上記の微細孔３３に連通したノズル基部３５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層３５ｂと、ノズル基部３５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層３５ｃとで構成されている。また、珪素酸化物内面層３５ｂと珪素酸化物端面層３５ｃは、微細孔３３の壁面に形成された珪素酸化物層３４と一体的に形成されている。このような微細ノズル３５において、そのノズル基部３５ａの外径および肉厚、珪素酸化物内面層３５ｂと珪素酸化物端面層３５ｃの厚み、微細ノズル３５の開口部３５ｄの内径（珪素酸化物内面層３５ｂの内径）、微細ノズル３５の突出量（ノズル基部３５ａの高さ）は、上述の微細ノズル１５と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル３５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μｍ以下となっている。このような微細ノズル３５を設けることにより、微細孔３３から吐出されたインキがシリコン基板３２の裏面３２Ｂ側に付着することが防止される。

支持部材３７は、上述のシリコン基板３２の表面３２Ａ側に配設されてシリコン基板３２を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材３７のシリコン基板３２側にはインキ流路３８ｃが溝状に形成されている。

図１０は、図９（Ａ）に示されるシリコン基板３２のＡ－Ａ線矢視における横断面図、図１１は図９（Ａ）に示される支持部材３７のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図９（Ａ）および図１０に示されるように、シリコン基板３２には、微細孔列３３Ａ，３３Ｄの各開口部とインキ供給装置３９ａとを接続するように形成された溝状のインキ流路３８ａ、および、微細孔列３３Ｂ，３３Ｅの各開口部とインキ供給装置３９ｂとを接続するように形成された溝状のインキ流路３８ｂとが形成されている。また、微細孔列３３Ｃ，３３Ｆの各開口部上にインキ流路３８ｃが溝状に形成されている。さらに、図９（Ａ）および図１１に示されるように、支持部材３７には、微細孔列３３Ｃ，３３Ｆの各開口部とインキ供給装置３９ｃとを接続するように形成された溝状のインキ流路３８ｃが形成されている。

このような支持部材３７とシリコン基板３２との間に形成される３種のインキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃは、図１２に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材３７の材質は、上述の支持部材７と同様に、その線膨張係数がシリコン基板３２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃの端部はインキ供給装置３９ａ，３９ｂ，３９ｃに接続されている。インキ供給装置３９ａ，３９ｂ，３９ｃには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置３１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置３１は、シリコン基板３２の裏面の複数の微細ノズル３５からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板３２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置３９ａ，３９ｂ，３９ｃから別種のインキを供給することにより、各インキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃに対応してグループ分け（微細孔列３３Ａと３３Ｄのグループ、微細孔列３３Ｂと３３Ｅのグループ、微細孔列３３Ｃと３３Ｆのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置３１は、各インキごとに複数の装置

を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置３９ａ，３９ｂ，３９ｃを制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。また、微細ノズル３５がノズル基部３５ａを備えるので、微細ノズル３５の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

尚、微細パターン形成装置３１において、図１に示されるような微細ノズル５をシリコン基板３２の裏面３２Ｂ側の設けたものとしてもよい。

また、微細パターン形成装置３１においても、微細孔３３のインキ流路側の開口部を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル３５からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第９の実施形態）

図１３は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図１３において、微細パターン形成装置４１は、シリコン基板４２と、このシリコン基板４２の裏面から突出している複数の微細ノズルと、シリコン基板４２と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図１３では、シリコン基板４２のみを示し、微細ノズル、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板４２は表面４２Ａ側から裏面側に貫通する複数の微細孔４３を備え、この微細孔４３が１つのパターン４６をなすような位置に形成され、かつ、複数(図示例では１０個)のパターン４６がシリコン基板４２に設けられている。尚、微細孔４３は１つのパターン４６においてのみ示し、他のパターン４６はその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板４２の材質は上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔４３の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔４３は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層４と同様とすることができる。

このようなシリコン基板４２に裏面４２Ｂ側には、微細孔４３に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル５、あるいは、微細ノズル１５と同様とすることができる。

また、シリコン基板４２は、上述の支持部材７のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図１３に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置４１は、シリコン基板４２の微細孔４３（微細ノズル）からインキをほぼ均一な吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板４２の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターン４６に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターン４６が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

また、微細パターン形成装置４１においても、微細孔４３の開口部を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成、および修正等に応用できる。

Ｉ－２　微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

まず、図１４は、上述の本発明の微細パターン形成装置２１を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図１４において、本発明の微細パターン形成装置２１のインキ供給装置２９ａ，２９ｂ，２９ｃから、それぞれインキＡ、インキＢ、インキＣを各インキ流路２８を介して供給しながら、パターン被形成体Ｓを微細パターン形成装置２１に対して所定方向(矢印Ａ方向)に走査させる。この走査方向Ａは、上記の微細パターン形成装置２１における微細孔の配列方向Ａ（図８参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置２１のシリコン基板２２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、０．１～５ｍｍ程度の範囲で設定することができる。

これにより、シリコン基板２２の微細ノズル２５から吐出されたインキによってパターン被形成体Ｓ上にインキＡ、インキＢ、インキＣの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはＰ２となる。このストライプ状パターンは、１本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Ｓの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔２３や微細ノズル２５の径の大きさを変えて吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Ｓが可撓性を有する場合、パターン被形成体Ｓの裏面に、微細パターン形成装置２１と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Ｓにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

次に、図１５は、本発明の微細パターン形成装置４１を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図１５において、微細パターン形成装置４１（図示例では、シリコン基板４２のみを示す）をパターン被形成体Ｓの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔４３（微細ノズル）を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

その後、パターン被形成体Ｓを矢印Ａ方向に所定の距離搬送させ、同様のパタ

ーン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体Ｓ上には、所望のパターン４６が形成できる。尚、微細パターン形成装置４１のシリコン基板４２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、０．１～５ｍｍ程度の範囲で設定することができる。

また、微細パターン形成装置４１における複数の微細孔４３（微細ノズル）から構成されるパターン４６を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

Ｉ－３　微細ノズルの製造方法

次に、本発明の微細ノズルの製造方法について説明する。

（第１の実施形態）

本発明の微細ノズルの製造方法を、図１に示される微細パターン形成装置１の微細ノズル５を例として図１６を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面を洗浄したシリコン基板２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層５１を形成する（図１６（Ａ））。珪素窒化物層５１の形成は、減圧ＣＶＤ法等により行うことができる。

次に、一方の面の珪素窒化物層５１上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口をもつマスクパターン５２を形成する（図１６（Ｂ））。このマスクパターン５２の微細開口の大きさは、後述する微細孔３および微細ノズル５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用い

る場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、第２の工程として、マスクパターン５２をマスクとして、ディープエッチング等の高アルペクトなエッチング技術によりシリコン基板２に貫通微細孔３を穿設する（図１６（Ｃ））。この貫通微細孔３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたＢｏｓｃｈプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。本発明では、微細孔３の穿設の深さを制御する必要ないため、工程が簡便なものとなる。このことは、エッチング速度のウエハ内、ウエハ間不均一性からくる微細孔深さのばらつきが本質的に生じないということであるから、歩留まりの向上と大面積を描画する装置の製造に有効である。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第３の工程として、上記のマスクパターン５２を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔３の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層４を形成する（図１６（Ｄ））。

次に、第４の工程として、シリコン基板２の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層５１が除去された後、シリコン基板２の一部がエッチングされ、貫通微細孔３内壁に形成されている珪素酸化物層４が露出する。この珪素酸化物層４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル５が得られる（図１６（Ｅ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

また、第４の工程でドライエッチングを行うシリコン基板２の面として、上述のマスクパターン５２が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、第２の工程におけるディープエッチングで、エッチングエンド（図の下方側）の

形状は多少バラツキが生じ易いが、マスクパターン５２が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル５の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル５を得ることがより容易となる。

（第２の実施形態）

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図２に示される微細パターン形成装置１１の微細ノズル１５を例として図１７および図１８を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面を洗浄したシリコン基板１２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層６１を形成し、この珪素窒化物層６１に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層６１をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6)）によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口６１ａをもつパターンを形成する（図１７（Ａ））。珪素窒化物層６１の形成は、上述の珪素窒化物層５１と同様に行うことができる。また、小開口６１ａの大きさは、後述するノズル基部の大きさ（外径）を決定するものであり、通常、開口径を３～１２０μmの範囲内で設定することができる。

次に、第２の工程として、上記の珪素窒化物層６１のパターン上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口６２ａをもつマスクパターン６２を形成する（図１７（Ｂ））。この微細開口６２ａは、上記の珪素窒化物層６１のパターンの小開口６１ａ内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口６２ａの大きさは、後述する微細孔１３および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を１～１００μmの範囲内で設定することができる。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度

の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、第３の工程として、マスクパターン６２をマスクとしてディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術によりシリコン基板１２に貫通微細孔１３を穿設する（図１７（Ｃ））。この貫通微細孔１３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたＢｏｓｃｈプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。本発明では、微細孔１３の穿設の深さを制御する必要ないため、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔１３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第４の工程として、上記のマスクパターン６２を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔１３の壁面に珪素酸化物層１４（珪素酸化物内面層１５ｂ）を、珪素窒化物層６１の小開口６１ａ内に露出しているシリコン基板１２に珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ）を、それぞれ厚み５０００～１００００Å程度で形成する（図１８（Ａ））。

次に、第５の工程として、珪素窒化物層６１を除去し（図１８（Ｂ））、珪素窒化物層６１の小開口６１ａが形成されていたシリコン基板１２の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ)がマスクとなってシリコン基板１２の一部がエッチングされ、ノズル基部１５ａがシリコン基板１２と一体的に形成される。このノズル基部１５ａが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１２のエッチング側に突出した微細ノズル１５が得られる（図１８（Ｃ））。上記のノズル基部１５ａの肉厚は、上記の小開口６１ａと微細開口６２ａとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第５の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層６１を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

また、この微細ノズルの製造方法では、第３の工程におけるディープエッチング等でマスクパターン６２が形成されている面側の部位（エッチング精度は極めて高い）を微細ノズル１５の先端側に利用しているので、開口径が均一な複数の微細ノズル１５を得ることができる。

（第３の実施形態）

本発明の微細ノズルの製造方法を、図３に示される微細パターン形成装置１′の微細ノズル５を例として図１９および図２０を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板２′の表面を洗浄し、このシリコン基板２′の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層５１′を形成する。

次に、シリコン基板２′の表面２′Ａ側の珪素窒化物層５１′上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンＲを形成し、次いで、このレジストパターンＲをマスクとして珪素窒化物層５１′をＲＩＥ(Reactive Ion Etching(プロセスガス：CF_4またはSF_6))によりエッチングして、テーパー用開口５１′ａをもつパターンを形成する（図１９（Ａ））。珪素窒化物層５１′の形成は、上述の珪素窒化物層５１と同様に行うことができる。この珪素窒化物層５１′のテーパー用開口５１′ａの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部３′ａの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を１０～２００μｍの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、第２の工程として、珪素窒化物層５１′をマスクとして、シリコン基板２′に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口５１′ａに露出しているシリコン基板２′が、結晶方位＜１１１＞面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板２′の表面２′Ａ側にテーパー形状の凹部３′ａが形成される（図１９（Ｂ））。

次に、第３の工程として、レジストパターンＲを除去し、シリコン基板２′の表面２′Ａ側および裏面２′Ｂ側にマスク薄膜５２′を形成する。次いで、テーパー状凹部３′ａが形成されていないシリコン基板２′の裏面２′Ｂ側のマスク薄膜５２′をパターニングして微細開口５２′ａを形成する（図１９（Ｃ））。この微細開口５２′ａは、その開口中心がシリコン基板２′を介して上記のテーパー状凹部３′ａの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口５２′ａの大きさは、後述する微細孔３および微細ノズル５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口５２′ａを１～１００μmの範囲内で設定することが好ましい。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、第４の工程として、マスク薄膜５２′をマスクとしてディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術によりシリコン基板２′に裏面２′Ｂ側から貫通微細孔３を穿設する（図２０（Ａ））。この貫通微細孔３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔３がテーパー形状凹部３′ａ内まで貫通したところで、シリコン基板２′の表面２′Ａ側に形成したマスク薄膜５２′（テーパー形状凹部３′ａ内のマスク薄膜５２′）がストッピング層として作用するので、微細孔３の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔３の穿設に要する時間を大幅に短縮すること

ができる。

次に、第５の工程として、上記のマスク薄膜５２′を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔３の壁面、および、テーパー形状凹部３′ａの壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層４を形成する(図２０(Ｂ))。

次に、第６の工程として、テーパー形状凹部３′ａが形成されていないシリコン基板２′の裏面２′Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層５１′が除去された後、シリコン基板２′の一部がエッチングされ、貫通微細孔３内壁に形成されている珪素酸化物層４が露出する。この珪素酸化物層４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板２′のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル５が得られる（図２０（Ｃ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

（第４の実施形態）

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図４に示される微細パターン形成装置１１′の微細ノズル１５を例として図２１および図２２を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板１２′の表面を洗浄し、このシリコン基板１２′の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層６１′を形成する。

次に、シリコン基板１２′の表面１２′Ａ側の珪素窒化物層６１′上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンＲを形成し、次いで、このレジストパターンＲをマスクとして珪素窒化物層６１′をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6)) によりエッチングして、テーパー用開口６１′ａをもつパターンを形成する（図２１（Ａ））。珪素窒化物層６１′の形成は、上述の珪素窒化物層５１と同様に行うことができる。この珪素窒化物層６１′のテーパー用開口６１′ａの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部１３′ａの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を１０～２００μｍの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、第２の工程として、珪素窒化物層６１′をマスクとして、シリコン基板１２′に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口６１′ａに露出しているシリコン基板１２′が、結晶方位＜１１１＞面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板１２′の表面１２′Ａ側にテーパー形状の凹部１３′ａが形成される（図２１（Ｂ））。

次に、第３の工程として、テーパー形状の凹部１３′ａが形成されていないシリコン基板１２′の裏面１２′Ｂ側の珪素窒化物層６１′に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成する。次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層６１′をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6）によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口６１′ｂをもつパターンを形成する（図２１（Ｃ））。この小開口６１′ｂは、その開口中心がシリコン基板１２′を介して上記のテーパー状凹部１３′ａの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、小開口６１′ｂの大きさは、後述するノズル基部の大きさ（外径）を決定するものであり、通常、開口径を３～１２０μｍの範囲内で設定することができる。

次に、第４の工程として、シリコン基板１２′の表面１２′Ａ側および裏面１２′Ｂ側にマスク薄膜６２′を形成する。次いで、テーパー状凹部１３′ａが形成されていないシリコン基板１２′の裏面１２′Ｂ側のマスク薄膜６２′をパターニングして微細開口６２′ａを形成する（図２０（Ｄ））。この微細開口６２′ａは、上記の珪素窒化物層６１′のパターンの小開口６１′ｂ内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口６２′ａの大きさは、後述する微細孔１３および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を１～１００μｍの範囲内で設定することができる。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いる

ことができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、第５の工程として、マスク薄膜６２′をマスクとしてディープエッチング等によりシリコン基板１２′に裏面１２′Ｂ側から貫通微細孔１３を穿設する（図２２（Ａ））。この貫通微細孔１３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔１３がテーパー形状凹部１３′ａ内まで貫通したところで、シリコン基板１２′の表面１２′Ａ側に形成したマスク薄膜６２′（テーパー形状凹部１３′ａ内のマスク薄膜６２′）がストッピング層として作用するので、微細孔１３の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔１３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第６の工程として、上記のマスクパターン６２′を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、テーパー形状凹部１３′ａの壁面に珪素酸化物層１４を、貫通微細孔１３の壁面に珪素酸化物層１４（珪素酸化物内面層１５ｂ）を、珪素窒化物層６１の小開口６１ａ内に露出しているシリコン基板１２に珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ）を、それぞれ厚み５０００～１００００Å程度で形成する（図２２（Ｂ））。

次に、第７の工程として、珪素窒化物層６１′を除去し（図２２（Ｃ））、テーパー状凹部１３′ａが形成されていないシリコン基板１２′の裏面１２′Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ）がマスクとなってシリコン基板１２′の一部がエッチングされ、ノズル基部１５ａがシリコン基板１２′と一体的に形成される。

このノズル基部１５ａが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１２′のエッチング側に突出した微細ノズル１５が得られる（図２２（Ｄ））。上記のノズル基部１５ａの肉厚は、上記の小開口６１′ｂと微細開口６２′ａとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第７の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層６１′を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

（第５の実施形態）

本発明の微細ノズルの製造方法を、図５に示される微細パターン形成装置１″の微細ノズル５を例として図２３を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面を洗浄したシリコン基板２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層５１″を形成する。次に、両面の珪素窒化物層５１″上にマスク薄膜５２″を形成し、シリコン基板２″の表面２″Ａ側のマスク薄膜５２″をパターニングして広幅開口５２″ａをもつマスクパターンを形成し、シリコン基板２″の裏面２″Ｂ側のマスク薄膜５２″をパターニングして微細開口５２″ｂをもつマスクパターンを形成する(図２３(Ａ))。広幅開口５２″ａの開口中心は、シリコン基板２″を介して微細開口５２″ｂの開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口５１″ａの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部３″ａの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を５～２００μｍの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口５２″ｂの大きさは、後述する微細孔３および微細ノズル５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層５１″の形成は、上述の珪素窒化物層５１と同様に行うことができる。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を

用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

ディープエッチングによりシリコン基板２″の裏面２″Ｂ側から微細孔３を穿設する（図２３（Ｂ））。この微細孔３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔３の穿設は、シリコン基板２″を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔３の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板２″として、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。ＳＯＩウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔３の穿設における深さを制御が不要となる。また、２層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のＳＯＩウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、第３の工程として、広幅開口５２″ａをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板２″の表面２″Ａ側から広幅凹部３″ａを穿設する（図２３（Ｃ））。この広幅凹部３″ａの穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチングにより行うことができる。広幅凹部３″ａの穿設は、微細孔３の開口が広幅凹部３″ａ内に出現するまで行う。

次に、第４の工程として、上記のマスク薄膜５２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔３の壁面、および、広幅凹部３″ａの壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層４を形成する（図２３（Ｄ））。

次に、第５の工程として、広幅凹部３″ａが形成されていないシリコン基板２″

の裏面２″Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層５１″が除去された後、シリコン基板２″の一部がエッチングされ、貫通微細孔３内壁に形成されている珪素酸化物層４が露出する。この珪素酸化物層４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板２″のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル５が得られる（図２３（Ｅ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

（第６の実施形態）

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図６に示される微細パターン形成装置１１″の微細ノズル１５を例として図２４および図２５を参照して説明する。

まず、第１の工程として、表面を洗浄したシリコン基板１２″の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層６１″を形成する。次に、シリコン基板１２″の裏面１２″Ｂ側の珪素窒化物層６１″に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層６１″をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6））によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口６１″ａをもつパターンを形成する（図２４（Ａ））。珪素窒化物層６１″の形成は、上述の珪素窒化物層５１と同様に行うことができる。また、小開口６１″ａの大きさは、後述するノズル基部の大きさ（外径）を決定するものであり、通常、開口径を３～１２０μｍの範囲内で設定することができる。

次に、第２の工程として、上記の珪素窒化物層６１″を覆うように両面にマスク薄膜６２″を形成する。次いで、シリコン基板１２″の裏面１２″Ｂ側のマスク薄膜６２″をエッチングでパターニングして、微細開口６２″ａをもつマスクパターンを形成する。また、シリコン基板１２″の表面１２″Ａ側のマスク薄膜６２″をエッチングでパターニングして、広幅開口６２″ｂをもつマスクパターンを形成する（図２４（Ｂ））。微細開口６２″ａは、上記の珪素窒化物層６１″のパターンの小開口６１″ａ内、好ましくは中心部に位置し、広幅開口６２″ｂ

の開口中心は、シリコン基板１２″を介して微細開口６２″ａの開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の微細開口６２″ａの大きさは、後述する微細孔１３および微細ノズル１５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を１～１００μmの範囲内で設定することが好ましい。また、広幅開口６１″ｂの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部１３″ａの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を５～２００μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、第３の工程として、微細開口６２″ａをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１２″の裏面１２″Ｂ側から微細孔１３を穿設する（図２４（Ｃ））。この微細孔１３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔１３の穿設は、シリコン基板１２″を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔１３の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板１２″として、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。ＳＯＩウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜がエッチングのストッピング層としての作用をなす。また、２層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のＳＯＩウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、第４の工程として、広幅開口６２″ｂをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１２″の表面１２″Ａ側から広幅凹部１３″ａを穿設する(図２４(Ｄ))。この広幅凹部１３″ａの穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技

術により行うことができる。広幅凹部１３″ａの穿設は、微細孔１３の開口が広幅凹部１３″ａ内に出現するまで行う。

次に、第５の工程として、上記のマスク薄膜６２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、広幅凹部１３″ａの壁面に珪素酸化物層１４を、微細孔１３の壁面に珪素酸化物層１４（珪素酸化物内面層１５ｂ）を、珪素窒化物層６１″の小開口６１″ａ内に露出しているシリコン基板１２″に珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ）を、それぞれ厚み５０００～１００００Å程度で形成する（図２５（Ａ））。

次に、第６の工程として、珪素窒化物層６１″を除去し（図２５（Ｂ））、珪素窒化物層６１″の小開口６１″ａが形成されていたシリコン基板１２″の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層１４（珪素酸化物端面層１５ｃ）がマスクとなってシリコン基板１２″の一部がエッチングされ、ノズル基部１５ａがシリコン基板１２″と一体的に形成される。このノズル基部１５ａが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１２″のエッチング側に突出した微細ノズル１５が得られる（図２５（Ｃ））。上記のノズル基部１５ａの肉厚は、上記の小開口６１″ａと微細開口６２″ａとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第６の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層６１を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

II－１　微細パターン形成装置

（第１の実施形態）

図２６は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図であり、図２７は図２６１に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。図２６および図２７において、微細パターン形成装置１０１は、シリコン基板１０２と、このシリコン基板１０２の裏面１０２Ｂ側に突出した微細ノズル１０５と、この微細ノズル１０５の先端面１０５ａと外側面１０５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂに形成さ

れた補強層１０６と、支持部材１０７と、シリコン基板１０２と支持部材１０７との空隙部にインキを供給するインキ流路１０８と、このインキ流路１０８に接続されたインキ供給装置１０９とを備えている。

シリコン基板１０２は、表面１０２Ａ側から裏面１０２Ｂ側に貫通する複数の微細孔１０３を備え、この微細孔１０３の表面１０２Ａ側の開口部１０３ａは、上記のシリコン基板１０２と支持部材１０７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板１０２の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。このようなシリコン基板１０２は、その線膨張係数が約２．６×10^{-6}／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔１０３は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板１０２の表面１０２Ａに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板１０２の表面１０２Ａに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層１０４が設けられている。通常、この珪素酸化物層１０４の厚みは５０００～１００００Å程度である。図示例では、シリコン基板１０２の厚み、微細孔１０３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１０３の開口径は１～１００μm程度、微細孔１０３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１０３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１０１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で４μm程度が好ましい。

微細孔１０３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１０３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１０３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂ側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

微細ノズル１０５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔１０３の壁面に形成された珪素酸化物層１０４と一体的に形成され、微細孔１０３に連通している。

この微細ノズル１０５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径は１～１００μmの範囲、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂからの突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル１０５を設けることにより、微細孔１０３から吐出されたインキがシリコン基板１０２の裏面１０２Ｂ側に付着することが防止される。

補強層１０６は、上述の微細ノズル１０５を補強して機械的強度を向上させるものである。この補強層１０６は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層１０６は、微細ノズル１０５の先端面１０５ａと外側面１０５ｂとを覆い、さらに、内側面１０５ｃの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂに形成されている。この補強層１０６の厚みは上述の微細ノズル１０５の厚みの２倍以上、好ましくは５倍以上とすることができ、通常、１～５μmの範囲で厚みを適宜設定することができる。

また、微細ノズル１０５の内側面１０５ｃに形成される補強層１０６の厚みを変えることにより、微細ノズル１０５の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつ微細ノズル１０５を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、微細ノズル１０５の内側面１０５ｃに形成する補強層１０６の厚みを制御して、所望の開口径をもつ微細ノズル１０５を形成することができる。

補強層１０６の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいので、立体構造を有する微細ノズル１０５の内側面１０５ｃへの形成に有利である。

尚、図示例では、補強層１０６は、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層１０６を備えないものであってもよい。

支持部材１０７は、上述のシリコン基板１０２の表面１０２Ａ側に配設され、シリコン基板１０２を保持するためのものである。図示例では、支持部材１０７はシリコン基板１０２と同じ平面形状の基部１０７ａと、この基部１０７ａの周縁に設けられたフランジ部１０７ｂ、基部１０７ａの中央に設けられた開口部１

０７ｃからなり、フランジ部１０７ｂにてシリコン基板１０２の表面１０２Ａ側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板１０２と支持部材１０７との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材１０７をシリコン基板１０２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材１０７は、その線膨張係数がシリコン基板１０２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング＃７７４０、線膨張係数＝３．５×10^{-6}／Ｋ)、ＳＵＳ３０４（線膨張係数＝１７．３×10^{-6}／Ｋ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板１０２と支持部材１０７との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板１０２の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路１０８は、上記の支持部材７の開口部１０７ｃに接続され、その他端はインキ供給装置１０９に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路１０８が１つ接続されているが、微細パターン形成装置１０１の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部１０７ｃを複数設け、各開口部１０７ｃにインキ流路１０８を接続してもよい。また、支持部材１０７やシリコン基板１０２を加工することにより、インキ流路を支持部材１０７および／またはシリコン基板１０２の内部に形成してもよい。

インキ供給装置１０９は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置１０１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置１０１は、補強層１０６により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ微細ノズル１０５をシリコン基板１０２の裏面に複数備え、これらの微細ノズル１０５からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１０２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１０９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度

のパターンを安定して形成することができる。

上述の補強層１０６は、用いる材料により、使用するインキに対する濡れ性が良好となり、微細ノズル１０５から流出したインキがシリコン基板１０２の裏面１０２Ｂに濡れ広がり、安定したインキ吐出を妨げることがある。そこで、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも微細ノズル１０５の外側面１０５ｂに形成された補強層１０６と、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂとに、撥水性層を備えるものとすることができる。図２７には、一点鎖線で撥水性層を示してある。撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものすることができる。フルオロカーボンとしては、炭素元素数とフッ素元素数の比率が１：１～１：２の範囲であるようなものが好ましい。この撥水性層は、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、(熱) ＣＶＤ法等を用いて形成することができ、厚みは２００～５００Å程度とすることができる。

(第２の実施形態)

図２８は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図２８において、微細パターン形成装置１１１は、シリコン基板１１２と、このシリコン基板１１２の表面１１２Ａに形成されたテーパー形状の凹部１１３′ａと、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂ側に突出した微細ノズル１１５と、この微細ノズル１１５の先端面１１５ａと外側面１１５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂに形成された補強層１１６と、支持部材１１７と、シリコン基板１１２と支持部材１１７との空隙部にインキを供給するインキ流路１１８と、このインキ流路１１８に接続されたインキ供給装置１１９とを備えている。

シリコン基板１１２は、表面１１２Ａ側の複数のテーパー形状の凹部１１３′ａの底部から裏面１１２Ｂ側に貫通する微細孔１１３を備え、この微細孔１１３の表面１１２Ａ側の開口部１１３ａはテーパー形状の凹部１１３′ａに露出し、テーパー形状の凹部１１３′ａは上記のシリコン基板１１２と支持部材１１７とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板１１２は、表面１１２Ａと裏面１１２Ｂの結晶方位が＜１００＞であるシリコンの単結晶であり、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。このようなシリコン基板１１２は、そ

の線膨張係数が約２．６×１０$^{-6}$／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパー形状の凹部１１３′ａの壁面は、珪素酸化物層１１４が設けられており、通常、この珪素酸化物層１１４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部１１３′ａのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは５～１５０μｍ程度、最大開口径は１０～２００μｍ程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部１１３′ａの壁面は、シリコン基板１１２の表面１１２Ａ（＜１００＞面）に対して５５°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板１１２の厚み、テーパー形状の凹部１１３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部１１３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔１１３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μｍ程度が好ましい。

微細孔１１３は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板１１２の表面１１２Ａに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板１１２の表面１１２Ａに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部１１３′ａの壁面から連続するように珪素酸化物層１１４が設けられている。通常、図示例では、微細孔１１３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１１３の開口径は１～１００μｍ程度、微細孔１１３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１１３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１１１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μｍ程度が好ましい。

微細孔１１３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１１３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μｍの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔

１１３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂ側が狭い台形（例えば、上記のテーパー形状の凹部１１３′ａのテーパー角度よりも開きの小さいテーパー形状）であってもよい。

微細ノズル１１５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔１１３の壁面に形成された珪素酸化物層１１４と一体的に形成され、微細孔１１３に連通している。この微細ノズル１１５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径は１～１００μmの範囲、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂからの突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル１１５を設けることにより、微細孔１１３から吐出されたインキがシリコン基板１１２の裏面１１２Ｂ側に付着することが防止される。

補強層１１６は、上述の補強層１０６と同様の構成であり、微細ノズル１１５を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層１１６も、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層１１６は、微細ノズル１１５の先端面１１５ａと外側面１１５ｂとを覆い、さらに、内側面１１５ｃの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂに形成されている。この補強層１１６の厚みは、上述の補強層１０６と同様とすることができる。尚、補強層１１６はシリコン基板１１２の裏面１１２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層１１６を備えないものであってもよい。

尚、支持部材１１７、インキ流路１１８、および、インキ供給装置１１９は、上述の微細パターン形成装置１０１の支持部材１０７、インキ流路１０８、および、インキ供給装置１０９と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１１１は、テーパー形状の凹部１１３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板１１２の裏面の複数の微細ノズル１１５から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１１２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層１１６により微細ノズル１１５の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ。さらに、インキ供

給装置１１９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

尚、微細パターン形成装置１１１においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル１１５の外側面１１５ｂに形成された補強層１１６と、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

（第３の実施形態）

図２９は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図２９において、微細パターン形成装置１２１は、シリコン基板１２２と、このシリコン基板１２２の表面１２２Ａに形成された多段形状の凹部１２３′ａと、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側に突出した微細ノズル１２５と、この微細ノズル１２５の先端面１２５ａと外側面１２５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂに形成された補強層１２６と、支持部材１２７と、シリコン基板１２２と支持部材１２７との空隙部にインキを供給するインキ流路１２８と、このインキ流路１２８に接続されたインキ供給装置１２９とを備えている。

シリコン基板１２２は、表面１２２Ａ側の複数の多段形状の凹部１２３′ａの底部から裏面１２２Ｂ側に貫通する微細孔１２３を備え、この微細孔１２３の表面１２２Ａ側の開口部１２３ａは凹部１２３′ａに露出し、この凹部１２３′ａは上記のシリコン基板１２２と支持部材１２７とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔１２３は微細開口部である開口部１２３ａと、広幅開口部である凹部１２３′ａとからなる２段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板１２２の材質は、上述のシリコン基板１０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板１０２と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板１２２は、凹部１２３′ａと微細孔１２３との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

凹部１２３′ａの壁面は、珪素酸化物層１２４が設けられており、通常、この

珪素酸化物層１２４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部１２３′ａの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは１～１５０μm程度、開口径は５～２００μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板１２２の厚み、凹部１２３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部１２３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１２１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔１２３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部１２３ａと、広幅開口部である凹部１２３′ａとからなる２段の開口部であるが、３段以上の開口部であってもよい。
行ってもよい。

微細孔１２３は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板１２２の表面１２２Ａに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板１２２の表面１２２Ａに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部１２３′ａの壁面から連続するように珪素酸化物層１２４が設けられている。通常、図示例では、微細孔１２３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔１２３の開口径は１～１００μm程度、微細孔１２３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１２３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置１２１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。

微細孔１２３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔１２３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔１２３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

微細ノズル１２５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔１２３の壁面に形成

された珪素酸化物層１２４と一体的に形成され、微細孔１２３に連通している。この微細ノズル１２５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径は１～１００μmの範囲、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂからの突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル１２５を設けることにより、微細孔１２３から吐出されたインキがシリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側に付着することが防止される。

補強層１２６は、上述の補強層１０６と同様の構成であり、微細ノズル１２５を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層１２６も、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層１２６は、微細ノズル１２５の先端面１２５ａと外側面１２５ｂとを覆い、さらに、内側面１２５ｃの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂに形成されている。この補強層１２６の厚みは、上述の補強層１０６と同様とすることができる。尚、補強層１２６はシリコン基板１２２の裏面１２２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層１２６を備えないものであってもよい。

尚、支持部材１２７、インキ流路１２８、および、インキ供給装置１２９は、上述の微細パターン形成装置１０１の支持部材１０７、インキ流路１０８、および、インキ供給装置１０９と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置１２１は、多段形状の凹部１２３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板１２２の裏面の複数の微細ノズル１２５から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１２２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層１２６により微細ノズル１２５の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ。また、インキ供給装置１２９を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

尚、微細パターン形成装置１２１においても、上述の実施形態と同様に、撥水

性層を少なくとも微細ノズル１２５の外側面１２５ｂに形成された補強層１２６と、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

（第４の実施形態）

図３０は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図３１は図３０に示される微細パターン形成装置の底面図である。図３０および図３１において、微細パターン形成装置１３１は、連続した３つの装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃからなり、共通のシリコン基板１３２と、このシリコン基板１３２の裏面１３２Ｂから突出している複数の微細ノズル１３５と、この微細ノズル１３５の先端面１３５ａと外側面１３５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１３２の裏面１３２Ｂに形成された補強層１３６と、シリコン基板１３２の表面１３２Ａ側に配設された３つの支持部材１３７と、シリコン基板１３２と各支持部材１３７との空隙部にインキを供給する３つのインキ流路１３８と、これらのインキ流路１３８に接続されたインキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃとを備えている。

シリコン基板１３２は、各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃごとに、表面１３２Ａ側から裏面１３２Ｂ側に貫通する複数の微細孔１３３を備え、この微細孔１３３の表面１３２Ａ側の開口部１３３ａは、シリコン基板１３２と各支持部材１３７とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板１３２の材質は上述のシリコン基板１０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板１０２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔１３３は、各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃごとに所定の方向（図３１の矢印Ａ方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル１３５の開口部１３５ｄも同様に配置されている。すなわち、装置部１３１ａでは、矢印Ａ方向に沿って配置された微細孔１３３の列がピッチＰ１で複数列形成され、同様に、装置部１３１ｂ、装置部１３１ｃでも、微細孔１３３の列がピッチＰ１で複数列形成されている。そして、各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃにおける微細孔１３３の列は、相互にピッチＰ２（Ｐ１＝３×Ｐ２）で位置がずれているので、微細パターン形成装置１３１全体とし

ては、ピッチＰ２で各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔１３３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔１０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔１３３の壁面に形成されている珪素酸化物層１３４も、上述の珪素酸化物層１０４と同様とすることができる。尚、図示例では、シリコン基板１３２の厚み、珪素酸化物層１３４を備えた微細孔１３３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

微細ノズル１３５は、上述の微細ノズル１０５と同様の構成であり、上記の微細孔１３３の壁面に形成された珪素酸化物層１３４と一体的に形成され、微細孔１３３に連通している。このような微細ノズル１３５において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル１０５と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル１３５を設けることにより、微細孔１３３から吐出されたインキがシリコン基板１３２の裏面１３２Ｂ側に付着することが防止される。

補強層１３６は、上述の補強層１０６と同様の構成であり、微細ノズル１３５を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層１３６も、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層１３６は、微細ノズル１３５の先端面１３５ａと外側面１３５ｂとを覆い、さらに、内側面１３５ｃの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板１３２の裏面１３２Ｂに形成されている。この補強層１３６の厚みは、上述の補強層１０６と同様とすることができる。尚、補強層１３６はシリコン基板１３２の裏面１３２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層１３６を備えないものであってもよい。

支持部材１３７は、上述のシリコン基板１３２の表面１３２Ａ側に配設され、シリコン基板１３２を保持するためのものである。図示例では、支持部材１３７は、上述の支持部材１０７と同様に、シリコン基板１３２と同じ平面形状の基部１３７ａと、この基部１３７ａの周縁に設けられたフランジ部１３７ｂ、基部１３７ａの中央に設けられた開口部１３７ｃからなり、フランジ部１３７ｂにてシリコン基板１３２の表面１３２Ａ側に固着されている。これにより、シリコン基

板１３２と各支持部材１３７との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材１３７をシリコン基板１３２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材１３７の材質は、上述の支持部材１０７と同様に、その線膨張係数がシリコン基板１３２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路１３８は、上記の各支持部材１３７の開口部１３７ｃに接続され、他端はインキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃに接続されている。インキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置１３１の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材１３７に設けられているインキ流路１３８は１つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、１つの支持部材１３７に複数の開口部１３７ｃを設け、各開口部１３７ｃにインキ流路１３８を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材１３７の内部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置１３１は、微細ノズル１３５が補強層１３６により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、これらの複数の微細ノズル１３５からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１３２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃから別種のインキを供給することにより、各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃを制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置１３１は、各装置部１３１ａ，１３１ｂ，１３１ｃが一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。

尚、微細パターン形成装置１３１においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル１３５の外側面１３５ｂに形成された補強層１３６と、シリコン基板１３２の裏面１３２Ｂとに設けることができる。また、この撥

水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

また、微細パターン形成装置１３１においても、微細孔１３３の表面１３２Ａ側の開口部１３３ａを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル１３５から微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第５の実施形態）

図３２は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図３２（Ａ）は概略断面図、図３２（Ｂ）は底面図である。図３２において、微細パターン形成装置１４１は、シリコン基板１４２と、このシリコン基板１４２の裏面１４２Ｂから突出している複数の微細ノズル１４５と、この微細ノズル１４５の先端面１４５ａと外側面１４５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１４２の裏面１４２Ｂに形成された補強層１４６と、シリコン基板１４２の表面１４２Ａ側に配設された支持部材１４７と、シリコン基板１４２および支持部材１４７内に形成された３種のインキ流路１４８ａ，１４８ｂ，１４８ｃと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置１４９ａ，１４９ｂ，１４９ｃとを備えている。

シリコン基板１４２は表面１４２Ａ側から裏面１４２Ｂ側に貫通する複数の微細孔１４３を備え、この微細孔１４３の表面１４２Ａ側の開口部１４３ａは、表面１４２Ａ側に溝状に形成された３種のインキ流路１４８ａ，１４８ｂ，１４８ｃ内のいずれかに露出している。シリコン基板１４２の材質は上述のシリコン基板１０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板１０２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔１４３（後述する微細ノズル１４５の開口部１４５ｄ）は所定の方向（図３２（Ｂ）の矢印ａ方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチＰで複数形成されている。図示例では、矢印ａ方向に沿って複数の微細孔が配列された６本の微細孔列１４３Ａ，１４３Ｂ，１４３Ｃ，１４３Ｄ，１４３Ｅ，１４３ＦがピッチＰで形成されている。このような微細孔１４３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔１０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔１４３の壁面に形成されている珪素酸化物層１４４も、上述の

珪素酸化物層１０４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層１４４を備えた微細孔１４３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

微細ノズル１４５は、上述の微細ノズル１０５と同様の構成であり、上記の微細孔１４３の壁面に形成された珪素酸化物層１４４と一体的に形成され、微細孔１４３に連通している。このような微細ノズル１４５において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル１０５と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル１４５を設けることにより、微細孔１４３から吐出されたインキがシリコン基板１４２の裏面１４２Ｂ側に付着することが防止される。

補強層１４６は、上述の補強層１０６と同様の構成であり、微細ノズル１４５を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層１４６も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層１４６は、微細ノズル１４５の先端面１４５ａと外側面１４５ｂとを覆い、さらに、内側面１４５ｃの先端面近傍に形成されている。また、補強層１４６は、シリコン基板１４２の裏面１４２Ｂに形成されている。この補強層１４６の厚みは、上述の補強層１０６と同様とすることができ、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いて形成することができる。尚、補強層１４６は、シリコン基板１４２の裏面１４２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層１４６を備えないものであってもよい。

支持部材１４７は、上述のシリコン基板１４２の表面１４２Ａ側に配設されてシリコン基板１４２を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材１４７のシリコン基板１４２側にはインキ流路１４８ｃが溝状に形成されている。

図３３は、図３２（Ａ）に示されるシリコン基板１４２のＡ－Ａ線矢視における横断面図、図３４は図３２（Ａ）に示される支持部材１４７のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図３２（Ａ）および図３３に示されるように、シリコン基板１４２には、微細孔列１４３Ａ，１４３Ｄの各開口部とインキ供給装置１４９ａとを接続するように形成された溝状のインキ流路１４８ａ、および、微細孔列１４３Ｂ，１４３Ｅ

の各口部とインキ供給装置１４９ｂとを接続するように形成された溝状のインキ流路１４８ｂとが形成されている。また、微細孔列１４３Ｃ，１４３Ｆの各開口部上にインキ流路１４８ｃが溝状に形成されている。さらに、図３２（Ａ）および図３４に示されるように、支持部材１４７には、微細孔列１４３Ｃ，１４３Ｆの各開口部とインキ供給装置１４９ｃとを接続するように形成された溝状のインキ流路１４８ｃが形成されている。

このような支持部材１４７とシリコン基板１４２との間に形成される３種のインキ流路１４８ａ，１４８ｂ，１４８ｃは、図３５に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材１４７の材質は、上述の支持部材１０７と同様に、その線膨張係数がシリコン基板１４２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路１４８ａ，１４８ｂ，１４８ｃの端部はインキ供給装置１４９ａ，１４９ｂ，１４９ｃに接続されている。インキ供給装置１４９ａ，１４９ｂ，１４９ｃには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置１４１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置１４１は、補強層１４６により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ微細ノズル１４５をシリコン基板１４２の裏面に複数備え、これらの微細ノズル１４５からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板１４２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置１４９ａ，１４９ｂ，１４９ｃから別種のインキを供給することにより、各インキ流路１４８ａ，１４８ｂ，１４８ｃに対応してグループ分け（微細孔列１４３Ａと１４３Ｄのグループ、微細孔列１４３Ｂと１４３Ｅのグループ、微細孔列１４３Ｃと１４３Ｆのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置１４１は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置１４９ａ，１４９ｂ，１４９ｃを制御して供給量を変えることによっ

てインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

尚、微細パターン形成装置１４１においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル１４５の外側面１４５ｂに形成された補強層１４６と、シリコン基板１４２の裏面１４２Ｂとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

また、微細パターン形成装置１４１においても、微細孔１４３の表面１４２Ａ側の開口部１４３ａを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル１４５から微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第６の実施形態）

図３６は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図３６において、微細パターン形成装置１５１は、シリコン基板１５２と、このシリコン基板１５２の裏面から突出している複数の微細ノズルと、この微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１５２の裏面に形成された補強層と、シリコン基板１５２と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図３６では、シリコン基板１５２のみを示し、微細ノズル、補強層、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板１５２は表面１５２Ａ側から裏面側に貫通する複数の微細孔１５３を備え、この微細孔１５３が１つのパターンＰをなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では１０個）のパターンＰがシリコン基板１５２に設けられている。尚、微細孔１５３は１つのパターンＰにおいてのみ示し、他のパターンＰはその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板１５２の材質は上述のシリコン基板１０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔１５３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔１０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔１５３は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層１０４と同様とすることができる。

このようなシリコン基板１５２に裏面側には、微細孔１５３に連通するように

複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル１０５と同様とすることができる。

また、補強層は、微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆うように形成され、また、シリコン基板１５２の裏面に形成されてもよい。この補強層は、上述の補強層１０６と同様の構成であり、微細ノズルを補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。この補強層の厚みは、上述の補強層１０６と同様とすることができ、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いて形成することができる。

また、シリコン基板１５２は、上述の支持部材１０７のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図３６に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置１５１は、微細ノズルが補強層により機械的強度の高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、シリコン基板１５２の微細孔１５３（微細ノズル）からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板１５２の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターンＰに対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターンＰが全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

尚、微細パターン形成装置１５１においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズルの外側面に形成された補強層と、シリコン基板１５２の裏面とに設けることができる。

また、微細パターン形成装置１５１においても、微細孔１５３のシリコン基板

表面側の開口部を、上述の実施形態のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

II－２　微細パターン形成装置の製造例

次に、本発明の微細パターン形成装置の製造例を、図２６に示される微細パターン形成装置１０１を例として図３７および図３８を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板１０２を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み１～２μm程度の珪素酸化膜１０２′を形成する(図３７(A))。尚、珪素酸化膜１０２′の形成は、ウエット酸化法により行ってもよい。

次に、シリコン基板１０２の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図３７（B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばＢＨＦ１６（一水素二フッ化アンモニウム２２％水溶液）を用いて珪素酸化膜１０２′をパターニングする（図３７（C))。このパターニングは、ＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング（プロセスガス：CHF_3）により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜１０２′は除去される。

次に、パターニングされた珪素酸化膜１０２′をマスクとして、シリコン基板１０２に所望の深さで微細孔１０３を穿設する（図３７（D))。この微細孔１０３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング、ウエットエッチング、Ｄｅｅｐ　ＲＩＥエッチング等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔１０３の穿設は、シリコン基板１０２を貫通しない所定の深さまで行う。

次に、レジストパターンRと珪素酸化膜１０２′を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸

化物層１０４を形成する（図３７（Ｅ））。

次に、支持部材７のフランジ部１０７ｂをシリコン基板１０２の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図３８（Ａ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。尚、支持部材１０７を固着する前に、シリコン基板１０２の表面１０２Ａのみを ＢＨＦ１６に浸漬して珪素酸化物層４を除去してもよい。この場合、微細孔１０３内の珪素酸化物層１０４を除去しないようにすることが重要である。

次いで、シリコン基板１０２の外面側のみをＢＨＦ１６に浸漬して、この部位の珪素酸化物層１０４を除去してシリコン基板１０２の裏面を露出させ、その後、ＴＭＡＨ（水酸化テトラメチルアンモニウム）によりシリコン基板１０２の裏面側からエッチングを行う（図３８（Ｂ））。このエッチングでは、微細孔１０３内壁に形成されている珪素酸化物層１０４がＴＭＡＨに対して耐性をもつので、珪素酸化物層１０４からなる微細管がシリコン基板１０２側に突出することになる。

次いで、この珪素酸化物層１０４からなる微細管の先端をＢＨＦ１６により溶解除去して開口させ、その後、再びＴＭＡＨによりシリコン基板１０２の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層１０４からなる微細ノズル１０５が形成されたところでＴＭＡＨによるエッチングを終了する（図３８（Ｃ））。

次いで、補強層１０６を微細ノズル１０５の先端面１０５ａと外側面１０５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂに形成する（図３８（Ｄ））。補強層１０６の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができる。特に、プラズマＣＶＤ法は回り込み量が大きいので、微細ノズル１０５の内側面１０５ｃへの形成に有利である。その後、支持部材１０７の開口部１０７ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図２６に示されるような本発明の微細パターン形成装置１０１を作製することができる。

尚、上記のシリコン基板１０２の裏面側のエッチングは、ＴＭＡＨを用いる他に、ＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。

また、上記の例では、珪素酸化膜１０２′を形成しているが、珪素酸化膜の代

わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程（図３７（Ｃ））では、アルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図２６に示される微細パターン形成装置１０１を例として図３９および図４０を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板１０２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層１０２′を形成する（図３９（Ａ））。珪素窒化物層１０２′の形成は、減圧ＣＶＤ法等により行うことができる。

次に、一方の面の珪素窒化物層１０２′上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部をもつマスクパターン１０２″を形成する（図３９（Ｂ））。このマスクパターン１０２″の微細開口部の大きさは、微細孔１０３および微細ノズル１０５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口部を１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、マスクパターン１０２″をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１０２に貫通微細孔１０３を穿設する（図３９（Ｃ））。この貫通微細孔１０３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。この方法では、微細孔１０３の穿設の深さを制御する必要ないため、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔１０３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスクパターン１０２″を除去し、熱酸化炉で酸化することによ

り、貫通微細孔１０３の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層１０４を形成する（図３９（Ｄ））。

次に、珪素窒化物層１０２′を除去した後に、シリコン基板１０２の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板１０２の一部がエッチングされ、貫通微細孔１０３内壁に形成されている珪素酸化物層１０４が露出する。この珪素酸化物層１０４が所望の長さまで露出してところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１０２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル１０５が得られる（図４０（Ａ））。

上記のドライエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)により行うことが好ましいが、これに限定されるものではない。

また、上記のドライエッチングを行うシリコン基板１０２の面として、上述のマスクパターン１０２″が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、上記のディープエッチングで、エッチングエンド（図の下方側）の形状は多少バラツキが生じ易いが、マスクパターン１０２″が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル１０５の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル１０５を得ることがより容易となる。

次に、支持部材１０７のフランジ部１０７ｂをシリコン基板１０２の表面側(微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図４０（Ｂ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層１０６を微細ノズル１０５の先端面１０５ａと外側面１０５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１０２の裏面１０２Ｂに形成する(図４０（Ｃ））。補強層１０６の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル１０５の内側面１０５ｃへの形成に有利である。その後、支持部材１０７の開口部１０７ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図２６に示されるような本発明の微細パターン形成装置１０１を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図２８に示される微細パター

ン形成装置１１１を例として図４１乃至図４３を参照して説明する。

まず、表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板１１２の表面を洗浄し、このシリコン基板１１２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層１１２′を形成する。

次に、シリコン基板１１２の表面１１２Ａ側の珪素窒化物層１１２′上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンＲを形成し、次いで、このレジストパターンＲをマスクとして珪素窒化物層１１２′をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6)）によりエッチングして、テーパー用開口１１２′ａをもつパターンを形成する（図４１（Ａ））。珪素窒化物層１１２′の形成は、減圧ＣＶＤ法等により行うことができる。この珪素窒化物層１１２′のテーパー用開口１１２′ａの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部１１３′ａの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を１０～２００μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、珪素窒化物層１１２′をマスクとして、シリコン基板１１２に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口１１２′ａに露出しているシリコン基板１１２が、結晶方位＜１１１＞面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板１１２の表面１１２Ａ側にテーパー形状の凹部１１３′ａが形成される（図４１（Ｂ））。

次に、レジストパターンＲを除去し、シリコン基板１１２の表面１１２Ａ側および裏面１１２Ｂ側にマスク薄膜１１２″を形成する。次いで、テーパー状凹部１１３′ａが形成されていないシリコン基板１１２の裏面１１２Ｂ側のマスク薄膜１１２″をパターニングして微細開口１１２″ａを形成する（図４１（Ｃ））。この微細開口１１２″ａは、その開口中心がシリコン基板１１２を介して上記のテーパー状凹部１１３′ａの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口１１２″ａの大きさは、後述する微細孔１１３および微細ノズル１１５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口１１２″ａを１～１００μmの

範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、マスク薄膜１１２″をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１１２に裏面１１２Ｂ側から貫通微細孔１１３を穿設する（図４２（Ａ））。この貫通微細孔１１３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔１１３がテーパー形状凹部１１３′ａ内まで貫通したところで、シリコン基板１１２の表面１１２Ａ側に形成したマスク薄膜１１２″（テーパー形状凹部１１３′ａ内のマスク薄膜１１２″）がストッピング層として作用するので、微細孔１１３の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔１１３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスク薄膜１１２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔１１３の壁面、および、テーパー形状凹部１１３′ａの壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層１１４を形成する（図４２（Ｂ））。

次に、珪素窒化物層１１２′を除去し、テーパー形状凹部１１３′ａが形成されていないシリコン基板１１２の裏面１１２Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板１１２の一部がエッチングされ、貫通微細孔１１３内壁に形成されている珪素酸化物層１１４が露出する。この珪素酸化物層１１４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１１２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル１１５が得られる（図４２（Ｃ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

次に、支持部材１１７のフランジ部１１７ｂをシリコン基板１１２の表面側(テーパー形状凹部形成側）の周辺部に固着する（図４３（Ａ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層１１６を微細ノズル１１５の先端面１１５ａと外側面１１５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１１２の裏面１１２Ｂに形成する(図４３（Ｂ））。補強層１１６の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル１１５の内側面１１５ｃへの形成に有利である。その後、支持部材１１７の開口部１１７ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図２８に示されるような本発明の微細パターン形成装置１１１を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図２９に示される微細パターン形成装置１２１を例として図４４および図４５を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板１２２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層１２２′を形成する。次に、両面の珪素窒化物層１２２′上にマスク薄膜１２２″を形成し、シリコン基板１２２の表面１２２Ａ側のマスク薄膜１２２″をパターニングして広幅開口１２２″ａをもつマスクパターンを形成し、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側のマスク薄膜１２２″をパターニングして微細開口１２２″ｂをもつマスクパターンを形成する（図４４（Ａ））。広幅開口１２２″ａの開口中心は、シリコン基板１２２を介して微細開口１２２″ｂの開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口１２２″ａの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部１２３′ａの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を５～２００μｍの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口１２２″ｂの大きさは、後述する微細孔１２３および微細ノズル１２５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層１２２′の形成は、上述の珪素窒化物層１１２′と同様に行うことができる。また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ

素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、微細開口１２２″ｂをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側から微細孔１２３を穿設する（図４４(Ｂ))。この微細孔１２３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔１２３の穿設は、シリコン基板１２２を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔１２３の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板１２２として、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。ＳＯＩウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔１２３の穿設における深さを制御が不要となる。また、２層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のＳＯＩウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、広幅開口１２２″ａをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板１２２の表面１２２Ａ側から広幅凹部１２３′ａを穿設する（図４４（Ｃ))。この広幅凹部１２３′ａの穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたＢｏｓｃｈプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。広幅凹部１２３′ａの穿設は、微細孔１２３の開口が広幅凹部１２３′ａ内に出現するまで行う。

次に、上記のマスク薄膜１２２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔１２３の壁面、および、広幅凹部１２３′ａの壁面に厚み５０００～１０

０００Å程度の珪素酸化物層４を形成する（図４４（Ｄ））。

次に、珪素窒化物層１２２′を除去し、広幅凹部１２３′が形成されていないシリコン基板１２２の裏面１２２Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板１２２の一部がエッチングされ、貫通微細孔１２３内壁に形成されている珪素酸化物層１２４が露出する。この珪素酸化物層１２４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板１２２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル１２５が得られる（図４５（Ａ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

次に、支持部材１２７のフランジ部１２７ｂをシリコン基板１２２の表面側(多段形状凹部の形成側）の周辺部に固着する（図４５（Ｂ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層１２６を微細ノズル１２５の先端面１２５ａと外側面１２５ｂとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板１２２の裏面１２２Ｂに形成する（図４５（Ｃ））。補強層１２６の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル１２５の内側面１２５ｃへの形成に有利である。その後、支持部材１２７の開口部１２７ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図２９に示されるような本発明の微細パターン形成装置１２１を作製することができる。

II－３　微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

まず、図４６は、上述の本発明の微細パターン形成装置１３１を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図４６において、本発明の微細パターン形成装置１３１のインキ供給装置１３９ａ，１３９ｂ，１３９ｃから、それぞれインキＡ、インキＢ、インキＣを各インキ流路１３８を介して供給しながら、パターン被形成体Ｓを微細パターン形成装置１３１に対して所定方向(矢印Ａ方向)

に走査させる。この走査方向Ａは、上記の微細パターン形成装置１３１における微細孔の配列方向Ａ（図３１参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置１３１のシリコン基板１３２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、０．１～５ｍｍ程度の範囲で設定することができる。

これにより、シリコン基板１３２の微細ノズル１３５から吐出されたインキによって、パターン被形成体Ｓ上にインキＡ、インキＢ、インキＣの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはＰ２となる。このストライプ状パターンは、１本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Ｓの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔１３３や微細ノズル１３５の径の大きさを変えて（微細ノズルの内側面に形成される補強層１３６の厚みを変える場合も含む）吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Ｓが可撓性を有する場合、パターン被形成体Ｓの裏面に、微細パターン形成装置１３１と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Ｓにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

次に、図４７は、本発明の微細パターン形成装置１５１を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図４７において、微細パターン形成装置１５１（図示例では、シリコン基板１５２のみを示す）をパターン被形成体Ｓの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔（微細ノズル）を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

その後、パターン被形成体Ｓを矢印Ａ方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体Ｓ上には、所望のパターンＰが形成できる。尚、微細パターン形成装置１５１のシリコン基板１５２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、０．１～５ｍｍ程度の範囲で設定することができる。

また、微細パターン形成装置３１における複数の微細孔（微細ノズル）から構成されるパターンＰを、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

III－１　微細パターン形成装置

（第１の実施形態）

図４８は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図４８において、微細パターン形成装置２０１は、シリコン基板２０２と、このシリコン基板２０２の表面２０２Ａ側に配設された主電極２０６、支持部材２０８と、シリコン基板２０２の裏面２０２Ｂ側に所定の間隔を設けて配置された対向電極２０７と、シリコン基板２０２と支持部材２０８との空隙部にインキを供給するインキ流路２０９と、このインキ流路２０９に接続されたインキ供給装置２１０とを備えている。

シリコン基板２０２は、表面２０２Ａ側から裏面２０２Ｂ側に貫通する複数の微細孔２０３を備え、この微細孔２０３の表面２０２Ａ側の開口部２０３ａは、上記のシリコン基板２０２と支持部材２０８とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板２０２の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは２００～５００μｍ程度が好ましい。このようなシリコン基板２０２は、その線膨張係数が約２．６×１０$^{-6}$／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔２０３は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板２０２の表面２０２Ａに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板２０２の表面２０２Ａに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層２０４が設けられている。通常、この珪素酸化物層２０４の厚みは５０００～１００００Å程度である。図示例では、シリコン基板２０２の厚み、珪素酸化物層２０４を備えた微細孔２０３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔２０３の開口径は１～１００μｍ程度、微細孔２０３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２０３の形成数および

形成ピッチは、微細パターン形成装置２０１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で２μm程度が好ましい。

微細孔２０３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔２０３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２０３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板２０２の裏面２０２Ｂ側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

図４９は、シリコン基板２０２の表面２０２Ａ側に配設された主電極２０６を説明するための支持部材２０８を取り除いた状態の平面図である。図４９に示されるように、主電極２０６は、開口部２０６ａを有し、複数（図示例では５個）の微細孔２０３を囲むように配設されている。主電極２０６は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２０２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極２０７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極２０７は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極２０６に所定の電圧が印加されたときに主電極２０６との間で電界を生じさせる作用をなす。この対向電極２０７は、例えば、ドラム形状、平板形状等とすることができる。この場合、シリコン基板２０２と対向電極２０７との間隙部、あるいは、対向電極２０７上にパターン被形成体を位置させて、後述するように、直接描画によりパターン形成を行うことができる。また、パターン被形成体が導電性を有する場合には、パターン被形成体に対向電極を兼ねさせてもよく、より細いラインを描画するには、対向電極２０７を接地状態とすることが好ましい。上記のパターン被形成体とシリコン基板２０２との距離は５０～５００μm程度の範囲内で設定することができる。

このような対向電極２０７は、ＳＵＳ３０４、銅、アルミニウム等の導電性を

有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

支持部材２０８は、上述のシリコン基板２０２の表面２０２Ａ側に配設され、シリコン基板２０２を保持するためのものである。図示例では、支持部材２０８はシリコン基板２０２と同じ平面形状の基部２０８ａと、この基部２０８ａの周縁に設けられたフランジ部２０８ｂ、基部２０８ａの中央に設けられた開口部２０８ｃからなり、フランジ部２０８ｂにてシリコン基板２０２の表面２０２Ａ側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板２０２と支持部材２０８との間にインキが供給される空間（インキ供給空間）が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材２０８をシリコン基板２０２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材２０８は、その線膨張係数がシリコン基板２０２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング＃７７４０、線膨張係数＝３．５×10^{-6}／Ｋ）、ＳＵＳ３０４（線膨張係数＝１７．３×10^{-6}／Ｋ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板２０２と支持部材２０８との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板２０２の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路２０９は、上記の支持部材２０８の開口部２０８ｃに接続され、その他端はインキ供給装置２１０に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路２０９が１つ接続されているが、微細パターン形成装置２０１の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部２０８ｃを複数設け、各開口部２０８ｃにインキ流路２０９を接続してもよい。また、支持部材２０８やシリコン基板２０２を加工することにより、インキ流路を支持部材２０８および／またはシリコン基板２０２の内部に形成してもよい。

インキ供給装置２１０は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置２０１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置２０１は、インキ吐出手段として、主電極２０６と対向電極間２０７との間に形成される電界と、インキ供給装置２１０からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板２０２の微細孔２０３からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。ここで、低圧力とは、５ｐｓｉ以下の圧力を意味する。以下、本発明の説明において同様である。

また、主電極２０６と対向電極２０７間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔２０３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔２０３から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。さらに、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔２０３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

（第２の実施形態）

図５０は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図５０に示されるように、微細パターン形成装置２１１は、基本構造は上記の微細パターン形成装置２０１と同じであり、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側の微細孔２１３の開口部２１３ｂにノズル２１５が突設されたものである。このノズル２１５は、珪素酸化物からなり、上記の珪素酸化物層２１４と一体的に形成され、突出量は１０～４００μｍの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル２１５を設けることにより、微細孔２１３から吐出されたインキがシリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側に付着することが防止される。

また、主電極２１６は、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側に配設することもできる。図５１は、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。図５１に示されるように、主電極２１６は、複数のノズル２１５を囲むように設けられた開口部２１６ａを有している。上記の主電極２１６と対向電極２１７との距離は５０～５００μｍ程度の範囲内

で設定することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置２１１では、インキ吐出手段として、主電極２１６と対向電極間２１７との間に形成される電界と、インキ供給装置２２０からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル２１５の破損が防止される。

また、上述の微細パターン形成装置２１１では、ノズル２１５の機械的強度を向上させるために、補強層を設けてもよい。図５２は、微細パターン形成装置２１１に補強層を設けた例を示す概略断面図である。図５２に示されるように、補強層２１５′は、ノズル２１５の先端面と外側面とを覆い、さらに、内側面の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂに形成されている。この補強層２１５′の厚みは上述のノズル２１５の厚みの２倍以上、好ましくは５倍以上とすることができ、通常、１～５μｍの範囲で厚みを適宜設定することができる。この補強層２１５′は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。

また、ノズル２１５の内側面に形成される補強層２１５′の厚みを変えることにより、ノズル２１５の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつノズル２１５を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、ノズル２１５の内側面に形成する補強層２１５′の厚みを制御して、所望の開口径をもつノズル２１５を形成することができる。

補強層２１５′の形成は、例えば、プラズマＣＶＤ法、イオンプレーティング法、減圧ＣＶＤ法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいので、立体構造を有するノズル２１５の内側面への形成に有利である。

尚、図示例では、補強層２１５′は、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層２１５′を備えないものであってもよい。

（第３の実施形態）

図５３は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であ

る。図５３において、微細パターン形成装置２２１は、シリコン基板２２２と、このシリコン基板２２２の表面２２２Ａに形成されたテーパー形状の凹部２２３′ａと、シリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側に突出したノズル２２５と、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側に配設された主電極２２６、シリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側に所定の間隔を設けた配設された対向電極２２７と、支持部材２２８と、シリコン基板２２２と支持部材２２８との空隙部にインキを供給するインキ流路２２９と、このインキ流路２２９に接続されたインキ供給装置２３０とを備えている。

シリコン基板２２２は、表面２２２Ａ側の複数のテーパー形状の凹部２２３′ａの底部から裏面２２２Ｂ側に貫通する微細孔２２３を備え、この微細孔２２３の表面２２２Ａ側の開口部２２３ａはテーパー形状の凹部２２３′ａに露出し、テーパー形状の凹部２２３′ａは上記のシリコン基板２２２と支持部材２２８とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板２２２は、表面２２２Ａと裏面２２２Ｂの結晶方位が＜１００＞であるシリコンの単結晶であり、厚みは２００～５００μm程度が好ましい。このようなシリコン基板２２２は、その線膨張係数が約２．６×10^{-6}／Ｋと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパー形状の凹部２２３′ａの壁面は、珪素酸化物層２２４が設けられており、通常、この珪素酸化物層２２４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部２２３′ａのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは５～１５０μm程度、最大開口径は１０～２００μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部２２３′ａの壁面は、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ（＜１００＞面）に対して５５°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板２２２の厚み、テーパー形状の凹部２２３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部２２３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置２２１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔２２３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔２２３は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板２２２の表面２２２Ａに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板２２２の表面２２２Ａに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部２２３′ａの壁面から連続するように珪素酸化物層２２４が設けられている。通常、図示例では、微細孔２２３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔２２３の開口径は１～１００μm程度、微細孔２２３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２２３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置２２１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１５μm程度が好ましい。

微細孔２２３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔２２３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２２３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側が狭い台形（例えば、上記のテーパー形状の凹部２２３′ａのテーパー角度よりも開きの小さいテーパー形状）であってもよい。

ノズル２２５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔２２３の壁面に形成された珪素酸化物層２２４と一体的に形成され、微細孔２２３に連通している。このノズル２２５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径は１～１００μmの範囲、シリコン基板２２２の裏面２２２Ｂからの突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル２２５を設けることにより、微細孔２２３から吐出されたインキがシリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側に付着することが防止される。

主電極２２６は、開口部を有し、複数（図示例では５個）のテーパー形状の凹部２２３′ａを囲むように配設されている。主電極２２６は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２２２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極２２７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極２２７とシリコン基板２２２との距離は５０～５００μm程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極２２７は、ＳＵＳ３０４、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

また、主電極２２６は、シリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側に配設することもでき、この場合、主電極２２６と対向電極２２７との距離は５０～５００μm程度の範囲内で設定することができる。

尚、支持部材２２８、インキ流路２２９、および、インキ供給装置２３０は、上述の微細パターン形成装置２０１の支持部材２０８、インキ流路２０９、および、インキ供給装置２１０と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置２２１は、テーパー形状の凹部２２３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板２２２の裏面の複数のノズル２２５から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２２２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極２２６と対向電極間２２７との間に形成される電界と、インキ供給装置２３０からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル２２５の破損が防止される。

尚、微細パターン形成装置２２１においても、ノズル２２５に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置２０１のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

（第４の実施形態）

図５４は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図５４において、微細パターン形成装置２３１は、シリコン基板２３２と、このシリコン基板２３２の表面２３２Ａに形成された多段形状の凹部２３３′ａと、シリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側に突出したノズル２３５と、シリコン基板２３２の表面２３２Ａ側に配設された主電極２３６、シリコン基板２３２の

裏面２３２Ｂ側に所定の間隔を設けた配設された対向電極２３７と、支持部材２３８と、シリコン基板２３２と支持部材２３８との空隙部にインキを供給するインキ流路２３９と、このインキ流路２３９に接続されたインキ供給装置２４０とを備えている。

シリコン基板２３２は、表面２３２Ａ側の複数の多段形状の凹部２３３′ａの底部から裏面２３２Ｂ側に貫通する微細孔２３３を備え、この微細孔２３３の表面２３２Ａ側の開口部２３３ａは凹部２３３′ａに露出し、この凹部２３３′ａは上記のシリコン基板２３２と支持部材２３８とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔２３３は微細開口部である開口部２３３ａと、広幅開口部である凹部２３３′ａとからなる２段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板２３２の材質は、上述のシリコン基板２０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２０２と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板２３２は、凹部２３３′ａと微細孔２３３との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

凹部２３３′ａの壁面は、珪素酸化物層２３４が設けられており、通常、この珪素酸化物層２３４の厚みは５０００～１００００Å程度である。凹部２３３′ａの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは１～１５０μm程度、開口径は５～２００μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板２３２の厚み、凹部２３３′ａの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部２３３′ａの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置２３１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔２３３とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部２３３ａと、広幅開口部である凹部２３３′ａとからなる２段の開口部であるが、３段以上の開口部であってもよい。
行ってもよい。

微細孔２３３は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板２３２の表面２３２Ａに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板２３

２の表面２３２Ａに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部２３３′ａの壁面から連続するように珪素酸化物層２３４が設けられている。通常、図示例では、微細孔２３３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔２３３の開口径は１～１００μm程度、微細孔２３３のアスペクト比は１～１００程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２３３の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置２３１により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で１０μm程度が好ましい。

微細孔２３３の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔２３３が、横断面形状が異なる２種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は５～５００μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔２３３の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

ノズル２３５は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔２３３の壁面に形成された珪素酸化物層２３４と一体的に形成され、微細孔２３３に連通している。このノズル２３５の厚みは５０００～１００００Åの範囲、開口径は１～１００μmの範囲、シリコン基板２３２の裏面２３２Ｂからの突出量は１～１５０μmの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル２３５を設けることにより、微細孔２３３から吐出されたインキがシリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側に付着することが防止される。

主電極２３６は、開口部を有し、複数（図示例では５個）の多段形状の凹部２３３′ａを囲むように配設されている。主電極２３６は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２３２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極２３７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極２３７とシリコン基板２３２との距離は５０～５００μm程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極２３７は、ＳＵＳ３０４、銅、ア

ルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

また、主電極２３６は、シリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側に配設することもでき、この場合、主電極２３６と対向電極２３７との距離は５０～５００μｍ程度の範囲内で設定することができる。

尚、支持部材２３８、インキ流路２３９、および、インキ供給装置２４０は、上述の微細パターン形成装置２０１の支持部材２０８、インキ流路２０９、および、インキ供給装置２１０と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置２３１は、多段形状の凹部２３３′ａを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板２３２の裏面の複数のノズル２３５から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板２３２の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極２３６と対向電極間２３７との間に形成される電界と、インキ供給装置２４０からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル２３５の破損が防止される。

尚、微細パターン形成装置２３１においても、ノズル２３５に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置２０１のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

（第５の実施形態）

図５５は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図５６は図５５に示される微細パターン形成装置の底面図である。図５５および図５６において、微細パターン形成装置２４１は、連続した３つの装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃからなり、共通のシリコン基板２４２と、このシリコン基板２４２の表面２４２Ａ側に配設された３つの主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃ、３つの支持部材２４８と、シリコン基板２４２の裏面２４２Ｂ側に所定の間隔を設けて配置された対向電極２４７と、シリコン基板２４２と各支持部材２４８との空隙部にインキを供給する３つのインキ流路２４９と、これらのイ

ンキ流路２４９に接続されたインキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃとを備えている。

シリコン基板２４２は、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃごとに、表面２４２Ａ側から裏面２４２Ｂ側に貫通する複数の微細孔２４３を備え、この微細孔２４３の表面２４２Ａ側の開口部２４３ａは、シリコン基板２４２と各支持部材２４８とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板２４２の材質は上述のシリコン基板２０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２０２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔２４３は、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃごとに所定の方向（図５６の矢印Ａ方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。すなわち、装置部２４１ａでは、矢印Ａ方向に沿って配置された微細孔２４３の列がピッチＰ１で複数列形成され、同様に、装置部２４１ｂ、装置部２４１ｃでも、微細孔２４３の列がピッチＰ１で複数列形成されている。そして、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃにおける微細孔２４３の列は、相互にピッチＰ２（Ｐ１＝３×Ｐ２）で位置がずれているので、微細パターン形成装置２４１全体としては、ピッチＰ２で各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔２４３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔２０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔１３の壁面に形成されている珪素酸化物層２４４も、上述の珪素酸化物層２０４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層２４４を備えた微細孔２４３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃは、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃごとに設けられており、各主電極は、上述の主電極２０６と同様に、複数（図示例では５個）の微細孔２４３を囲むように配設されている。このような主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃは、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２４２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極２４７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。

但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極２４７は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極２４６に所定の電圧が印加されたときに、微細孔２４３に電界を印加させる作用をなす。この対向電極２４７は、上述の微細パターン形成装置２０１の対向電極２０７と同様、必要に応じて種々の形状とすることができる。

支持部材２４８は、上述のシリコン基板２４２の表面２４２Ａ側に配設され、シリコン基板２４２を保持するためのものである。図示例では、支持部材２４８は、上述の支持部材２０８と同様に、シリコン基板２４２と同じ平面形状の基部２４８ａと、この基部２４８ａの周縁に設けられたフランジ部２４８ｂ、基部２４８ａの中央に設けられた開口部２４８ｃからなり、フランジ部２４８ｂにてシリコン基板２４２の表面２４２Ａ側に固着されている。これにより、シリコン基板２４２と各支持部材２４８との間にインキが供給される空間(インキ供給空間)が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材２４８をシリコン基板２４２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材２４８の材質は、上述の支持部材２０８と同様に、その線膨張係数がシリコン基板２４２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路２４９は、上記の各支持部材２４８の開口部２４８ｃに接続され、他端はインキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃに接続されている。インキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置２４１の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材２４８に設けられているインキ流路２４９は１つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、１つの支持部材２４８に複数の開口部２４８ｃを設け、各開口部２４８ｃにインキ流路２４９を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材２４８の内部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置２４１は、インキ吐出手段として、主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃと対向電極間２４７との間に形成される電界と、インキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃからのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板２４２の微細孔２４３からインキ

を微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃから別種のインキを供給することにより、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃと対向電極２４７間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔２４３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔２４３から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、さらに、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔２４３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置２４１は、各装置部２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃが一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、インキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃを制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

尚、微細パターン形成装置２４１においても、図５０に示されるようなノズルをシリコン基板２４２の裏面２４２Ｂ側の微細孔２４３の開口部２４３ｂに突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層２１５′のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置２４１においても、微細孔２４３の表面２４２Ａ側の開口部２４３ａを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔２４３から微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第６の実施形態）

図５７は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図５７（Ａ）は概略断面図、図５７（Ｂ）は底面図である。図５７において、微細パターン形成装置２５１は、シリコン基板２５２と、このシリコン基板２５２の表

面２５２Ａ側に配設された電気的に独立した３種の主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃと、支持部材２５８と、シリコン基板２５２の裏面２５２Ｂ側に所定の間隔を設けて配置された対向電極２５７と、シリコン基板２５２および支持部材２５８内に形成された３種のインキ流路２５９ａ，２５９ｂ，２５９ｃと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置２６０ａ，２６０ｂ，２６０ｃとを備えている。

シリコン基板２５２は表面２５２Ａ側から裏面２５２Ｂ側に貫通する複数の微細孔２５３を備え、この微細孔２５３の表面２５２Ａ側の開口部２５３ａは、表面２５２Ａ側に溝状に形成された３種のインキ流路２５９ａ，２５９ｂ，２５９ｃ内のいずれかに露出している。シリコン基板２５２の材質は上述のシリコン基板２０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２０２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔２５３は所定の方向（図５７（Ｂ）の矢印ａ方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチＰで複数形成されている。図示例では、矢印ａ方向に沿って複数の微細孔が配列された６本の微細孔列２５３Ａ，２５３Ｂ，２５３Ｃ，２５３Ｄ，２５３Ｅ，２５３ＦがピッチＰで形成されている。このような微細孔２５３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔２０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔２５３の壁面に形成されている珪素酸化物層２５４も、上述の珪素酸化物層２０４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層２５４を備えた微細孔２５３の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃは、各微細孔列２５３Ａ，２５３Ｂ，２５３Ｃ，２５３Ｄ，２５３Ｅ，２５３Ｆを囲むように配設されている。すなわち、微細孔列２５３Ａと２５３Ｄを囲む主電極２５６ａと、２５３Ｂと２５３Ｅを囲む主電極２５６ｂと、２５３Ｃと２５３Ｆを囲む主電極２５６ｃとからなる、電気的に独立の３つの主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃからなる。このような主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃは、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２５２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。尚、主電極は、電

気的に独立ではない共通電極としてもよい。

対向電極２５７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極２５７は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃに所定の電圧が印加されたときに主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃとの間に電界を生じる。この対向電極２５７は、上述の微細パターン形成装置２０１の対向電極２０７と同様に、必要に応じて種々の形状とすることができる。

支持部材２５８は、上述のシリコン基板２５２の表面２５２Ａ側に配設されてシリコン基板２５２を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材２５８のシリコン基板２５２側にはインキ流路２５９ｃが溝状に形成されている。

図５８は、図５７（Ａ）に示されるシリコン基板２５２のＡ－Ａ線矢視における横断面図、図５９は図５７（Ａ）に示される支持部材２５８のＢ－Ｂ線矢視における横断面図である。

図５７（Ａ）および図５８に示されるように、シリコン基板２５２には、微細孔列２５３Ａ，２５３Ｄの各開口部とインキ供給装置２６０ａとを接続するように形成された溝状のインキ流路２５９ａ、および、微細孔列２５３Ｂ，２５３Ｅの各開口部とインキ供給装置２６０ｂとを接続するように形成された溝状のインキ流路２５９ｂとが形成されている。また、微細孔列２５３Ｃ，２５３Ｆの各開口部上にインキ流路２５９ｃが溝状に形成されている。さらに、図５７（Ａ）および図５９に示されるように、支持部材２５８には、微細孔列２５３Ｃ，２５３Ｆの各開口部とインキ供給装置２６０ｃとを接続するように形成された溝状のインキ流路２５９ｃが形成されている。

このような支持部材２５８とシリコン基板２５２との間に形成される３種のインキ流路２５９ａ，２５９ｂ，２５９ｃは、図６０に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材２５８の材質は、上述の支持部材２０８と同様に、その線膨張係数がシリコン基板２５２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路２５９ａ，２５９ｂ，２５９ｃの端部はインキ供給装置２６０ａ，２６０ｂ，２６０ｃに接続されている。インキ供給装置２６０ａ，２６

０ｂ，２６０ｃには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置２５１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置２５１は、インキ吐出手段として、主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃと対向電極間２５７との間に形成される電界と、インキ供給装置２６０ａ，２６０ｂ，２６０ｃからのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板２５２の微細孔２５３からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。

尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置２６０ａ，２６０ｂ，２６０ｃから別種のインキを供給することにより、各インキ流路２５９ａ，２５９ｂ，２５９ｃに対応してグループ分け（微細孔列２５３Ａと２５３Ｄのグループ、微細孔列２５３Ｂと２５３Ｅのグループ、微細孔列２５３Ｃと２５３Ｆのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極２５６ａ，２５６ｂ，２５６ｃと対向電極２５７間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔２５３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔２５３から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。

さらに、インキ供給装置２６０ａ，２６０ｂ，２６０ｃを制御してインキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔２５３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置２５１は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。

尚、微細パターン形成装置２５１においても、図５０に示されるようなノズルをシリコン基板２５２の裏面２５２Ｂ側の微細孔２５３の開口部２５３ｂに突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層２１５′のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置２５１においても、微細孔２５３の表面２５２Ａ側の開口部２５３ａを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔２５３から微量かつ高精度で吐出させることができる。

（第７の実施形態）

図６１は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図６１において、微細パターン形成装置２６１は、シリコン基板２６２と、このシリコン基板２６２の表面２６２Ａ側に配設された主電極と、支持部材と、シリコン基板２６２の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、シリコン基板２６２と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図６１では、シリコン基板２６２のみを示し、主電極、対向電極、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板２６２は表面２６２Ａ側から裏面側に貫通する複数の微細孔２６３を備え、この微細孔２６３が１つのパターン２６５をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では１０個）のパターン２６５がシリコン基板２６２に設けられている。尚、微細孔２６３は１つのパターン２６５においてのみ示し、他のパターン２６５はその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板２６２の材質は上述のシリコン基板２０２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２０２と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔２６３の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔２０３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔２６３は壁面に珪素酸化物層を備えるものでよく、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層２０４と同様とすることができる。

このようなシリコン基板２６２に表面２６２Ａ側には、主電極が各パターン２６５を囲むように配設されている。この場合、各パターン２６５を囲む主電極を電気的に独立としてもよく、あるいは、共通電極としてもよい。主電極は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２６２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設する

ことができる。

対向電極は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極に所定の電圧が印加されたときに、微細孔２６３に電界を印加させる作用をなす。この対向電極は、上述の微細パターン形成装置２０１と同様とすることができる。

また、シリコン基板２６２は、上述の支持部材２０８のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図６１に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置２６１は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間との間に形成される電界と、インキ供給装置からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板２６２の微細孔２６３からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。そして、シリコン基板２６２の微細孔２６３からインキを、隣接する微細孔２６３から吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量で吐出させて直接描画することにより、パターン２６５に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターン２６５が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

尚、微細パターン形成装置２６１においても、図５０に示されるようなノズルをシリコン基板２６２の裏面側の微細孔２６３の開口部に突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層２１５′のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置２６１においても、微細孔２６３の表面２６２Ａ側の開口部を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔２６３から微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイの

ブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

また、使用するインキは、電気伝導率、粘度等の物性を考慮して選択することができ、例えば、電気伝導率は1×10^{-12}S／cm～1×10^{-4}S／Ωcmの範囲、粘度は0．3～50000mPa・s（cps）の範囲にあるものが好ましい。

III－2　微細パターン形成装置の製造例

次に、本発明の微細パターン形成装置の製造を、図50に示される微細パターン形成装置211を例として図62および図63を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板212を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1～2μm程度の珪素酸化膜212′を形成する(図62(A))。尚、珪素酸化膜212′の形成は、ウエット酸化法により行ってもよい。

次に、シリコン基板212の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図62（B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16（一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液）を用いて珪素酸化膜212′をパターニングする（図62（C))。このパターニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング（プロセスガス：CHF_3）により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜212′は除去される。

次に、パターニングされた珪素酸化膜212′をマスクとして、シリコン基板212に所望の深さで微細孔213を穿設する（図62（D))。この微細孔213の穿設は、例えば、ICP－RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライディープエッチング、および、ウエットエッチング、FIB加工、レーザ加工、放電加工等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔213の穿設は、シリコン基板212を貫通しない所定の深さまで行う。

次に、レジストパターンRと珪素酸化膜212′を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸

化物層２１４を形成する（図６２（Ｅ））。

次に、シリコン基板２１２の表面２１２Ａ側に、微細孔２１３を囲むように主電極２１６を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。その後、支持部材２１８のフランジ部２１８ｂをシリコン基板２１２の表面側(微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図６３（Ａ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、シリコン基板２１２の外面側のみをＢＨＦ１６に浸漬して、この部位の珪素酸化物層２１４を除去してシリコン基板２１２の裏面を露出させ、その後、ＴＭＡＨ（水酸化テトラメチルアンモニウム）によりシリコン基板２１２の裏面側からエッチングを行う（図６３（Ｂ））。このエッチングでは、微細孔２１３内壁に形成されている珪素酸化物層２１４がＴＭＡＨに対して耐性をもつので、珪素酸化物層２１４からなる微細管がシリコン基板２１２側に突出することになる。

次いで、この珪素酸化物層２１４からなる微細管の先端をＢＨＦ１６により溶解除去して開口させ（図６３（Ｃ））、その後、再びＴＭＡＨによりシリコン基板２１２の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層２１４からなるノズル２１５が形成されたところでＴＭＡＨによるエッチングを終了する（図６３（Ｄ））。その後、支持部材２１８の開口部２１８ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板２１２の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極２１７を配置することにより、図５０に示されるような本発明の微細パターン形成装置２１１を作製することができる。

尚、上記のシリコン基板２１２の裏面側のエッチングは、ＴＭＡＨを用いる他に、ＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。

また、上記の例では、珪素酸化膜２１２′を形成しているが、珪素酸化膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程（図６

２（Ｃ））では、アルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

図４８に示されるような微細パターン形成装置２０１は、図６２（Ｄ）に相当する工程で、シリコン基板２１２を貫通するように微細孔２１３を穿設する、あるいは、図６３（Ｃ）に相当する工程で、突出している珪素酸化物層２１４からなる微細管をフッ酸で溶解除去することにより製造することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図５３に示される微細パターン形成装置２２１を例として図６４および図６５を参照して説明する。

まず、表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板２２２の表面を洗浄し、このシリコン基板２２２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層２２２′を形成する。

次に、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側の珪素窒化物層２２２′上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンＲを形成し、次いで、このレジストパターンＲをマスクとして珪素窒化物層２２２′をＲＩＥ(Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF_4またはSF_6））によりエッチングして、テーパー用開口２２２′ａをもつパターンを形成する（図６４（Ａ））。珪素窒化物層２２２′の形成は、減圧ＣＶＤ法等により行うことができる。この珪素窒化物層２２２′のテーパー用開口２２２′ａの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部２２３′ａの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を１０～２００μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、珪素窒化物層２２２′をマスクとして、シリコン基板２２２に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口２２２′ａに露出しているシリコン基板２２２が、結晶方位＜１１１＞面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側にテーパー形状の凹部２２３′ａが形成される（図６４（Ｂ））。

次に、レジストパターンＲを除去し、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側および裏面２２２Ｂ側にマスク薄膜２２２″を形成する。次いで、テーパー状凹部

２２３′ａが形成されていないシリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側のマスク薄膜２２２″をパターニングして微細開口２２２″ａを形成する（図６４（Ｃ））。この微細開口２２２″ａは、その開口中心がシリコン基板２２２を介して上記のテーパー状凹部２２３′ａの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口２２２″ａの大きさは、後述する微細孔２２３および微細ノズル２２５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口２２２″ａを１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、マスク薄膜２２２″をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板２２２に裏面２２２Ｂ側から貫通微細孔２２３を穿設する（図６４（Ｄ））。この貫通微細孔２２３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔２２３がテーパー形状凹部２２３′ａ内まで貫通したところで、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側に形成したマスク薄膜２２２″（テーパー形状凹部２２３′ａ内のマスク薄膜２２２″）がストッピング層として作用するので、微細孔２２３の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にＩＣＰ－ＲＩＥによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔２２３の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスク薄膜２２２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔２２３の壁面、および、テーパー形状凹部２２３′ａの壁面に厚み５

０００～１００００Å程度の珪素酸化物層２２４を形成する（図６５（Ａ））。

次に、珪素窒化物層２２２′を除去し、テーパー形状凹部２２３′ａが形成されていないシリコン基板２２２の裏面２２２Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板２２２の一部がエッチングされ、貫通微細孔２２３内壁に形成されている珪素酸化物層２２４が露出する。この珪素酸化物層２２４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板２２２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル２２５が得られる（図６５（Ｂ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

次に、シリコン基板２２２の表面２２２Ａ側に、テーパー形状凹部２２３′ａを囲むように主電極２２６を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

次いで、支持部材２２８のフランジ部２２８ｂをシリコン基板２２２の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図６５（Ｃ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材２２８の開口部２２８ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板２２２の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極２２７を配置することにより、図５３に示されるような本発明の微細パターン形成装置２２１を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図５４に示される微細パターン形成装置２３１を例として図６６および図６７を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板２３２の全面に厚み２００～３０００Å程度の珪素窒化物（Si_3N_4）層２３２′を形成する。次に、両面の珪素窒化物層２３２′上にマスク薄膜２３２″を形成し、シリコン基板２３２の表面２３２Ａ

側のマスク薄膜２３２″をパターニングして広幅開口２３２″ａをもつマスクパターンを形成し、シリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側のマスク薄膜２３２″をパターニングして微細開口２３２″ｂをもつマスクパターンを形成する（図６６（Ａ））。広幅開口２３２″ａの開口中心は、シリコン基板２３２を介して微細開口２３２″ｂの開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口２３２″ａの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部２３３′ａの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を５～２００μｍの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口２３２″ｂの大きさは、後述する微細孔２３３および微細ノズル２３５の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を１～１００μｍの範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層２３２′の形成は、上述の珪素窒化物層２２２′と同様に行うことができる。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により１０００～２０００Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧ＣＶＤ法により形成することができる。

次に、微細開口２３２″ｂをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側から微細孔２３３を穿設する（図６６（Ｂ））。この微細孔２３３の穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたＢｏｓｃｈプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔２３３の穿設は、シリコン基板２３２を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔２３３の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板２３２として、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。ＳＯＩウ

エハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔２３３の穿設における深さを制御が不要となる。また、２層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のＳＯＩウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、広幅開口２３２″ａをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板２３２の表面２３２Ａ側から広幅凹部２３３′ａを穿設する（図６６（Ｃ））。この広幅凹部２３３′ａの穿設は、例えば、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたＢｏｓｃｈプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。広幅凹部２３３′ａの穿設は、微細孔２３３の開口が広幅凹部２３３′ａ内に出現するまで行う。

次に、上記のマスク薄膜２３２″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔２３３の壁面、および、広幅凹部２３３′ａの壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層２３４を形成する（図６７（Ａ））。

次に、珪素窒化物層２３２′を除去し、広幅凹部２３３′が形成されていないシリコン基板２３２の裏面２３２Ｂ側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板２３２の一部がエッチングされ、貫通微細孔２３３内壁に形成されている珪素酸化物層２３４が露出する。この珪素酸化物層２３４が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板２３２のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル２３５が得られる（図６７（Ｂ））。

上記の高アスペクトエッチングは、ＩＣＰ－ＲＩＥ装置のＢｏｓｃｈプロセスを用いたが、、これに限定されるものではない。

次に、シリコン基板２３２の表面２３２Ａ側に、凹部２３３′ａを囲むように主電極２３６を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を

介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

次いで、支持部材２３８のフランジ部２３８ｂをシリコン基板２３２の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図６７（Ｃ））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材２３８の開口部２３８ｃにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板２３２の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極２３７を配置することにより、図５４に示されるような本発明の微細パターン形成装置２３１を作製することができる。

III－３　微細パターン形成方法

（第１の実施形態）

図６８は、上述の本発明の微細パターン形成装置２４１を用いた本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を説明する図である。図６８において、本発明の微細パターン形成装置２４１の主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃに所定の電圧を印加した状態で、インキ供給装置２５０ａ，２５０ｂ，２５０ｃから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路２４９を介して供給しながら、パターン被形成体Ｓを微細パターン形成装置２４１に対して所定方向（矢印Ａ方向）に走査させる。この走査方向Ａは、上記の微細パターン形成装置２４１における微細孔の配列方向Ａ（図５６参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置２４１のシリコン基板２４２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、５０～５００μm程度の範囲で設定することができる。

尚、図示例では、パターン被形成体Ｓは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極２４７を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体とすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等を接地された対向電極２４７とする。対向電極２４７は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

これにより、シリコン基板２４２の微細孔２４３から吐出されたインキによって、パターン被形成体Ｓ上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各スト

ライプのピッチはＰ２となる。このストライプ状パターンは、１本のストライプが同列上の複数の微細孔から吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細孔からの吐出量が少なくても、パターン被形成体Ｓの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔２４３の径の大きさ、あるいは、主電極２４６ａ，２４６ｂ，２４６ｃと対向電極２４７間に形成される電界強度を変えて微細孔２４３から吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Ｓが可撓性を有する場合、パターン被形成体Ｓの裏面に、微細パターン形成装置２４１と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Ｓにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

また、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極２４７上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

（第２の実施形態）

図６９は、本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を説明するための図であり、本発明の微細パターン形成装置２６１を使用した例である。図６９において、微細パターン形成装置２６１（図示例では、シリコン基板２６２のみを示す）をパターン被形成体Ｓの所定位置に配置し、主電極に所定の電圧を印加した状態で、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔２６３を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。尚、図示例では、パターン被形成体Ｓは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体Ｓとすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等が接地された対向電極とされる。対向電極は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

その後、パターン被形成体Ｓを矢印Ａ方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体Ｓ上には、

所望のパターン２６５が形成できる。尚、微細パターン形成装置２６１のシリコン基板２６２とパターン被形成体Ｓとの間隙は、５０～５００μm程度の範囲で設定することができる。

また、微細パターン形成装置２６１における複数の微細孔２６３から構成されるパターン２６５を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。この場合、主電極は、上述の図４９、図５１に示した枠形状の電極とし、この対向電極の下方にプリント配線板を位置させてパターン形成を行うことができる。

尚、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

実施例

次に、実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

[実施例Ｉ－１]

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μm、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μmの厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μmの厚みで形成した。

次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）が１２０μmのピッチで同一直線上に４２個形成された金属パターンを形成した。（以上、第１の工程）

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ

(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径２０μｍ）を穿設した。（以上、第２の工程）

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第３の工程)

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１０５０℃

・水素ガス供給量　：　１ｓｌｍ

・酸素ガス供給量　：　１ｓｌｍ

・加熱時間　：　約１５時間

次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。(以上、第４の工程)

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径１９μm、そのバラツキが±１μm、形成ピッチ１２０μmであり、極めて精度の高いものであった。

<u>微細ノズルの強度測定</u>

微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Ｄａｇｅ社製の万能型ボンドテスターＰＣ－２４００を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約５μmに保って水平方向から速度６ｍｍ／分で３本の微細ノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定したところ、０．１６ｇ／１本であった。

<u>微細パターン形成装置の製造</u>

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹

脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は２０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例Ｉ－２］

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、小開口（直径３０μｍの円形開口）が１２０μｍのピッチで同一直線上に４２個形成されたパターンを形成した。(以上、第１の工程)

次に、上記の珪素窒化物層のパターン上に、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μｍの厚みで形成した。このアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマス

クを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。(以上、第２の工程)

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径２０μm）を穿設した。(以上、第３の工程)

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第４の工程)

(熱酸化条件)

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、珪素窒化物層パターンの小開口が形成されていたシリコン基板の面からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが１００μmに達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第５の工程)

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径２０μm、そのバラツキが±１μm、形成ピッチ１２０μmであり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差（５μm）として得られた。

微細ノズルの強度測定

実施例１と同様にして、微細ノズルの強度を測定したところ、０．６８ｇ／１本であった。この結果と、上述の実施例１の結果から、微細ノズルがノズル基部を備えることにより、強度が大幅に向上（約４．３倍）することが確認された。

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

［微細パターンの形成］

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は２０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例Ｉ－３］

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてＲ

ＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口(１辺が７０μmの正方形の開口）が１２０μmのピッチで同一直線上に４２個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。(以上、第１の工程)

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、７０～８０℃に保った３３体積％水酸化カリウム水溶液中に基板を約５０分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ５０μm、１辺がシリコン基板表面に対して５５°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。(以上、第２の工程)

次に、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μmの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）が１２０μmのピッチで同一直線上に４２個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第３の工程)

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径２０μm）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。(以上、第４の工程)

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第５の工程)

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。(以上、第６の工程)

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径１９μm、そのバラツキが±１μm、形成ピッチ１２０μmであり、極めて精度の高いものであった。

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパー形状凹部が形成された面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は２０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μm、線ピッチが２５±１μmであり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は１０

０ｍＰａ・ｓであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が３０±２μｍ、線ピッチが１２０±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例Ｉ－４］

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、小開口（直径３０μｍの円形開口）が１２０μｍのピッチで同一直線上に４２個形成されたパターンを形成した。(以上、第１の工程)

次に、シリコン基板の両面に上記の珪素窒化物層のパターンを覆うように、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μｍの厚みで形成した。次に、上記の小開口を形成した面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ(株)製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μｍの円形開口)が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。さらに、上記の小開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径５０μｍの円形開口）を形成した。この広幅開口は、その開口中心が上記の小

開口の中心とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第２の工程)

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ１５０μmの微細孔（直径２０μm）を穿設した。(以上、第３の工程)

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約５０μmの深さまで穿設した。これにより、直径５０μmの円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。(以上、第４の工程)

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部部の壁面、微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第５の工程)

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが１００μmに達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第６の工程)

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径２０μm、そのバラツキが±１μm、形成ピッチ１２０μmであり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微

細開口との半径の差（５μｍ）として得られた。

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は５０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は１００ｍＰａ・ｓであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が４０±１μｍ、線ピッチが１２０±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例ＩＩ－１］

微細ノズルの形成

まず、表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μｍの厚みで形成した。

次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit

Ｓ１８１８)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部（直径２０μｍの円形開口部）が２００μｍのピッチで同一直線上に２３個形成された金属パターンを形成した。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径２０μｍ）を穿設した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１３６μｍ露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径２３μｍ、外側径２４μｍ、先端部近傍の肉厚０．５μｍ、形成ピッチ２００μｍであった。

<u>補強層の形成</u>

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

・プラズマＣＶＤ装置　：　アネルバ（株）製ＰＥＤ－４０１

・電力　　：　１５０ｋＷ

・周波数　　：　９０ｋＨｚ

・プロセス中圧力　：　２．９×１０$^{-1}$Ｔｏｒｒ（３８．６Ｐａ）

・ガス流量　：　酸素流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘリウム流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘキサメチルジシロキサン流量＝０．１ｓｃｃｍ（液）

・成膜時間　：　６分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径２０μｍ、外側径２６μｍ、先端部近傍の肉厚３．０μｍであった。

微細ノズルの強度測定

ここで、補強層を形成する前後の微細ノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Ｄａｇｅ社製の万能型ボンドテスターＰＣ－２４００を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約５μｍに保って水平方向から速度６ｍｍ／分で３本の微細ノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前の微細ノズルの強度は０．１６ｇ／１本であり、補強層形成後の微細ノズルの強度は０．６８ｇ／１本であった。この結果と、上述の補強層の形成により、微細ノズルの強度が大幅に向上（４．３倍）することが確認された。

撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により下記の条件で撥水性層を形成した。

（撥水性層形成条件）

・プラズマＣＶＤ装置　：　アネルバ（株）製ＰＥＤ－４０１

・電力　　：　５０Ｗ

・周波数　　：　１３．５６ＭＨｚ

・ベース圧力　：　４．０×１０$^{-5}$Ｔｏｒｒ（５．３×１０$^{-3}$Ｐａ）

・プロセス中圧力　：　１．１×１０$^{-1}$Ｔｏｒｒ（１４．６Ｐａ）

・プロセスガス　：　CHF_3

・ガス流量　：　１００ｓｃｃｍ

・成膜時間　：　１０分間

上述のように形成した撥水性層について、下記のＥＳＣＡ（Electron Spectroscopy for Chemical Analysis）およびＦＴ－ＩＲ（Fourier Transform infrared Spectroscopy）を用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は１：１．０５であることが確認された。また、撥水性層の厚みは３７ｎｍであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約９５°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度６０°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

（ＥＳＣＡ）

・装置　：　ＶＧ　Ｓｃｉｅｎｔｉｆｉｃ社製
　　ＥＳＣＡＬＡＢ　２２０ｉ－ＸＬ

・Ｘ線源　：　ＭｏｎｏｃｈｒｏｍａｔｅｄＡｌ　Ｋα

・Ｘ線出力　：　１０ｋＶ・１５ｍＡ（１５０Ｗ）

・レンズ　：　Ｌａｒｇｅ　Ａｒｅａ　ＸＬ

・基板　：　シリコンウェハ

（ＦＴ－ＩＲ）

・装置　：　日本分光社製　ＦＴ／ＩＲ－６１０

・測定モード　：　Ｍａｃｒｏ－ＴＲＳ　透過測定

・分解能　：　４ｃｍ$^{-1}$

・積算数　：　１２８回

・基板　：　シリコンウェハ

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パ

イプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

また、微細パターン形成装置のシリコン基板裏面へのインキの付着はほとんど見られなかった。

［実施例 II－２］

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（１辺が７０μｍの正方形の開口）が２２０μｍのピッチで同一直線上に２３個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、７０～８０℃に保った３３体積％水酸化カリウム水溶液中に基板を約５０分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口

に露出しているシリコン基板に、深さ５０μm、１辺がシリコン基板表面に対して５５°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μmの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ(株)製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）が２２０μmのピッチで同一直線上に２３個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径２０μm）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化

物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径２３μm、外側径２４μm、先端部近傍の肉厚０．５μm、形成ピッチ２２０μmであった。

補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

・プラズマＣＶＤ装置　：　アネルバ（株）製ＰＥＤ－４０１

・電力　　：　１５０ｋＷ

・周波数　　：　９０ｋＨｚ

・プロセス中圧力　：　２．９×10^{-1}Ｔｏｒｒ（３８．６Ｐａ）

・ガス流量　：　酸素流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘリウム流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘキサメチルジシロキサン流量＝０．１ｓｃｃｍ（液）

・成膜時間　：　６分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径２０μm、外側径２６μm、先端部近傍の肉厚３．０μmであった。

撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により実施例１と同条件で撥水性層を形成した。

上述のように形成した撥水性層について、実施例１と同様にＥＳＣＡおよびＦＴ－ＩＲを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1：１．０５であることが確認された。また、撥水性層の厚みは３７ｎｍであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約９５°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度６０°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパー形状凹部が形成された面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は２０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は１００ｍＰａ・ｓであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が３０±２μｍ、線ピッチが２２０±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例 II－３］

微細ノズルの製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μｍの厚みで形成した。

次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像すること

により、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径５０μmの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ１５０μmの微細孔（直径２０μm）を穿設した。

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約５０μmの深さまで穿設した。これにより、直径５０μmの円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン

基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径２３μm、外側径２４μm、先端部近傍の肉厚０．５μm、形成ピッチ１２０μmであった。

補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

・プラズマＣＶＤ装置　：　アネルバ（株）製ＰＥＤ－４０１
・電力　　：　１５０ｋＷ
・周波数　　：　９０ｋＨｚ
・プロセス中圧力　：　２．９×10^{-1}Ｔｏｒｒ（３８．６Ｐａ）
・ガス流量　：　酸素流量＝３０ｓｃｃｍ
　　ヘリウム流量＝３０ｓｃｃｍ
　　ヘキサメチルジシロキサン流量＝０．１ｓｃｃｍ（液）
・成膜時間　：　６分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径２０μm、外側径２６μm、先端部近傍の肉厚３．０μmであった。

撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により実施例１と同条件で撥水性層を形成した。

上述のように形成した撥水性層について、実施例１と同様にＥＳＣＡおよびＦＴ－ＩＲを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は１：１．０

５であることが確認された。また、撥水性層の厚みは３７ｎｍであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約９５°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度６０°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（多段形状の凹部開口の形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクＣＲ－７００１）を充填した。このインキの粘度は２０ｍＰａ・ｓであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（１００ｍｍ×１００ｍｍ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を５０ｍｍ／秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２５±１μｍ、線ピッチが２５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は１００ｍＰａ・ｓであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が２８±２μｍ、線ピッチが１２０±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。

［実施例 III－１］

微細パターン形成装置の作製

表面を洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、全面に厚み約２μｍの珪素酸化膜を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１０５０℃

・水素ガス供給量　：　１ｓｌｍ

・酸素ガス供給量　：　１ｓｌｍ

・加熱時間　：　約１５時間

次に、研磨面側に感光性レジスト（シプレイ（株）製Ｍｉｃｒｏ　Ｐｏｓｉｔ１４００－３１）をスピンコート法により塗布して乾燥し、その後、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。このレジストパターンには、円形開口（直径２０μｍ）がＸ軸方向に２００μｍピッチで同一線上に２３個形成されている。次いで、レジストパターンをマスクとして、ＢＨＦ１６（一水素二フッ化アンモニウム２２％水溶液）により珪素酸化膜をパターニングするとともに、レジストパターンが設けられていない部位の珪素酸化膜を溶解除去した。

次に、パターニングされたレジストパターンと珪素酸化膜をマスクとして、ＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)による高アスペクトエッチングを行い、直径２０μｍ、深さ１９０μｍの微細孔を穿設した。その後、硫酸と過酸化水素との混合溶液を用いてレジストパターンを除去し、さらに、フッ酸を用いて珪素酸化膜のマスクを除去した。

次いで、上記のように微細孔を穿設したシリコン基板に対して、加熱時間を約３時間とした他は上記と同様の条件にて熱酸化炉内で酸化処理を施すことにより、全面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。この酸化処理により、微細孔の壁面にも珪素酸化物層が形成された。

次いで、シリコン基板の裏面側のみをＢＨＦ１６に浸漬して珪素酸化物層を除去してシリコン基板の裏面を露出させた。その後、ＴＭＡＨ（水酸化テトラメチルアンモニウム）にシリコン基板の裏面側を浸漬してエッチングを行った。これにより、シリコン基板の裏面には、上記の酸化処理により微細孔の壁面に形成された珪素酸化物層からなる微細管が突出した状態となった。

次いで、この珪素酸化物層からなる微細管の先端をＢＨＦ１６に浸漬して溶解除去することにより開口させ、その後、ＴＭＡＨによりシリコン基板の裏面側を

エッチングして、長さ１００μmのノズルを形成した。

次に、上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、プラズマＣＶＤ法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

・プラズマＣＶＤ装置　：　アネルバ（株）製ＰＥＤ－４０１

・電力　　：　１５０ｋＷ

・周波数　　：　９０ｋＨｚ

・プロセス中圧力　：　２．９×10^{-1}Ｔｏｒｒ（３８．６Ｐａ）

・ガス流量　：　酸素流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘリウム流量＝３０ｓｃｃｍ

ヘキサメチルジシロキサン流量＝０．１ｓｃｃｍ（液）

・成膜時間　：　６分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径２０μm、外側径３０μm、先端部近傍の肉厚５．０μmであった。

ここで、補強層を形成する前後のノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Ｄａｇｅ社製の万能型ボンドテスターＰＣ－２４００を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約５μmに保って水平方向から速度６ｍｍ／分で３本のノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前のノズルの強度は０．１５ｇ／１本であり、補強層形成後のノズルの強度は０．６ｇ／１本であった。この結果と、上述の補強層の形成により、ノズルの強度が大幅に向上（４倍）することが確認された。

次に、２００μmピッチで同一線上に２３個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み７０μm）を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。

一方、上記のシリコン基板の裏面に対向し、かつ、上記の２００μｍピッチで２３個形成された微細孔の配列方向と軸方向とを一致させるように、パターン被形成体と対向電極とを兼ねるドラム(直径１０ｃｍ)を回転可能に配置し、かつ、接地した。このドラムの表面からノズル先端までの距離は１５０μｍとした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置１）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する吐出観察用のものとした。

また、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のＩＴＯ電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を２５０μｍとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置２）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する直描実験用のものとした。

<u>微細パターンの形成</u>

まず、溶剤であるブチルカルビトール（電気伝導率＝１．３×10^{-7}Ｓ／ｃｍ）に、樹脂（共栄社化学（株）製ＫＣ７０００）を混合（０重量％、６重量％、８重量％、１２重量％、１５重量％、１７重量％の６種）し、超音波攪拌して得た溶媒に、赤染料（C.I.Disperse-red 60）を１重量％添加して、６種のインキを調製した。これらのインキの樹脂含有量、粘度、電気伝導率は、下記の表１に示した。

表 1

インキ	樹脂含有量 (重量%)	インキ粘度 (mPa・s)	電気伝導率 (S／cm)
試料1	0	7	1.3×10^{-7}
試料2	6	70	4.2×10^{-7}
試料3	8	130	4.5×10^{-7}
試料4	12	450	5.4×10^{-7}
試料5	15	1800	5.4×10^{-7}
試料6	17	2800	5.3×10^{-7}

次に、上述のように調製した各インキをインキ供給装置に充填し、吐出状態の観察、および、直描実験を行った。

（吐出状態観察）

次に、微細パターン形成装置（装置１）の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×１０００)、オシロスコープで構成した）から電圧（直流１ｋＶ）を印加し、対向電極を回転（周速度２３．６ｍｍ／秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力１．５ｐｓｉで各インキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出状態をマイクロスコープで観察した。この結果、最も粘度が低いインキ（試料１）では、ノズル先端にメニスカスが形成された。しかし、樹脂混合により粘度を高くしたインキ（試料２～６）では、ノズル先端にメニスカスが形成されなっかた。このことは、高粘度のインキが電界に対して敏感になっていることが原因と考えられる。

（直描実験）

微細パターン形成装置（装置２）の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×１０００)、オシロスコープで構成した）から電圧（直流１ｋＶ）を印加し、シリコン基板を対向電極（ＩＴＯを備えたガラス基板）に対して走査（速度２００ｍｍ／秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力１．５ｐｓｉでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料１～インキ試料４までのイン

キ（粘度が５００ｍＰａ・ｓ以下の低粘度インキ）では、線幅１０±１μｍの微細なストライプ形状パターンの形成が可能であり、高粘度インキ（試料５～試料６）では、更に、線幅が２±０．５μｍまでの微細なストライプ形状パターンの形成は可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を２ｋＶとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、インキ試料１～インキ試料４までの低粘度インキでは、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は１２±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

これに対して、主電極に電圧を印加することなく、上記と同様にインキ供給装置から圧力１．５ｐｓｉでインキ試料１～インキ試料２までの低粘度インキをシリコン基板に供給したところ、ノズルからのインキ吐出が不可能であった。そこで、インキ供給装置からのインキ供給圧力を１２ｐｓｉまで引き上げたところ、ノズルからのインキ吐出幅が２０μｍ以上となり、ラインが重なってストライプ形状のパターン形成ができなかった。

［実施例 III－２］

微細パターン形成装置の製造

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてＲＩＥ(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（１辺が７０μｍの正方形の開口）が１２０μｍのピッチで同一直線上に２３個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、７０～８０℃に保った３３体積％水酸化カリウム水溶液中に基板を約５０分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ５０μm、１辺がシリコン基板表面に対して５５°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μmの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）が１２０μmのピッチで同一直線上に２３個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径２０μm）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部

が形成されていないシリコン基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが形成された。

上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III－１と同様にして、プラズマＣＶＤ法により補強層を形成した。

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径２０μm、外側径３０μm、先端部近傍の肉厚５．０μm、形成ピッチ１２０μmであった。

次に、２００μmピッチで同一線上に２３個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み７０μm）を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。

一方、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のＩＴＯ電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を２５０μmとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

<u>微細パターンの形成</u>

実施例 III－１と同様にして、６種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）

微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×１０００）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流１ｋＶ）を印加し、シリコン基板を対向電極（ＩＴＯを備えたガラス基板）に対して走査（速度２００ｍｍ／秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力１．５ｐｓｉでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料１～インキ試料６までの各インキとも、線幅３±１μｍの微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を２ｋＶとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

［実施例 III－３］

<u>微細パターン形成装置の製造</u>

表面をＲＣＡ洗浄したシリコン基板（直径３インチ、厚み２００μｍ、片面研磨、結晶方位＜１００＞、線膨張係数＝２．６×10^{-6}／Ｋ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧ＣＶＤ法により珪素窒化物層を０．１μｍの厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を０．２μｍの厚みで形成した。

次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径５０μｍの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit Ｓ１８１８）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジ

ストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径２０μmの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ１５０μmの微細孔（直径２０μm）を穿設した。

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約５０μmの深さまで穿設した。これにより、直径５０μmの円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝１：１）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み５０００～１００００Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度　：　１１００℃

・酸素ガス供給量　：　１Ｌ／分

・加熱時間　：　約５時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からＩＣＰ－ＲＩＥ(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ１００μm露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが作製された。

上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III－１と同様にして、プラズマＣＶＤ法により補強層を形成した。

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径２０μm、外側径３０μm、先端部近傍の肉厚５．０μm、形成ピッチ１２０μmであった。

次に、２００μmピッチで同一線上に２３個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み７０μm）を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（ＥＦＤ（株）製１５００ＸＬ）を接続した。

一方、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のＩＴＯ電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を２５０μmとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

<u>微細パターンの形成</u>

実施例 III－１と同様にして、６種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）

微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×１０００）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流１ｋＶ）を印加し、シリコン基板を対向電極（ＩＴＯを備えたガラス基板）に対して走査（速度２００mm／秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力１．５ｐｓｉでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料１～インキ試料６までの各インキとも、

線幅３±１μｍの微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を２ｋＶとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は５±１μｍであり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

以上詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板の裏面へのインキ付着が防止され、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層は、高い電気絶縁性をシリコン基板に付与し、さらに、微細ノズルがノズル基部を備える場合、微細ノズルの機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する耐久性が格段に向上する。また、微細孔の微細ノズルと反対側の開口部をテーパー形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

本発明の微細ノズルの製造方法では、シリコン基板に貫通微細孔を形成し、この貫通微細孔の内壁面を含む露出面のみに選択的に珪素酸化物層を形成し、この珪素酸化物層とシリコン基板とのドライエッチングレートの差を利用して微細ノズルを形成するので、内径精度の高い微細ノズルの形成が容易であり、また、特に、ディープエッチング時のマスク側をノズル先端として利用することにより、複数の微細ノズルの開口径がより均一なものとなる。

また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、微細ノズルが補強層により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、また、インキ供給量を変えることによ

って吐出量を任意に設定することが可能である。このため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。さらに、撥水性層をシリコン基板裏面側と補強層上に設けることにより、インキ付着防止が格段に向上する。また、微細孔の表面側の開口部をテーパー形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間に形成される電界とインキ供給圧とを併用するので、インキ供給圧力を低く設定してシリコン基板の微細孔からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、インキ供給空間にインキがある場合には、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能であり、また、主電極と対向電極間に形成される電界強度を変えることによりインキ吐出幅の制御が可能であるので、微細孔の開口径を小さくすることなく、かつ、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、さらに、微細孔の開口部にノズルが設けられている場合には、シリコン基板裏面へのインキの付着が防止される。また、微細孔の表面側の開口部をテーパー形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細孔あるいはノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。

また、本発明の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に走査させるパターン形成方法では、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを高い精度で形成でき、この走査方向に沿って同列上に配列された複数の微細孔からインキを吐出することにより、１つの微細孔からのインキ吐出量が少なくても、パターン形成速度を高めることができる。さらに、本発明の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に位置合わせして設置し、一定量のインキを各微細孔から吐出するパターン形成方法では、所望のパターンを繰り返し簡便かつ

高精度で形成することができ、マトリックス形状のカラーフィルタやプリント配線板の導体パターン形成等に応用可能である。また、インキ吐出幅を制御することにより種々の形状のパターン形成をより高い精度で行うことが可能となる。

請求の範囲

1． シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるてなる、微細パターン形成装置。

2． 前記微細ノズルの開口径は１～１００μmの範囲内であり、かつ、バラツキは±１μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは２～１０００μmの範囲内である、請求項１に記載の微細パターン形成装置。

3． シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有する、微細パターン形成装置。

4． 前記微細ノズルの開口径は１～１００μmの範囲内であり、かつ、バラツキは±１μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは４～１０００μmの範囲内である、請求項３に記載の微細パターン形成装置。

5． 前記微細ノズルの突出長は、１～１５０μmの範囲内にある、請求項１乃至請求項４のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

6． 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部である、請求項１乃至請求項５のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

７． 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項１乃至請求項５のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

８． 前記微細孔は２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項１乃至請求項７のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

９． シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成する第１の工程、

前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第２の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第３の工程、

シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第４の工程、を有する、微細ノズルの製造方法。

１０． 前記第４の工程において、前記マスクパターンを除去した面からエッチングを行う、請求項９に記載の微細ノズルの製造方法。

１１． シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第１の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、該マスク薄膜をパターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形

成する第２の工程、

前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第３の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第４の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第５の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

１２．　シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第１の工程、

前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第２の工程、

シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面のマスク薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつマスクパターンを形成する第３の工程、

前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第４の工程、

前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第５の工程、

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第６の工程、を含んでなる、微細ノ

ズルの製造方法。

１３．　シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位＜１００＞のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第１の工程、

前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第２の工程、

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第３の工程、

シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側のマスク薄膜をパターニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第４の工程、

前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第５の工程、

前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第６の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第７の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

１４．　シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第１の工程、

前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第２の工程、

前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第３の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第４の工程、

広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第５の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

１５．　シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第１の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、次に該マスク薄膜をパターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成するとともに、他方の面のマスク薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第２の工程、

前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第３の工程、

前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第４の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第５の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第６の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

１６．　シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備える、微細パターン形成装置。

１７．　前記補強層の厚みは、前記微細ノズルの厚みの２倍以上である、請求項１６に記載の微細パターン形成装置。

１８．　前記補強層は、珪素酸化物およびリン珪素ガラスのいずれかにより形成されたものである、請求項１７に記載の微細パターン形成装置。

１９．　前記微細ノズルは、開口径が１～１００μmの範囲内、形成ピッチが４～１０００μmの範囲内である、請求項１６乃至請求項１８のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２０．　前記微細ノズルは、突出長が１０～４００μmの範囲内にある、請求項１６乃至請求項１９のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２１．　前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部である、請求項１６乃至請求項２０のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２２．　前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項１６乃至請求項２０のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２３．　前記微細孔は２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項１６乃至請求項２２のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２４．　少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備える、請求項１６乃至請求項２３のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

２５．　前記撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものである、請求項２４に記載の微細パターン形成装置。

２６．　シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えてなる、微細パターン形成装置。

２７．　前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されている、請求項２６に記載の微細パターン形成装置。

２８．　前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなる、請求項２７に記載の微細パターン形成装置。

２９．　前記対向電極は、ドラム形状および平板形状のいずれかである、請求項２６乃至請求項２８のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３０．　前記微細孔の開口径は、１～１００μmの範囲内、前記微細孔の形成ピッチは２～１０００μmの範囲内である、請求項２６乃至請求項２９のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３１．　前記ノズルの突出長は、１０～４００μmの範囲内にある、請求項２７乃至請求項３０のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３２．　前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面

側に広がったテーパー形状凹部である、請求項２６乃至請求項３１のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３３．　前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項２６乃至請求項３１のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３４．　前記微細孔は２以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項２６乃至請求項３３のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置。

３５．　各微細孔グループごとに別個の主電極を備える、請求項３４に記載の微細パターン形成装置。

３６．　請求項２６乃至請求項３５のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成する、微細パターンの形成方法。

３７．　パターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成する、請求項３６に記載の微細パターンの形成方法。

３８．　請求項２６乃至請求項３５のいずれか１項に記載の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

３９．　主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御する、請求項３６乃至請求項３８のいずれか１項に記載の微細パターンの形成方法。

要　　約　　書

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えたものとすることにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。

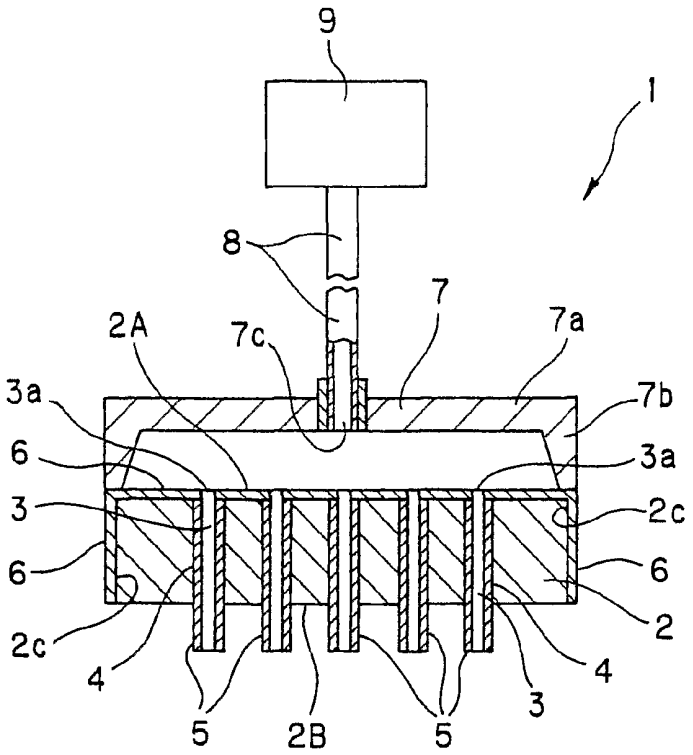

9
1
8
7
2A
7c
7a
3a
7b
6
3a
3
2c
6
6
2
2c
4
4
3
5
2B
5

FIG. 1

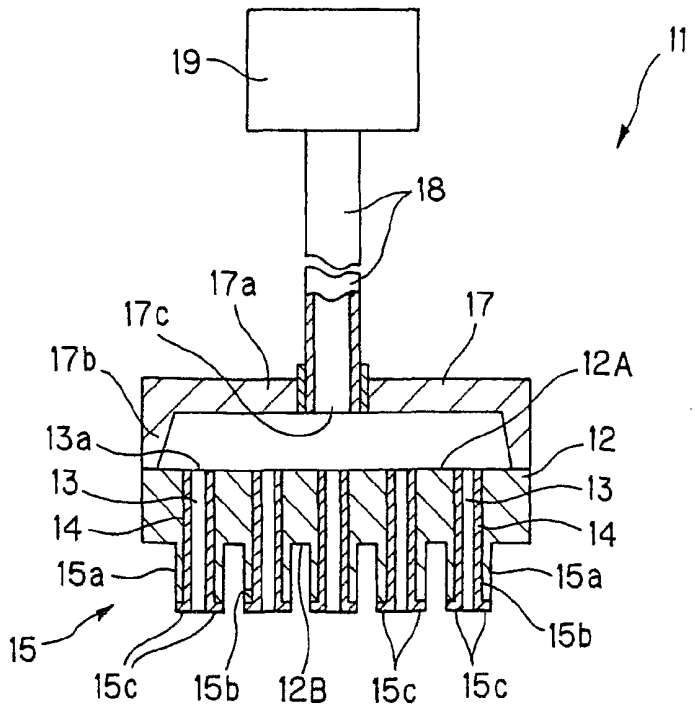

19
11
18
17a
17c
17
17b
12A
13a
12
13
13
14
14
15a
15a
15
15b
15c
15b
12B
15c
15c

FIG. 2

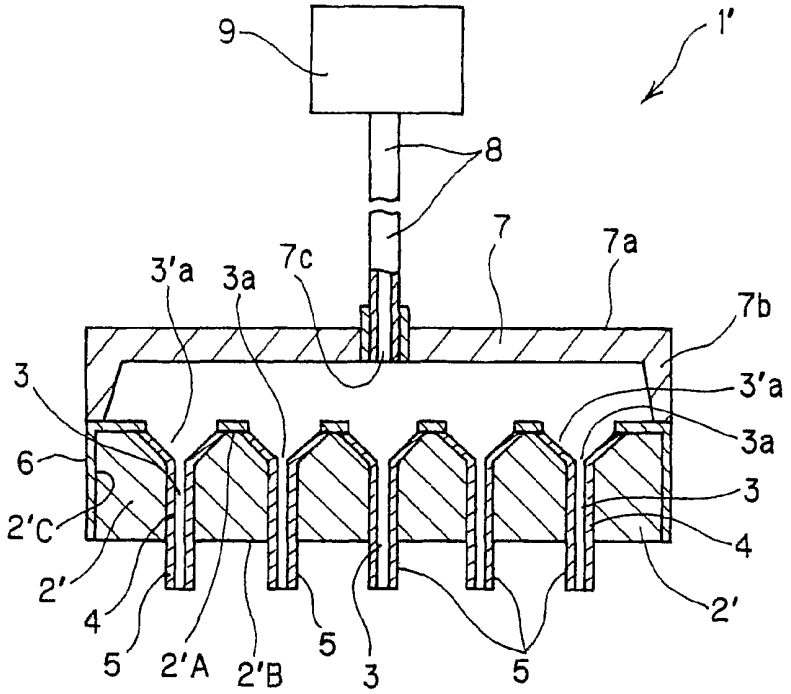

9
1'
8
7
7a
7c
3'a
3a
7b
3
3'a
3a
6
3
2'C
4
2'
4
5
2'A
2'B
5
3
5
2'

FIG. 3

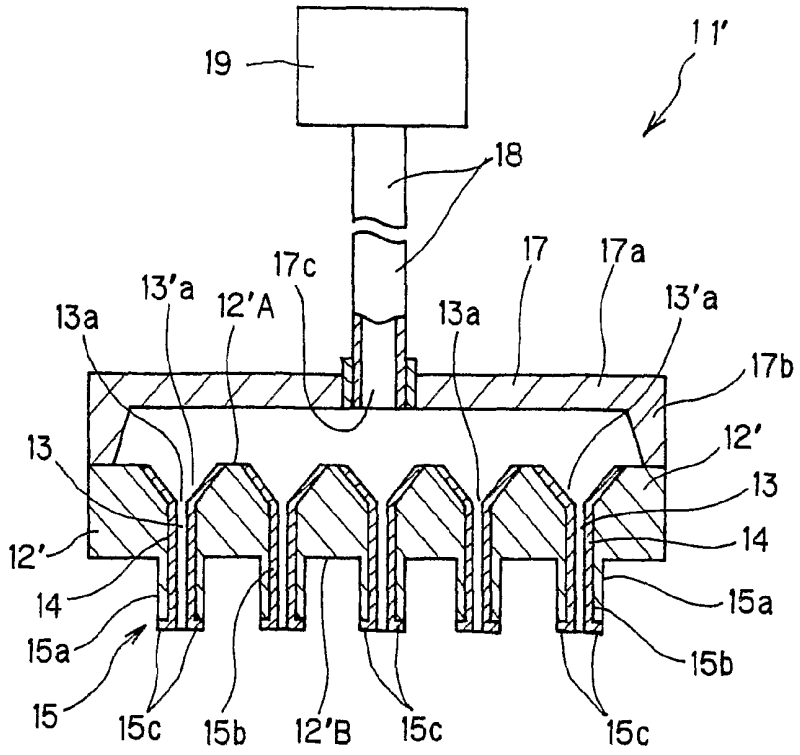

19
11'
18
17c
17
17a
13'a
13a
12'A
13a
13'a
17b
13
12'
13
12'
14
14
15a
15a
15b
15
15c
15b
12'B
15c
15c

FIG. 4

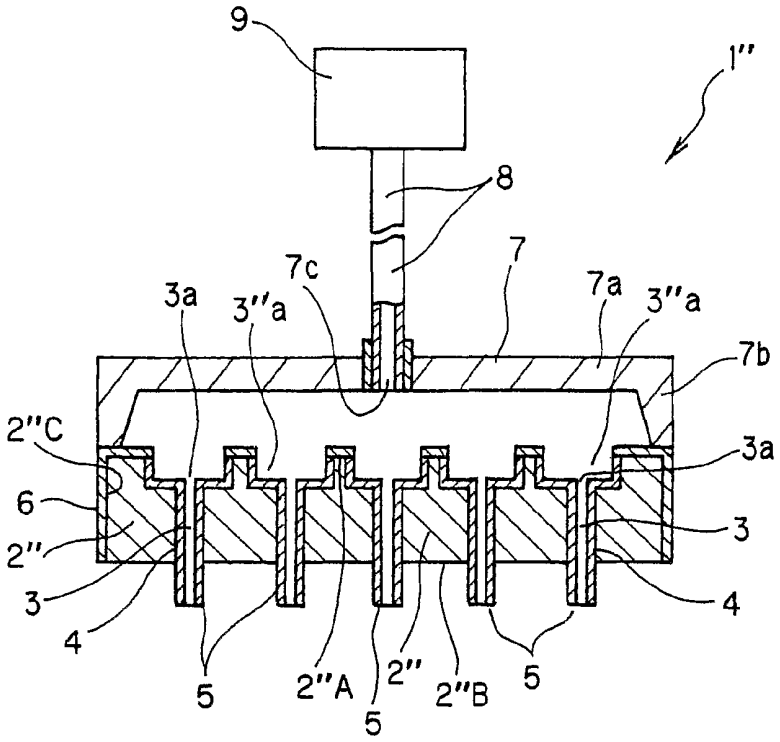

9
1''
8
7
7c
7a
3a
3''a
3''a
7b
2''C
3a
6
3
2''
3
4
4
5
2''A
5
2''
2''B
5

FIG. 5

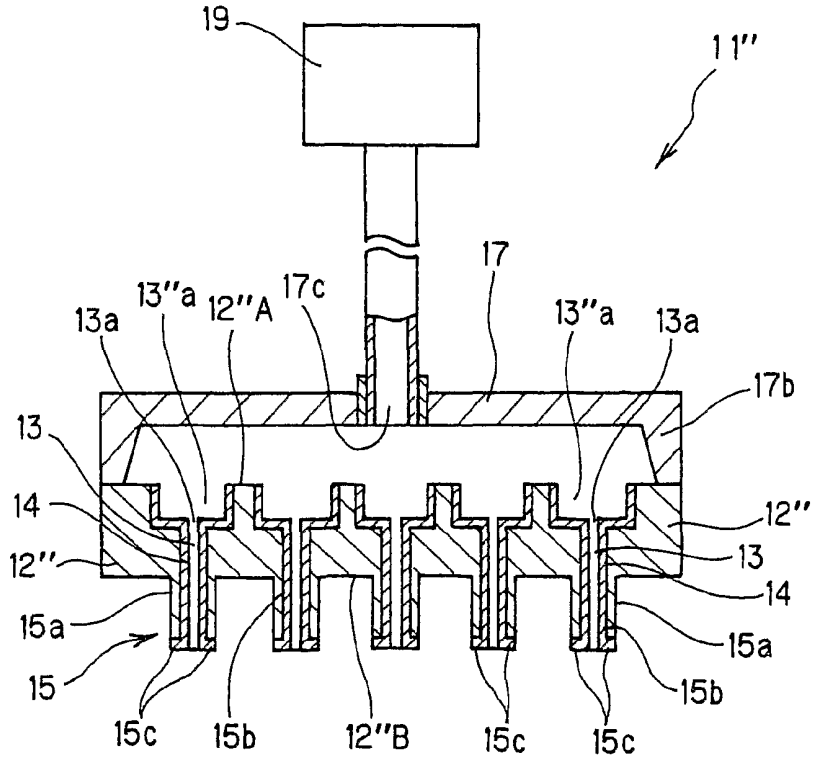

19
11''
17
13''a
17c
12''A
13a
13''a
13a
17b
13
14
12''
12''
15a
15
15c
15b
12''B
15c
15c
13
14
15a
15b

FIG. 6

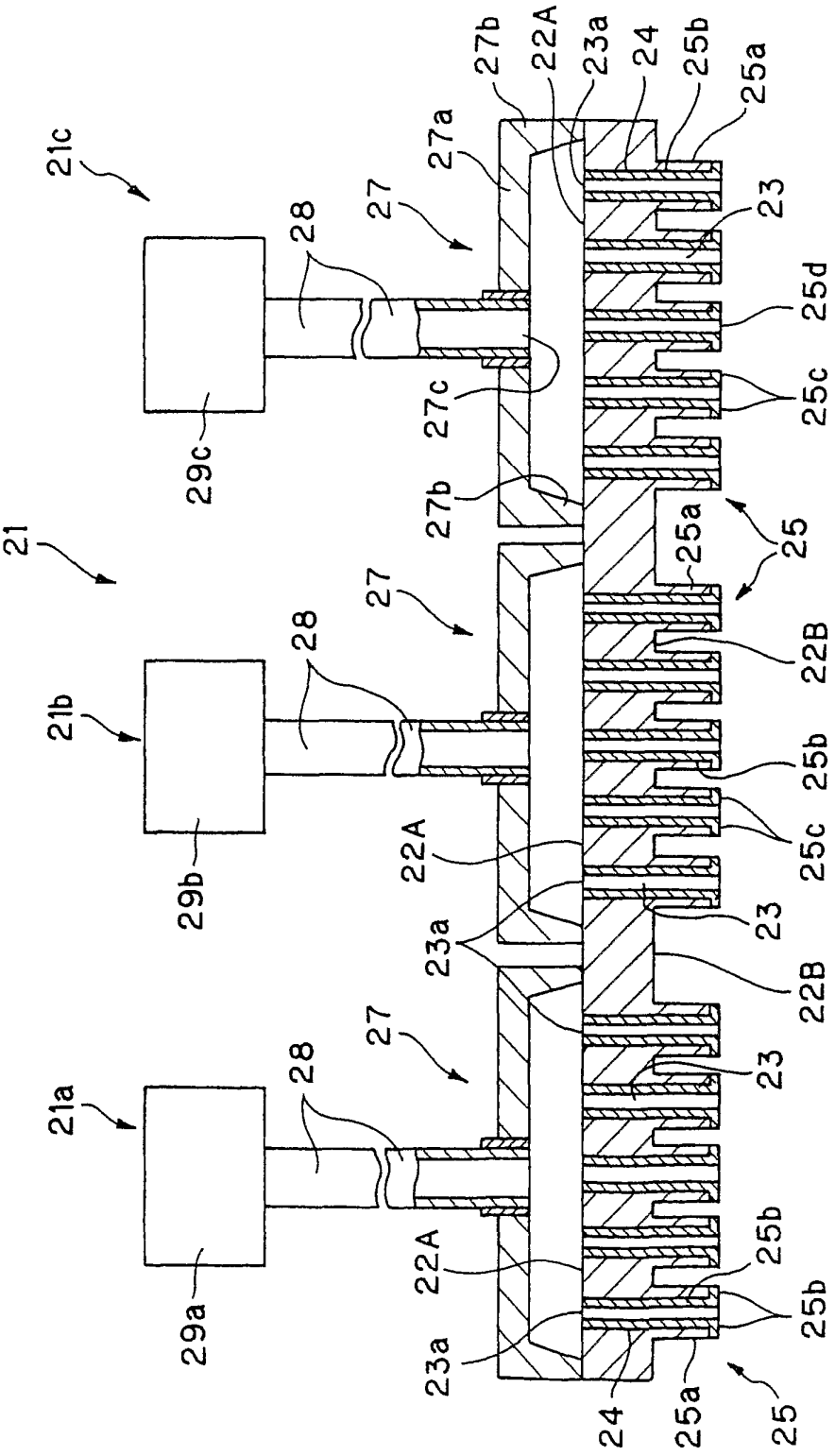

21c
21
21b
21a
29c
29b
29a
28
27
27a
27b
27c
22A
23a
24
25b
25a
23
25d
25c
25
22B

FIG. 7

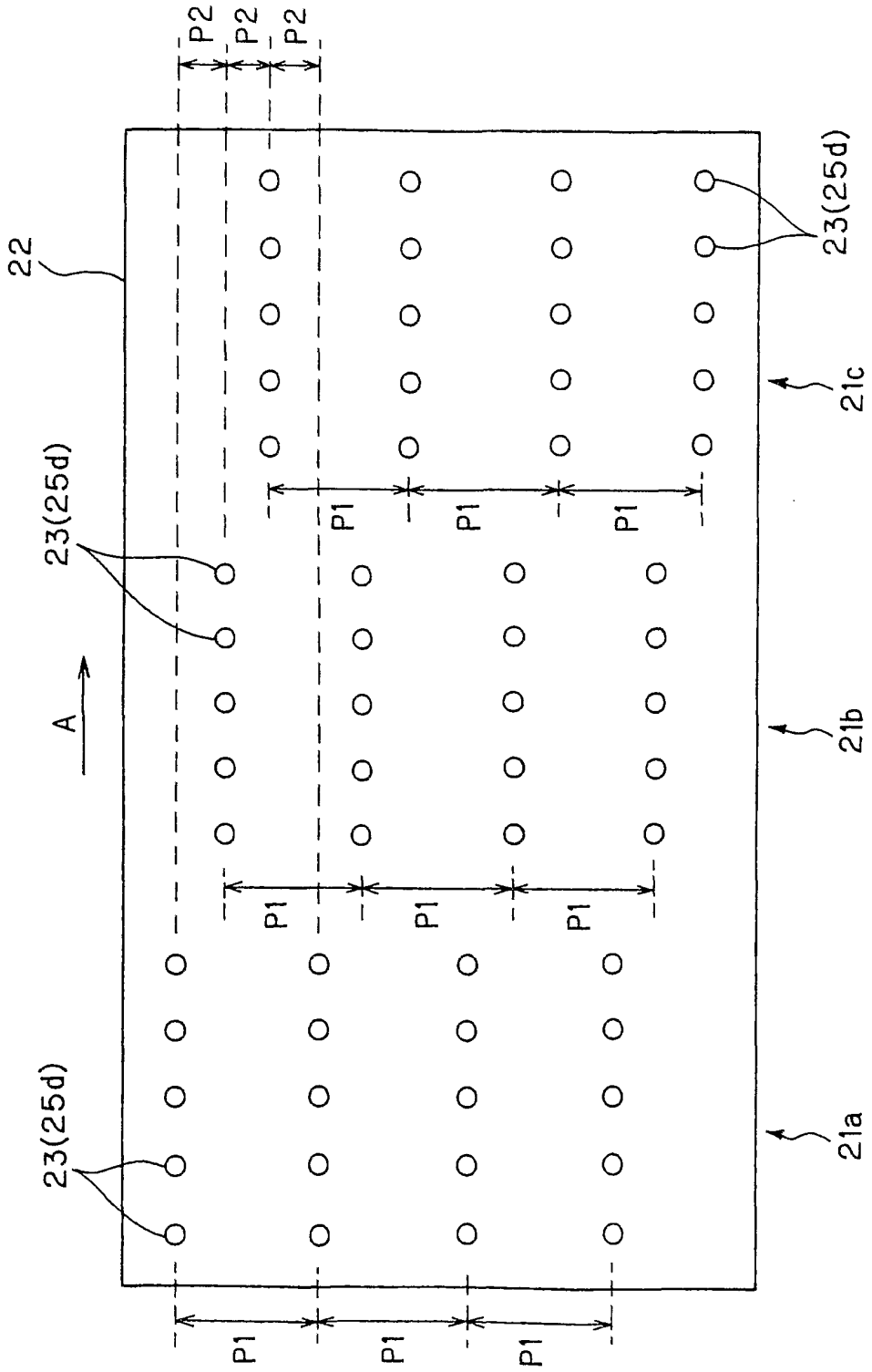

P2
P2
P2
22
23(25d)
21c
P1
P1
P1
23(25d)
A
21b
P1
P1
P1
23(25d)
21a
P1
P1
P1

FIG. 8

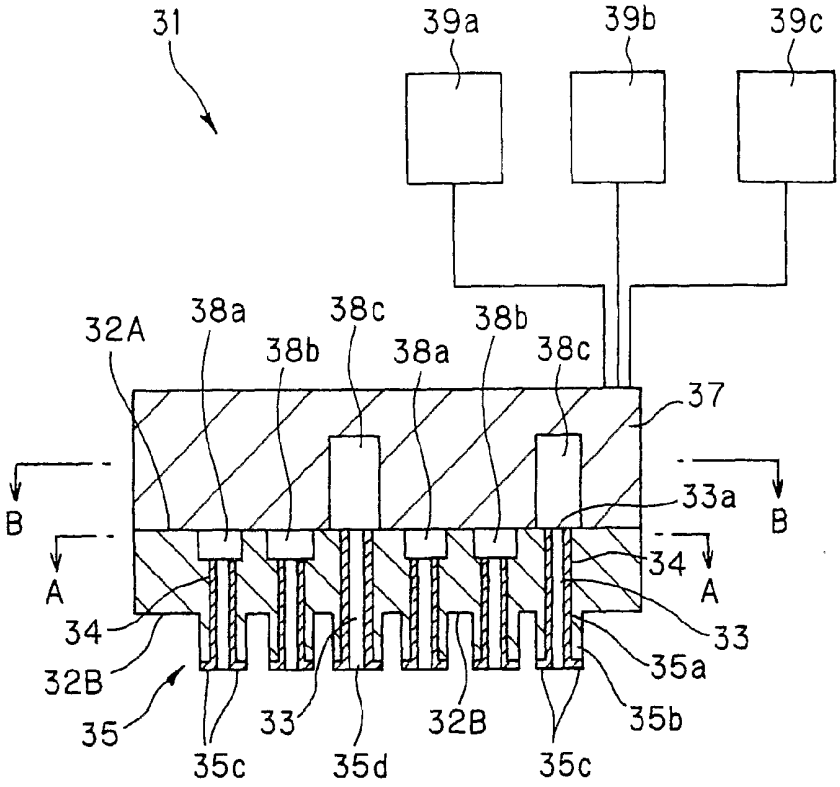

31
39a
39b
39c
32A
38a
38b
38c
38a
38b
38c
37
33a
B
B
A
A
34
34
32B
35
33
32B
35a
35b
35c
35d
35c

FIG. 9(A)

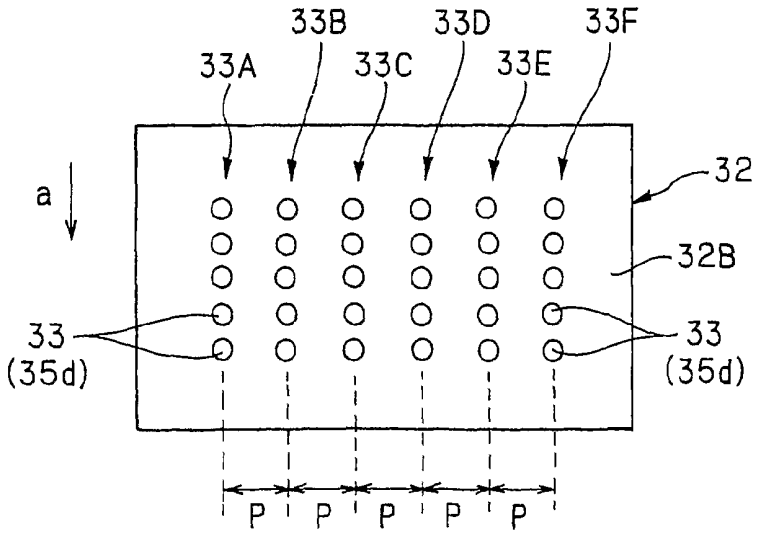

33A
33B
33C
33D
33E
33F
a
32
32B
33
(35d)
33
(35d)
P
P
P
P
P

FIG. 9(B)

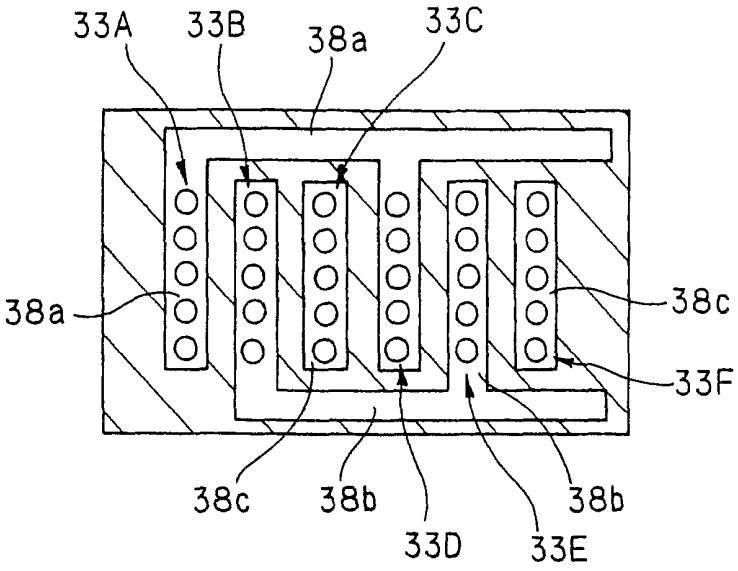

33A
33B
38a
33C
38a
38c
33F
38c
38b
33D
33E
38b

FIG. 10

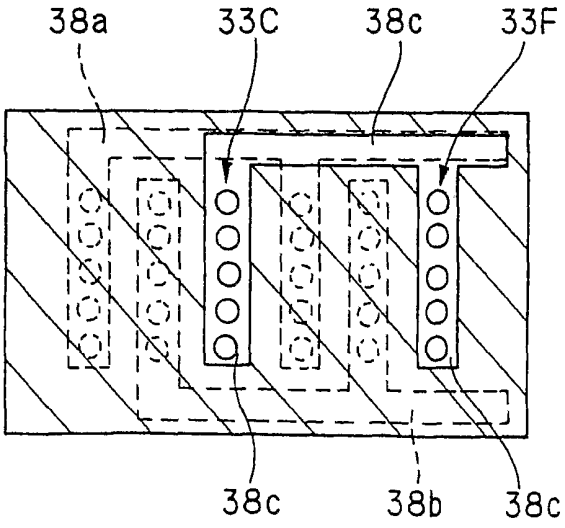

38a
33C
38c
33F
38c
38b
38c

FIG. 11

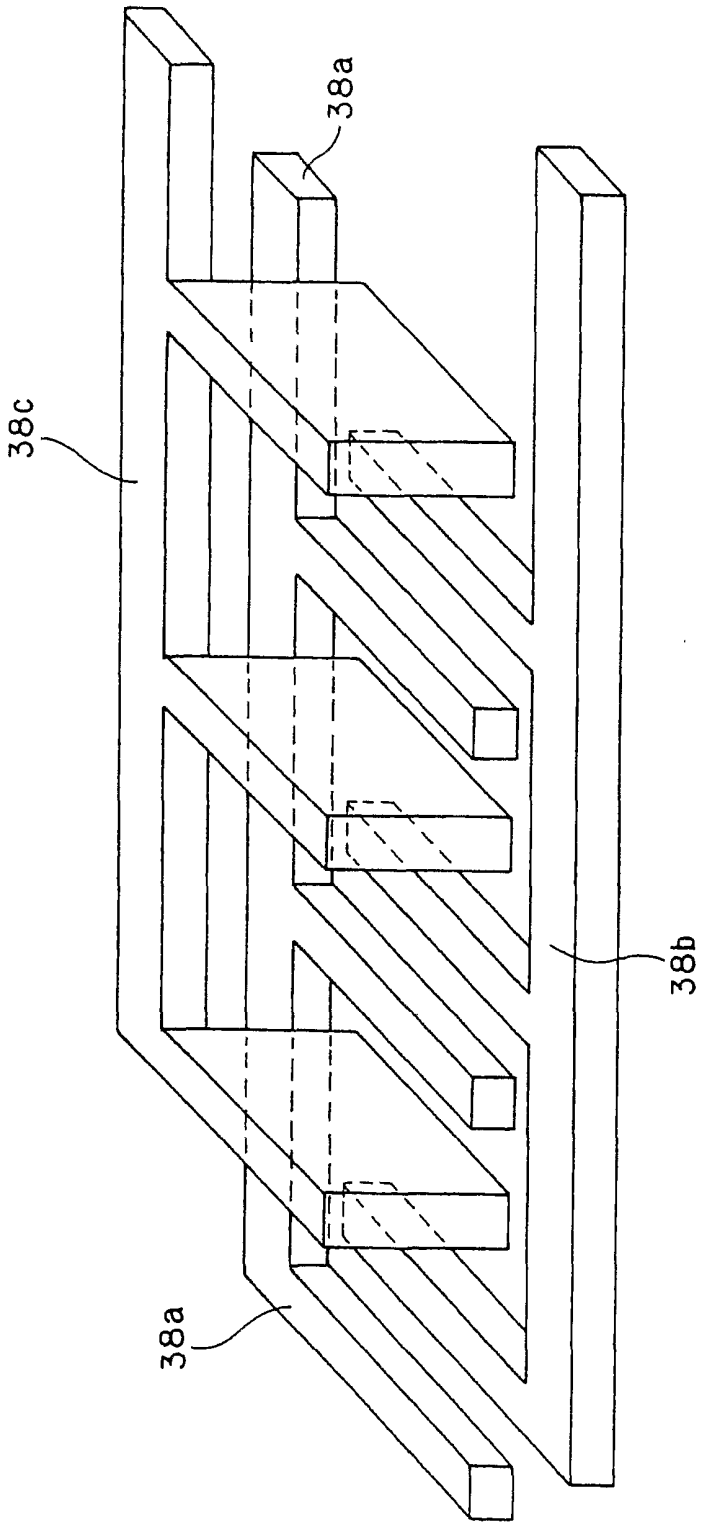


FIG. 12

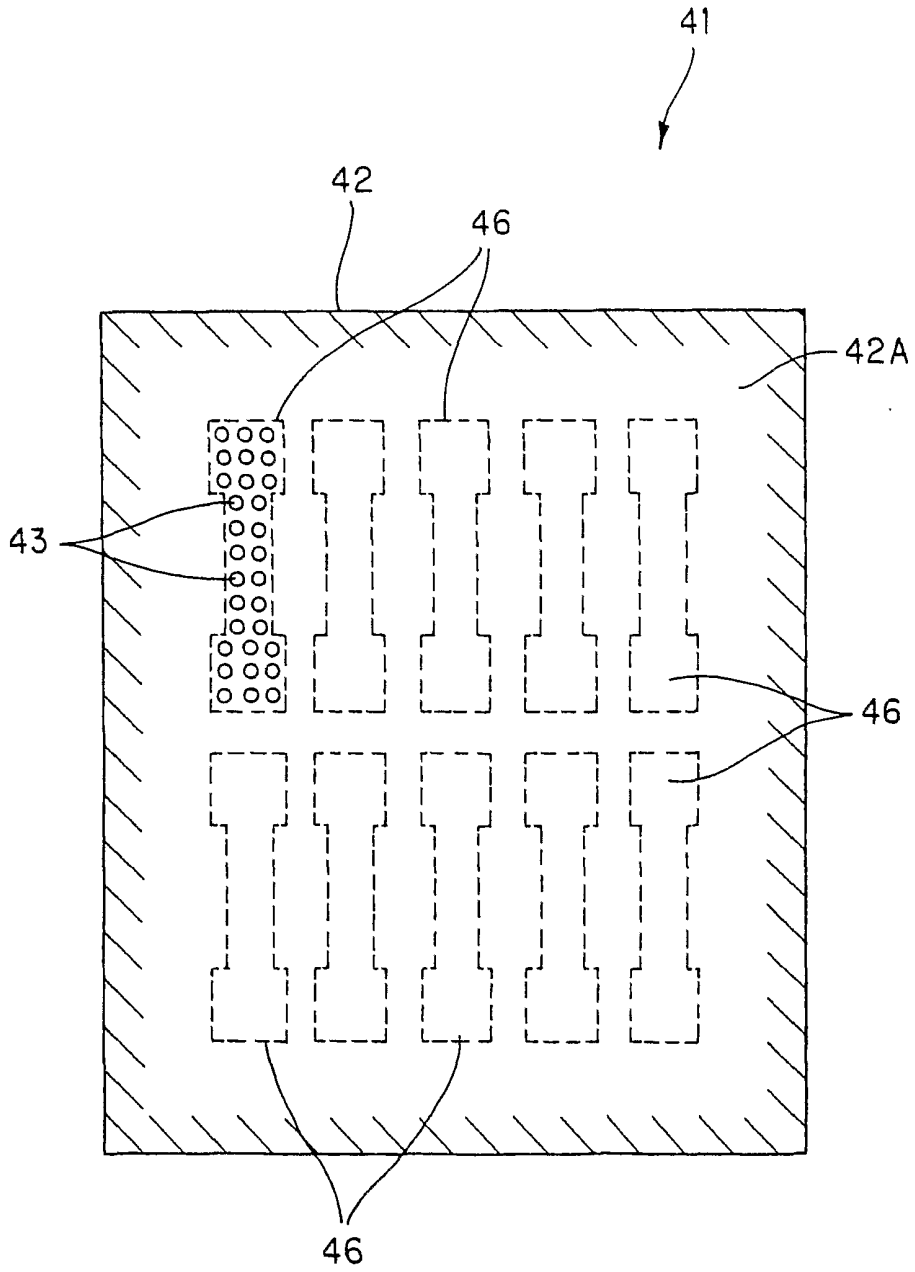


FIG. 13

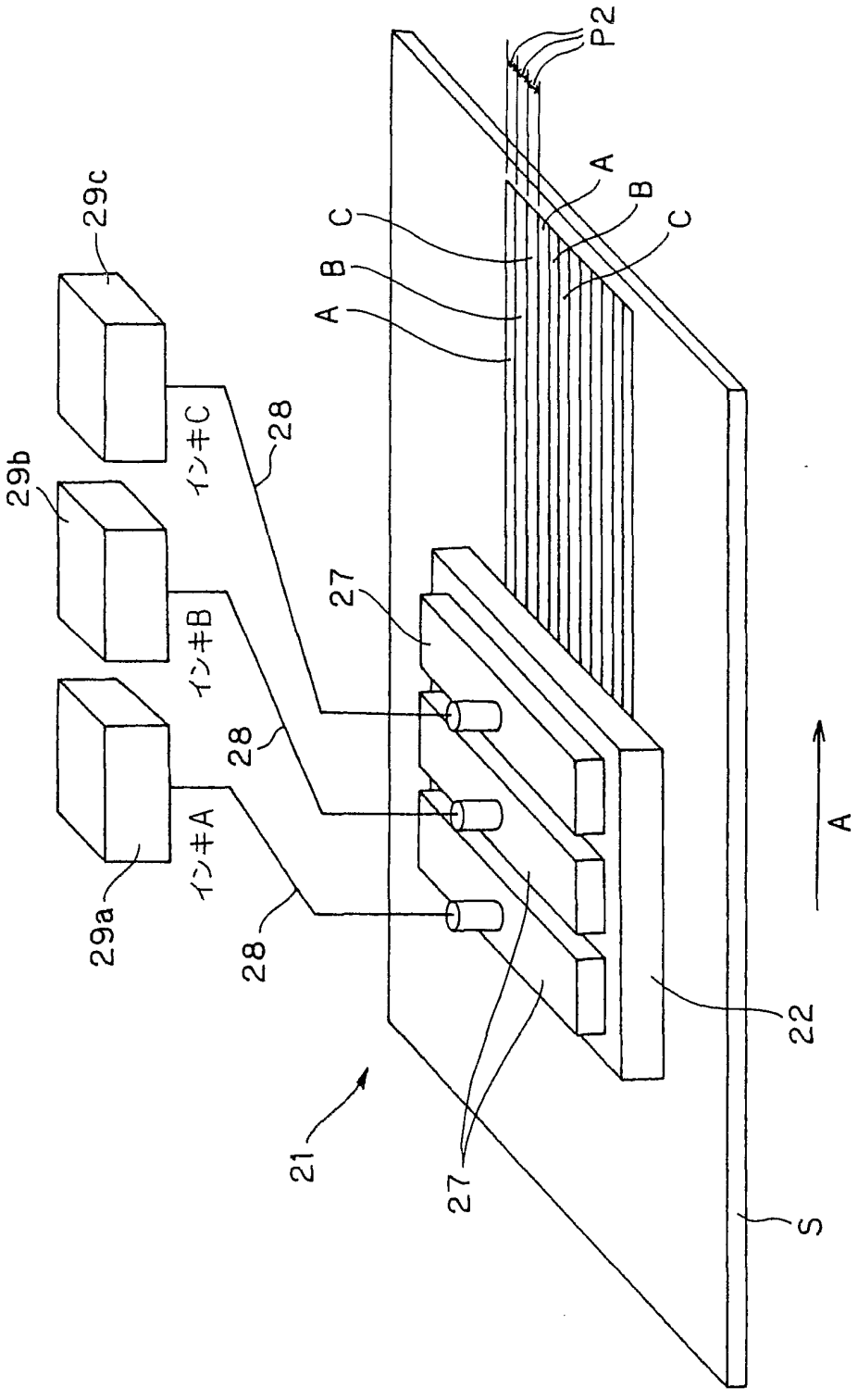


FIG. 14

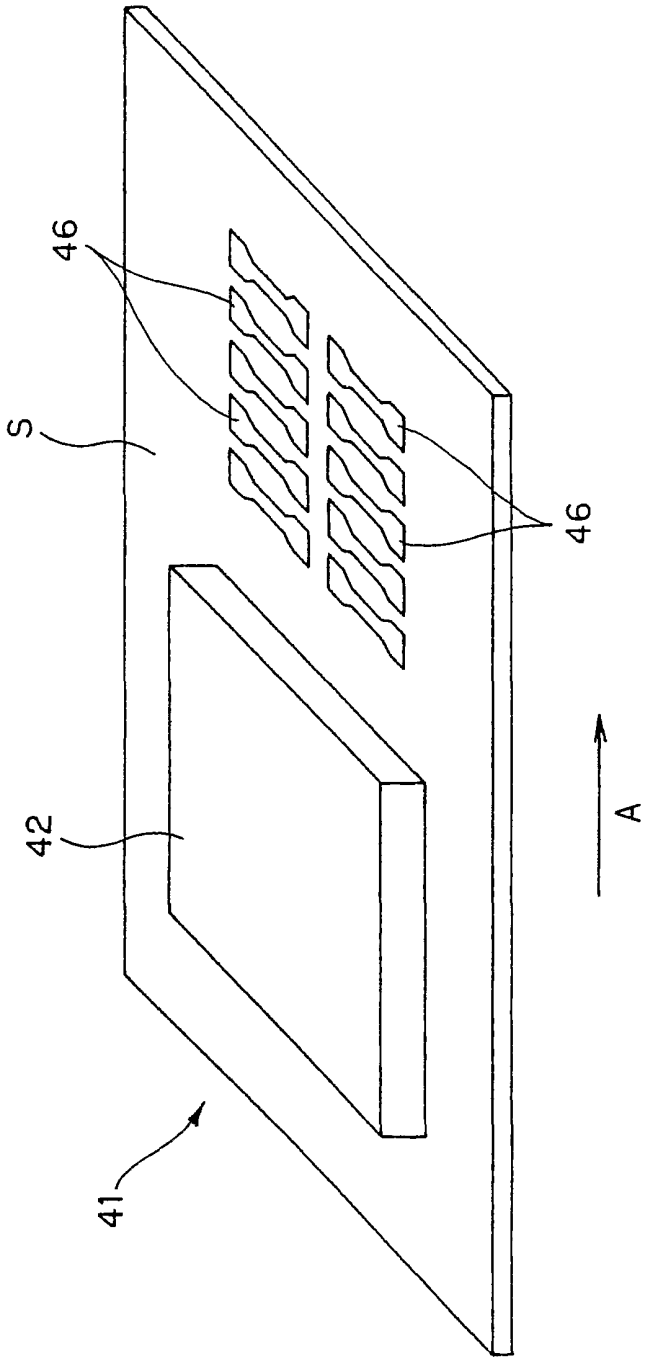


FIG. 15

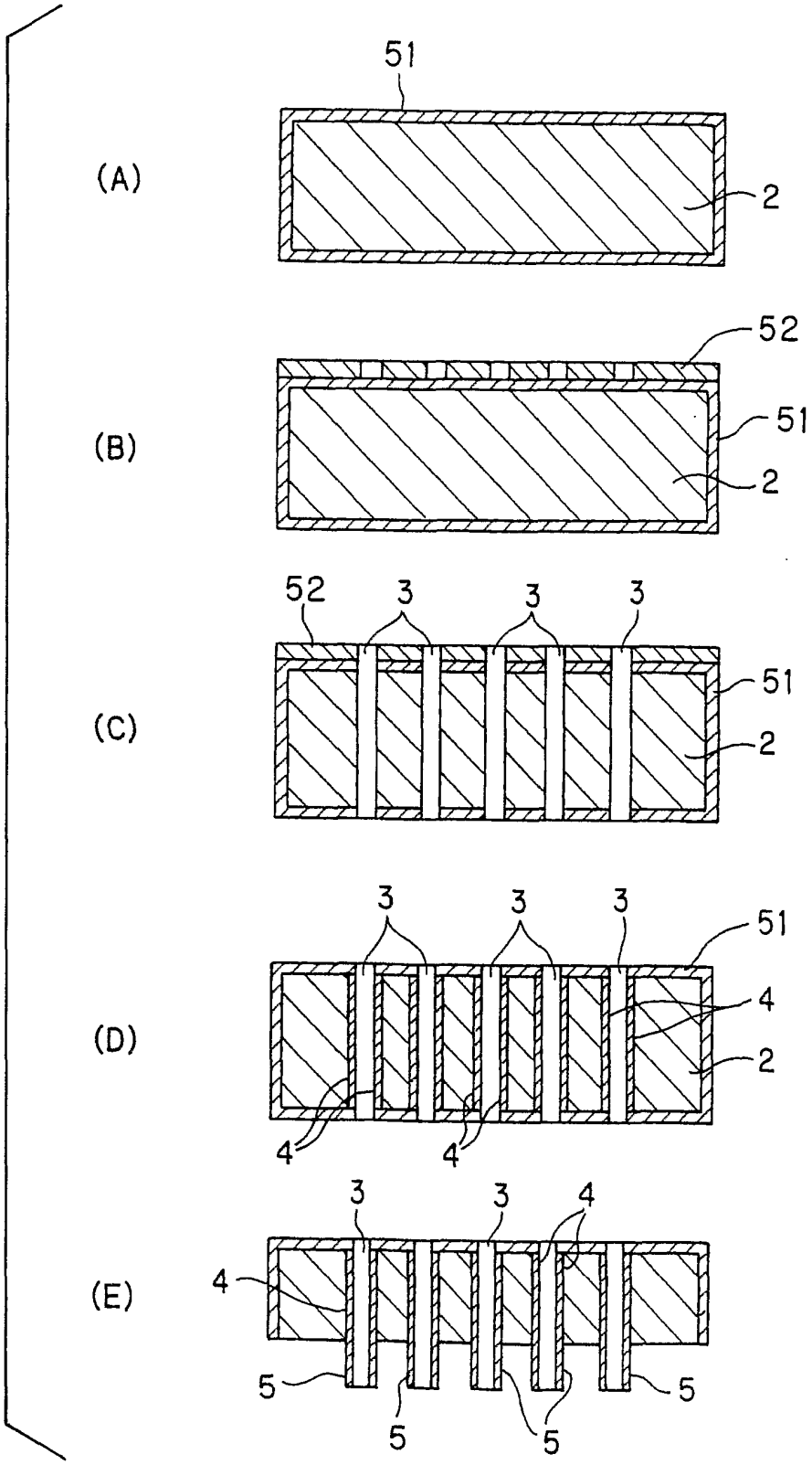


FIG. 16

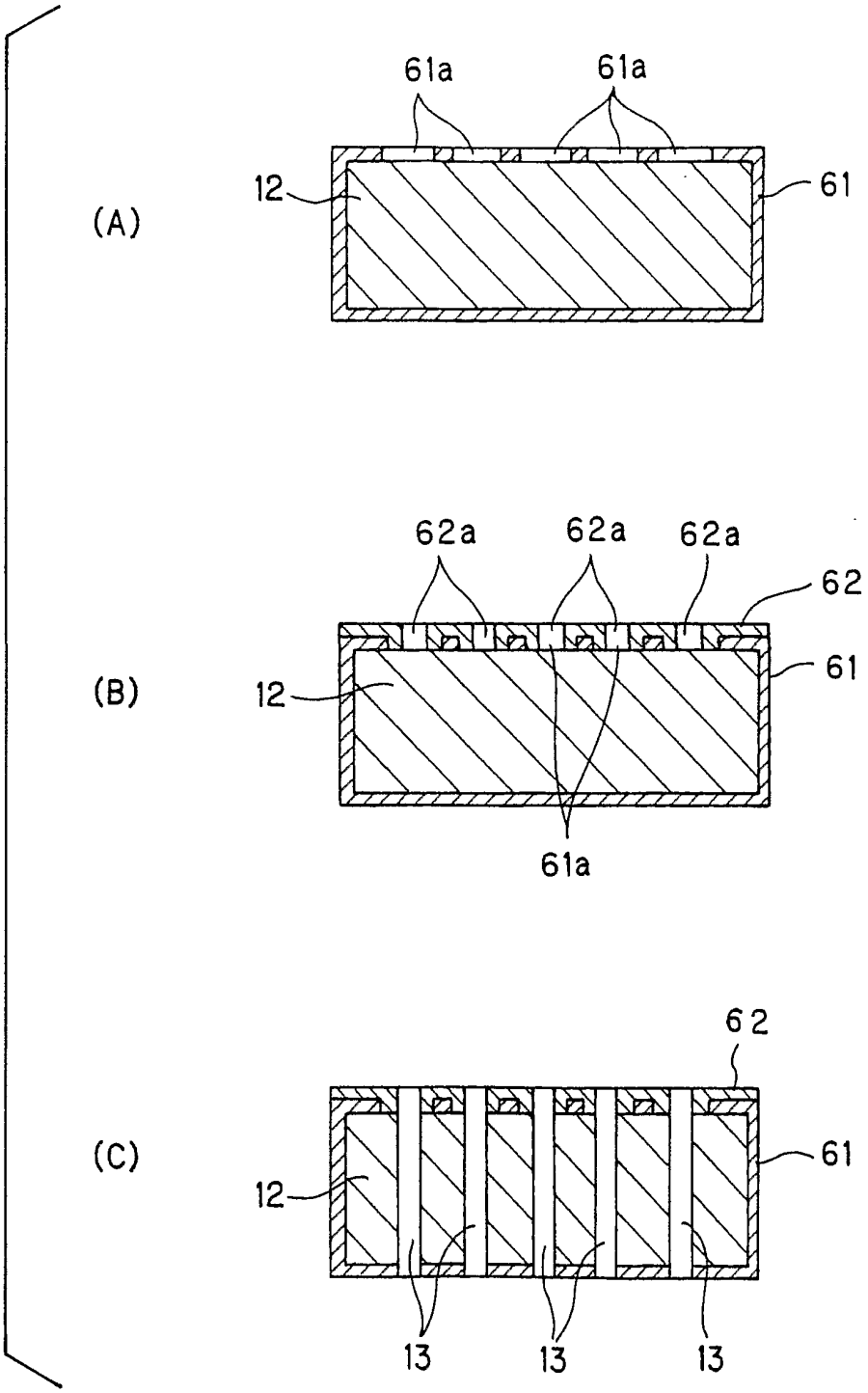


FIG. 17

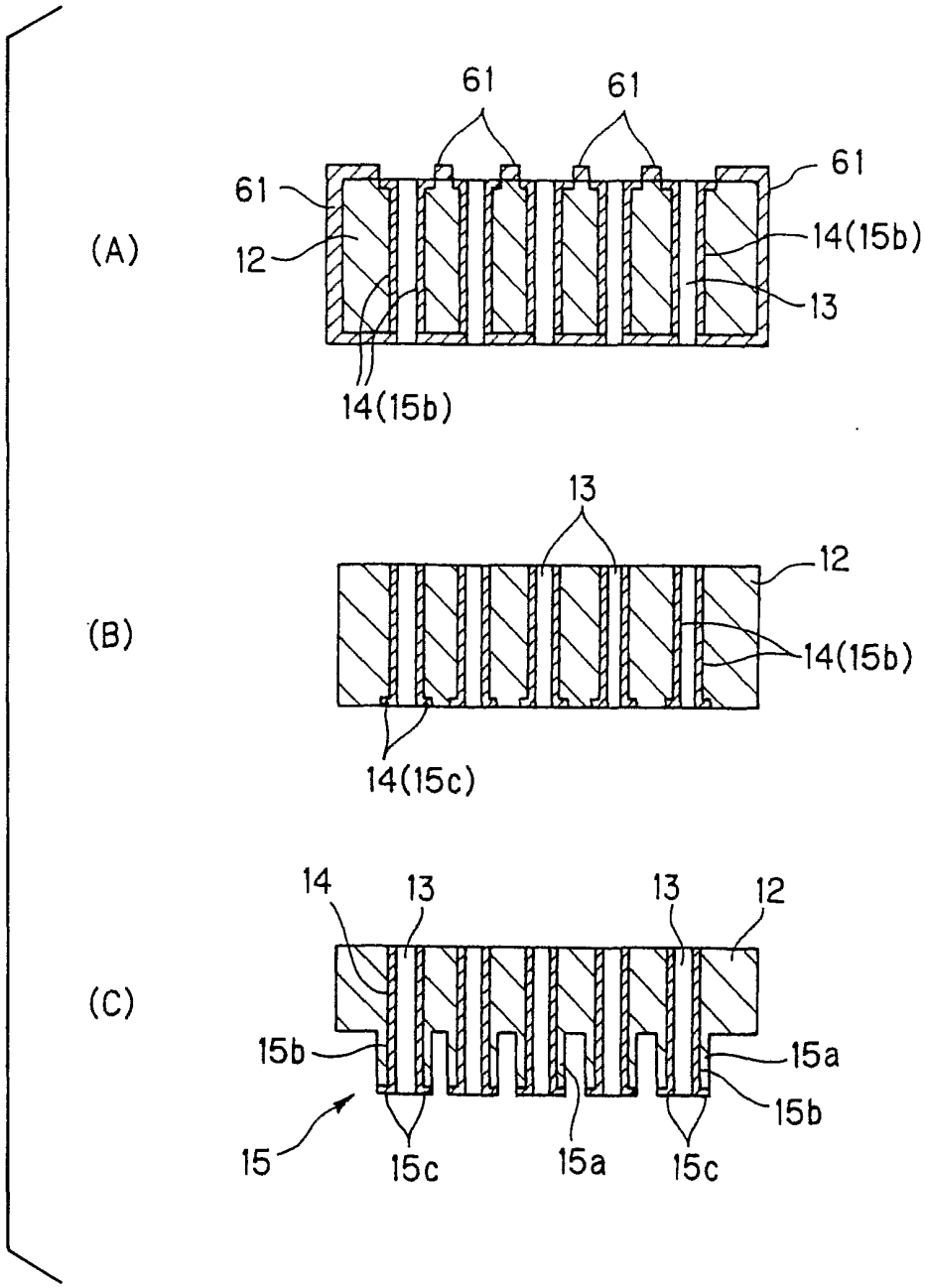

(A)
61
61
61
61
12
14(15b)
13
14(15b)
(B)
13
12
14(15b)
14(15c)
(C)
14
13
13
12
15b
15a
15b
15
15c
15a
15c

FIG. 18

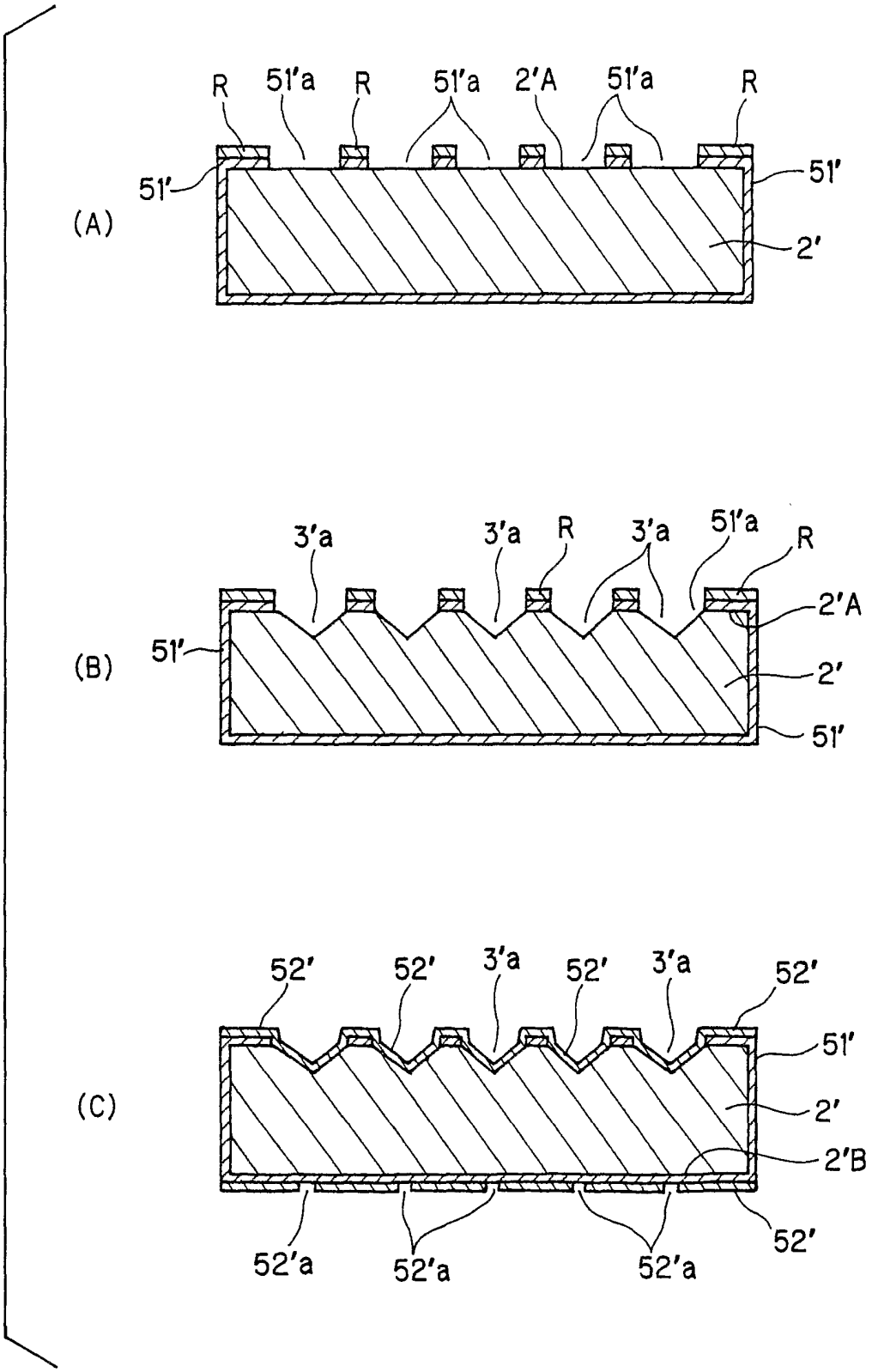

(A)
R
51'a
R
51'a
2'A
51'a
R
51'
51'
2'
(B)
3'a
3'a
R
3'a
51'a
R
2'A
51'
2'
51'
(C)
52'
52'
3'a
52'
3'a
52'
51'
2'
2'B
52'
52'a
52'a
52'a

FIG. 19

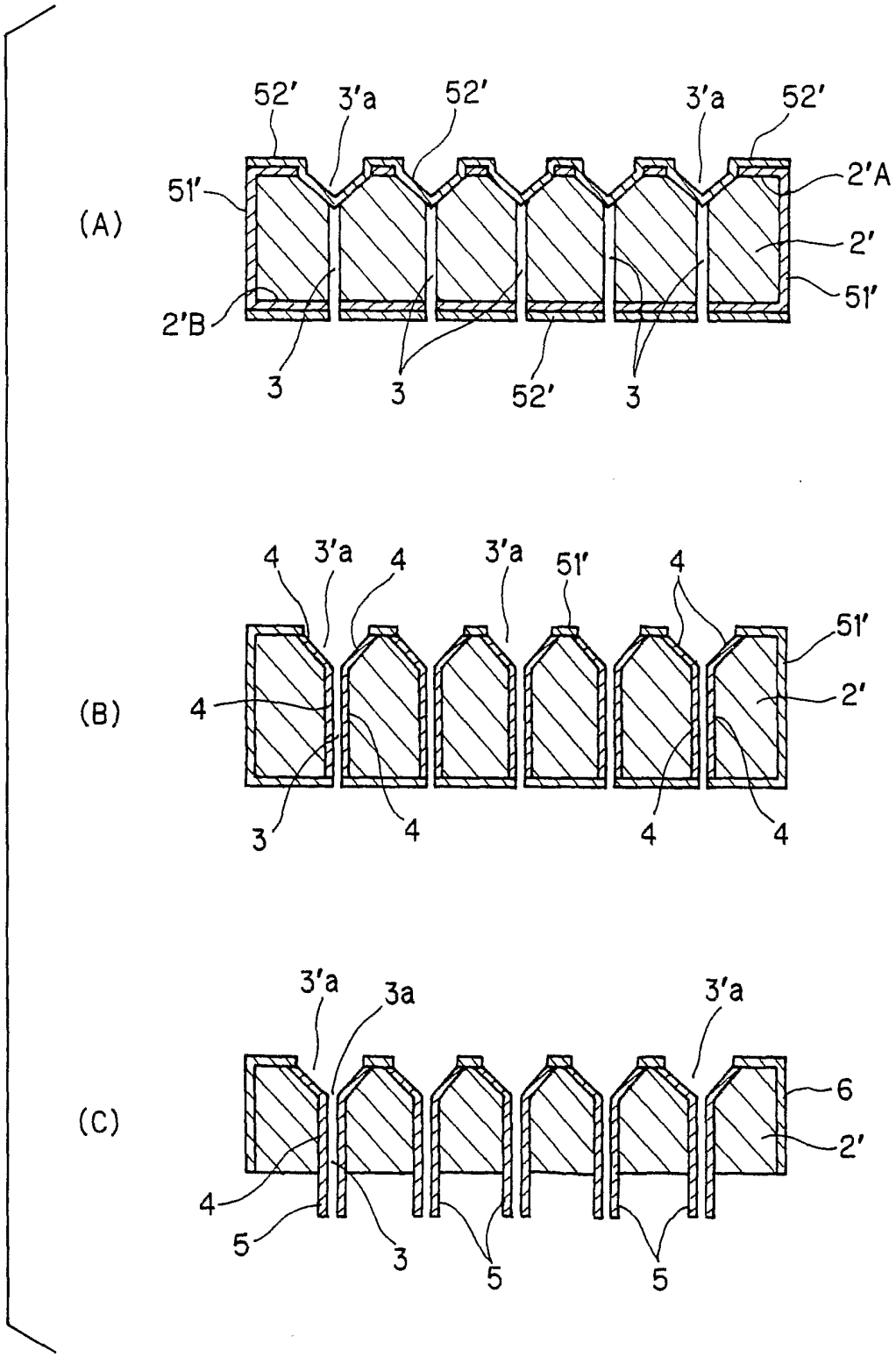

(A)
52'
3'a
52'
3'a
52'
51'
2'A
2'
51'
2'B
3
3
52'
3
(B)
4
3'a
4
3'a
51'
4
51'
2'
4
3
4
4
4
(C)
3'a
3a
3'a
6
2'
4
5
3
5
5

FIG. 20

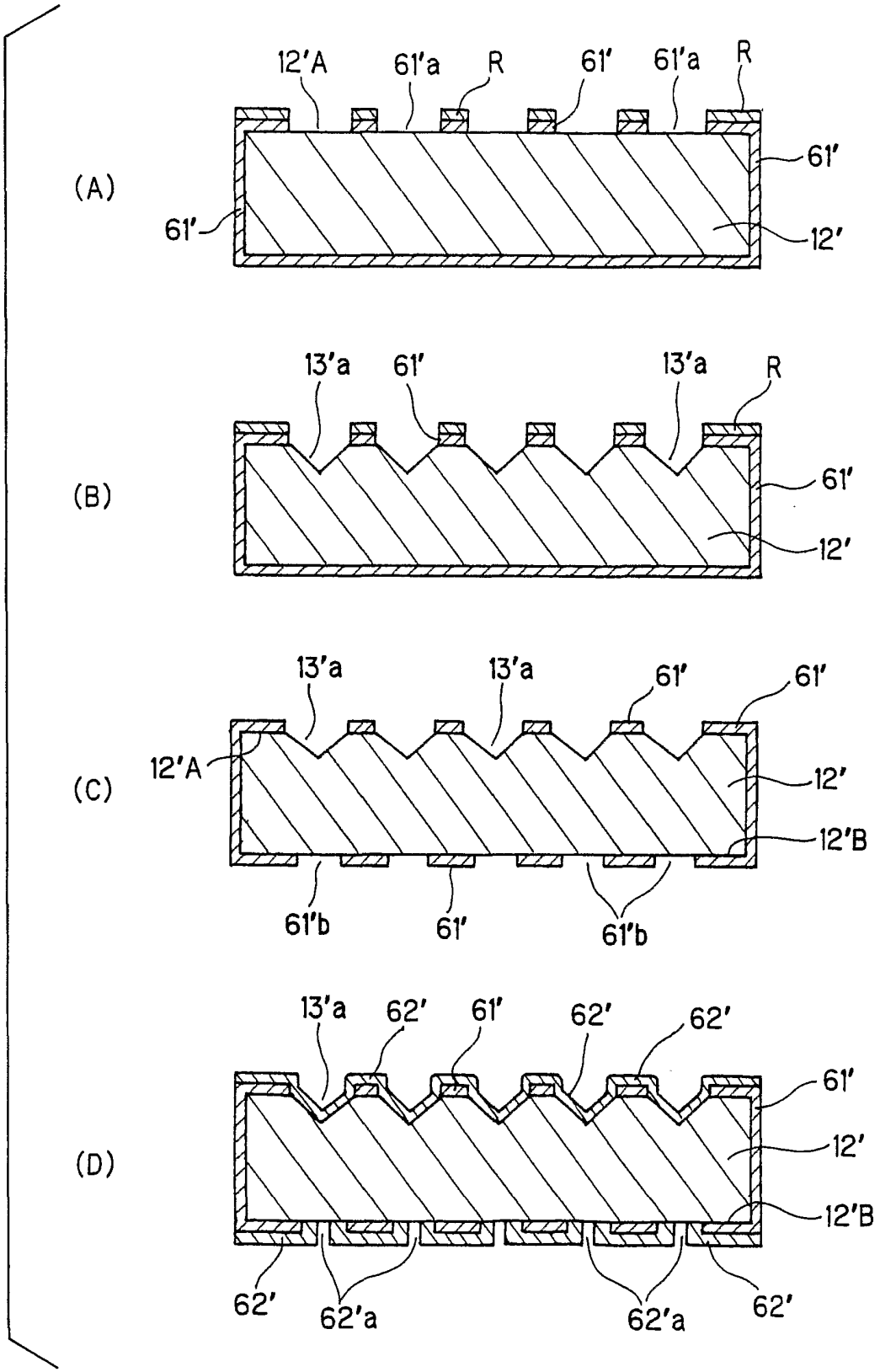

(A)
12'A
61'a
R
61'
61'a
R
61'
61'
12'
(B)
13'a
61'
13'a
R
61'
12'
(C)
13'a
13'a
61'
61'
12'A
12'
12'B
61'b
61'
61'b
(D)
13'a
62'
61'
62'
62'
61'
12'
12'B
62'
62'a
62'a
62'

FIG. 21

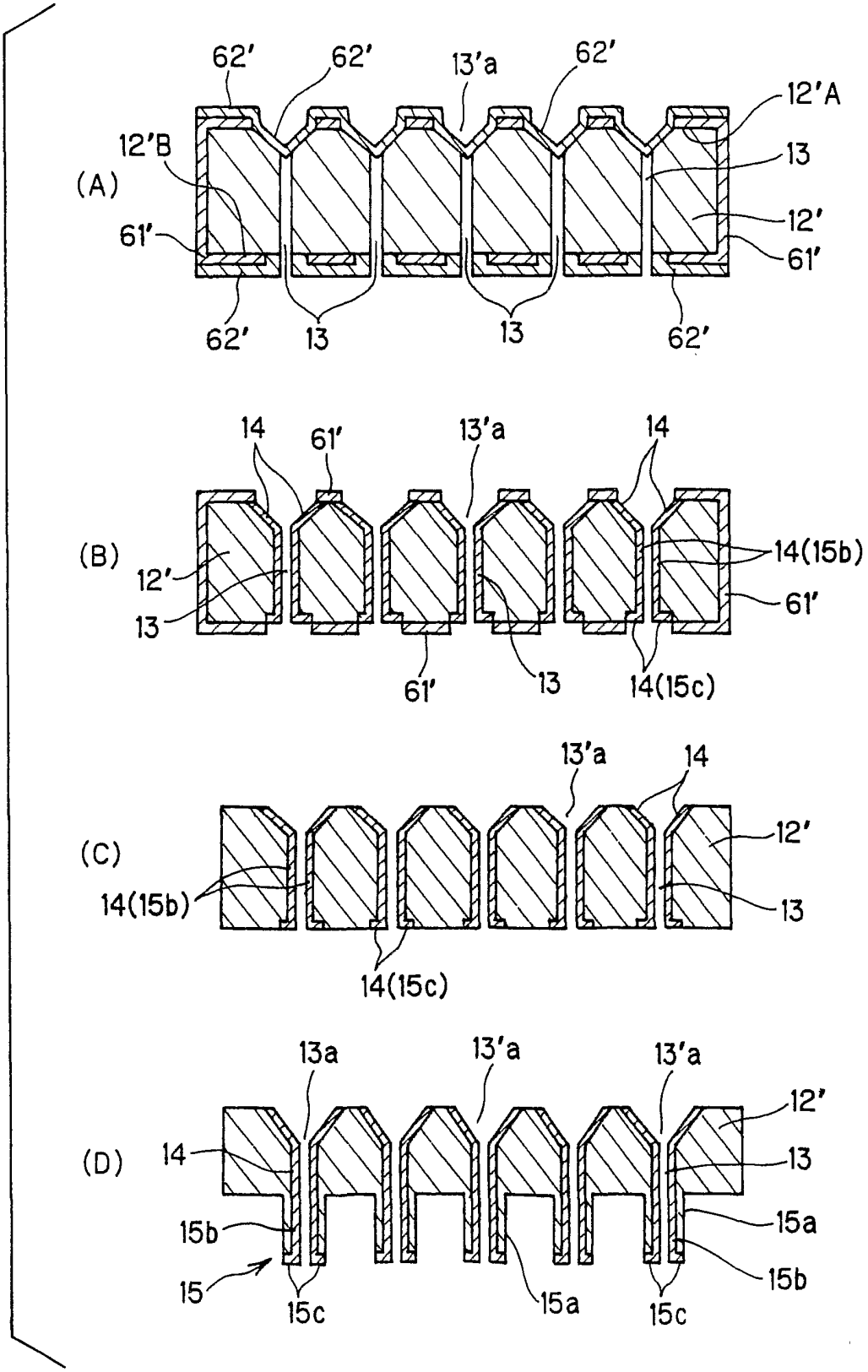

(A)
62'
62'
13'a
62'
12'A
12'B
13
12'
61'
61'
62'
13
13
62'
(B)
14
61'
13'a
14
14(15b)
12'
13
61'
61'
13
14(15c)
(C)
13'a
14
12'
14(15b)
13
14(15c)
(D)
13a
13'a
13'a
12'
14
13
15b
15a
15
15c
15a
15c
15b

FIG. 22

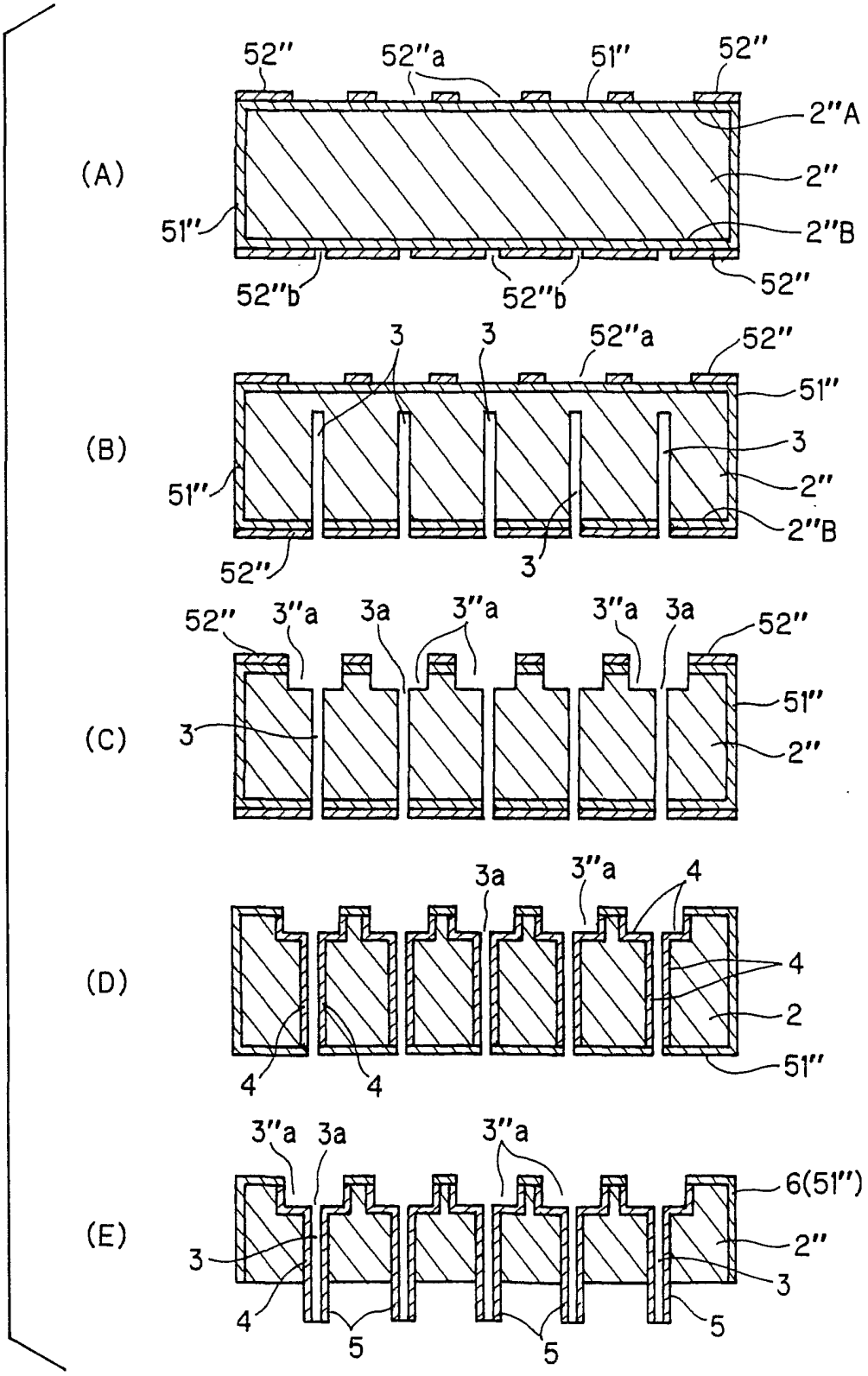

(A)
52"
52"a
51"
52"
2"A
2"
2"B
51"
52"b
52"b
52"
(B)
3
3
52"a
52"
51"
3
2"
2"B
51"
52"
3
(C)
52"
3"a
3a
3"a
3"a
3a
52"
51"
2"
3
(D)
3a
3"a
4
4
2
51"
4
4
(E)
3"a
3a
3"a
6(51")
2"
3
3
4
5
5
5

FIG. 23

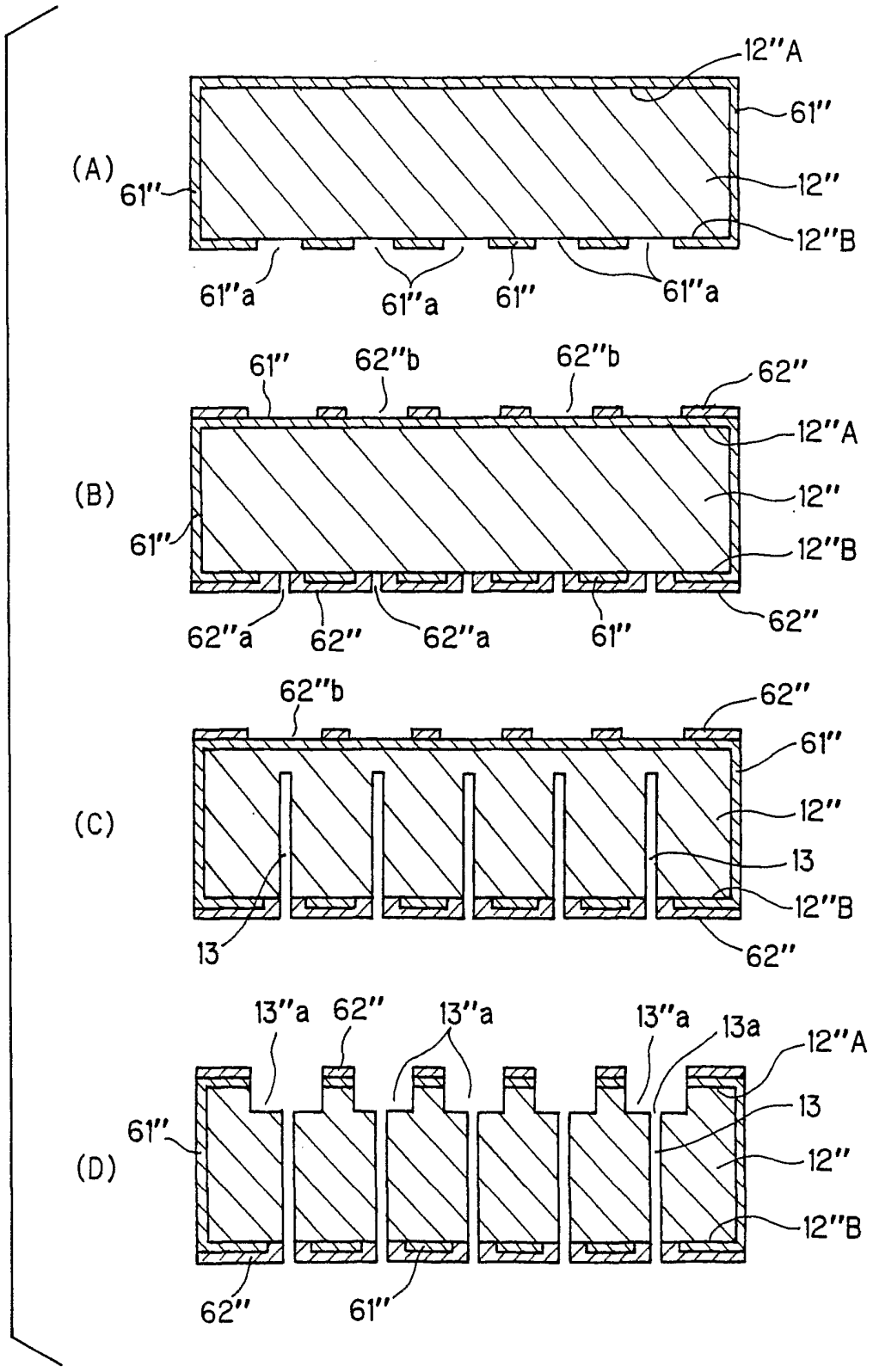

(A)
12"A
61"
61"
12"
12"B
61"a
61"a
61"
61"a
(B)
61"
62"b
62"b
62"
12"A
61"
12"
12"B
62"a
62"
62"a
61"
62"
(C)
62"b
62"
61"
12"
13
12"B
13
62"
(D)
13"a
62"
13"a
13"a
13a
12"A
61"
13
12"
12"B
62"
61"

FIG. 24

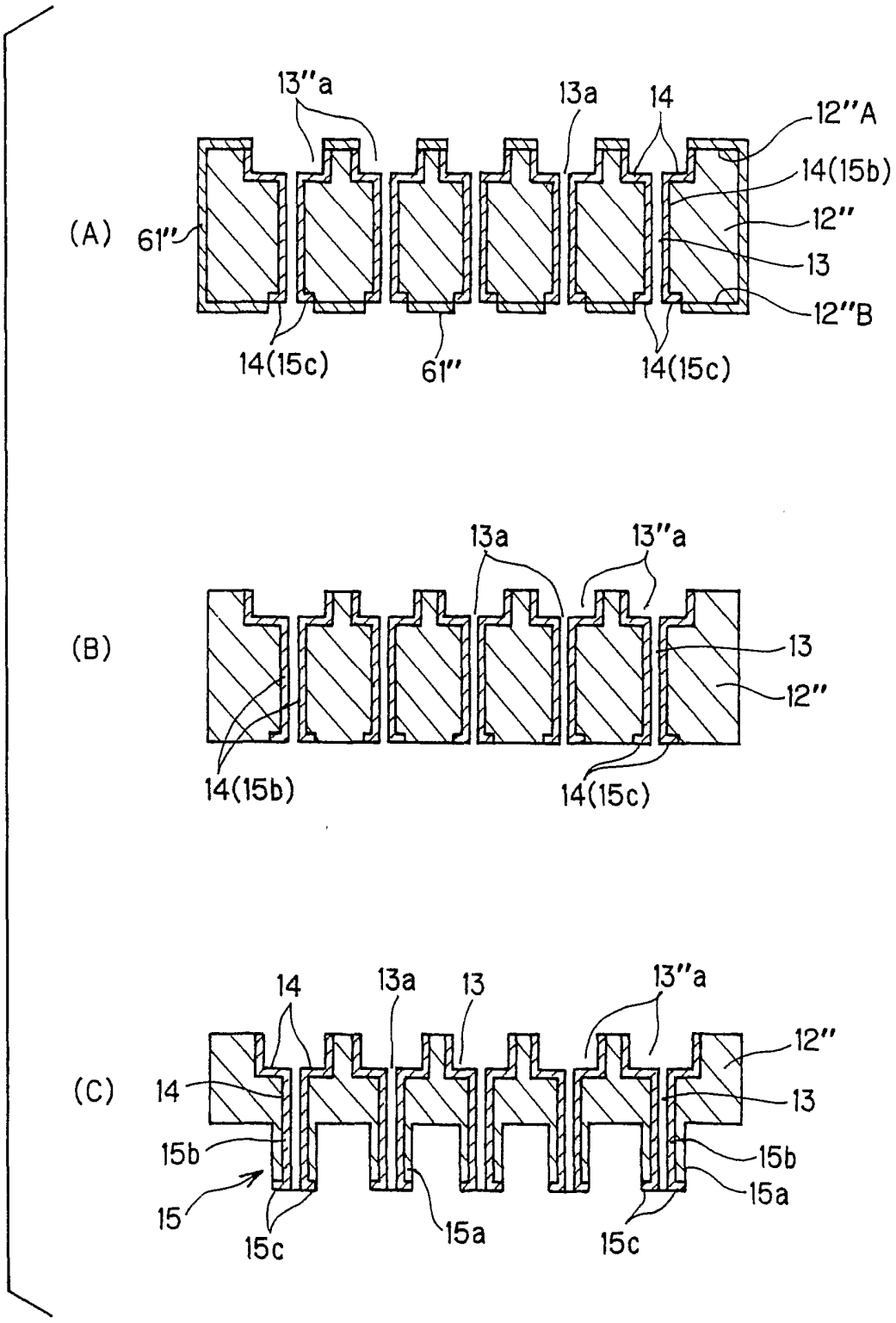

(A)
13"a
13a
14
12"A
14(15b)
12"
13
12"B
61"
14(15c)
61"
14(15c)
(B)
13a
13"a
13
12"
14(15b)
14(15c)
(C)
14
13a
13
13"a
12"
14
13
15b
15b
15
15a
15c
15a
15c

FIG. 25

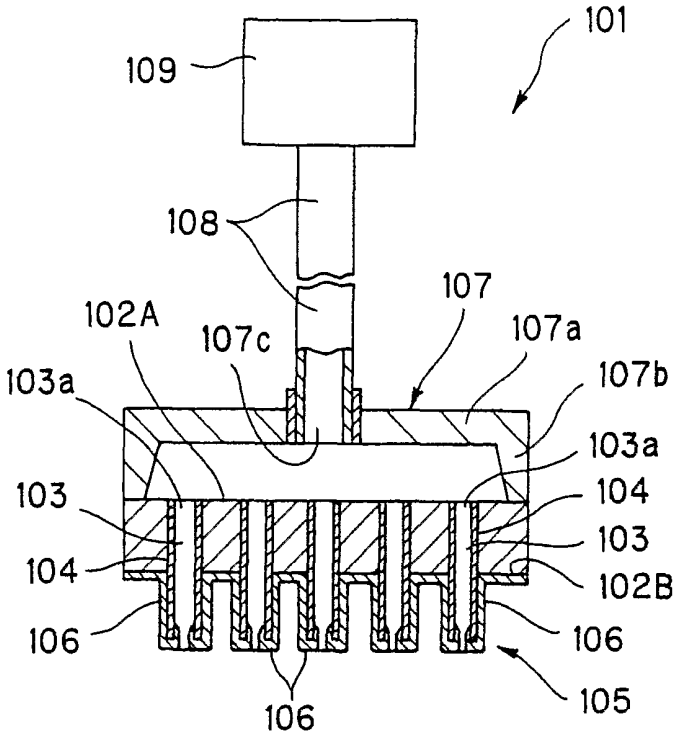

101
109
108
107
102A
107c
107a
107b
103a
103a
103
104
104
103
102B
106
106
106
105

FIG. 26

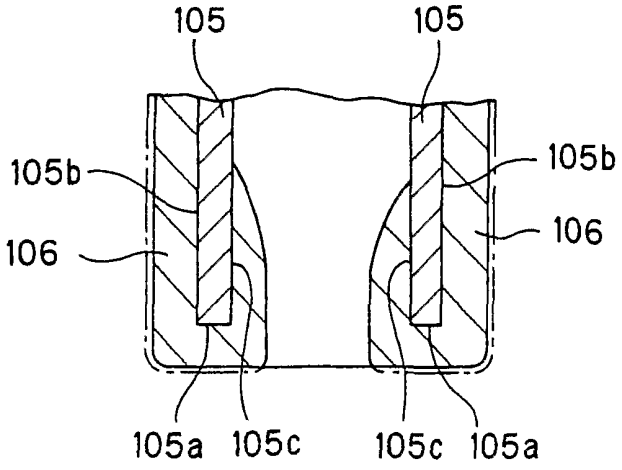

105
105
105b
105b
106
106
105a
105c
105c
105a

FIG. 27

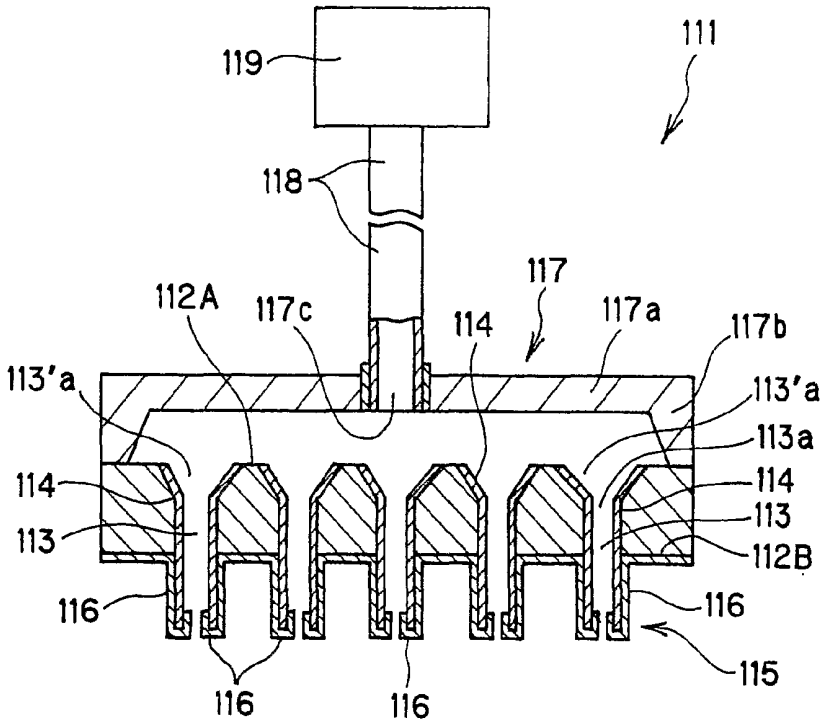

119
111
118
117
112A
117c
114
117a
117b
113'a
113'a
113a
114
113
112B
116
116
115
116
116

FIG. 28

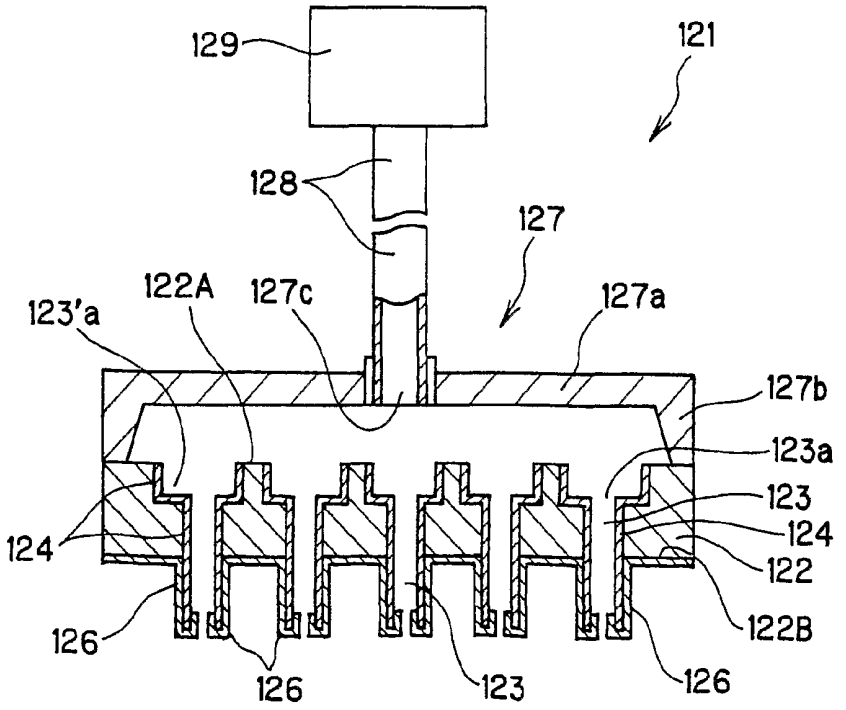

129
121
128
127
122A
127c
127a
123'a
127b
123a
123
124
124
122
122B
126
126
123
126

FIG. 29

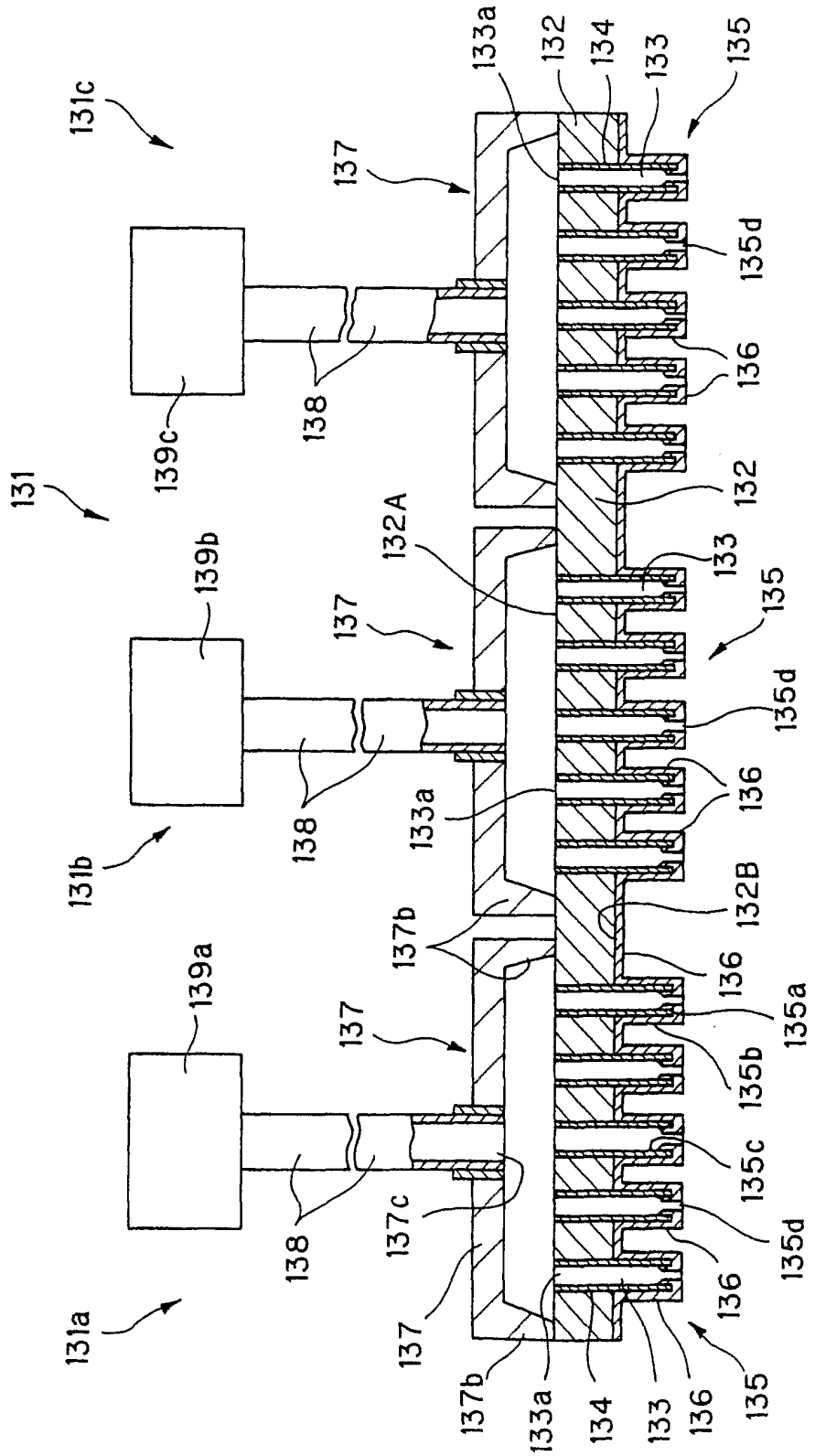

131c
131
131b
131a
139c
139b
139a
138
137
137b
137c
132
132A
132B
133
133a
134
135
135a
135b
135c
135d
136

FIG. 30

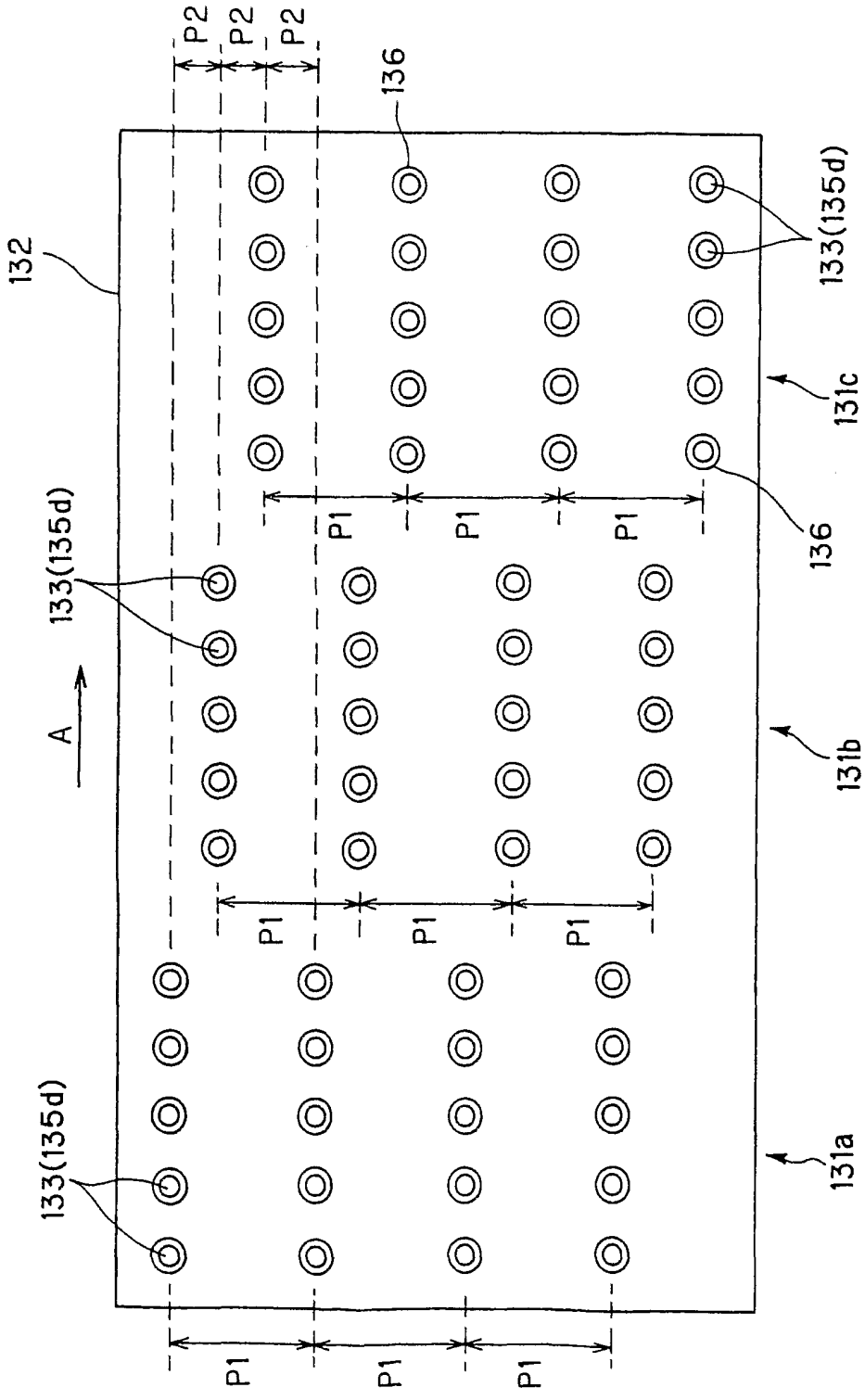

P2
P2
P2
136
132
133(135d)
131c
133(135d)
A
P1
P1
P1
136
131b
P1
P1
P1
133(135d)
131a
P1
P1
P1

FIG. 31

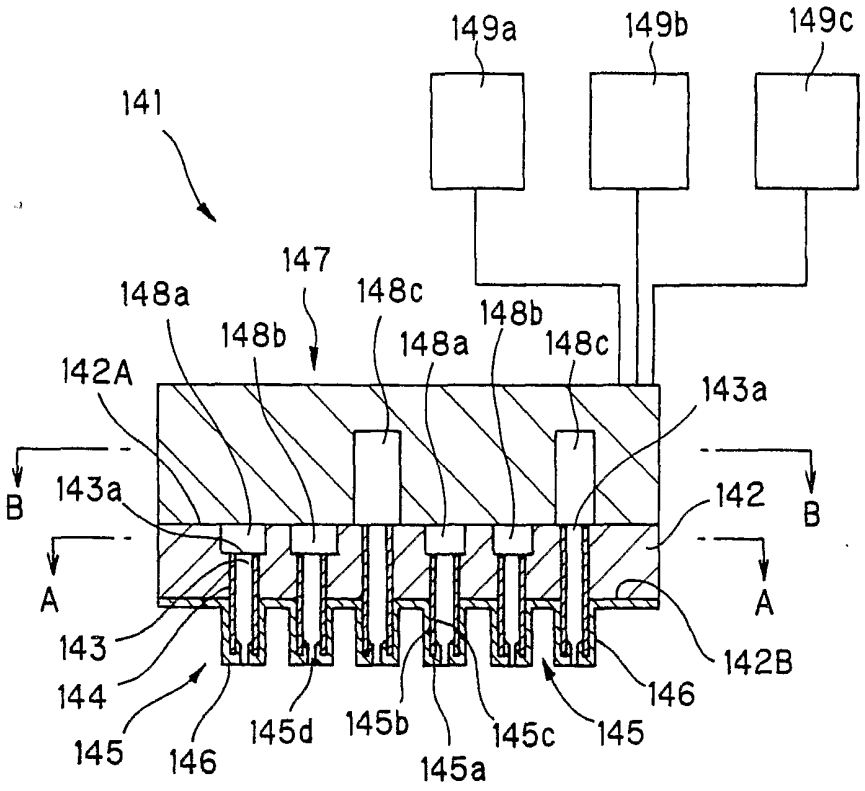


FIG. 32(A)

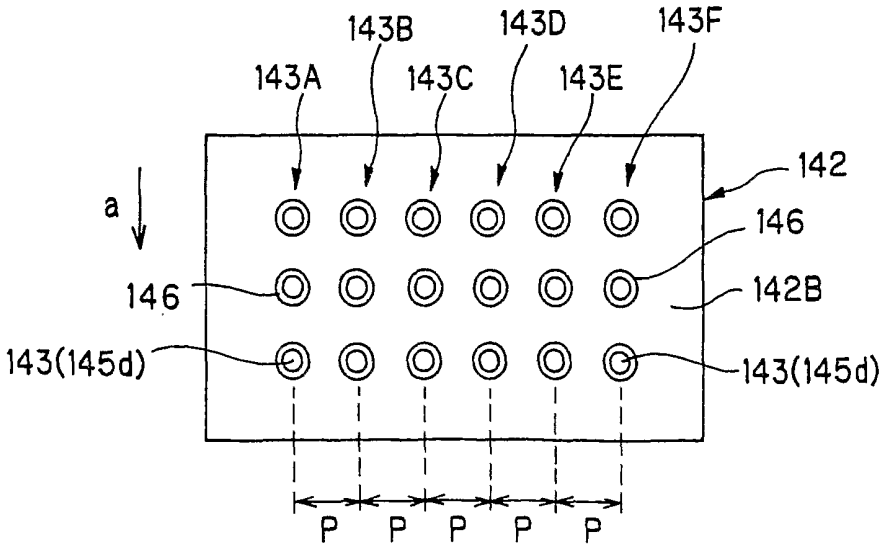


FIG. 32(B)

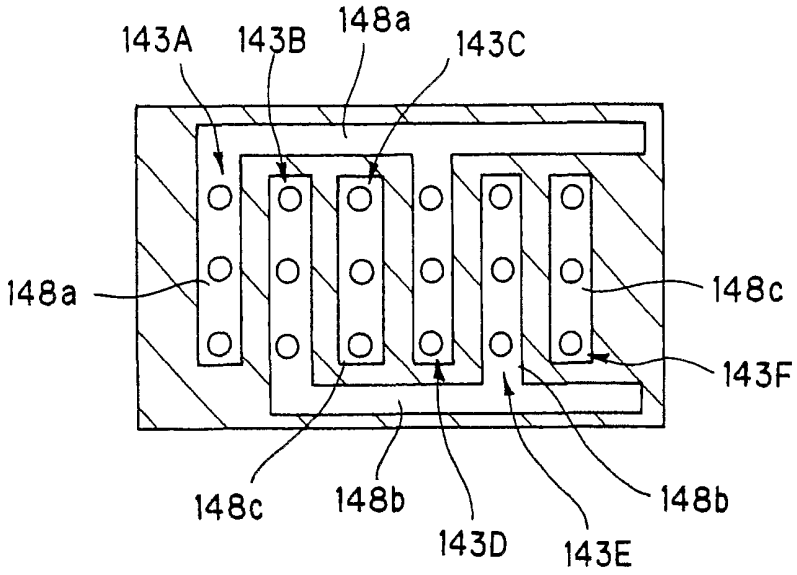

143A
143B
148a
143C
148a
148c
143F
148c
148b
143D
143E
148b

FIG. 33

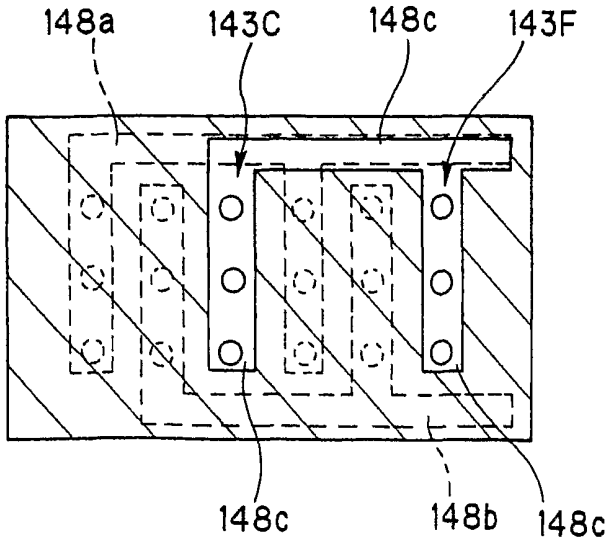

148a
143C
148c
143F
148c
148b
148c

FIG. 34

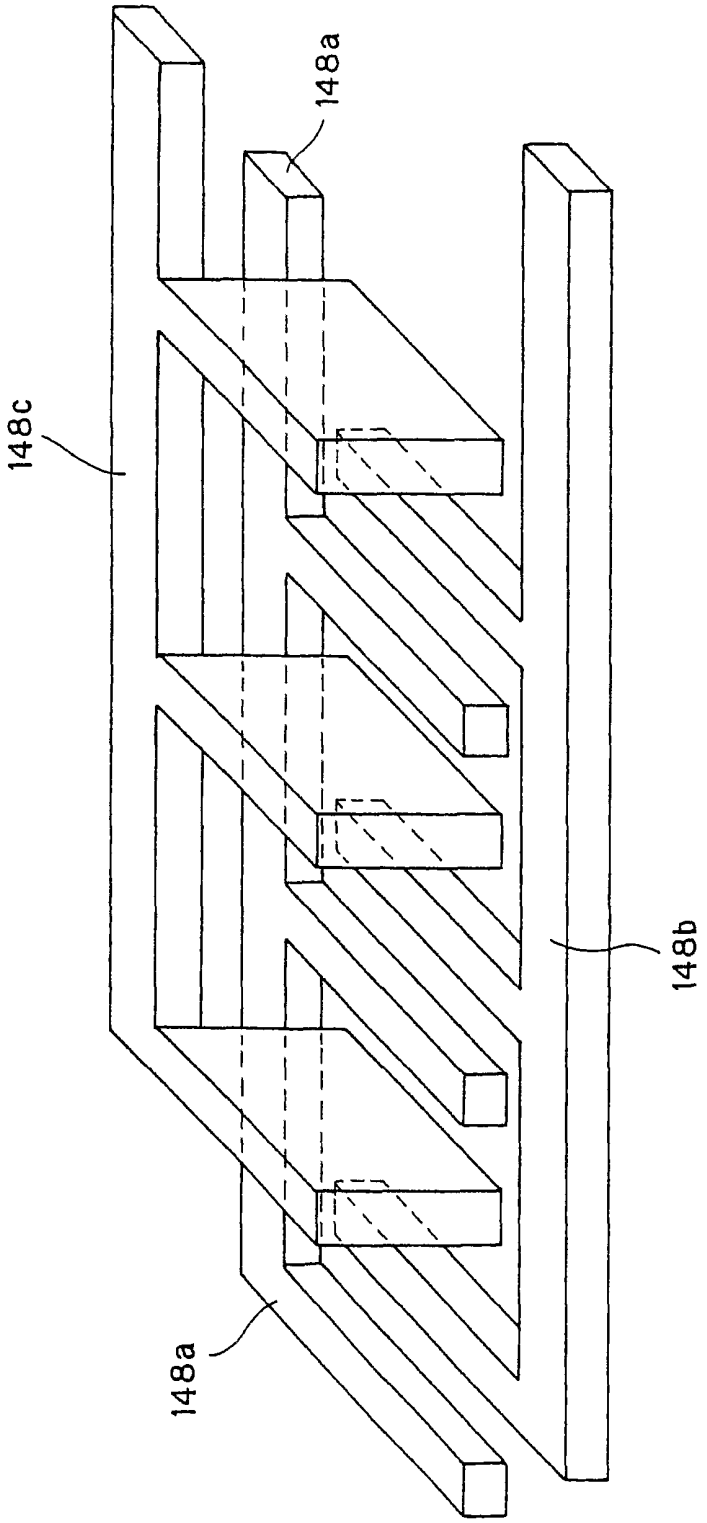


FIG. 35

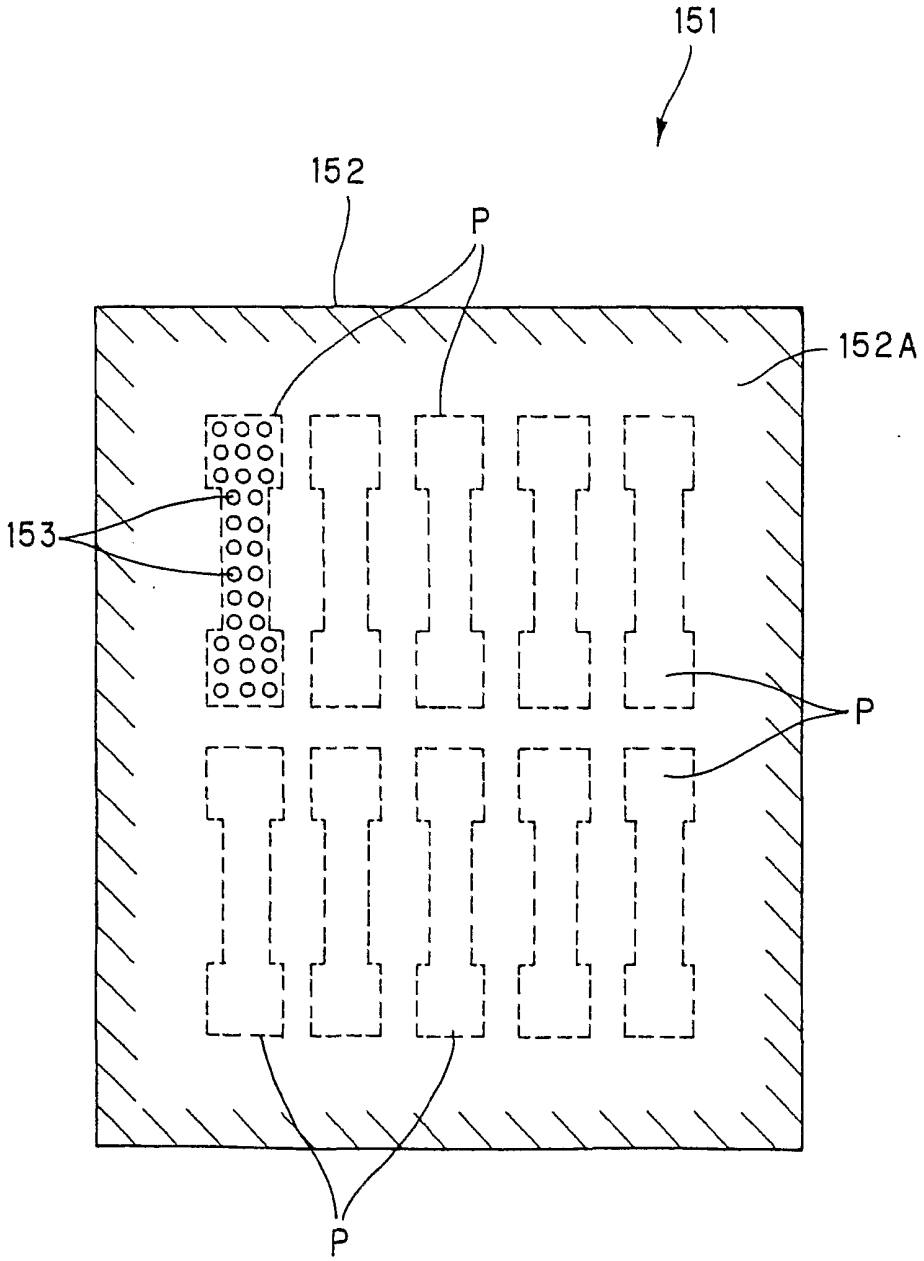


FIG. 36

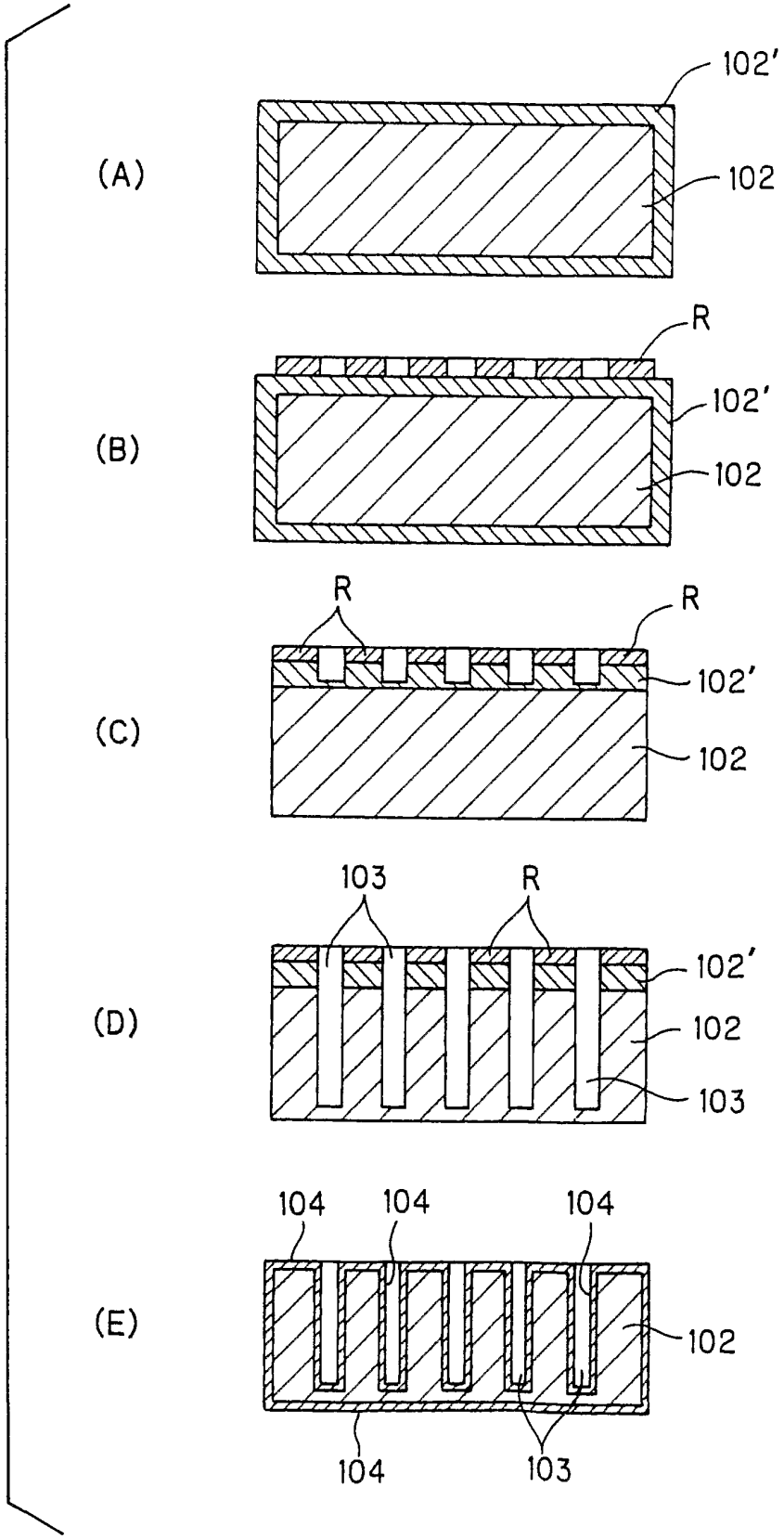

(A)
102'
102
(B)
R
102'
102
(C)
R
R
102'
102
(D)
103
R
102'
102
103
(E)
104
104
104
102
104
103

FIG. 37

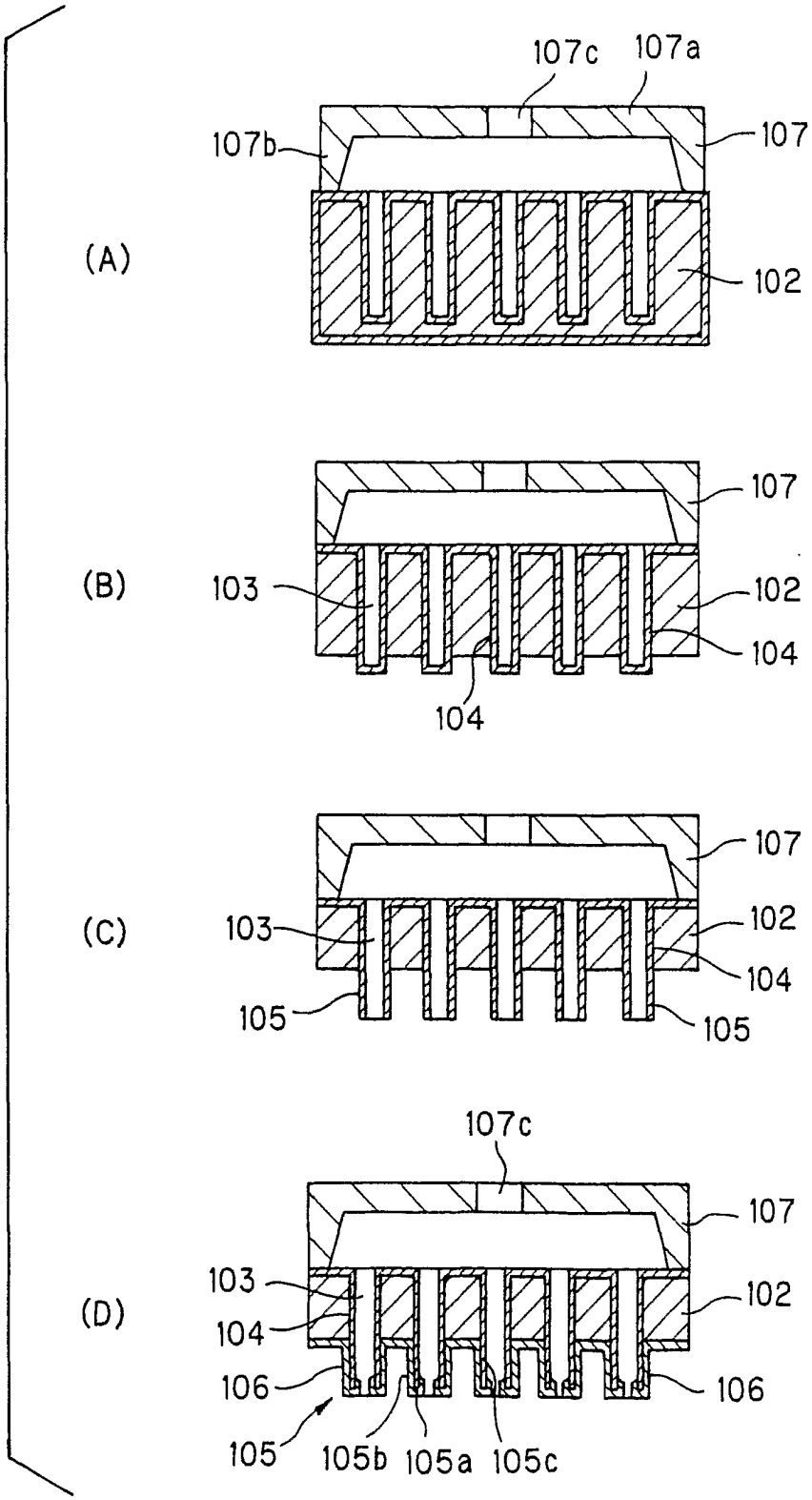

(A)
107c
107a
107b
107
102
(B)
107
103
102
104
104
(C)
107
103
102
104
105
105
(D)
107c
107
103
102
104
106
106
105
105b
105a
105c

FIG. 38

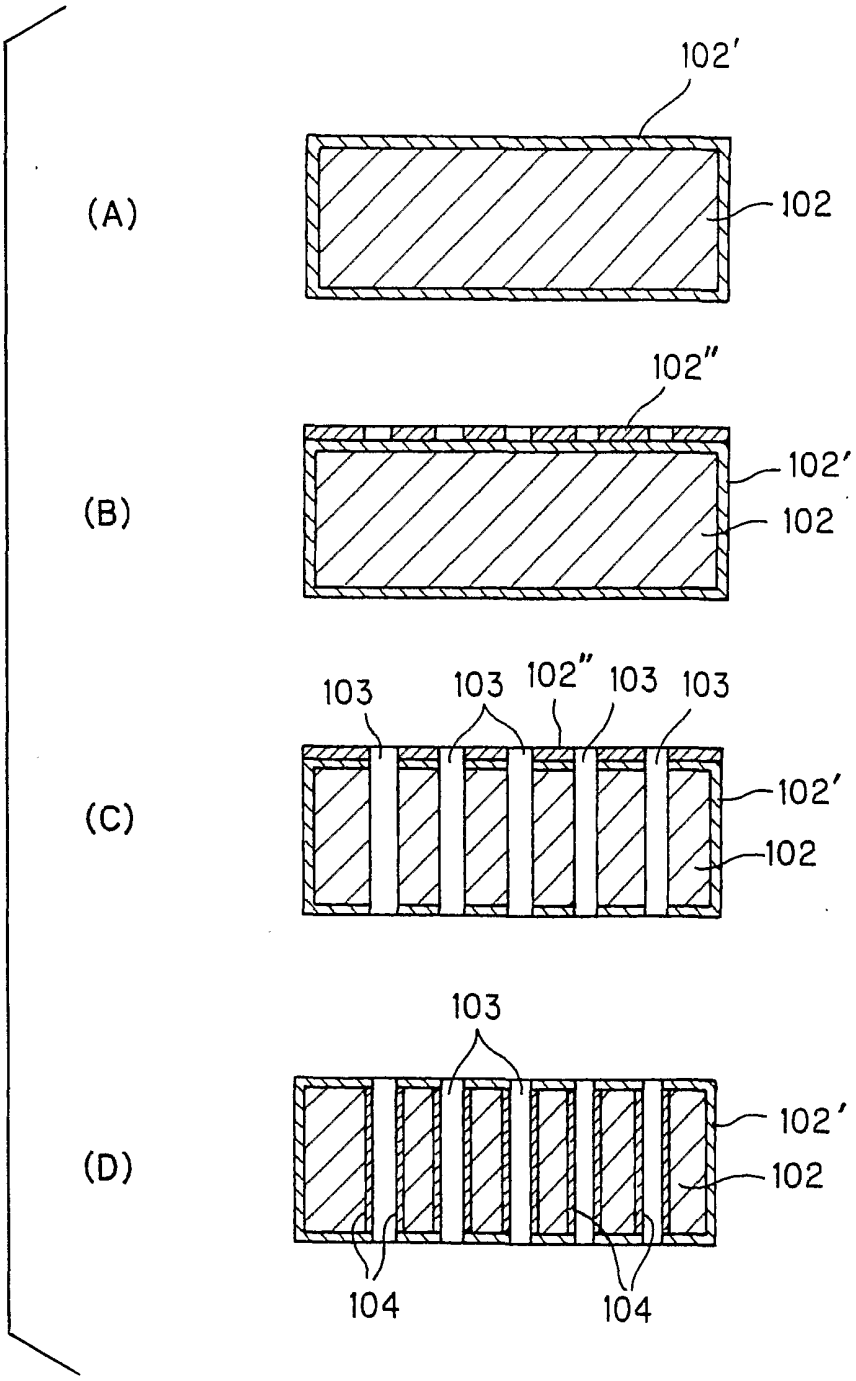

(A)
102'
102
(B)
102"
102'
102
(C)
103
103
102"
103
103
102'
102
(D)
103
102'
102
104
104

FIG. 39

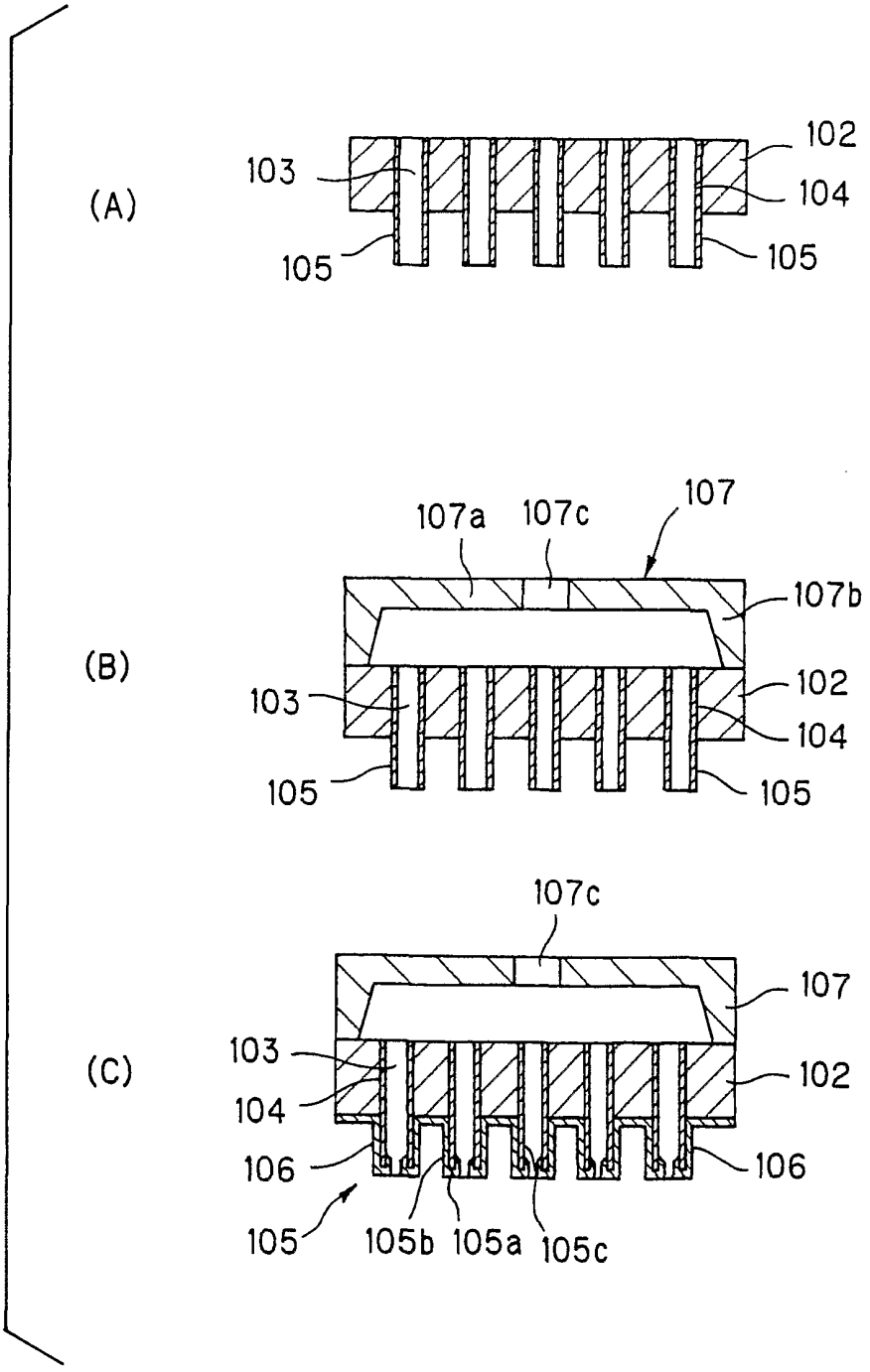

(A)
103
102
104
105
105
(B)
107a
107c
107
107b
103
102
104
105
105
(C)
107c
107
103
102
104
106
106
105
105b
105a
105c

FIG. 40

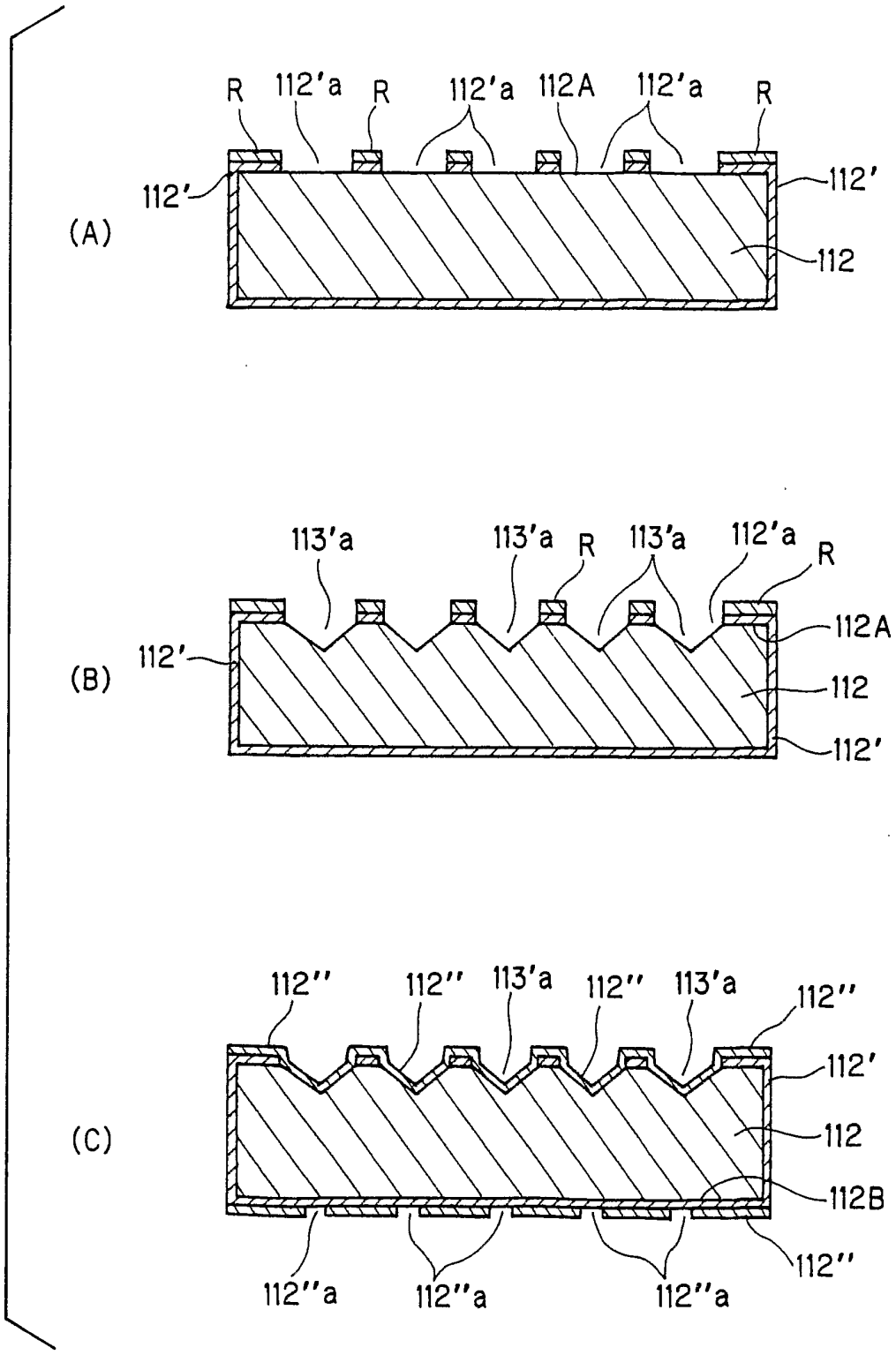

(A)
R
112'a
R
112'a
112A
112'a
R
112'
112'
112
(B)
113'a
113'a
R
113'a
112'a
R
112'
112A
112
112'
(C)
112''
112''
113'a
112''
113'a
112''
112'
112
112B
112''
112''a
112''a
112''a

FIG. 41

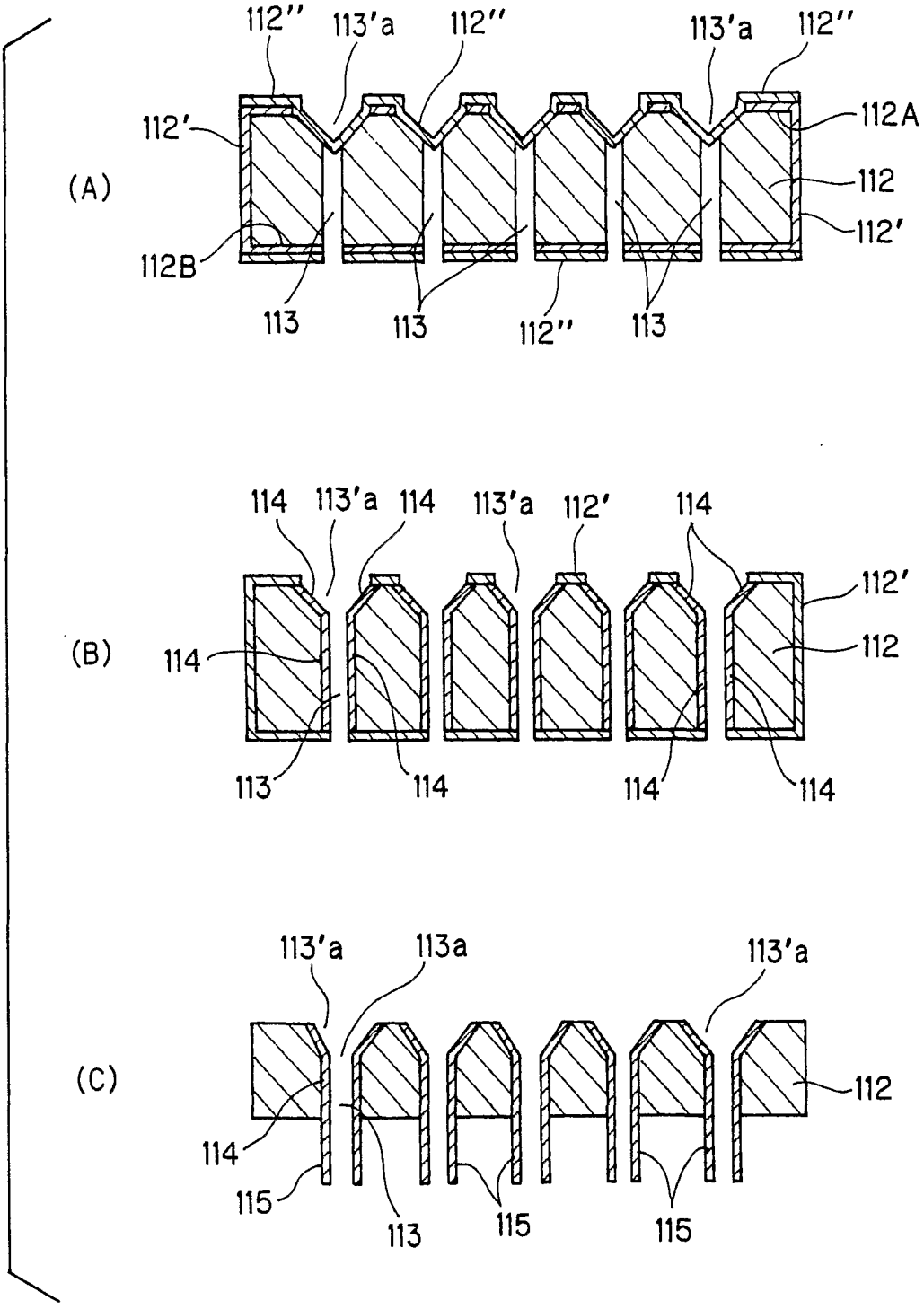

(A)
112''
113'a
112''
113'a
112''
112'
112A
112
112'
112B
113
113
112''
113
(B)
114
113'a
114
113'a
112'
114
112'
112
114
113
114
114
114
(C)
113'a
113a
113'a
112
114
115
113
115
115

FIG. 42

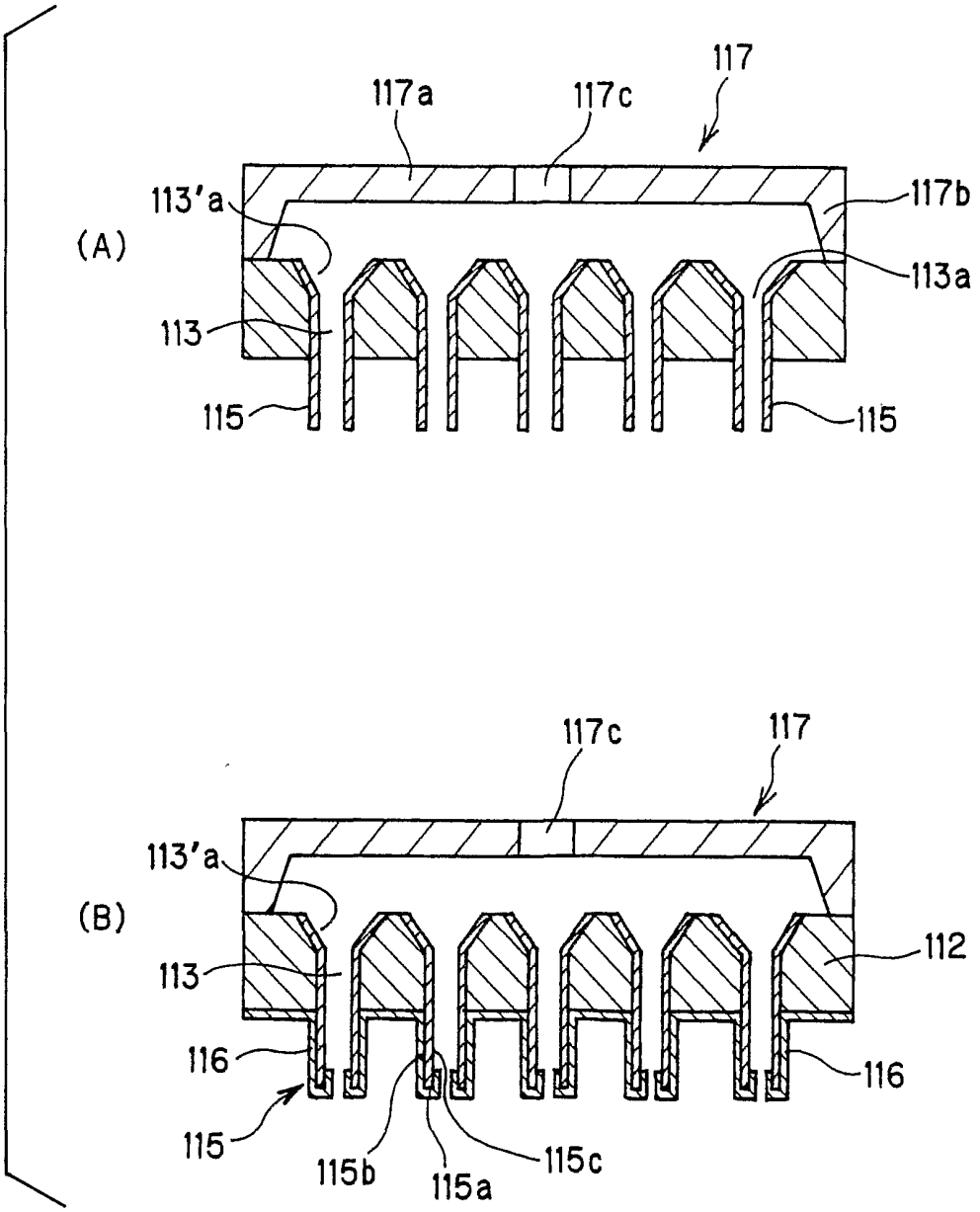

(A)
117
117a
117c
113'a
117b
113a
113
115
115
(B)
117c
117
113'a
112
113
116
116
115
115b
115a
115c

FIG. 43

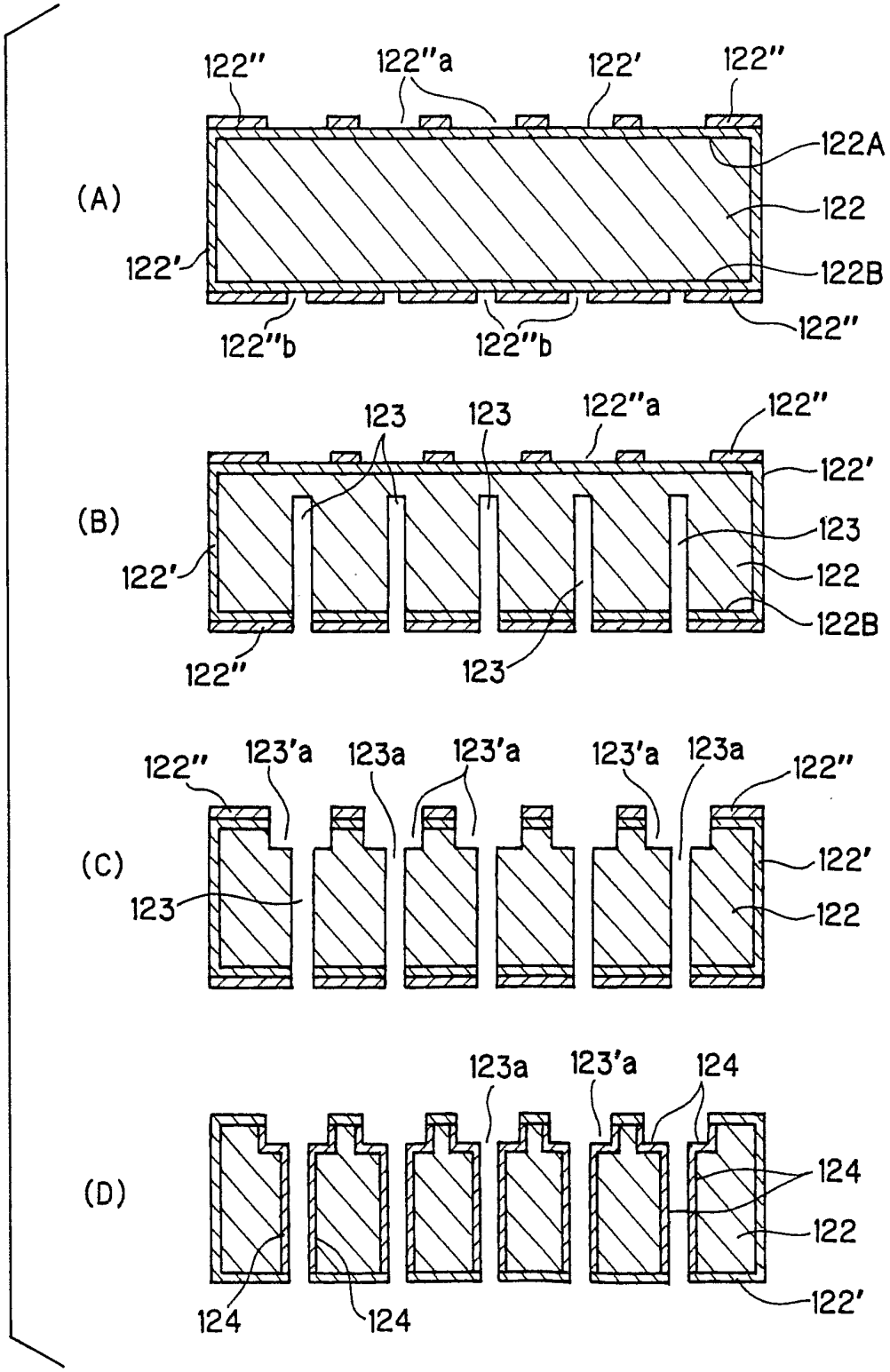

(A)
122''
122''a
122'
122''
122A
122
122B
122''
122'
122''b
122''b
(B)
123
123
122''a
122''
122'
123
122
122B
122'
122''
123
(C)
122''
123'a
123a
123'a
123'a
123a
122''
122'
122
123
(D)
123a
123'a
124
124
122
122'
124
124

FIG. 44

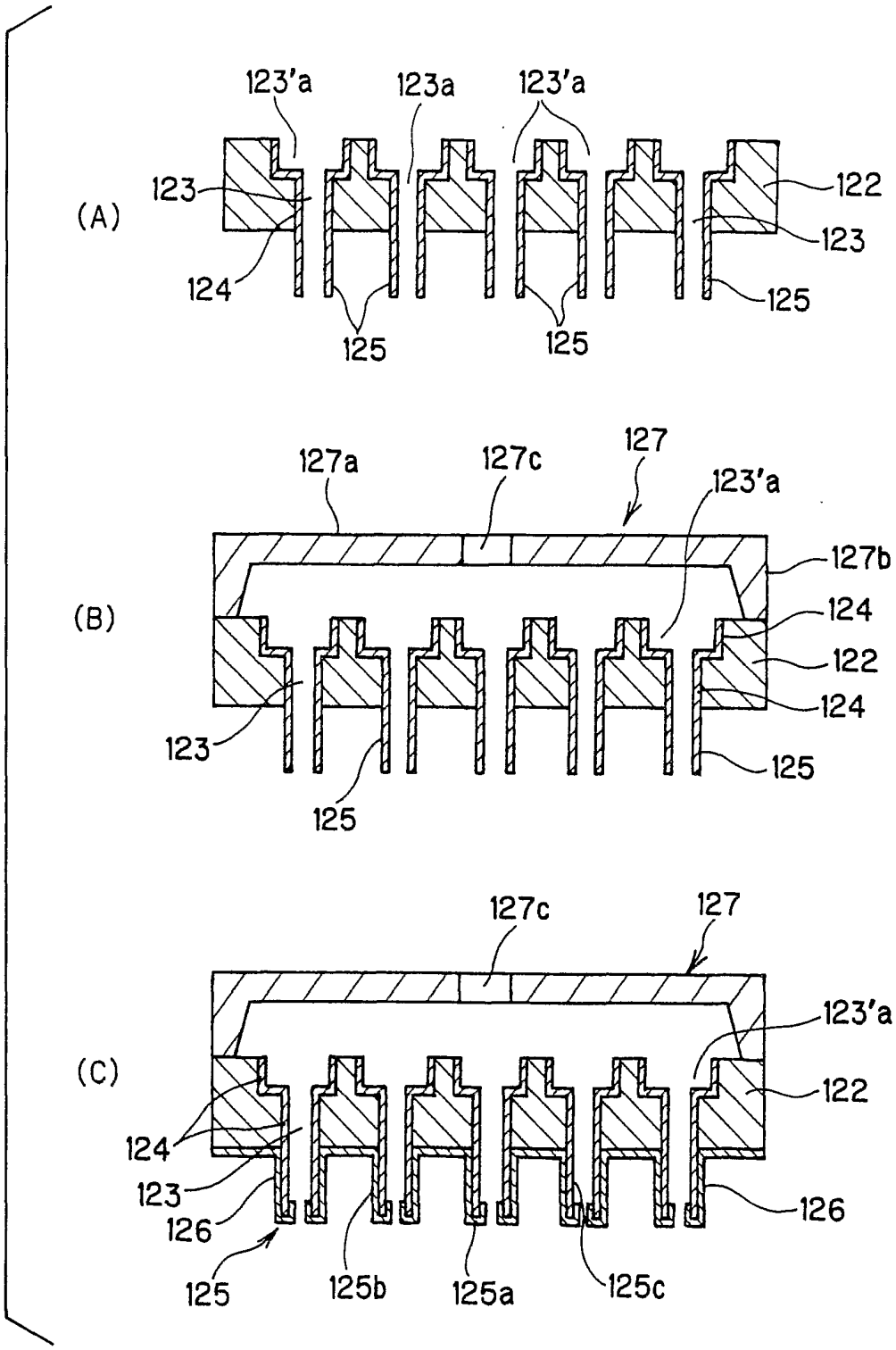

(A)
123'a
123a
123'a
123
122
123
124
125
125
125
(B)
127a
127c
127
123'a
127b
124
122
124
123
125
125
(C)
127c
127
123'a
122
124
123
126
126
125
125b
125a
125c

FIG. 45

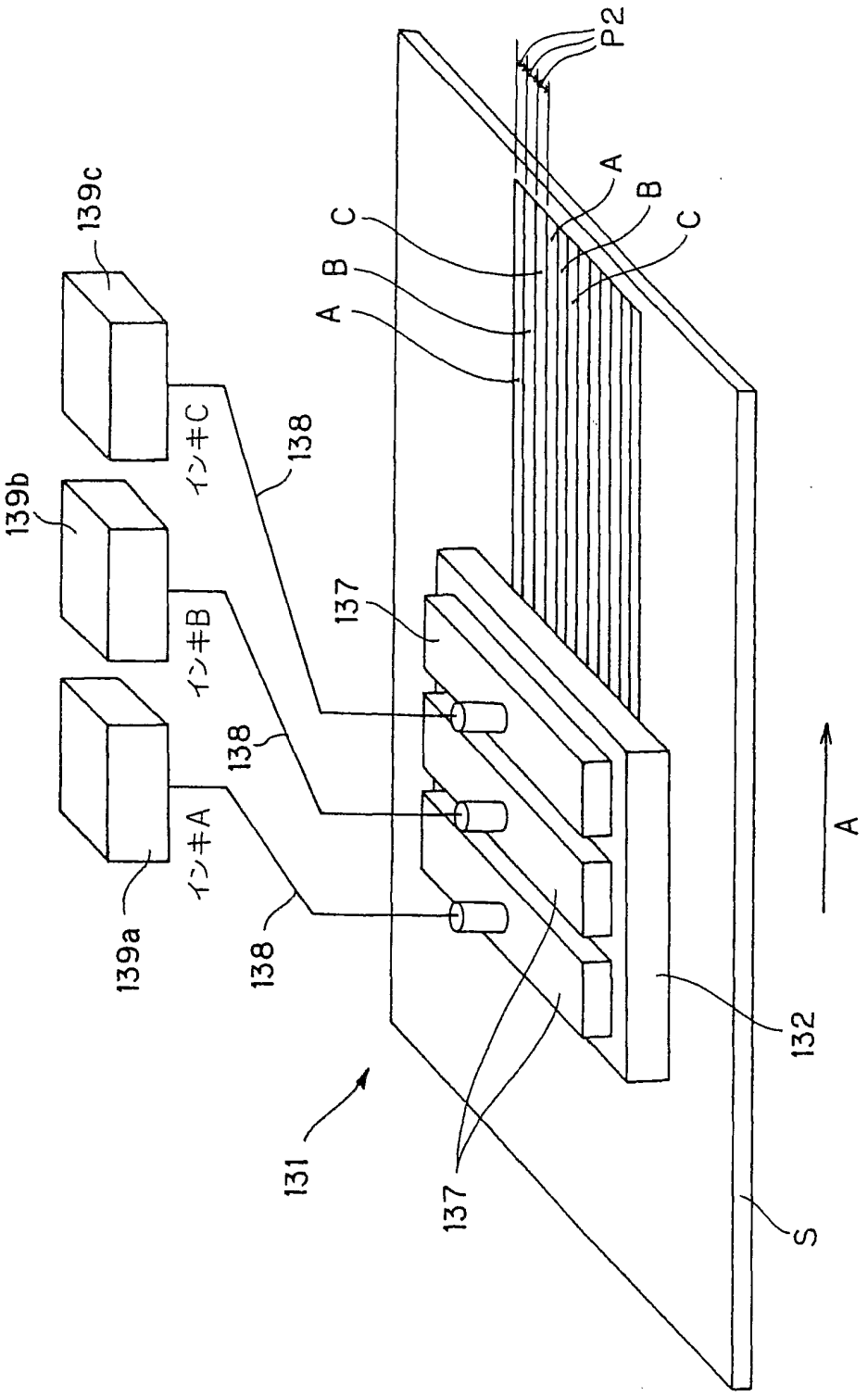

P2
A
B
C
A B C
139c
139b
139a
インキC
インキB
インキA
138
138
138
137
137
131
132
S
A

FIG. 46

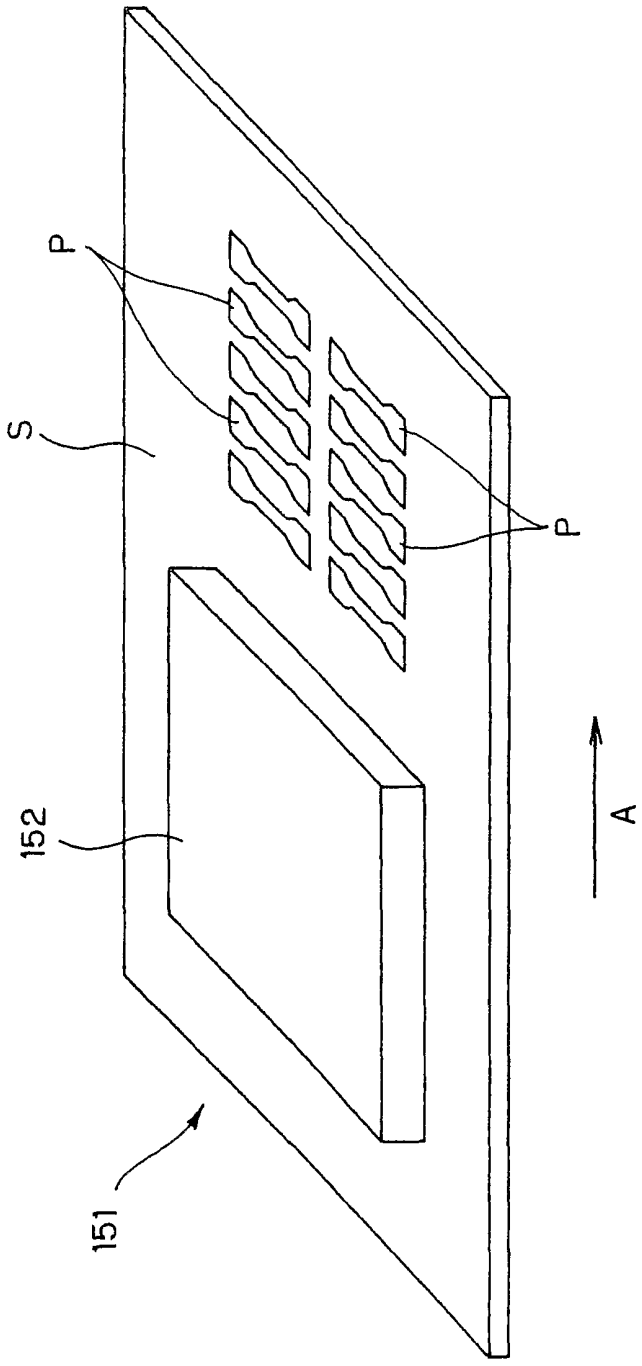


FIG. 47

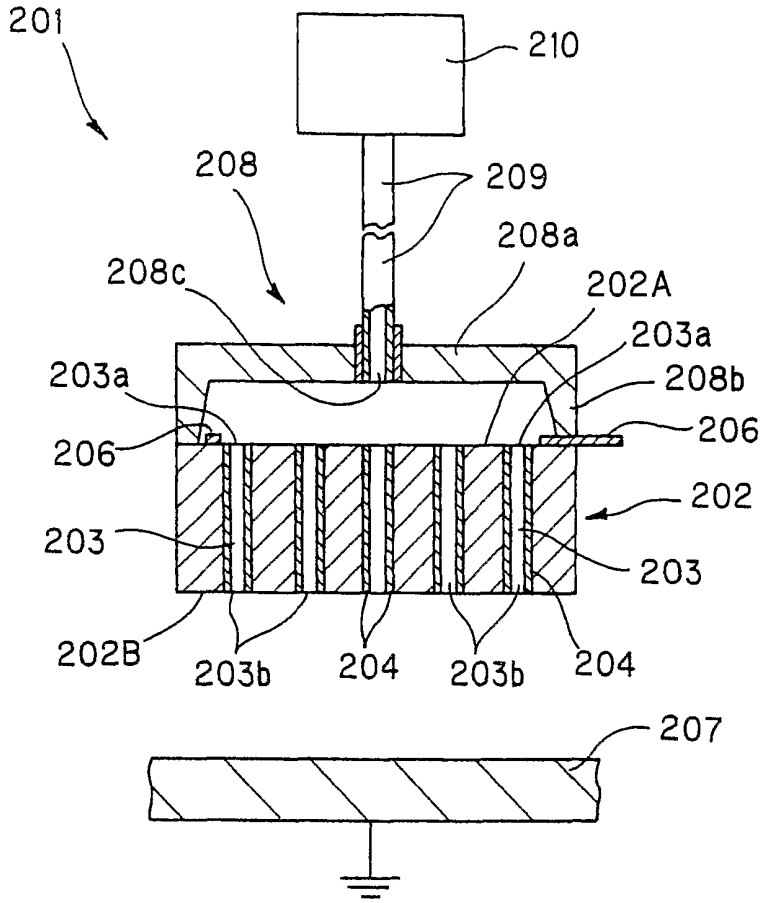

201
210
208
209
208a
208c
202A
203a
203a
208b
206
206
202
203
203
202B
203b
204
203b
204
207

FIG. 48

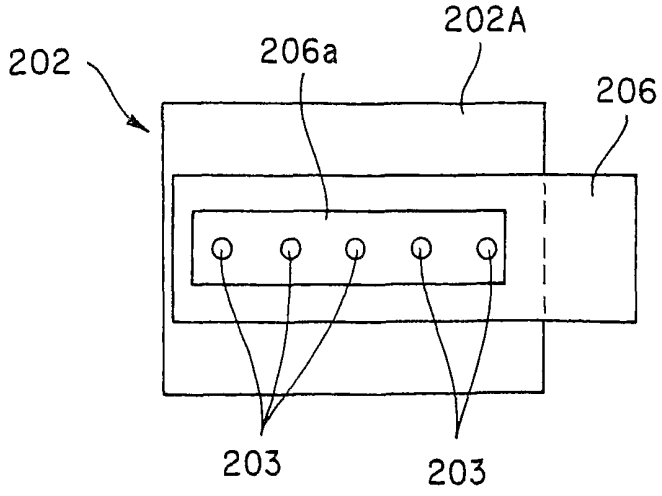

202
206a
202A
206
203
203

FIG. 49

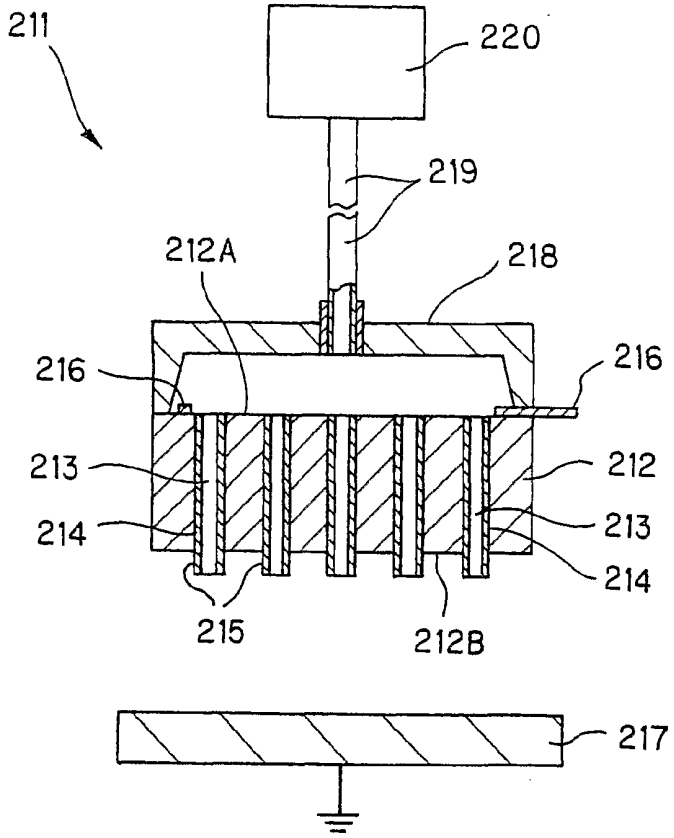

211
220
219
212A
218
216
216
213
212
214
213
214
215
212B
217

FIG. 50

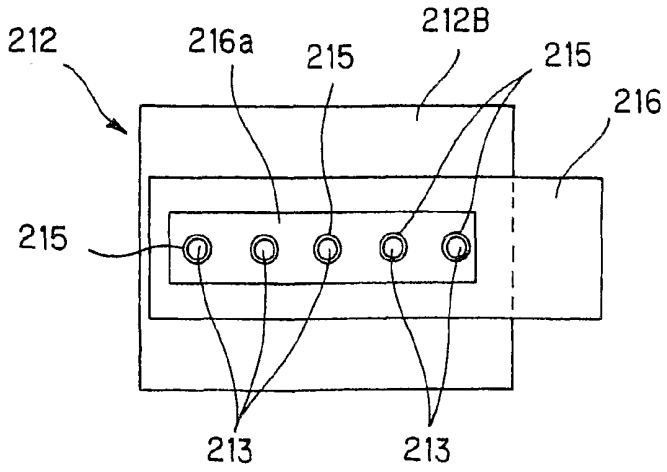

212
216a
215
212B
215
216
215
213
213

FIG. 51

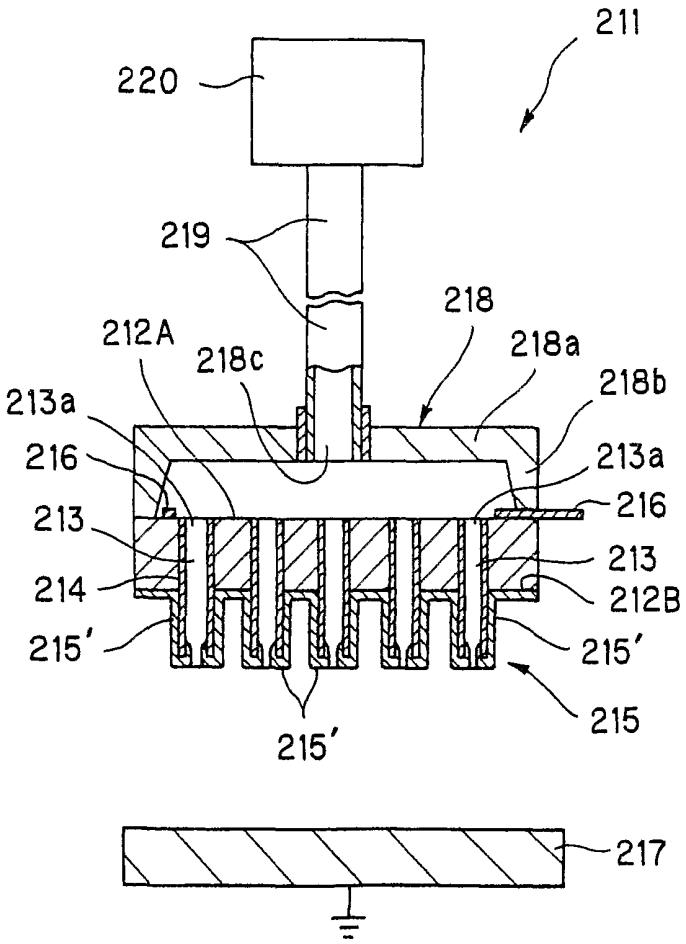

211
220
219
218
212A
218c
218a
218b
213a
216
213a
213
216
213
214
212B
215'
215'
215
215'
217

FIG. 52

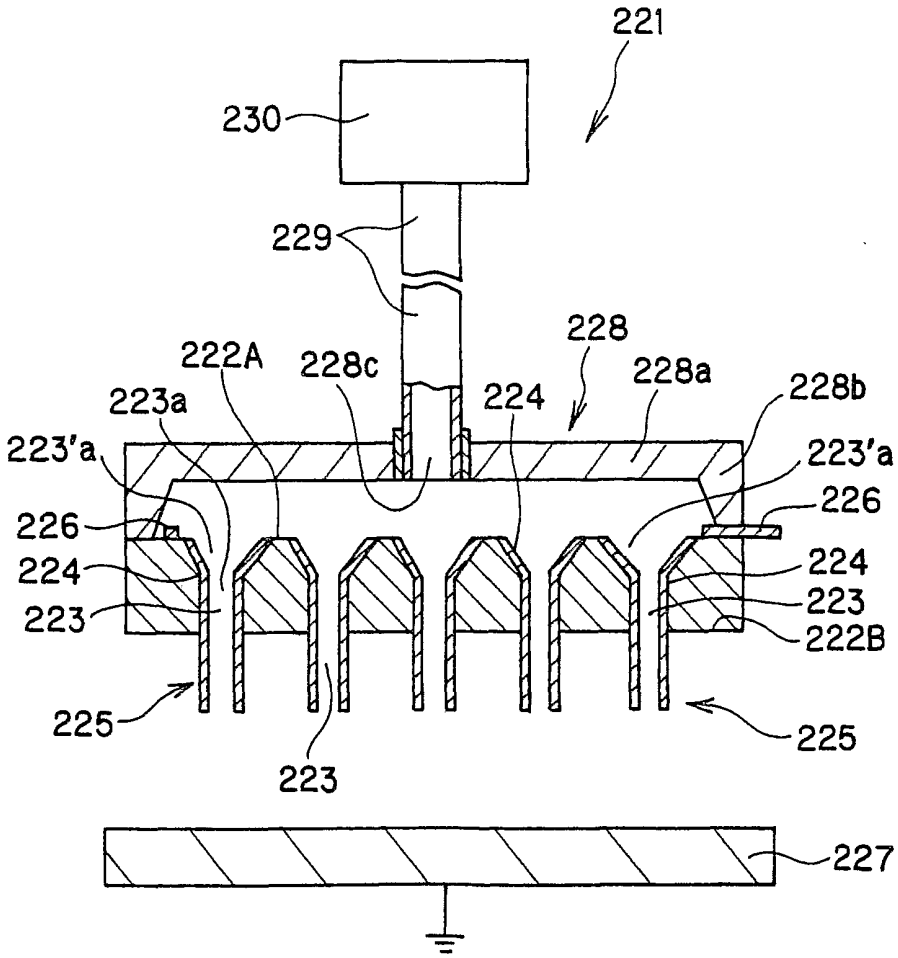

221
230
229
228
222A
228c
228a
228b
223a
224
223'a
223'a
226
226
224
224
223
223
222B
225
225
223
227

FIG. 53

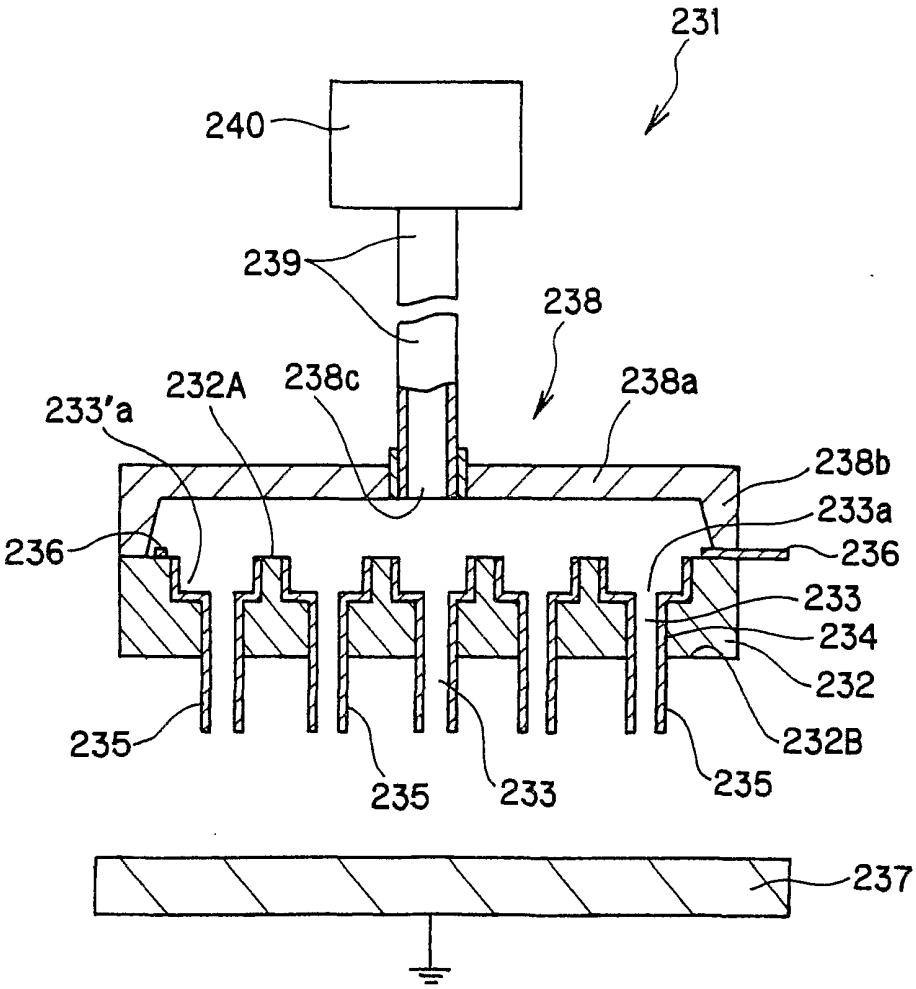

231
240
239
238
238a
232A
238c
233'a
238b
233a
236
236
233
234
232
232B
235
235
233
235
237

FIG. 54

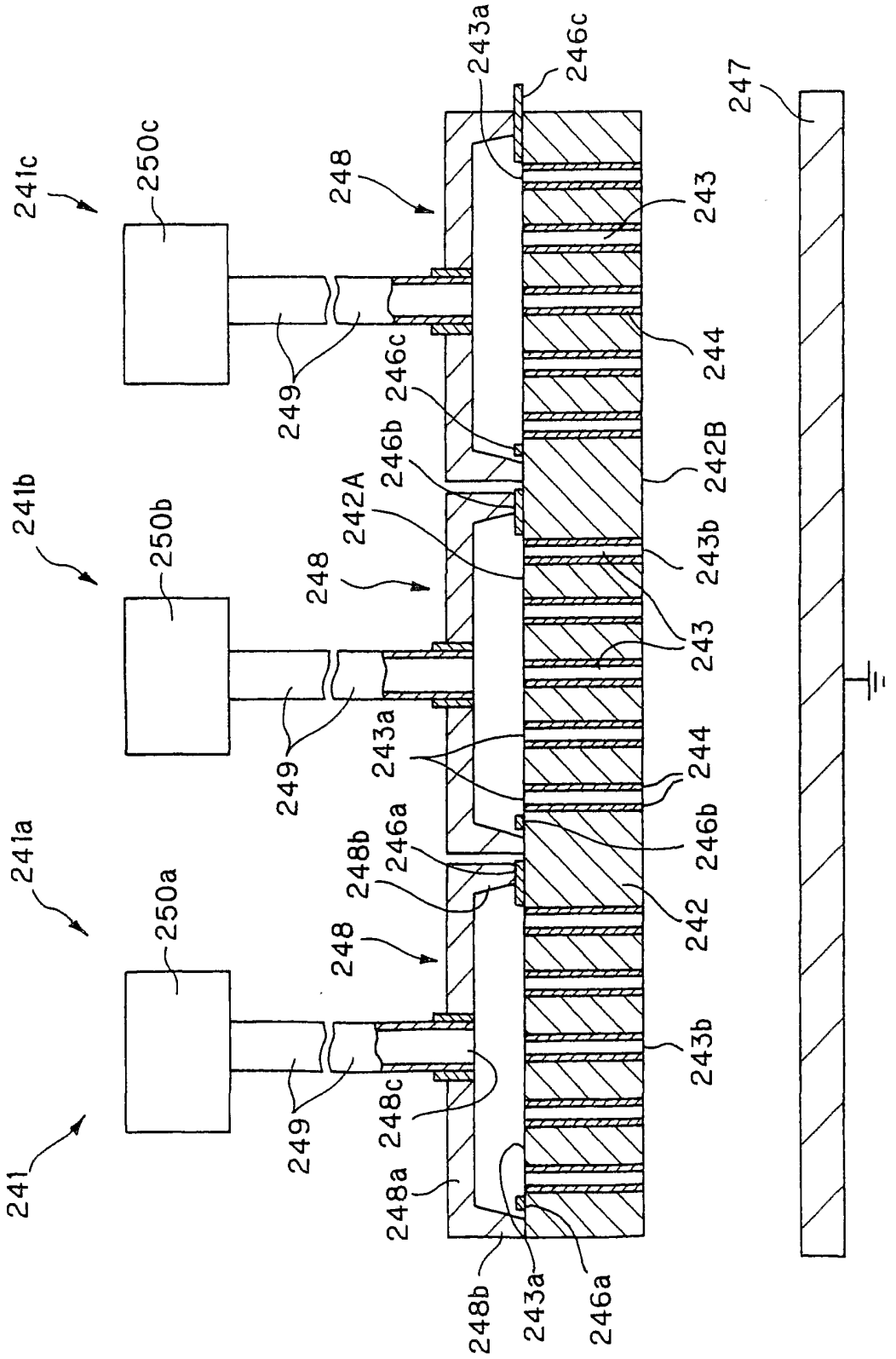

241
241a
241b
241c
250a
250b
250c
248
248a
248b
248c
249
242
242A
242B
243
243a
243b
244
246a
246b
246c
247

FIG. 55

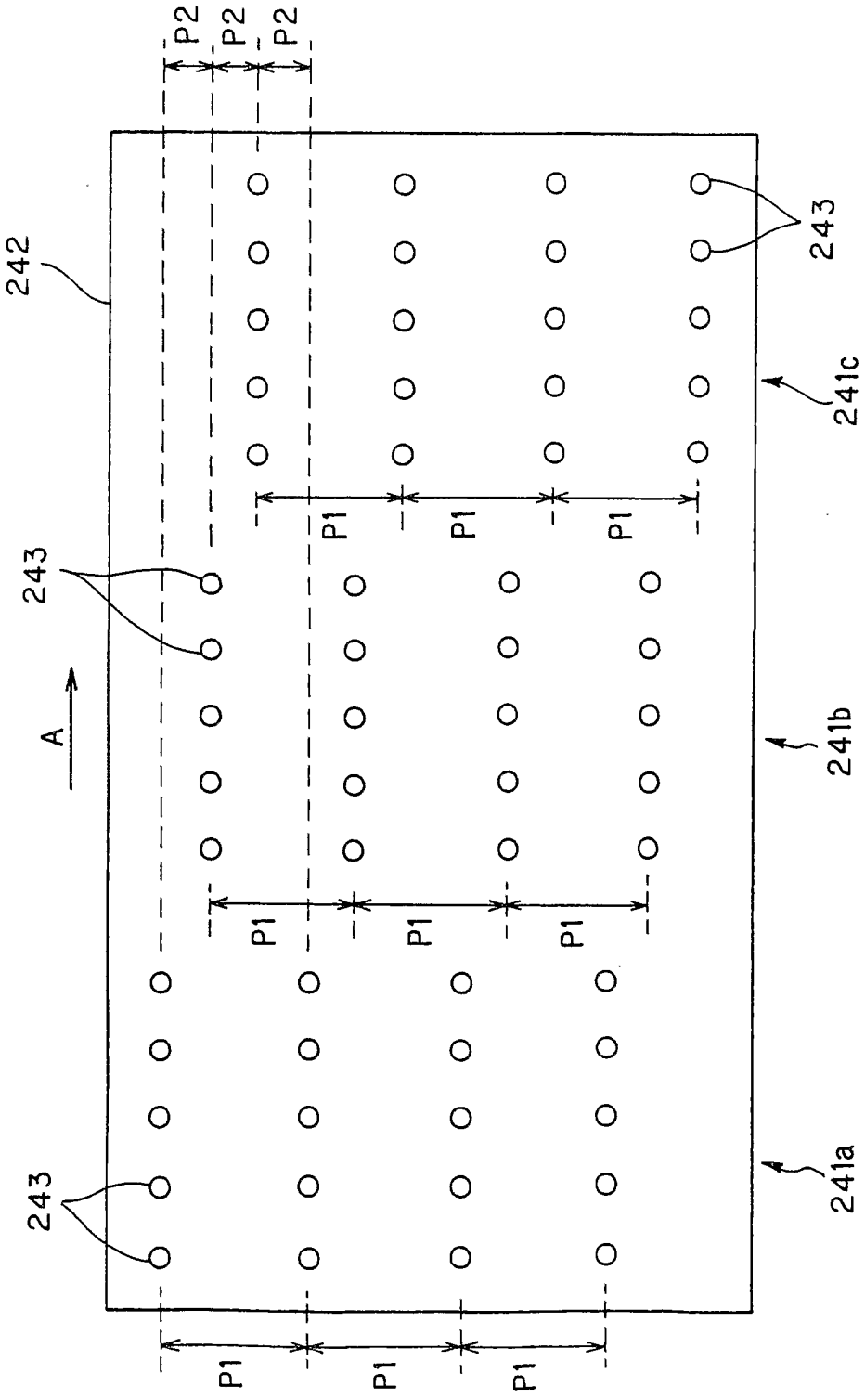


FIG. 56

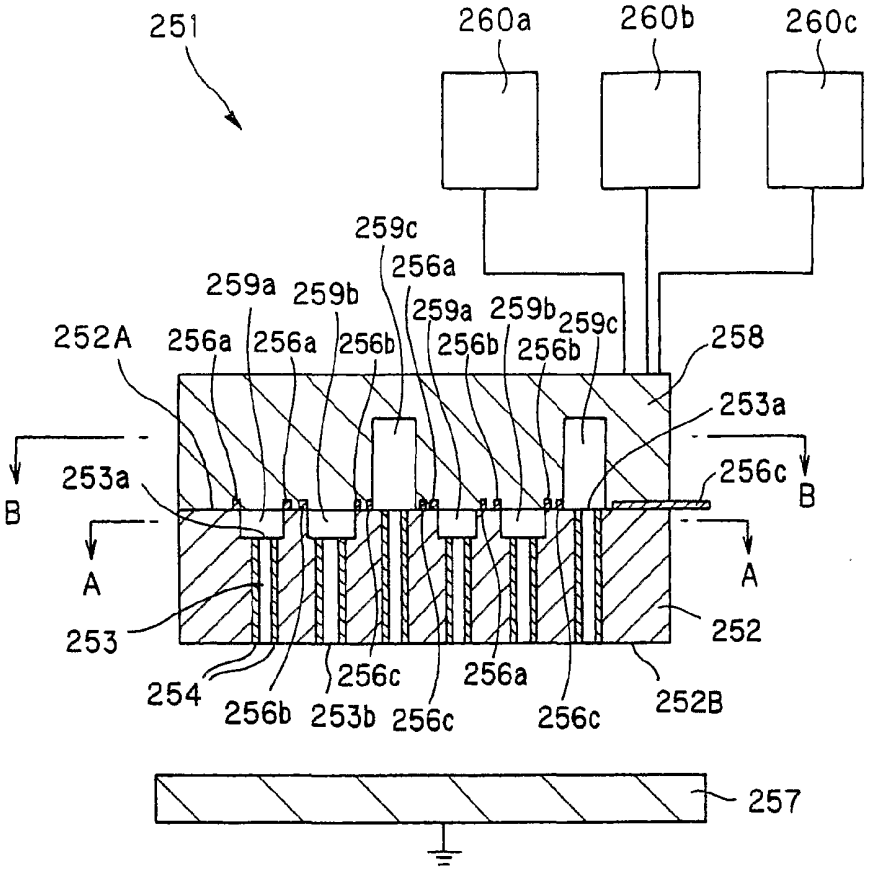


FIG. 57(A)

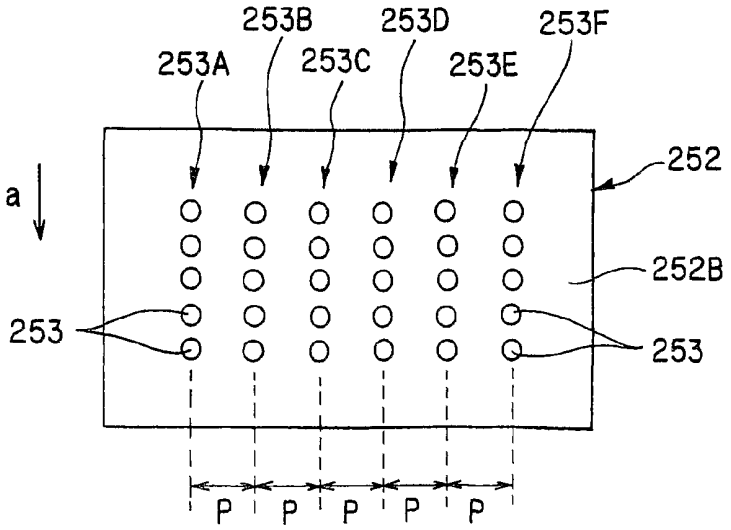


FIG. 57(B)

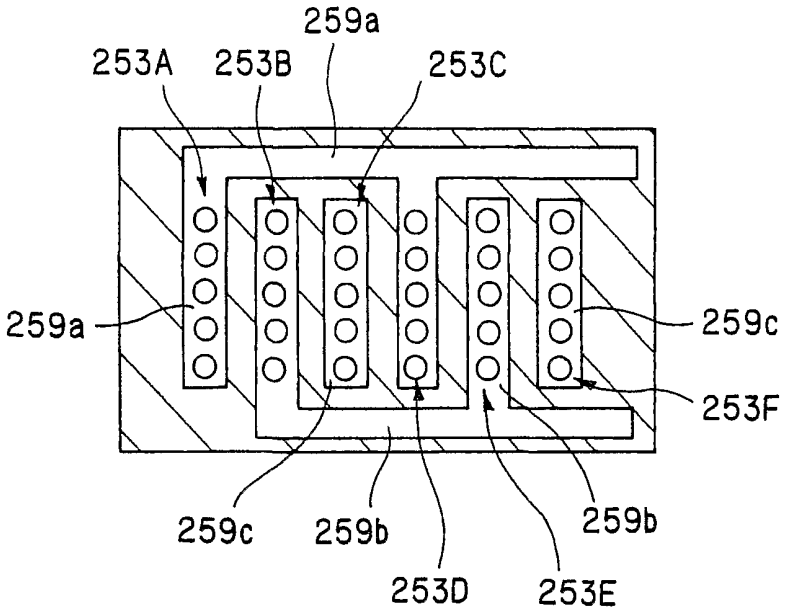

259a
253A
253B
253C
259a
259c
253F
259c
259b
259b
253D
253E

FIG. 58

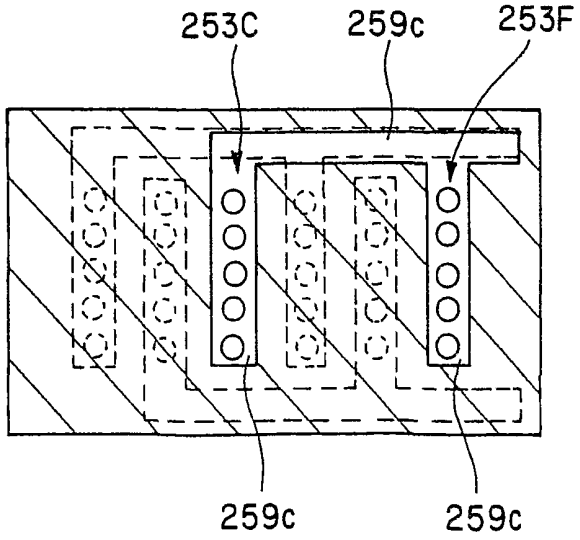

253C
259c
253F
259c
259c

FIG. 59

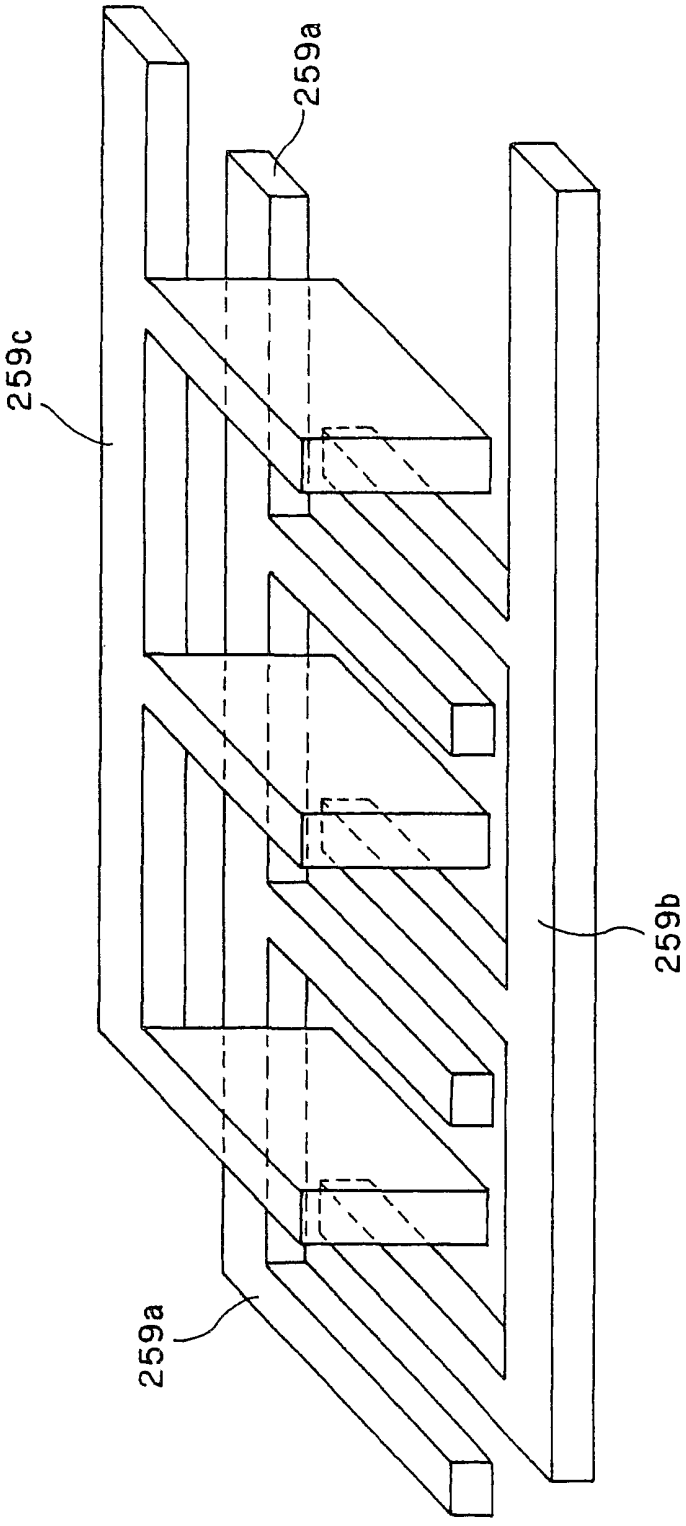


FIG. 60

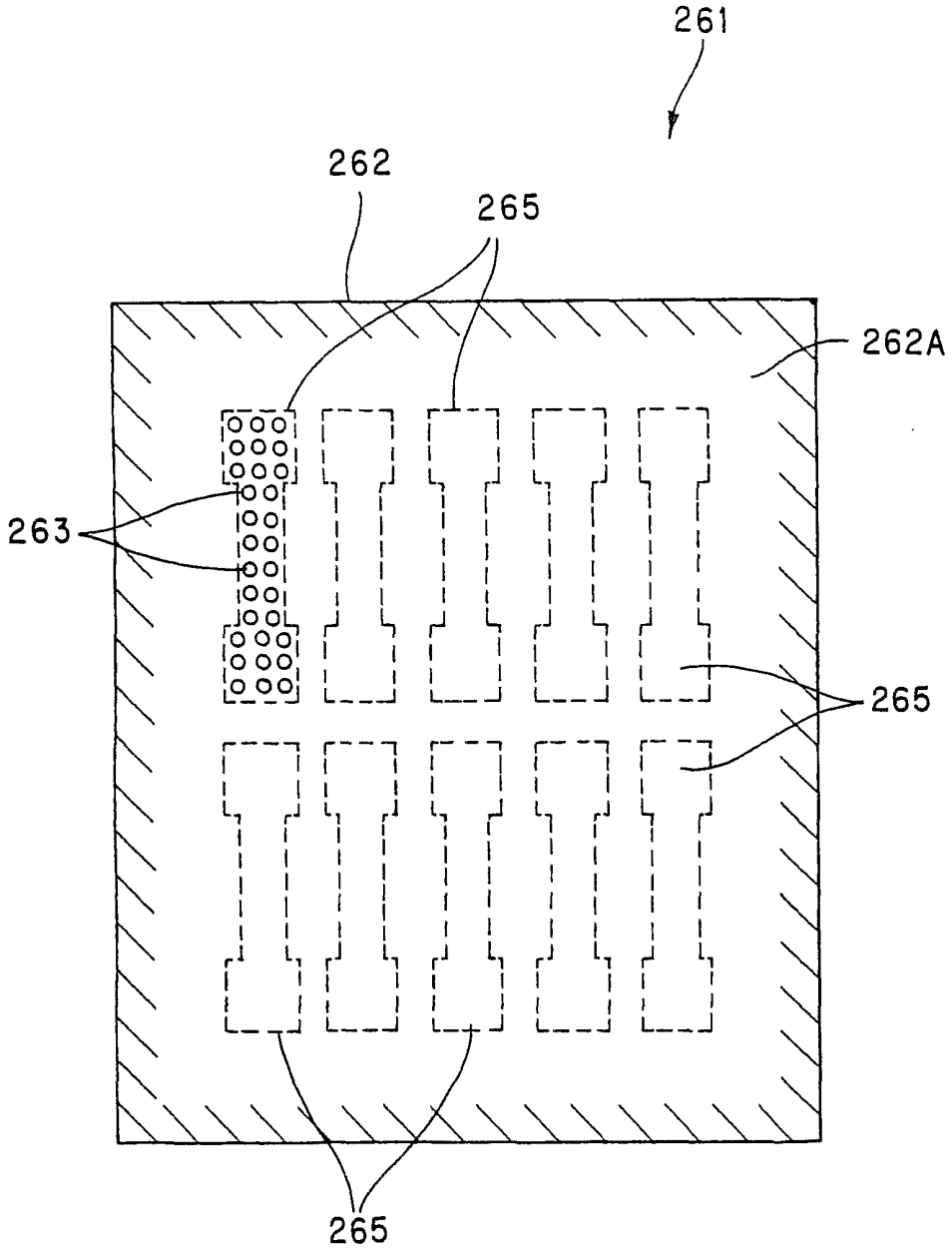


FIG. 61

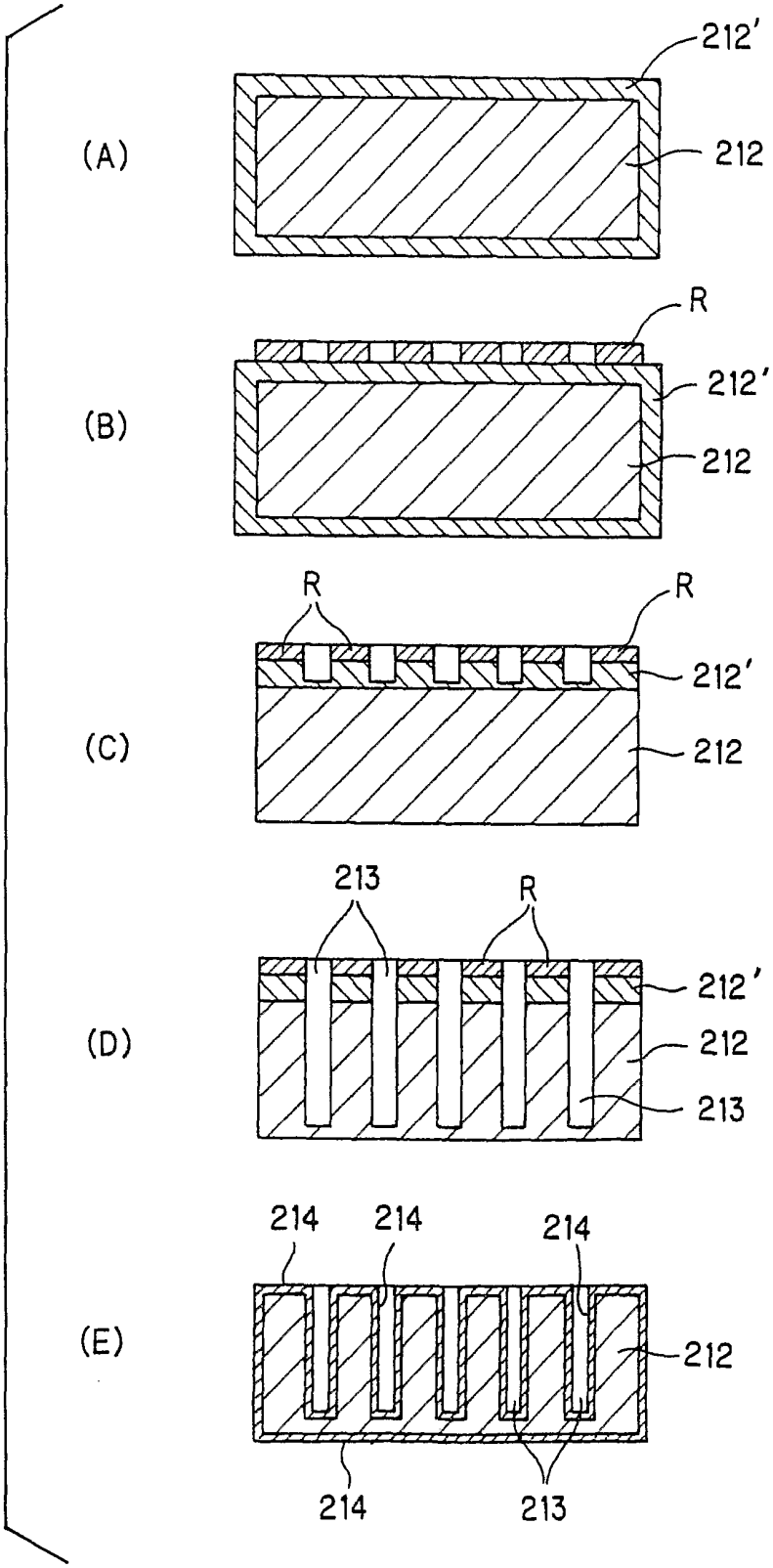

(A)
212'
212
(B)
R
212'
212
(C)
R
R
212'
212
(D)
213
R
212'
212
213
(E)
214
214
214
212
214
213

FIG. 62

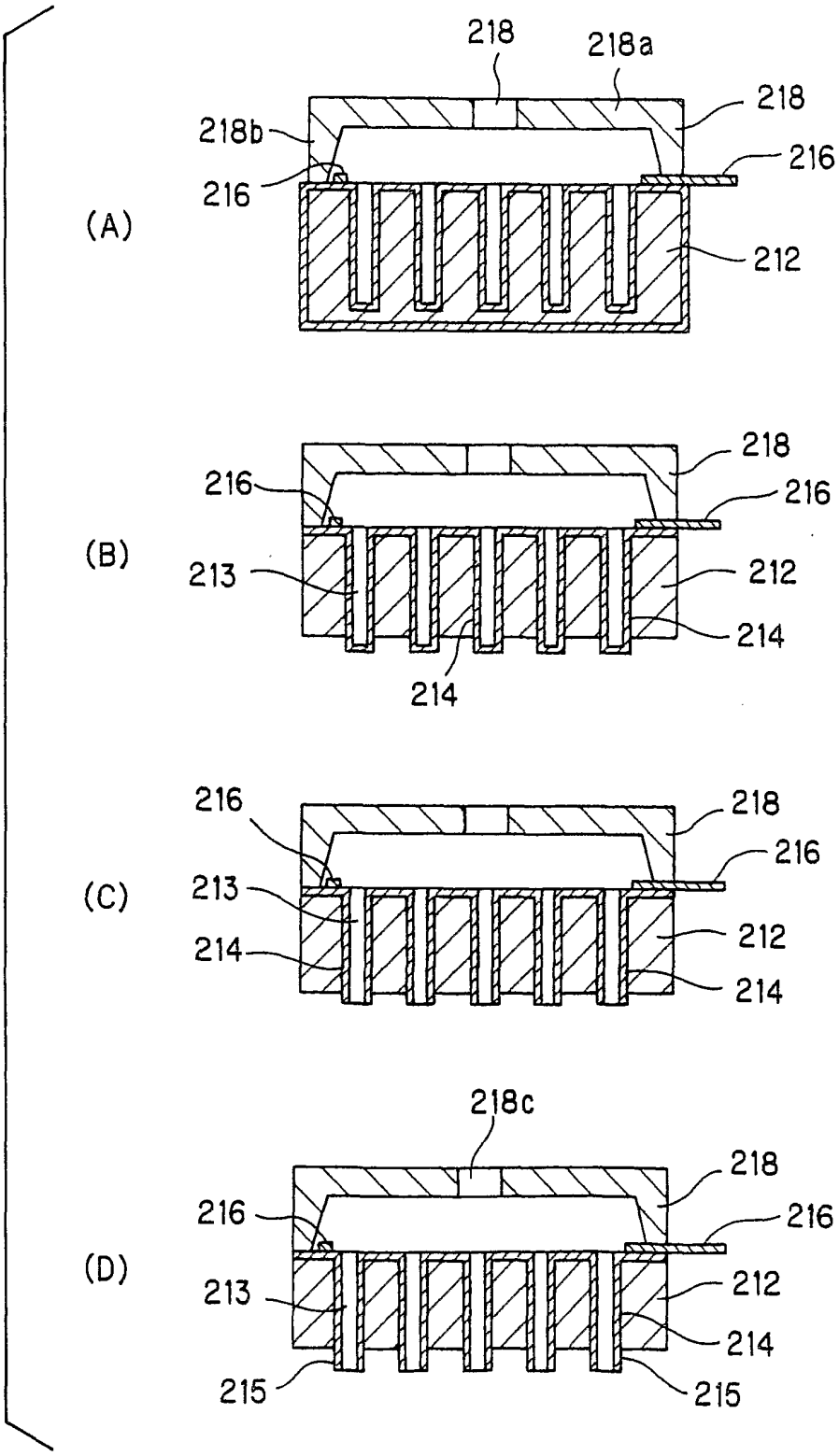

(A)
218
218a
218b
218
216
216
212
(B)
216
218
216
213
212
214
214
(C)
216
218
216
213
214
212
214
(D)
218c
218
216
216
213
212
214
215
215

FIG. 63

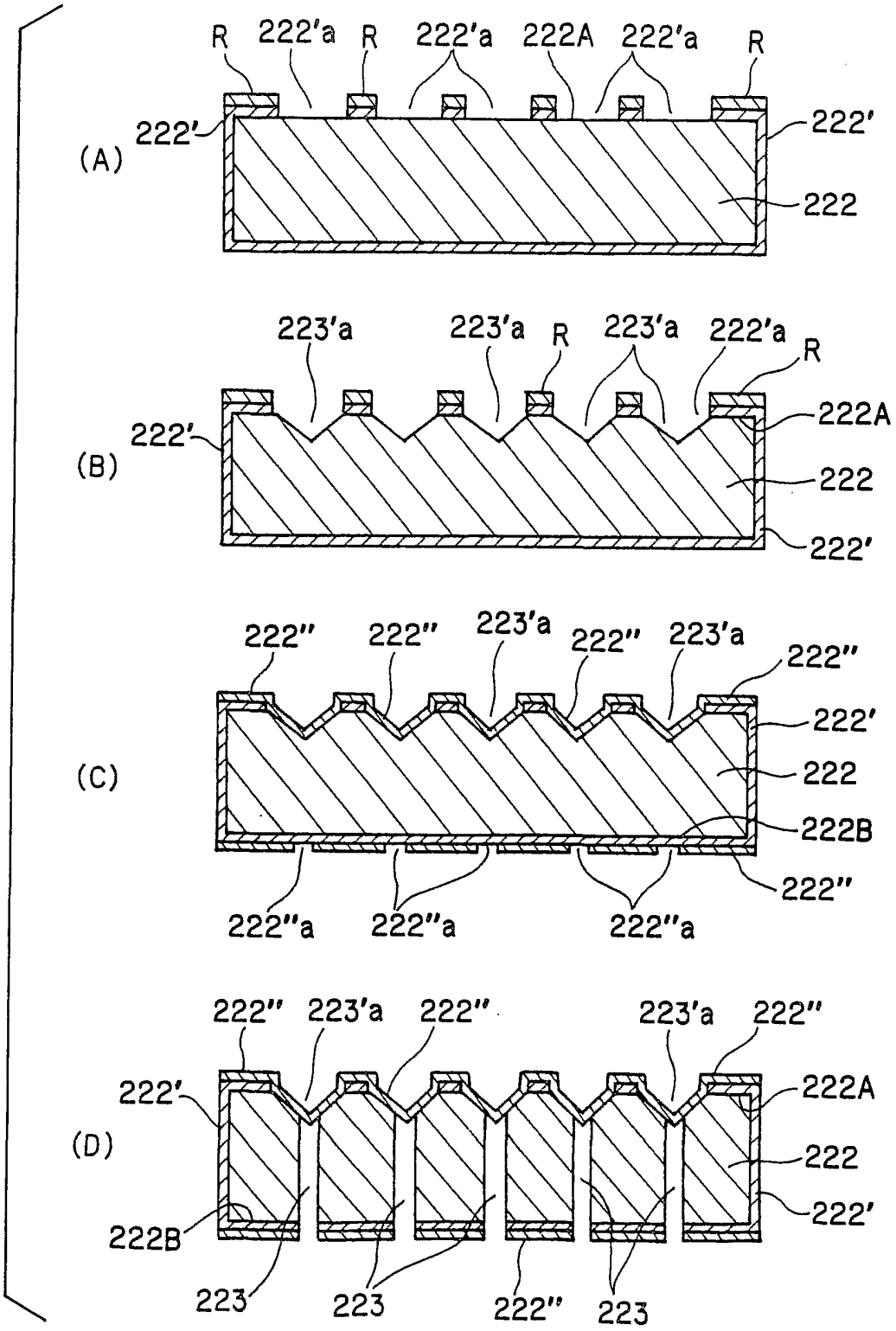

(A)
R
222'a
R
222'a
222A
222'a
R
222'
222'
222
(B)
223'a
223'a
R
223'a
222'a
R
222'
222A
222
222'
(C)
222"
222"
223'a
222"
223'a
222"
222'
222
222B
222"
222"a
222"a
222"a
(D)
222"
223'a
222"
223'a
222"
222'
222A
222
222'
222B
223
223
222"
223

FIG. 64

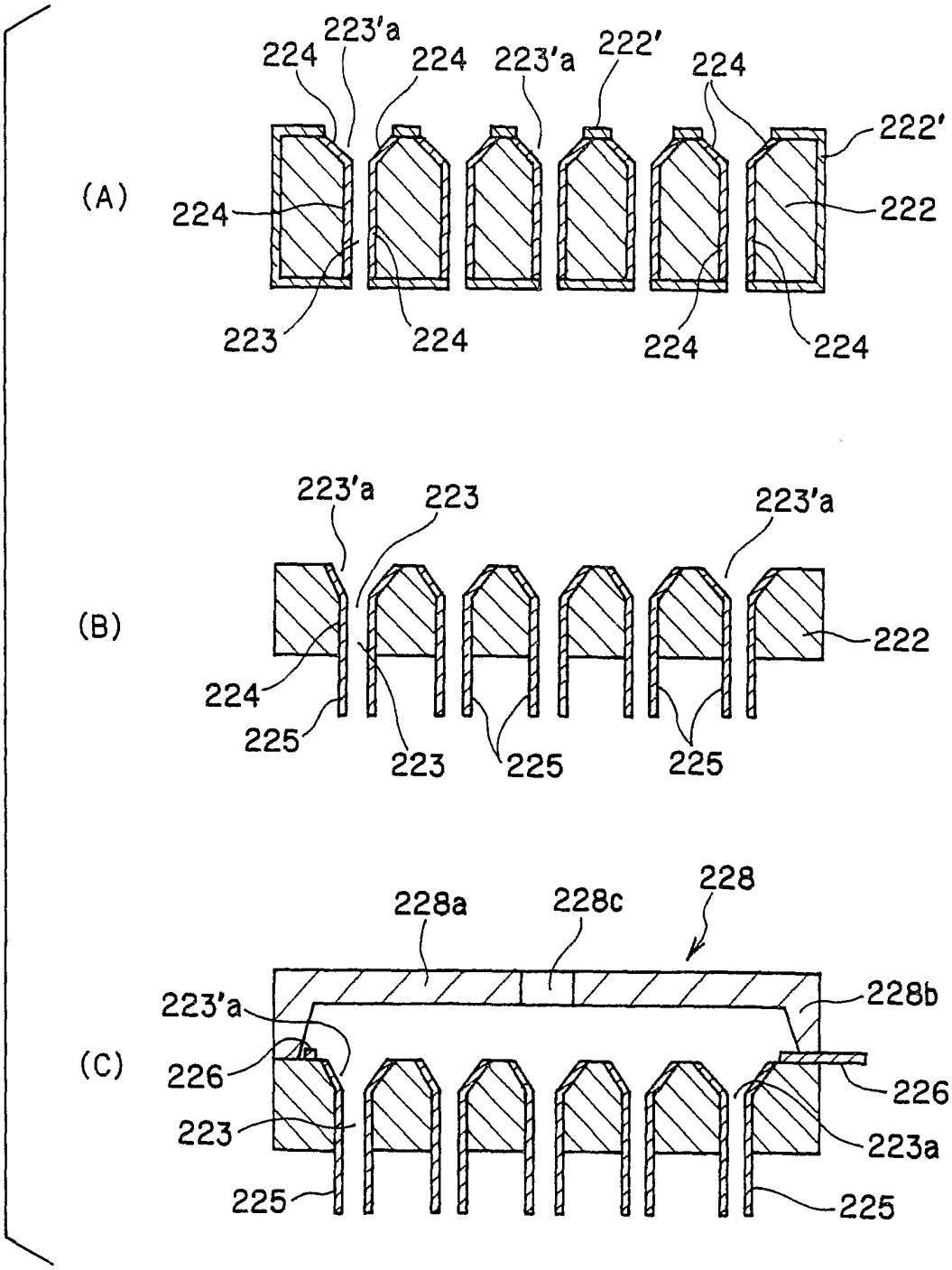

(A)
223'a
224
224
223'a
222'
224
222'
224
222
223
224
224
224
(B)
223'a
223
223'a
222
224
225
223
225
225
(C)
228a
228c
228
223'a
228b
226
226
223
223a
225
225

FIG. 65

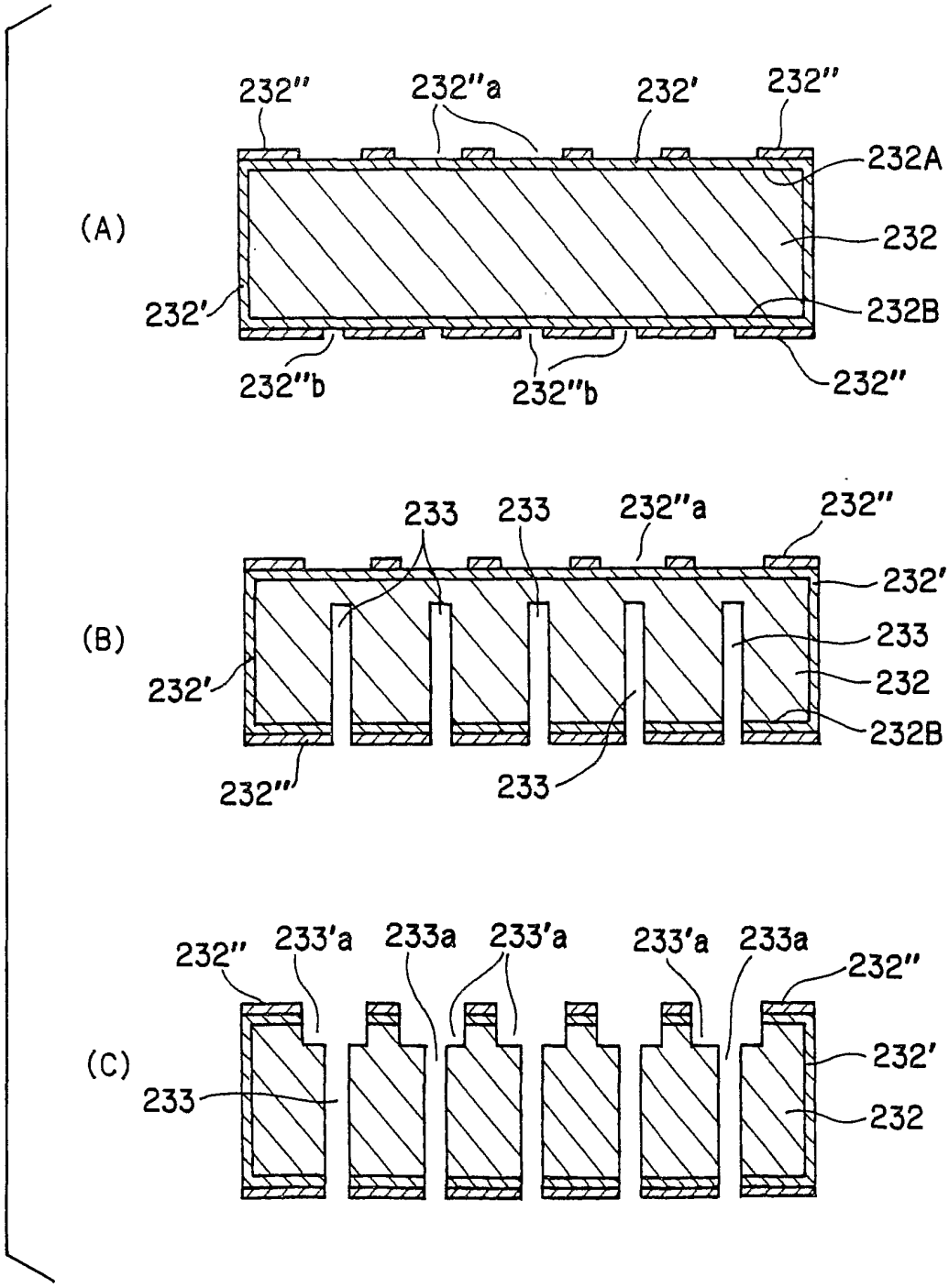

(A)
232''
232''a
232'
232''
232A
232
232B
232'
232''b
232''b
232''
(B)
233
233
232''a
232''
232'
233
232
232B
232'
232'''
233
(C)
232''
233'a
233a
233'a
233'a
233a
232''
232'
232
233

FIG. 66

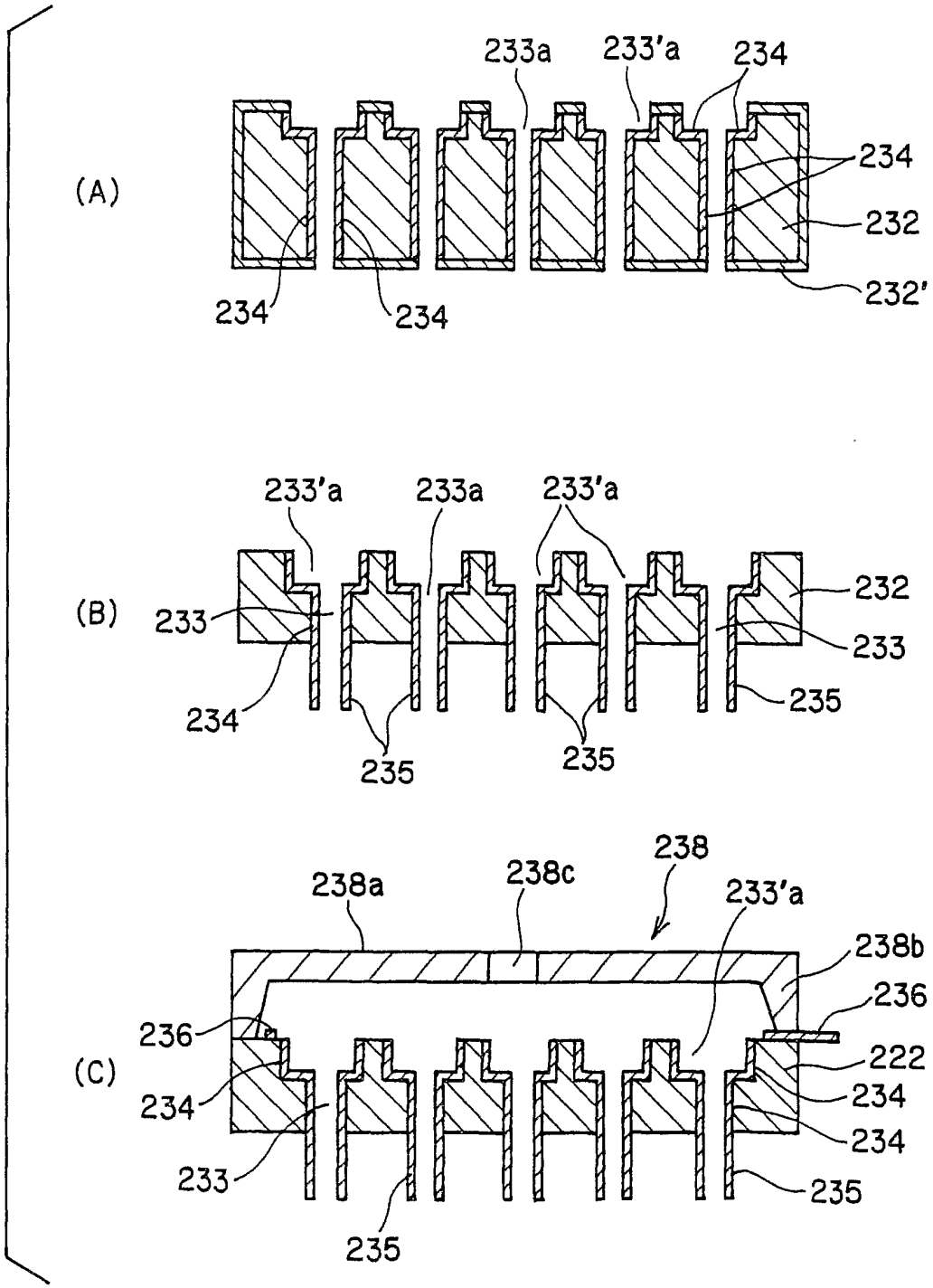

(A)
233a
233'a
234
234
232
232'
234
234
(B)
233'a
233a
233'a
232
233
233
234
235
235
235
(C)
238
238a
238c
233'a
238b
236
236
222
234
234
234
233
235
235

FIG. 67

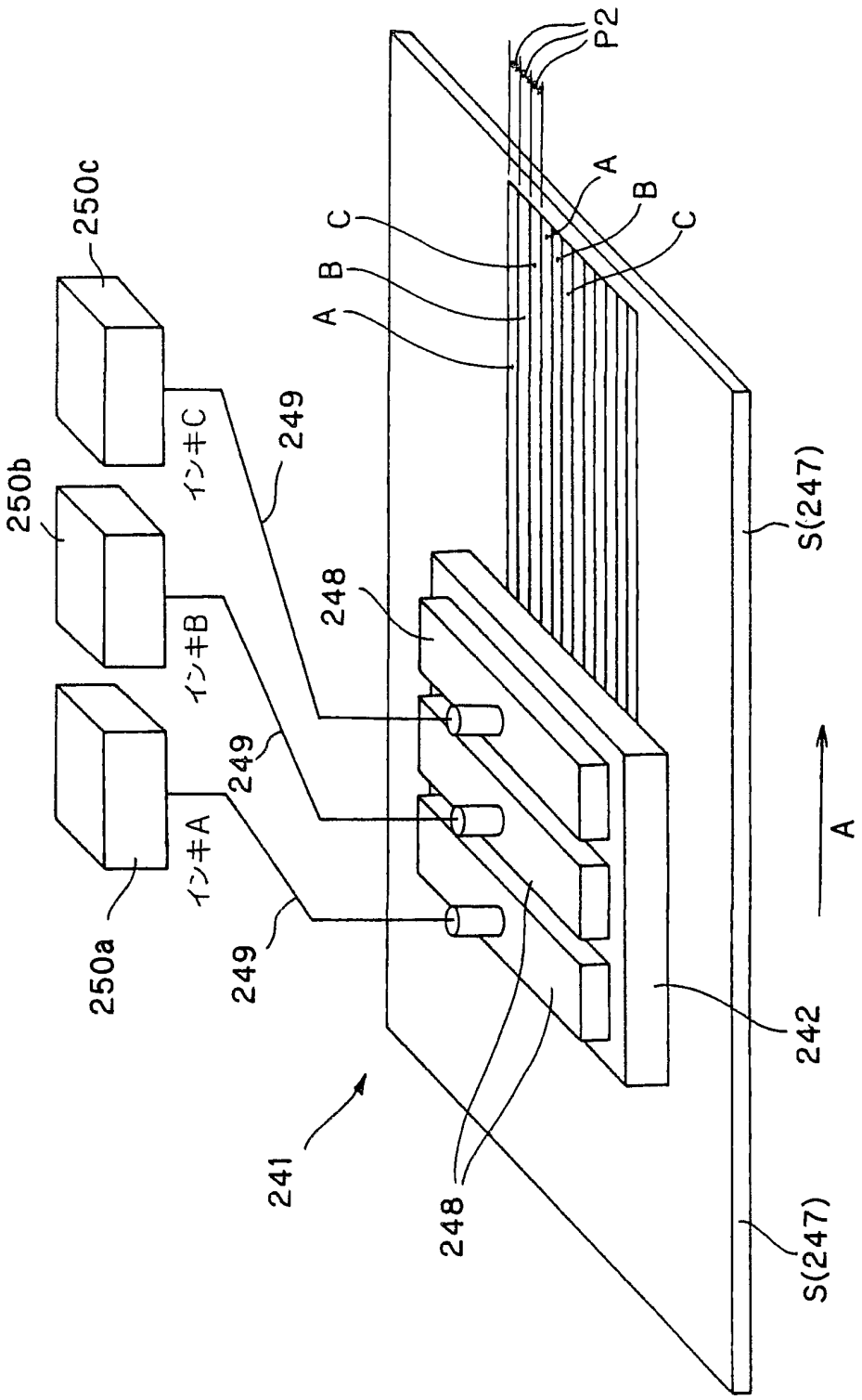

P2
A
B
C
A B C
250c
250b
250a
インキC
インキB
インキA
249
249
249
248
248
S(247)
S(247)
241
242
A

FIG. 68

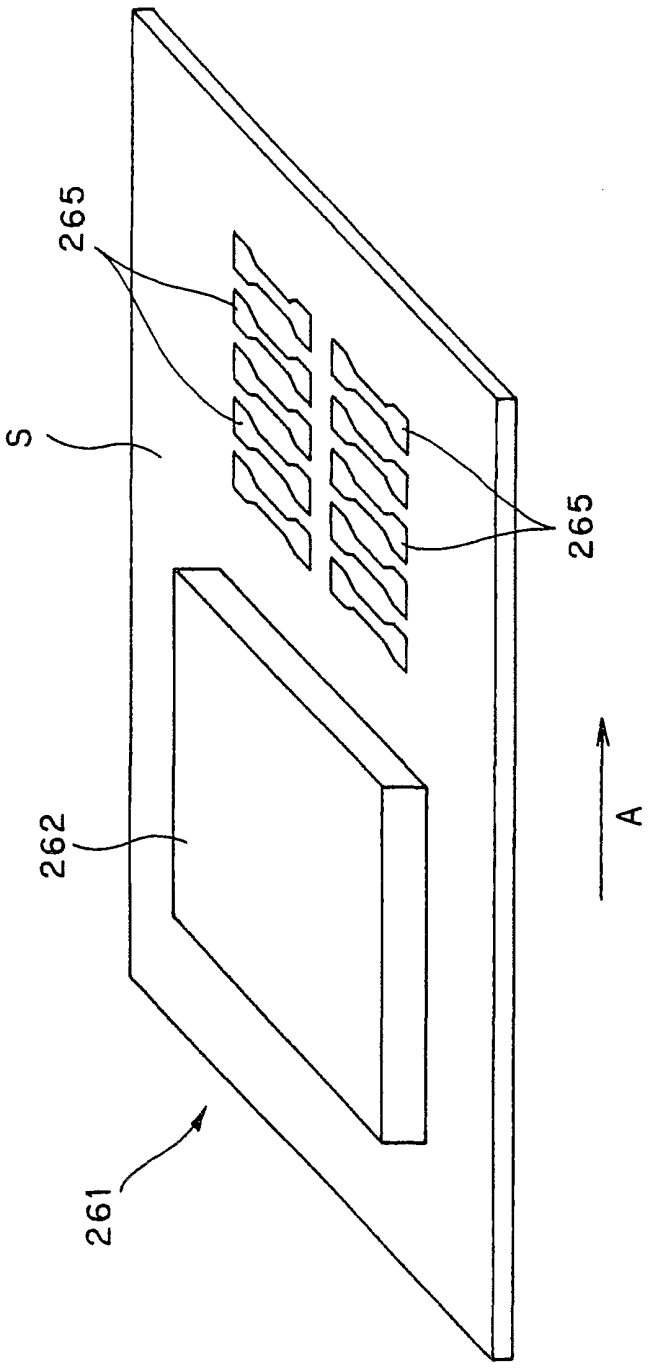


FIG. 69