

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-183014

(P2013-183014A)

(43) 公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/88 B	5 F 0 3 3
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 O 2 D	5 F 1 4 6
HO 1 L 21/027 (2006.01)	B 8 2 Y 40/00	
B 8 2 Y 40/00 (2011.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-45763 (P2012-45763)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成24年3月1日(2012.3.1)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100082991 弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100103263 弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100107582 弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118843 弁理士 赤岡 明
		(74) 代理人	100144967 弁理士 重野 隆之

最終頁に続く

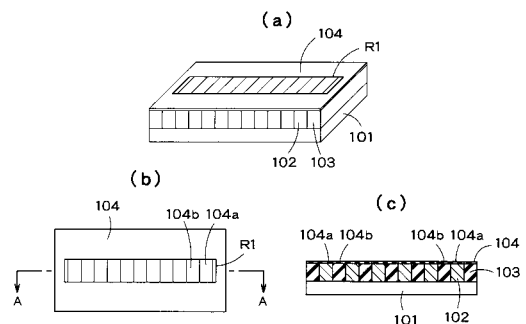
(54) 【発明の名称】 パターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】ガイド層の位置及び大きさの精度を高め、所望の自己組織化相を形成する。

【解決手段】本実施形態によれば、パターン形成方法は、所定パターンの金属層及び絶縁層上に、光照射により表面状態が変化する下地層を形成する工程と、前記下地層の所定領域に光を照射し、前記所定領域のうち前記金属層の上方部分の表面状態を変化させる工程と、前記光の照射後、前記下地層の上にブロックポリマー層を形成する工程と、前記所定領域の下地層の上方の前記ブロックポリマー層において、第1ポリマー部及び第2ポリマー部を含み、前記第1ポリマー部が光照射により表面状態が変化した前記下地層の上方に位置している自己組織化相を形成する工程と、前記第1ポリマー部及び前記第1ポリマー部の下方の前記下地層を除去してホール部を形成する工程と、前記ホール部に導電膜を埋め込む工程と、を備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定パターンの金属層及び絶縁層上に、光照射により表面状態が変化する下地層を形成する工程と、

前記下地層の所定領域に光を照射し、前記所定領域のうち前記金属層の上方部分の表面状態を変化させる工程と、

前記光の照射後、前記下地層の上にブロックポリマー層を形成する工程と、

前記所定領域の下地層の上方の前記ブロックポリマー層において、第 1 ポリマー部及び第 2 ポリマー部を含み、前記第 1 ポリマー部が光照射により表面状態が変化した前記下地層の上方に位置している自己組織化相を形成する工程と、

10

前記第 1 ポリマー部及び前記第 1 ポリマー部の下方の前記下地層を除去してホール部を形成する工程と、

前記ホール部に導電膜を埋め込む工程と、

を備え、

前記金属層はラインアンドスペースパターンをなす金属配線であり、

前記第 1 ポリマー部はシリンダー形状を有し、

前記第 2 ポリマー部は前記第 1 ポリマー部を取り囲むように設けられた絶縁材料からなり、

前記第 2 ポリマー部を残存させつつ、前記第 1 ポリマー部及び前記第 1 ポリマー部の下方の前記下地層を除去して前記ホール部を形成することを特徴とするパターン形成方法。

20

【請求項 2】

所定パターンの金属層及び絶縁層上に、光照射により表面状態が変化する下地層を形成する工程と、

前記下地層の所定領域に光を照射し、前記所定領域のうち前記金属層の上方部分の表面状態を変化させる工程と、

前記光の照射後、前記下地層の上にブロックポリマー層を形成する工程と、

前記所定領域の下地層の上方の前記ブロックポリマー層において、第 1 ポリマー部及び第 2 ポリマー部を含み、前記第 1 ポリマー部が光照射により表面状態が変化した前記下地層の上方に位置している自己組織化相を形成する工程と、

前記第 1 ポリマー部及び前記第 1 ポリマー部の下方の前記下地層を除去してホール部を形成する工程と、

30

前記ホール部に導電膜を埋め込む工程と、

を備えるパターン形成方法。

【請求項 3】

前記第 2 ポリマー部を残存させつつ、前記第 1 ポリマー部及び前記第 1 ポリマー部の下方の前記下地層を除去して前記ホール部を形成することを特徴とする請求項 2 に記載のパターン形成方法。

【請求項 4】

前記第 2 ポリマー部は絶縁材料からなることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のパターン形成方法。

40

【請求項 5】

前記自己組織化相を形成する工程の後、前記ホール部を形成する工程の前に、

前記第 1 ポリマー部を残存させつつ、光が照射されていない前記下地層、光が照射されていない前記下地層上の前記ブロックポリマー、前記第 2 ポリマー部、及び前記第 2 ポリマー部の下方の前記下地層を除去する工程と、

前記第 1 ポリマー部を囲むように第 2 絶縁層を形成する工程と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 2 に記載のパターン形成方法。

【請求項 6】

前記金属層はラインアンドスペースパターンをなす金属配線であることを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載のパターン形成方法。

50

【請求項 7】

前記第 1 ポリマー部はシリンダー形状を有し、前記第 2 ポリマー部は前記第 1 ポリマー部を取り囲むように設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のパターン形成方法。

【請求項 8】

所定パターンの金属層及び第 1 絶縁層上に、第 2 絶縁層を形成する工程と、
前記第 2 絶縁層上に、光照射により表面状態が変化する下地層を形成する工程と、
前記下地層の所定領域に光を照射し、前記所定領域のうち前記金属層の上方部分の表面状態を変化させる工程と、

前記光の照射後、前記下地層の上にブロックポリマー層を形成する工程と、
前記所定領域の下地層の上方の前記ブロックポリマー層において、第 1 ポリマー部及び第 2 ポリマー部を含み、前記第 1 ポリマー部が光照射により表面状態が変化した前記下地層の上方に位置している自己組織化相を形成する工程と、

前記第 1 ポリマー部を除去してホールパターンを形成する工程と、
前記ホールパターンが形成された前記ブロックポリマー層をマスクとして前記下地層及び前記第 2 絶縁層を加工し、前記第 2 絶縁層にホールパターンを転写する工程と、
前記第 2 絶縁層の加工後、前記ブロックポリマー層及び前記下地層を除去する工程と、
前記第 2 絶縁層のホールパターンに導電膜を埋め込む工程と、
を備えるパターン形成方法。

10

【請求項 9】

所定パターンの金属層及び第 1 絶縁層上に、第 2 絶縁層を形成する工程と、
前記第 2 絶縁層上にレジスト膜を形成する工程と、
露光処理及び現像処理により、前記レジスト膜の所定領域において、前記金属層の上方に位置する前記レジスト膜を除去して第 1 ホールパターンを形成する工程と、

前記第 1 ホールパターン内にブロックポリマー層を形成する工程と、
前記ブロックポリマー層において、シリンダー構造の第 1 ポリマー部及び前記第 1 ポリマー部を取り囲む第 2 ポリマー部を形成する工程と、

前記第 1 ポリマー部を除去して第 2 ホールパターンを形成する工程と、
前記レジスト膜及び前記第 2 ホールパターンが形成された前記ブロックポリマー層をマスクとして前記第 2 絶縁層を加工し、前記第 2 絶縁層に第 3 ホールパターンを形成する工程と、

20

30

前記第 2 絶縁層の加工後、前記レジスト膜及び前記ブロックポリマー層を除去する工程と、

前記第 2 絶縁層の前記第 3 ホールパターンに導電膜を埋め込む工程と、
を備えるパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、パターン形成方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

半導体素子の製造工程中のリソグラフィ技術として、ArF 液浸露光によるダブルパターンニング技術、EUV リソグラフィ、ナノインプリント等が知られている。従来のリソグラフィ技術は、パターンの微細化に伴い、コストの増加、位置合わせ精度の低下、スループットの低下など、様々な問題を含んでいた。

【0003】

このような状況下で、リソグラフィ技術への自己組織化(DSA: Directed Self-assembly)現象の適用が期待されている。自己組織化相は、エネルギー安定という自発的な挙動によって発生することから、寸法精度の高いパターンを形成できる。特に、高分子ブロック共重合体のミクロ相分離を利用する技術は、簡便な塗布とアニールプロセスで、数～数

50

百 nm の種々の形状の周期構造を形成できる。高分子ブロック共重合体のブロックの組成比によって球状、柱状、層状等にマイクロドメインの構造を変え、分子量によってサイズを変えることにより、様々な寸法のホール、ピラー、ラインパターンを形成することができる。

【0004】

D S A を用いて所望のパターンを広範囲に形成するためには、自己組織化相の発生位置を制御するガイド層を設ける必要がある。ガイド層としては、凹凸構造を有し、凹部にマイクロ相分離パターンを形成する物理ガイド層 (grapho-epitaxy) と、D S A 材料の下層に形成され、その表面状態に基づいてマイクロ相分離パターンの形成位置を制御する化学ガイド層 (chemical-epitaxy) とが知られている。

10

【0005】

しかし、ガイド層の形成位置や大きさが所望の位置やサイズからずれると、自己組織化相の発生位置がずれたり、自己組織化相が形成されなかったりして、所望のパターンが得られないという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-77475号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0007】

本発明は、ガイド層の位置及び大きさの精度を高め、所望の自己組織化相を形成することができるパターン形成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本実施形態によれば、パターン形成方法は、所定パターンの金属層及び絶縁層上に、光照射により表面状態が変化する下地層を形成する工程と、前記下地層の所定領域に光を照射し、前記所定領域のうち前記金属層の上方部分の表面状態を変化させる工程と、前記光の照射後、前記下地層の上にブロックポリマー層を形成する工程と、前記所定領域の下地層の上方の前記ブロックポリマー層において、第1ポリマー部及び第2ポリマー部を含み、前記第1ポリマー部が光照射により表面状態が変化した前記下地層の上方に位置している自己組織化相を形成する工程と、前記第1ポリマー部及び前記第1ポリマー部の下方の前記下地層を除去してホール部を形成する工程と、前記ホール部に導電膜を埋め込む工程と、を備える。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。

【図2】図1に続く工程断面図及び斜視図である。

【図3】図2に続く工程断面図及び斜視図である。

40

【図4】図3に続く工程断面図及び斜視図である。

【図5】図4に続く工程断面図及び斜視図である。

【図6】図5に続く工程断面図及び斜視図である。

【図7】図6に続く工程断面図及び斜視図である。

【図8】図7に続く工程断面図及び斜視図である。

【図9】図8に続く工程断面図及び斜視図である。

【図10】図9に続く工程断面図及び斜視図である。

【図11】第2の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。

【図12】図11に続く工程断面図及び斜視図である。

50

- 【図 1 3】図 1 2 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 4】図 1 3 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 5】図 1 4 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 6】第 3 の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 7】図 1 6 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 8】図 1 7 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 1 9】図 1 8 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 0】図 1 9 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 1】図 2 0 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 2】第 4 の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 3】図 2 2 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 4】図 2 3 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 5】図 2 4 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 6】図 2 5 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 7】第 5 の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 8】図 2 7 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 2 9】図 2 8 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 0】図 2 9 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 1】図 3 0 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 2】図 3 1 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 3】図 3 2 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 4】図 3 3 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 5】図 3 4 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 6】第 6 の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 7】図 3 6 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 8】図 3 7 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 3 9】図 3 8 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 0】図 3 9 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 1】第 7 の実施形態によるパターン形成方法を説明する工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 2】図 4 1 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 3】図 4 2 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 4】図 4 3 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 5】図 4 4 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 6】図 4 5 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 7】図 4 6 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 8】図 4 7 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 4 9】図 4 8 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【図 5 0】図 4 9 に続く工程断面図及び斜視図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0010】
- 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。
- 【0011】
- (第 1 の実施形態) 第 1 の実施形態によるパターン形成方法を図 1 ~ 図 1 0 を用いて説明する。各図において、(a) は斜視図、(b) は上面図、(c) は (b) の A - A 線に沿った断面図である。

【0012】

まず、図1(a)~(c)に示すように、半導体基板101上に複数の配線層102を形成する。配線層102は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン、又はこれらの合金を有する金属層である。配線層102は所定方向(図1(b)の上下方向)に沿ったラインアンドスペースパターンをなしており、スペース部(配線層102の間の部分)には絶縁層103が形成されている。絶縁層103は例えばSiOC、SiOF、ポラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。また、絶縁層103に塗布型SOG(Spin on Glass)を用いることができる。

【0013】

次に、図2(a)~(c)に示すように、配線層102及び絶縁層103上に、下地層104を形成する。下地層104は、後の工程で形成されるブロックポリマーの下地となる。下地層104は、所定波長の光が照射された領域の表面状態が変化する。例えば、下地層104は、光照射前は疎水性を有しており、光が照射された領域は親水性に変化する。下地層104としては、例えば、自己組織化単分子膜層とポリマー層の積層膜を使用することができる。具体例としては、自己組織化単分子膜層は、ベンゾフェノン骨格を含むシランカップリング剤である。ポリマーには、(メタ)アクリル樹脂誘導体を使用できる。自己組織化単分子膜層とポリマーの積層構造を形成した後に所望領域に光を照射し、ポリマーが溶解する溶剤等によってポリマーを除去する。光の照射により、ベンゾフェノン構造と接触するポリマーとの架橋が生じるため、光照射部の表面はポリマーに由来する状態となる。ポリマーとして、(メタ)アクリル樹脂などの親水樹脂を用いることで、光照射部を親水状態とすることが可能である。ポリマー膜の形成方法としては、ポリマーと、ポリマーが溶解する溶媒からなる溶液の塗布がある。ポリマーが(メタ)アクリル樹脂である場合には、ポリマーを溶解する溶媒として、芳香族炭化水素類、シクロアルカン類、アルキルアルコール類、アルキルエステル類、アルキルケトン類などを用いることができる。また、ポリマー膜を除去するための溶媒は、塗布溶液の溶媒と同種のものを用いればよい。

【0014】

次に、図3(a)~(c)に示すように、遮光マスク(図示せず)を用いて下地層104の所定領域R1を露光する。照射する光は、下地層104が感光する波長の光であり、例えば、UVからDUV波長(365nm、248nm、193nm等)の光である。所定領域R1は、配線層102に対するコンタクトを形成する領域に対応している。

【0015】

配線層102のピッチ p が露光波長の $1/2$ 以上($p/2$)である場合、下地層104の感光率にコントラストが生じる。下地層104に照射された光は、下地層104の下の配線層102及び絶縁層103で反射する。配線層102における光の反射率は、絶縁層103における光の反射率よりも高い。そのため、所定領域R1内の下地層104のうち、配線層102の上方部分104aの方が、絶縁層103の上方部分104bよりも感光率が高くなる。従って、所定領域R1の露光により、下地層104は、所定領域R1内における配線層102の上方部分104aの表面状態が大きく変化し、所定領域R1内における絶縁層103の上方部分104b及び未露光部(所定領域R1以外の部分)104cは表面状態の変化が小さいか又は表面状態が変化しない。

【0016】

例えば、下地層104が、光照射前は疎水性を示し、光が照射されて感光率が高まると親水性に変化するという特性を有している場合、所定領域R1の露光により、所定領域R1内における配線層102の上方部分104aが親水性に変化し、所定領域R1内における絶縁層103の上方部分104b及び未露光部104cは疎水性のままとなる。

【0017】

また、配線層102が延びる方向に直交する方向にTM偏光性を有する光を照射した場合、配線層102の上方部分にエバネッセント光(近接場光)が発生し、このエバネッセント光により所定領域R1内における配線層102の上方部分104aの感光率が高まる

10

20

30

40

50

。例えば、露光波長が193 nm、配線層102のピッチが20 nm未満の場合、配線層102のエッジからの近接場が結合し、エバネッセント光が発生する。露光波長、投影光学系の開口数NA、形成されるパターンのハーフピッチ h_p には、 $h_p = 0.25 / NA$ という関係がなり立つ。通常の投影露光では、ハーフピッチの1/4が解像限界であるが、エバネッセント光ではより微細なパターンを形成できる。

【0018】

このように、図3(a)~(c)に示す工程では、下地層104のうち、露光領域R1内における配線層102の上方部分104aのみ表面状態を変化させる。露光処理後の下地層104は、後の工程で形成されるブロックポリマーがマイクロ相分離する際に、マイクロ相分離パターンの形成位置を制御する化学ガイド層としての機能を有する。

10

【0019】

次に、図4(a)~(c)に示すように、下地層104上に、ブロックポリマーを塗布してブロックポリマー層105を形成する。塗布するブロックポリマーは、例えば、第1ポリマーブロック鎖及び第2ポリマーブロック鎖が結合したジブロックコポリマーを用いる。ジブロックコポリマーとしては、例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)のブロック共重合体を使用することができる。

【0020】

次に、図5(a)~(c)に示すように、ブロックポリマー層105において、マイクロ相分離による自己組織化相106を形成する。自己組織化相106は、第1ポリマーブロック鎖を含む薄板状の第1ポリマー部106aと第2ポリマーブロック鎖を含む薄板状の第2ポリマー部106bとが交互に配置されたラメラ状となる。このラメラ状の自己組織化相106は、露光により表面状態が変化した部分104aと、表面状態が変化していない部分とを有する下地層104が化学ガイド層となることにより形成される。

20

【0021】

自己組織化相106は、所定領域R1の下地層104の上方に形成される。また、自己組織化相106は、下地層104の所定領域R1上方を起点とし、図5(b)の左右方向に広がる周期構造となる。また、化学ガイド層のない領域(図5(b)の上端部及び下端部)では、マイクロ相分離が発生せず、自己組織化相106は形成されず、無秩序化相のままである。

【0022】

なお、図4(a)~(c)に示す工程で塗布されるジブロックコポリマーの第1ポリマーブロック鎖及び第2ポリマーブロック鎖の平均分子量は、第1ポリマー部106aが下地層104のうち露光により表面状態が変化した部分104aの上に形成されるような値になっているものとする。また、第1ポリマー部106aが第2ポリマー部106bよりもエッチング耐性が低くなるようにする。

30

【0023】

例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)のブロック共重合体を使用した場合、150~200で30秒~30分加熱を行うことにより、ポリメチルメタクリレート(PMMA)を含む薄板状の第1ポリマー部106aと、ポリスチレン(PS)を含む薄板状の第2ポリマー部106bとが交互に配置されたラメラ状の自己組織化相106が形成される。ポリメチルメタクリレート(PMMA)は親水性の膜との親和性が高いため、下地層104のうち露光により表面状態が変化した部分104aの上に、ポリメチルメタクリレート(PMMA)を含む薄板状の第1ポリマー部106aが形成される。

40

次に、図6(a)~(c)に示すように、第2ポリマー部106b及びブロックポリマー層(無秩序化相)105を残存させつつ、エッチング耐性の低い第1ポリマー部106aを選択的に除去する。第1ポリマー部106aの除去後、第1ポリマー部106aの下方に位置していた下地層104(104a)も除去する。これにより、配線層102の上面を露出するホール部107が形成される。

【0024】

50

例えば、酸素プラズマによるドライエッチングは、ポリスチレン（PS）よりポリメチルメタクリレート（PMMA）の選択比（エッチングレート）が高いため、ポリメチルメタクリレート（PMMA）を含む第1ポリマー部106aを選択的に除去できる。また、EB照射、VUV照射、酢酸ブチル等の溶媒による有機現像処理などでも、第1ポリマー部106aを選択的に除去することができる。

【0025】

次に、図7(a)～(c)に示すように、ホール部107を埋め込むように導電膜108を形成する。導電膜108は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

【0026】

次に、図8(a)～(c)に示すように、絶縁膜103上方に形成された、ホール部107以外の導電膜108を除去する。例えば、リフトオフによって、ホール部107以外の導電膜108を除去できる。ホール部107に埋め込まれた導電膜108は、配線層102に対するコンタクトとなる。

【0027】

次に、図9(a)～(c)に示すように、導電膜108を残存させつつ、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部106b、及び下地層104を除去する。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部106b、及び下地層104を除去することができる。これにより、配線層102、絶縁層103、及び導電膜108の表面が露出される。

【0028】

次に、図10(a)～(c)に示すように、配線層102、絶縁層103、及び導電膜108を覆うように絶縁層109を形成し、その後、導電膜108の上面を露出させる。絶縁層109には、例えば、SiOC、SiOF、ポーラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

【0029】

本実施形態では、下地層104の露光を行う際に、配線層102からの反射光及び/又はエバネッセント光を利用して、配線層102の上方部分に位置する下地層104の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層105のマイクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層102に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、所望の自己組織化相106を形成できる。また、ピッチの狭い微細配線に対しても、位置及び大きさの精度の高いコンタクトを形成できる。

【0030】

上記第1の実施形態において、ブロックポリマー層105の材料として、薄板状の有機相と絶縁相とが交互に配置されるような自己組織化相106が形成される材料を用いてもよい。有機相が第1ポリマー部106aに対応し、絶縁相が第2ポリマー部106bに対応する。例えば、PS-PDMSジブロックコポリマーとPDMSポリマーとの混合物、PS-PEOジブロックコポリマーとPEOポリマーとの混合物など、有機のブロックポリマーと、シロキサン構造などからなるシリコンを含むブロックポリマーとから構成される材料を用いることができる。自己組織化相のうち、シリコンを含む相が絶縁性を示す。また、マイクロ相分離が起きない無秩序相も絶縁性を示す。有機相であるPS相は、PEOやPDMSと比較して、エッチング耐性が低い。

【0031】

ブロックポリマー層105にこのような材料を用いることで、導電膜108の埋め込み後、ブロックポリマー層105の除去及び絶縁層109の形成を行う必要がない。従って、図9及び図10に対応する工程を省略することができ、工程数を削減できる。

【0032】

(第2の実施形態)上記第1の実施形態では、下地層104のうち露光により表面状態が変化した部分104aの上に形成される第1ポリマー部106aがエッチング耐性の低

10

20

30

40

50

いものであったが、第1ポリマー部106aが、第2ポリマー部106b及びマイクロ相分離が起きていないブロックポリマー層(無秩序化相)105よりもエッチング耐性の高いものであってもよい。

【0033】

例えば、ブロックポリマーとして、上記第1の実施形態と同様にPS-PMMAを用いる場合には、露光部の下地膜の状態を変えることで、下地膜の露光部に形成されるマイクロ相分離相を変えることができる。ベンゾフェノン骨格を含む単分子自己組織化膜上に形成するポリマー膜として、ポリスチレン膜を用いることができる。ベンゾフェノン骨格を含む単分子自己組織化相上に、ポリスチレンとそれを溶解する溶媒からなる溶液を塗布し、ポリスチレン膜を形成する。所定領域を露光することで、ベンゾフェノン構造とポリスチレンが重合する。次に、ポリスチレンを溶解する溶液で処理することで、露光部以外のポリスチレンが除去される。続いて、露光部にブロックコポリマーと表面状態が近いポリマーが残るように下地膜を形成することで、表面状態が変化した下地層104aの上に高エッチング耐性の第1ポリマー部106aが位置する自己組織化相106を形成できる。

10

【0034】

本実施形態によるパターン形成方法を図11~図15を用いて説明する。図11~図15において、(a)は斜視図、(b)は上面図、(c)は(b)のA-A線に沿った断面図である。

【0035】

自己組織化相106を形成する工程までは、上記第1の実施形態(図1~図5参照)と同様であるため、説明を省略する。

20

【0036】

自己組織化相106の形成後、図11(a)~(c)に示すように、第1ポリマー部106aを残存させつつ、第2ポリマー部106b、ブロックポリマー層105、及びこれらの方に位置する下地層104を除去する。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部106b、及び下地層104を除去することができる。これにより、配線層102、絶縁層103、及び第1ポリマー部106aの表面が露出される。

【0037】

次に、図12(a)~(c)に示すように、配線層102、絶縁層103、及び第1ポリマー部106aを覆うように絶縁層111を形成し、その後、第1ポリマー部106aの上面を露出させる。絶縁層111には、例えば、SiOC、SiOF、ポーラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

30

【0038】

次に、図13(a)~(c)に示すように、絶縁層111を残存させつつ、第1ポリマー部106aを選択的に除去する。第1ポリマー部106aの除去後、第1ポリマー部106aの方に位置していた下地層104(104a)も除去する。これにより、配線層102の上面を露出するホール部112が形成される。第1ポリマー部106aは、例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより除去することができる。

【0039】

次に、図14(a)~(c)に示すように、ホール部112を埋め込むように導電膜113を形成する。導電膜113は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

40

【0040】

次に、図15(a)~(c)に示すように、ホール部112以外の導電膜113を除去する。例えば、絶縁層111をストップとしたCMP(化学的機械研磨)処理によって、ホール部112以外の導電膜113を除去できる。ホール部112に埋め込まれた導電膜113は、配線層102に対するコンタクトとなる。

【0041】

本実施形態では、上記第1の実施形態と同様に、下地層104の露光を行う際に、配線

50

層 1 0 2 からの反射光及び / 又はエバネッセント光を利用して、配線層 1 0 2 の上方部分に位置する下地層 1 0 4 の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層 1 0 5 のマイクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層 1 0 2 に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、所望の自己組織化相 1 0 6 を形成し、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトを得ることができる。

【 0 0 4 2 】

(第 3 の実施形態) 上記第 1 の実施形態では、ブロックポリマー層 1 0 5 のマイクロ相分離により、ラメラ状の自己組織化相 1 0 6 を形成していたが、シリンダー状の自己組織化相が形成されてもよい。自己組織化相の周期構造の形状は、ジブロックコポリマーに含まれる第 1 ポリマーブロック鎖及び第 2 ポリマーブロック鎖の組成比を変えることなどにより、変更することができる。

10

【 0 0 4 3 】

本実施形態によるパターン形成方法を図 1 6 ~ 図 2 1 を用いて説明する。図 1 6 ~ 図 2 1 において、(a) は斜視図、(b) は上面図、(c) は (b) の A - A 線に沿った断面図である。

【 0 0 4 4 】

ブロックポリマー層 1 0 5 を形成する工程までは、上記第 1 の実施形態 (図 1 ~ 図 4 参照) と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 4 5 】

ブロックポリマー層 1 0 5 の形成後、図 1 6 (a) ~ (c) に示すように、加熱処理等を行って、ブロックポリマー層 1 0 5 において、マイクロ相分離による自己組織化相 1 1 6 を形成する。自己組織化相 1 1 6 は、第 1 ポリマーブロック鎖を含むシリンダー状の第 1 ポリマー部 1 1 6 a と第 2 ポリマーブロック鎖を含み、第 1 ポリマー部 1 1 6 a を取り囲むように形成された第 2 ポリマー部 1 1 6 b とを有している。この自己組織化相 1 1 6 は、露光により表面状態が変化した部分 1 0 4 a が化学ガイド層となることにより形成される。自己組織化相 1 1 6 は、所定領域 R 1 の下地層 1 0 4 のうち、露光により表面状態が変化した下地層 1 0 4 a の上に形成される。また、化学ガイド層のない領域 (表面状態が変化していない下地層 1 0 4 の上方領域) では、マイクロ相分離が発生せず、自己組織化相 1 1 6 は形成されない。なお、第 1 ポリマー部 1 1 6 a は、第 2 ポリマー部 1 1 6 b 及び

20

30

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、シリンダー状の第 1 ポリマー部 1 1 6 a の数を 2 つにしているが、1 つでもよいし、3 つ以上でもよい。

【 0 0 4 7 】

次に、図 1 7 (a) ~ (c) に示すように、第 2 ポリマー部 1 1 6 b 及びブロックポリマー層 1 0 5 を残存させつつ、エッチング耐性の低い第 1 ポリマー部 1 1 6 a を選択的に除去する。第 1 ポリマー部 1 1 6 a の除去後、第 1 ポリマー部 1 1 6 a の下方に位置していた下地層 1 0 4 (1 0 4 a) も除去する。これにより、配線層 1 0 2 の上面を露出するシリンダー状のホール部 1 1 7 が形成される。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングを用いて、第 1 ポリマー部 1 1 6 a を選択的に除去できる。

40

【 0 0 4 8 】

次に、図 1 8 (a) ~ (c) に示すように、ホール部 1 1 7 を埋め込むように導電膜 1 1 8 を形成する。導電膜 1 1 8 は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 9 (a) ~ (c) に示すように、ホール部 1 1 7 以外の導電膜 1 1 8 を除去する。例えば、リフトオフによって、ホール部 1 1 7 以外の導電膜 1 1 8 を除去できる。ホール部 1 1 7 に埋め込まれた導電膜 1 1 8 は、配線層 1 0 2 に対するコンタクトとなる

50

。

【0050】

次に、図20(a)~(c)に示すように、導電膜118を残存させつつ、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部116b、及び下地層104を除去する。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部116b、及び下地層104を除去することができる。これにより、配線層102、絶縁層103、及び導電膜118の表面が露出される。

【0051】

次に、図21(a)~(c)に示すように、配線層102、絶縁層103、及び導電膜118を覆うように絶縁層119を形成し、その後、導電膜118の上面を露出させる。絶縁層119には、例えば、SiOC、SiOF、ポラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

10

【0052】

本実施形態では、上記第1の実施形態と同様に、下地層104の露光を行う際に、配線層102からの反射光及び/又はエバネッセント光を利用して、配線層102の上方部分に位置する下地層104の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層105のミクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層102に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、自己組織化相116を所望の位置に形成できる。このことにより、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトが得られる。

20

【0053】

上記第3の実施形態において、ブロックポリマー層105の材料として、シリンダー状の有機相と有機相を取り囲む絶縁相とを有するような自己組織化相116が形成される材料を用いてもよい。例えば、PS-PDMSジブロックコポリマーとPDMSポリマーとの混合物、PS-PEOジブロックコポリマーとPEOポリマーとの混合物など、有機のブロックポリマーと、シロキサン構造などからなるシリコンを含むブロックポリマーとから構成される材料を用いることができる。自己組織化相のうち、シリコンを含む相が絶縁性を示す。また、ミクロ相分離が起きない無秩序相も絶縁性を示す。上述の材料では、PS相がシリンダー相を形成することから、PDMSあるいはPEOのブロックポリマー(およびポリマー添加物)の方が、PSブロックポリマーよりもモノマ数が多い材料とする。

30

【0054】

ブロックポリマー層105にこのような材料を用いることで、導電膜118の埋め込み後、ブロックポリマー層105の除去及び絶縁層119の形成を行う必要がない。従って、図20及び図21に対応する工程を省略することができ、工程数を削減できる。

【0055】

また、上記第3の実施形態において、ブロックポリマー層105の材料として、自己組織化相116のシリンダー状の第1ポリマー部116aが導電相となる材料を使用してもよい。ブロックポリマー層105の形成前に、所定領域R1の下地層104のうち、露光により表面状態が変化した部分104aを除去して配線層202の上面を露出させておくことで、第1ポリマー部116aが配線層202に対するコンタクトとなる。この場合、自己組織化相116の形成後、第1ポリマー部(導電相)116aを残存させつつ、第2ポリマー部116b及びブロックポリマー層105を除去し、その後、第1ポリマー部(導電相)116aを囲むように配線層102及び絶縁層103上に絶縁層を形成する。ブロックポリマー層105にこのような材料を用いることで、ホール部の形成及びホール部への導電膜の埋め込みを行わずに配線層102へのコンタクトを形成できるため、工程数を削減できる。

40

【0056】

(第4の実施形態)上記第3の実施形態では、シリンダー状の第1ポリマー部116aがエッチング耐性の低いものであったが、第1ポリマー部116aが、第2ポリマー部1

50

16b及びマイクロ相分離が起きていないブロックポリマー層105よりもエッチング耐性の高いものであってもよい。

【0057】

本実施形態によるパターン形成方法を図22～図26を用いて説明する。図22～図26において、(a)は斜視図、(b)は上面図、(c)は(b)のA-A線に沿った断面図である。

【0058】

自己組織化相116を形成する工程までは、上記第1、第3の実施形態(図1～図5、図16参照)と同様であるため、説明を省略する。

【0059】

自己組織化相116の形成後、図22(a)～(c)に示すように、第1ポリマー部116aを残存させつつ、第2ポリマー部116b、ブロックポリマー層105、及びこれらの方に位置する下地層104を除去する。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部116b、及び下地層104を除去することができる。これにより、配線層102、絶縁層103、及び第1ポリマー部116aの表面が露出される。

【0060】

次に、図23(a)～(c)に示すように、配線層102、絶縁層103、及び第1ポリマー部116aを覆うように絶縁層121を形成し、その後、第1ポリマー部116aの上面を露出させる。絶縁層121には、例えば、SiOC、SiOF、ポーラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

【0061】

次に、図24(a)～(c)に示すように、絶縁層121を残存させつつ、第1ポリマー部116aを選択的に除去する。第1ポリマー部116aの除去後、第1ポリマー部116aの方に位置していた下地層104(104a)も除去する。これにより、配線層102の上面を露出するシリンダー状のホール部122が形成される。第1ポリマー部116aは、例えば、酸素プラズマによるドライエッチングにより除去することができる。

【0062】

次に、図25(a)～(c)に示すように、ホール部122を埋め込むように導電膜123を形成する。導電膜123は、例えば銅、アルミニウム、タンゲステン、チタン等を用いることができる。

【0063】

次に、図26(a)～(c)に示すように、ホール部122以外の導電膜123を除去する。例えば、絶縁層121をストッパとしたCMP処理によって、ホール部122以外の導電膜123を除去できる。ホール部122に埋め込まれた導電膜123は、配線層102に対するコンタクトとなる。

【0064】

本実施形態では、上記第1の実施形態と同様に、下地層104の露光を行う際に、配線層102からの反射光及び/又はエバネッセント光を利用して、配線層102の上方部分に位置する下地層104の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層105のマイクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層102に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、自己組織化相116を所望の位置に形成できる。このことにより、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトが得られる。

【0065】

(第5の実施形態)上記第1の実施形態では、配線層102及び絶縁層103の直上に、すなわち配線層102及び絶縁層103の上に直接、下地層104を形成していたが、配線層102及び絶縁層103と下地層104との間に絶縁層をさらに形成するようにしてもよい。

【0066】

10

20

30

40

50

本実施形態によるパターン形成方法を図27～図35を用いて説明する。図27～図35において、(a)は斜視図、(b)は上面図、(c)は(b)のA-A線に沿った断面図である。また、上記第1の実施形態と同様の部分については、同じ参照番号を付して詳細な説明は省略する。

【0067】

まず、図27(a)～(c)に示すように、半導体基板101上に複数の配線層102及び絶縁層103を形成する。配線層102は所定方向(図27(b)の上下方向)に沿ったラインアンドスペースパターンをなしており、スペース部(配線層102の間の部分)には絶縁層103が設けられている。

【0068】

そして、配線層102及び絶縁層103上に絶縁層130を形成する。絶縁層130には、例えば、SiOC、SiOF、ポラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

【0069】

次に、図28(a)～(c)に示すように、絶縁層130上に、下地層104を形成する。

【0070】

次に、図29(a)～(c)に示すように、遮光マスク(図示せず)を用いて下地層104の所定領域R1を露光する。下地層104に照射された光は、下地層104の下の配線層102及び絶縁層103で反射する。配線層102における光の反射率は、絶縁層103における光の反射率よりも高い。そのため、所定領域R1内の下地層104のうち、配線層102の上方部分104aの方が、絶縁層103の上方部分104bよりも感光率が高くなる。従って、所定領域R1の露光により、下地層104は、所定領域R1内における配線層102の上方部分104aの表面状態が変化し、所定領域R1内における絶縁層103の上方部分104b及び未露光部(所定領域R1以外の部分)104cは表面状態が変化しないか又は表面状態の変化が小さい。

【0071】

このように、図29(a)～(c)に示す工程では、露光により、下地層104のうち、所定領域R1内における配線層102の上方部分104aの表面状態を変化させる。露光処理後の下地層104は、後の工程で形成されるブロックポリマーがマイクロ相分離する際に、マイクロ相分離パターンの形成位置を制御する化学ガイド層としての機能を有する。

【0072】

次に、図30(a)～(c)に示すように、下地層104上に、ブロックポリマーを塗布してブロックポリマー層105を形成する。塗布するブロックポリマーは、例えば、第1ポリマーブロック鎖及び第2ポリマーブロック鎖が結合したジブロックコポリマーを用いる。ジブロックコポリマーとしては、例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)のブロック共重合体を使用することができる。

【0073】

次に、図31(a)～(c)に示すように、加熱処理等を行って、ブロックポリマー層105において、マイクロ相分離による自己組織化相106を形成する。自己組織化相106は、第1ポリマーブロック鎖を含む薄板状の第1ポリマー部106aと第2ポリマーブロック鎖を含む薄板状の第2ポリマー部106bとが交互に配置されたラメラ状となる。このラメラ状の自己組織化相106は、露光により表面状態が変化した部分104aと、表面状態が変化していない部分とを有する下地層104が化学ガイド層となることにより形成される。化学ガイド層のない領域(図31(b)の上端部及び下端部)では、マイクロ相分離が発生せず、自己組織化相106は形成されず、無秩序化相のままである。

【0074】

塗布されるジブロックコポリマーの第1ポリマーブロック鎖及び第2ポリマーブロック鎖の平均分子量は、第1ポリマー部106aが下地層104のうち露光により表面状態が変化した部分104aの上に形成されるような値になっているものとする。また、第1ポ

10

20

30

40

50

リマー部 106 a が第 2 ポリマー部 106 b よりもエッチング耐性が低くなるようにする。

【0075】

次に、図 3 2 (a) ~ (c) に示すように、第 2 ポリマー部 106 b 及びブロックポリマー層 (無秩序化相) 105 を残存させつつ、エッチング耐性の低い第 1 ポリマー部 106 a を選択的に除去する。第 1 ポリマー部 106 a の除去後、第 1 ポリマー部 106 a の下方に位置していた下地層 104 (104 a) 及び絶縁層 130 も除去する。これにより、配線層 102 の上面を露出するホール部 137 が形成される。

【0076】

次に、図 3 3 (a) ~ (c) に示すように、ブロックポリマー層 105、第 2 ポリマー部 106 b、及び下地層 104 を除去する。これにより、絶縁層 130 の表面が露出される。

10

【0077】

次に、図 3 4 (a) ~ (c) に示すように、ホール部 137 を埋め込むように導電膜 138 を形成する。導電膜 138 は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

【0078】

次に、図 3 5 (a) ~ (c) に示すように、ホール部 137 以外の導電膜 138 を除去する。ホール部 137 に埋め込まれた導電膜 138 は、配線層 102 に対するコンタクトとなる。本実施形態における絶縁層 130 は、上記第 1 の実施形態における絶縁層 109

20

【0079】

このように、本実施形態では、下地層 104 の露光を行う際に、配線層 102 からの反射光等を利用して、配線層 102 の上方部分に位置する下地層 104 の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層 105 のマイクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層 102 に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、所望の自己組織化相 106 を形成し、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトを得ることができる。

【0080】

(第 6 の実施形態) 上記第 5 の実施形態では、ブロックポリマー層 105 のマイクロ相分離により、ラメラ状の自己組織化相 106 を形成していたが、シリンダー状の自己組織化相が形成されてもよい。自己組織化相の周期構造の形状は、ジブロックコポリマーに含まれる第 1 ポリマーブロック鎖及び第 2 ポリマーブロック鎖の組成比を変えることなどにより、変更することができる。

30

【0081】

本実施形態によるパターン形成方法を図 3 6 ~ 図 4 0 を用いて説明する。図 3 6 ~ 図 4 0 において、(a) は斜視図、(b) は上面図、(c) は (b) の A - A 線に沿った断面図である。

【0082】

ブロックポリマー層 105 を形成する工程までは、上記第 5 の実施形態 (図 2 7 ~ 図 3 0 参照) と同様であるため、説明を省略する。

40

【0083】

ブロックポリマー層 105 の形成後、図 3 6 (a) ~ (c) に示すように、加熱処理等を行ってブロックポリマー層 105 において、マイクロ相分離による自己組織化相 116 を形成する。自己組織化相 116 は、第 1 ポリマーブロック鎖を含むシリンダー状の第 1 ポリマー部 116 a と第 2 ポリマーブロック鎖を含み、第 1 ポリマー部 116 a を取り囲むように形成された第 2 ポリマー部 116 b とを有している。この自己組織化相 116 は、露光により表面状態が変化した部分 104 a を含む下地層 104 が化学ガイド層となることにより形成される。自己組織化相 116 は、所定領域 R 1 の下地層 104 のうち、露光により表面状態が変化した部分 104 a の上に形成される。また、化学ガイド層のない領

50

域（表面状態が変化していない下地層104の上方領域）では、マイクロ相分離が発生せず、自己組織化相116は形成されない。なお、第1ポリマー部116aは、第2ポリマー部116b及びマイクロ相分離が起きていないブロックポリマー層（無秩序化相）105よりもエッチング耐性が低いものであるとする。

【0084】

次に、図37(a)～(c)に示すように、第2ポリマー部116b及びブロックポリマー層（無秩序化相）105を残存させつつ、エッチング耐性の低い第1ポリマー部116aを選択的に除去する。第1ポリマー部116aの除去後、第1ポリマー部116aの下方に位置していた下地層104（104a）及び絶縁層130も除去する。これにより、配線層102の上面を露出するホール部147が形成される。例えば、酸素プラズマによるドライエッチングを用いて、第1ポリマー部116aを選択的に除去できる。

10

【0085】

次に、図38(a)～(c)に示すように、ブロックポリマー層105、第2ポリマー部106b、及び下地層104を除去する。これにより、ホール部147が形成されている絶縁層130の表面が露出される。

【0086】

次に、図39(a)～(c)に示すように、ホール部147を埋め込むように導電膜148を形成する。導電膜148は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

【0087】

次に、図40(a)～(c)に示すように、ホール部147以外の導電膜148を除去する。ホール部147に埋め込まれた導電膜148は、配線層102に対するコンタクトとなる。

20

【0088】

本実施形態では、上記第5の実施形態と同様に、下地層104の露光を行う際に、配線層102からの反射光等を利用して、配線層102の上方部分に位置する下地層104の表面状態を変化させる。すなわち、ブロックポリマー層105のマイクロ相分離の化学ガイド層のパターンを、配線層102に対して自己整合的に形成できる。そのため、化学ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、自己組織化相116を所望の位置に形成できる。このことにより、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトが得られる。

30

【0089】

（第7の実施形態）上記第1～第6の実施形態は、化学ガイド層を自己整合的に形成していたが、物理ガイド層を形成することもできる。物理ガイド層を含むパターンの形成方法を図41～図50を用いて説明する。図41～図50において、(a)は斜視図、(b)は上面図、(c)は(b)のA-A線に沿った断面図である。

【0090】

まず、図41(a)～(c)に示すように、半導体基板201上に複数の配線層202を形成する。配線層202は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン、又はこれらの合金を有する金属層である。配線層202は所定方向（図41(b)の上下方向）に沿ったラインアンドスペースパターンをなしており、スペース部（配線層202の間の部分）には絶縁層203が形成されている。絶縁層203は例えばSiOC、SiOF、ポラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。また、絶縁層203に塗布型SOG（Spin on Glass）を用いることができる。

40

【0091】

そして、配線層202及び絶縁層203上に絶縁層230を形成する。絶縁層230には、例えば、SiOC、SiOF、ポラスシリカ等の多孔質系のシリコン系材料を用いることができる。

【0092】

次に、図42(a)～(c)に示すように、配線層202及び絶縁層203上に、下地ガイド層204を形成する。下地ガイド層204は、例えばポジ型フォトリソ膜であ

50

る。

【0093】

次に、図43(a)~(c)に示すように、遮光マスク(図示せず)を用いて下地ガイド層204の所定領域R2を露光する。照射する光は、下地ガイド層204が感光する波長の光である。所定領域R2は、配線層202に対するコンタクトを形成する領域を含んでいる。

【0094】

下地ガイド層204に照射された光は、下地ガイド層204の下方の配線層202及び絶縁層203で反射する。配線層202における光の反射率は、絶縁層203における光の反射率よりも高い。そのため、所定領域R2内の下地ガイド層204のうち、配線層202の上方部分204aの方が、絶縁層203の上方部分204bよりも感光率が高くなる。従って、所定領域R2の露光により、下地ガイド層204は、所定領域R2内における配線層202の上方部分204aが現像液に可溶となる。なお、露光処理の前後に、必要に応じてベーク処理を行ってもよい。

【0095】

次に、図44(a)~(c)に示すように、現像処理を行い、下地ガイド層204のうち、所定領域R2内における配線層202の上方部分204aを除去する。これにより、絶縁層230の上面を露出するホール部207が形成される。

【0096】

現像液には、2.38% TMAH水溶液を用いることができる。また、TBAH水溶液、KOH水溶液等のアルカリ水溶液を用いることもできる。さらに、現像液は、界面活性剤等の添加剤を含有していてもよい。

【0097】

また、現像処理後、下地ガイド層204に対して、後述するブロックポリマーを含む溶液に対する不溶化処理を施してもよい。不溶化処理は、例えば、EBキュア、UVキュア、ハードベーク、保護膜塗布である。EBキュア、UVキュア、ハードベークは、レジスト中の保護基の分解による体積収縮や、ガラス転移点温度を越すことによって、ホール部207が変形する場合がある。そのため、不溶化処理としては、適切な保護膜を塗布することが好ましい。保護膜は、レジストが不溶である溶剤に、後述するブロックポリマーを含む溶液の溶媒に不溶となる樹脂を溶解したものを塗布することで形成できる。例えば、ブロックポリマーを含む溶液の溶媒がシクロヘキサノンである場合、熱架橋性のポリマーを、レジストが不溶である4メチル-2ペンタノールなどの高級アルコールに溶解した溶液を用いることで保護膜を形成できる。

【0098】

次に、図45(a)~(c)に示すように、下地ガイド層204上に、ホール部207を埋め込むようにブロックポリマーを塗布してブロックポリマー層205を形成する。塗布するブロックポリマーは、例えば、第1ポリマーブロック鎖及び第2ポリマーブロック鎖が結合したジブロックコポリマーを用いる。ジブロックコポリマーとしては、例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)のブロック共重合体を使用することができる。

【0099】

次に、図46(a)~(c)に示すように、加熱処理等を行って、ホール部207において、ブロックポリマー層205のミクロ相分離により、自己組織化相216を形成する。自己組織化相216は、第1ポリマーブロック鎖を含むシリンダー状の第1ポリマー部216aと第2ポリマーブロック鎖を含み、第1ポリマー部216aを取り囲むように形成された第2ポリマー部216bとを有している。ホール部207が形成された下地ガイド層204は、ブロックポリマー層205のミクロ相分離の物理ガイド層として機能する。

【0100】

なお、第1ポリマー部216aは第2ポリマー部216bよりもエッチング耐性が低い

10

20

30

40

50

ものとする。

【0101】

次に、図47(a)~(c)に示すように、第2ポリマー部216b及びブロックポリマー層(無秩序化相)205を残存させつつ、エッチング耐性の低い第1ポリマー部216aを選択的に除去する。第1ポリマー部216aの除去後、第1ポリマー部216aの下方に位置していた絶縁層230も除去する。これにより、配線層202の上面を露出するホール部217が形成される。

【0102】

次に、図48(a)~(c)に示すように、ブロックポリマー層205、第2ポリマー部206b、及び下地ガイド層204を除去する。これにより、ホール部217の形成された絶縁層230の表面が露出される。

10

【0103】

次に、図49(a)~(c)に示すように、ホール部217を埋め込むように導電膜218を形成する。導電膜218は、例えば銅、アルミニウム、タングステン、チタン等を用いることができる。

【0104】

次に、図50(a)~(c)に示すように、ホール部217以外の導電膜218を除去する。ホール部217に埋め込まれた導電膜218は、配線層202に対するコンタクトとなる。

【0105】

本実施形態では、下地ガイド層204の露光を行う際に、配線層202からの反射光を利用して、配線層202の上方部分に位置する下地ガイド層204の感光率を高め、現像処理により、配線層202の上方部分にホール部207を形成できる。すなわち、ブロックポリマー層205のミクロ相分離の物理ガイド層のパターンを、配線層202に対して自己整合的に形成できる。そのため、物理ガイド層の位置及び大きさの精度を高めることができ、自己組織化相216を所望の位置に形成できる。このことにより、位置及び大きさの精度の高い配線コンタクトが得られる。

20

【0106】

なお、上記第7の実施形態において、絶縁層230を省略し、下地ガイド層204を配線層202及び絶縁層203の直上に形成してもよい。その場合、第2ポリマー部216b及びブロックポリマー層205を残存させつつ、エッチング耐性の低い第1ポリマー部216aを選択的に除去してホール部を形成した後、ホール部に導電膜を埋め込み、配線層202に対するコンタクトを形成する。その後、導電膜を残存させつつ、第2ポリマー部216b、ブロックポリマー層205、及び下地ガイド層204を除去する。そして、導電膜を覆うように絶縁層を形成する。

30

【0107】

また、上記第7の実施形態において、絶縁層230を省略し、下地ガイド層204を配線層202及び絶縁層203の直上に形成し、かつ第1ポリマー部116aをエッチング耐性の高いものとしてもよい。その場合、自己組織化相116の形成後、第1ポリマー部116aを残存させつつ、第2ポリマー部216b、ブロックポリマー層(無秩序化相)205、及び下地ガイド層204を除去する。そして、第1ポリマー部116aの周囲を覆うように絶縁層を形成し、その後、この絶縁層を残存させつつ、第1ポリマー部216aを選択的に除去してホール部を形成する。そして、このホール部に導電膜を埋め込み、配線層202に対するコンタクトを形成する。

40

【0108】

また、上記第7の実施形態において、絶縁層230を省略し、下地ガイド層204の材料として感光性絶縁膜を用い、かつブロックポリマー層205の材料として、シリンダー状の有機相と有機相を取り囲む絶縁相とを有するような自己組織化相216が形成される材料を用いてもよい。感光性絶縁膜としては、例えば感光性Low-k膜を用いることができる。また、ブロックポリマー層205の材料としては、例えば、PS-PDMSジブ

50

ロックコポリマーとPDMSポリマーとの混合物、PS-PEOジブロックコポリマーとPEOポリマーとの混合物など、有機のブロックポリマーと、シロキサン構造などからなるシリコンを含むブロックポリマーとから構成される材料を用いることができる。自己組織化相のうち、シリコンを含む相が絶縁性を示す。また、ミクロ相分離が起きない無秩序相も絶縁性を示す。上述の材料では、PS相がシリンダー相を形成することから、PDMSあるいはPEOのブロックポリマー（およびポリマー添加物）の方が、PSブロックポリマーよりもモノマ数が多い材料とする。有機相であるPS相は、PEOやPDMSと比較して、エッチング耐性が低い。

【0109】

下地ガイド層204、ブロックポリマー層205にこのような材料を用いることで、下地ガイド層204、ブロックポリマー層205、第2ポリマー部216bが絶縁層となるため、第1ポリマー部116aを除去してホール部を形成し、このホール部に導電膜を埋め込んで配線層202に対するコンタクトを形成した後に、下地ガイド層204、ブロックポリマー層205、第2ポリマー部216bの除去を行う必要がない。従って、工程数を削減することができる。

10

【0110】

また、上記第7の実施形態では、シリンダー形状の自己組織化相を形成していたが、ラメラ状の自己組織化相が形成されてもよい。

【0111】

上記第1～第7の実施形態では、配線層102、202に対するコンタクトを形成していたが、配線以外の金属膜に対するコンタクトを形成するものにも適用可能である。

20

【0112】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

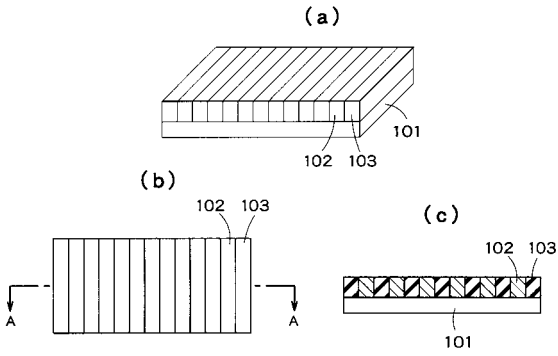
【符号の説明】

【0113】

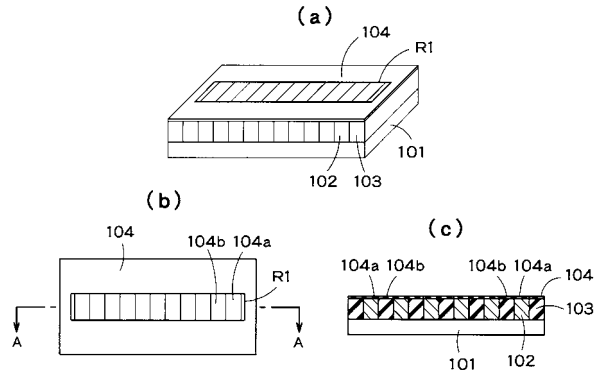
- 101 半導体基板
- 102 配線層
- 103 絶縁層
- 104 下地層
- 105 ブロックポリマー層
- 106 自己組織化相
- 107 ホール部
- 108 導電膜
- 109 絶縁層

30

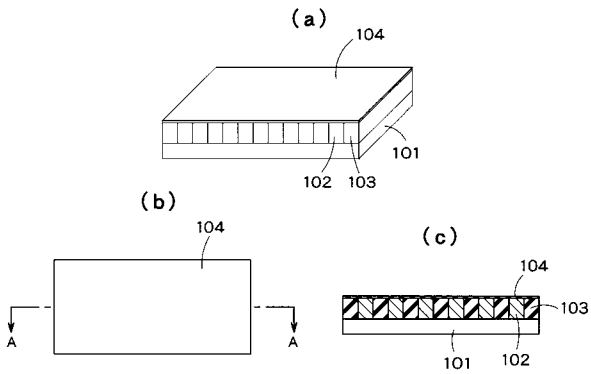
【 図 1 】



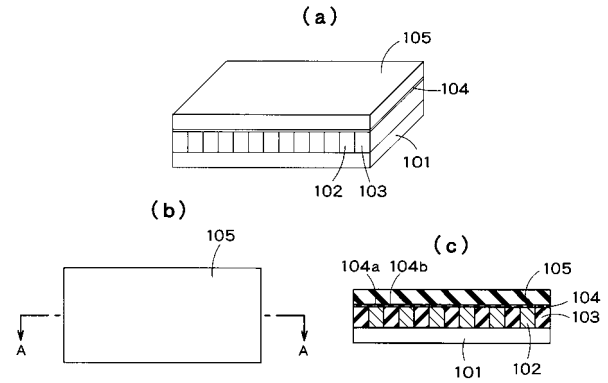
【 図 3 】



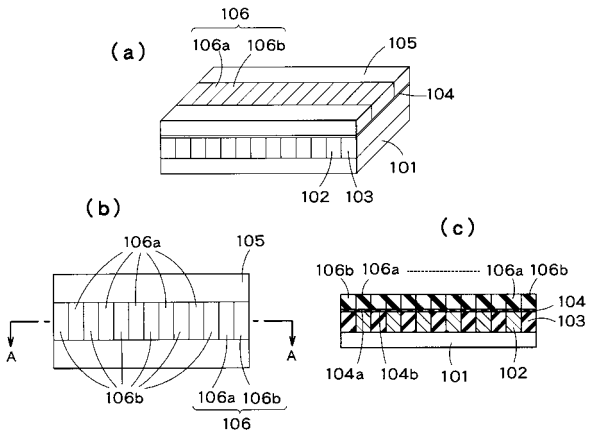
【 図 2 】



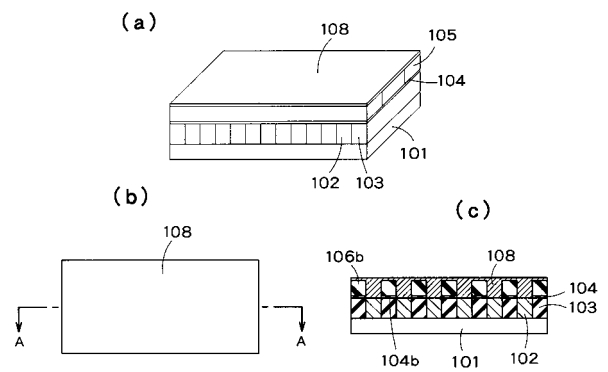
【 図 4 】



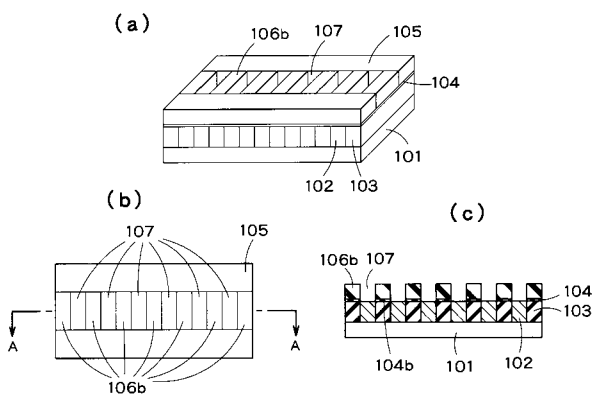
【 図 5 】



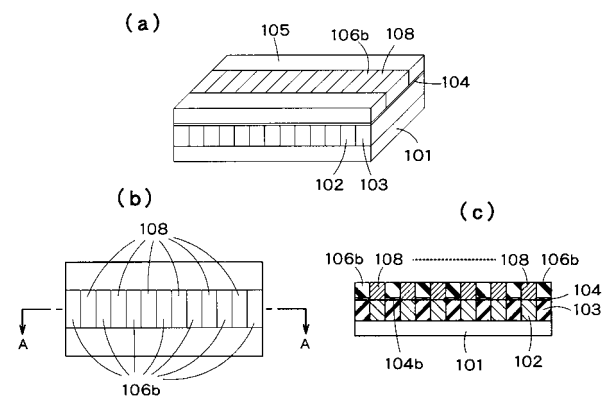
【 図 7 】



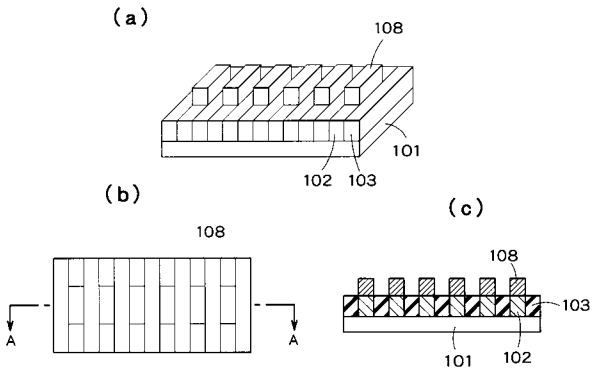
【 図 6 】



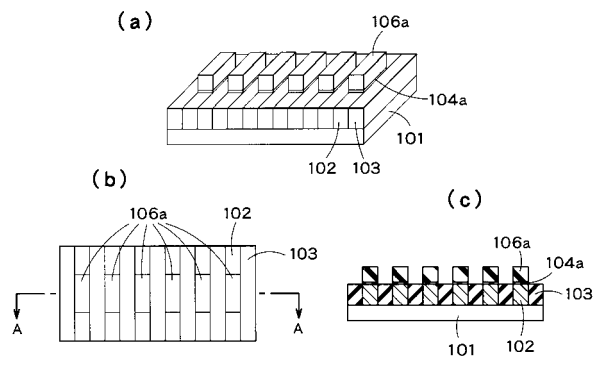
【 図 8 】



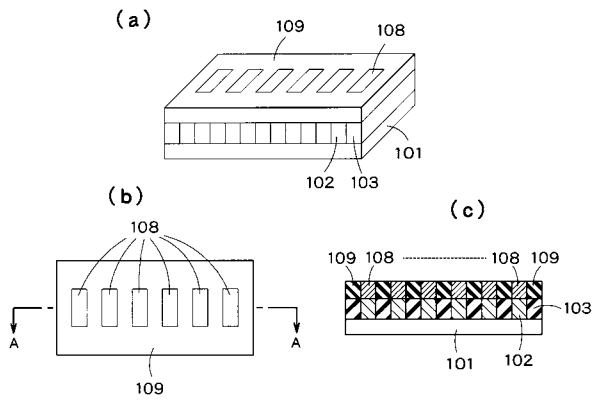
【 図 9 】



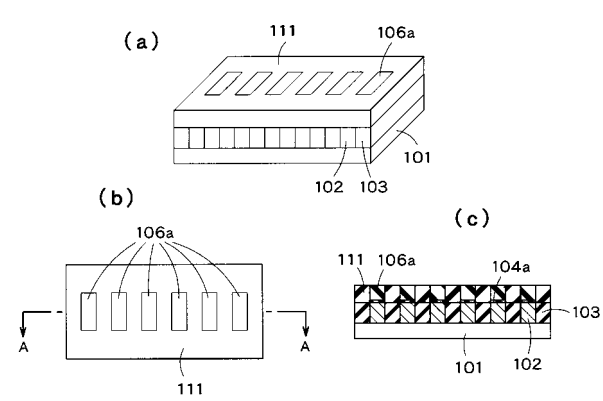
【 図 1 1 】



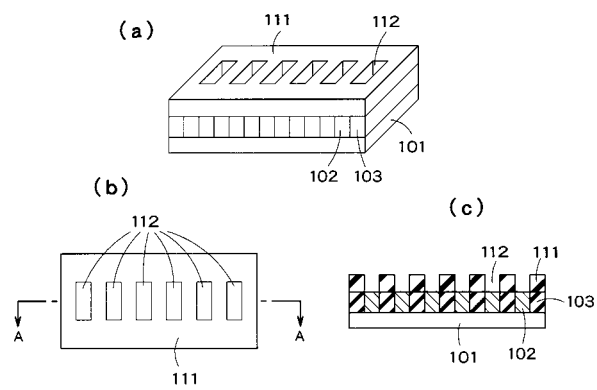
【 図 1 0 】



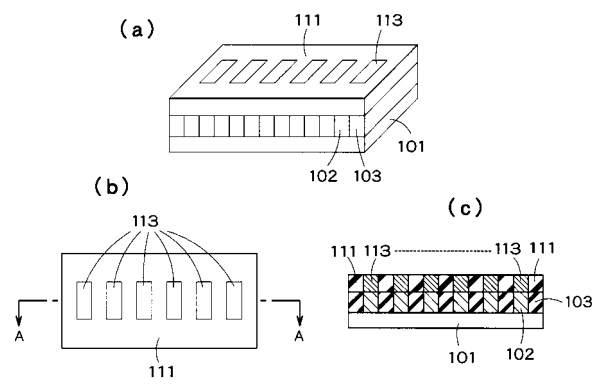
【 図 1 2 】



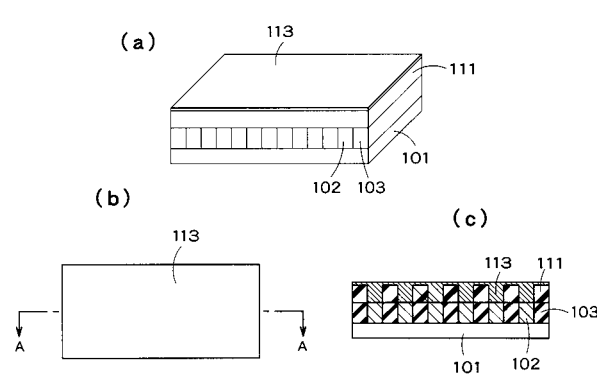
【 図 1 3 】



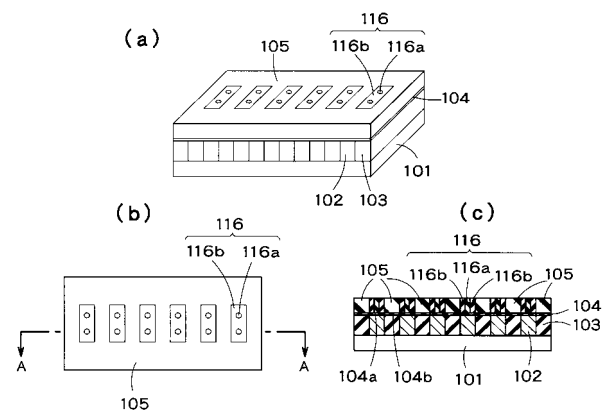
【 図 1 5 】



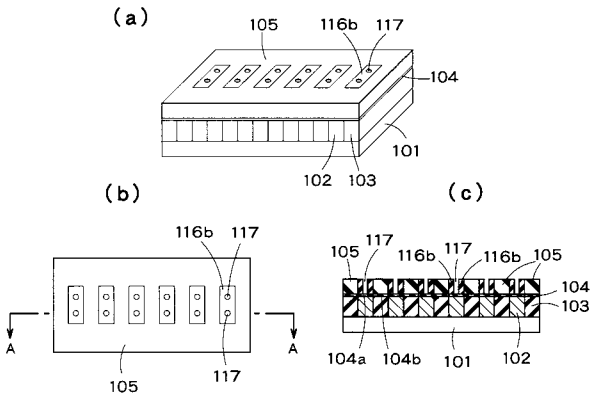
【 図 1 4 】



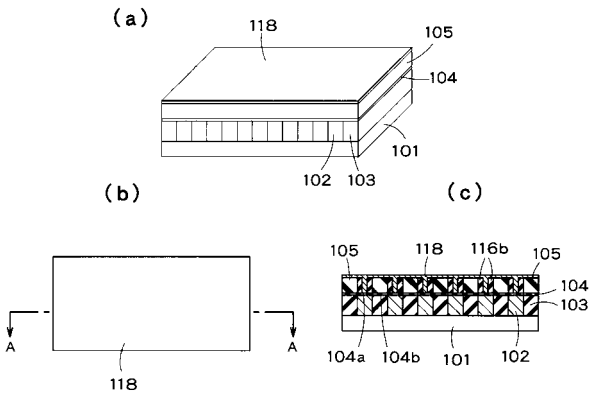
【 図 1 6 】



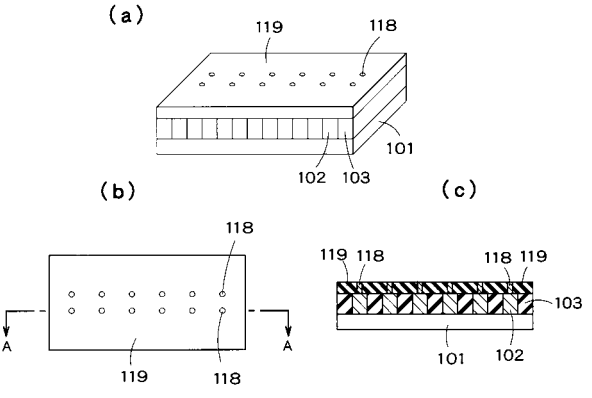
【 図 1 7 】



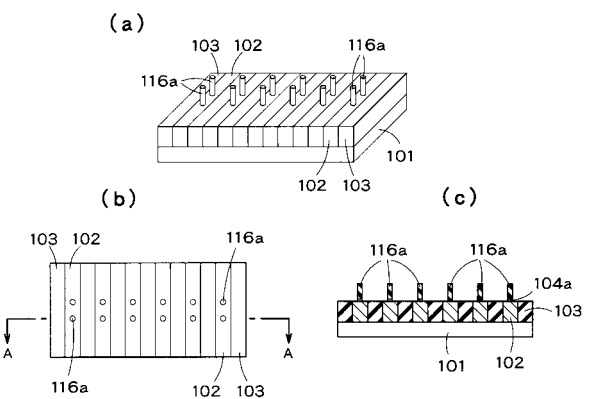
【 図 1 8 】



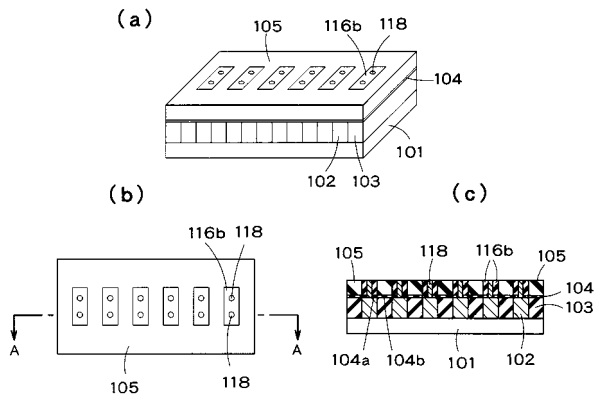
【 図 2 1 】



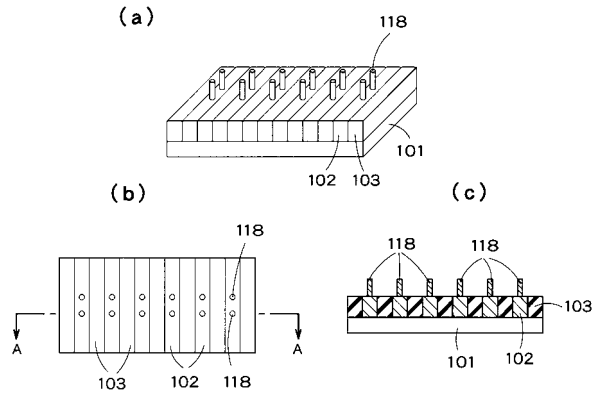
【 図 2 2 】



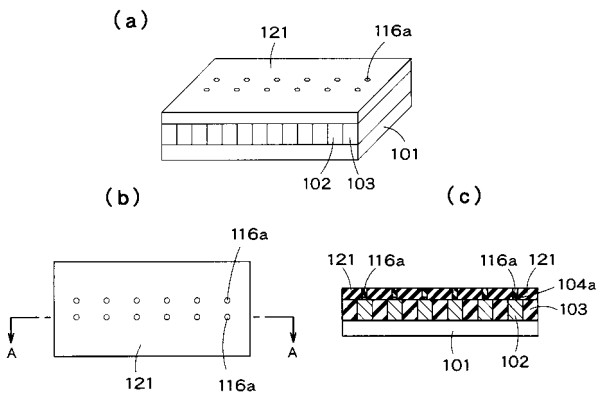
【 図 1 9 】



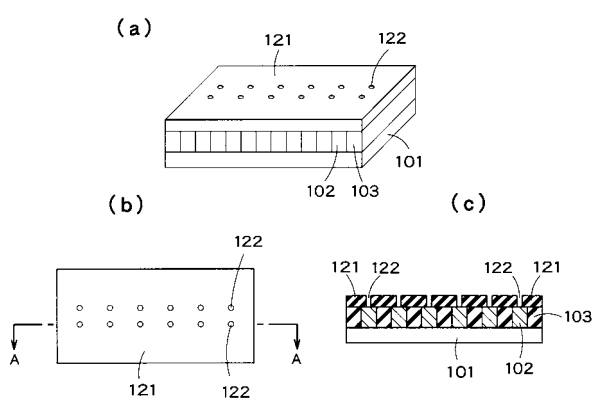
【 図 2 0 】



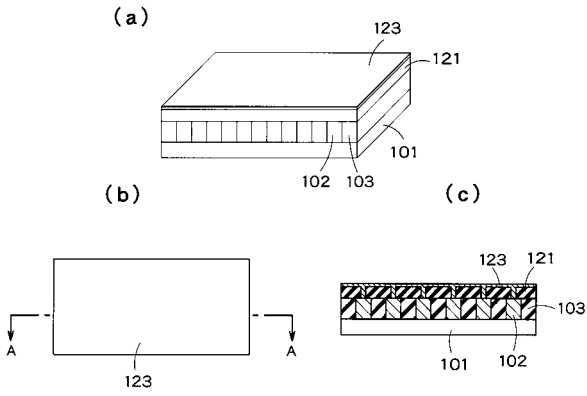
【 図 2 3 】



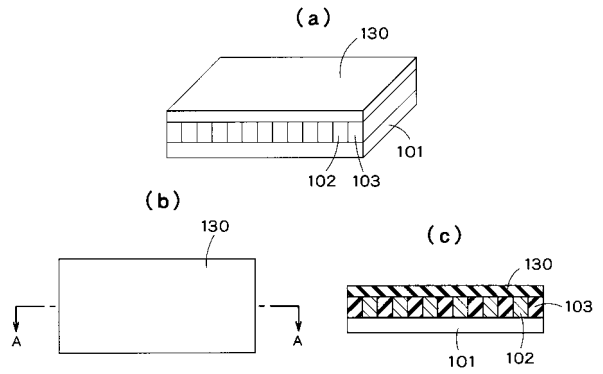
【 図 2 4 】



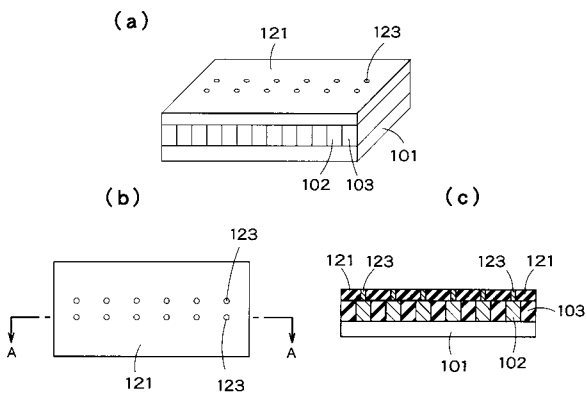
【 図 2 5 】



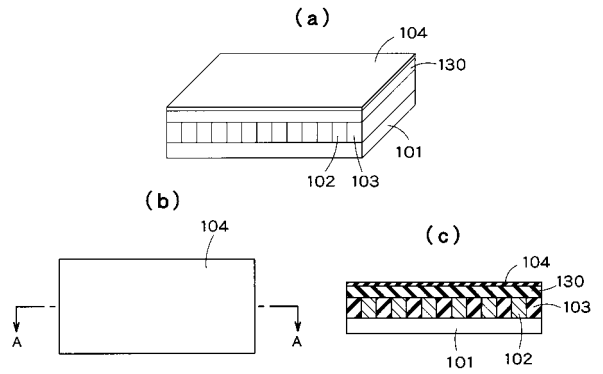
【 図 2 7 】



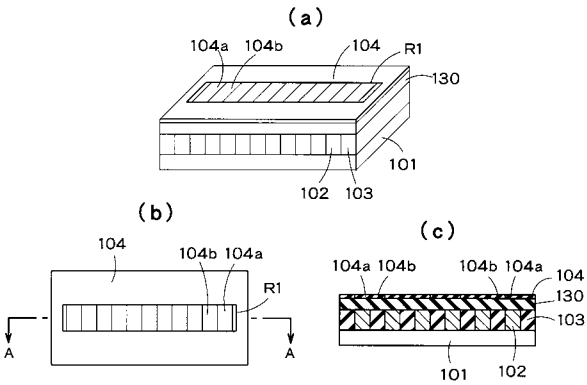
【 図 2 6 】



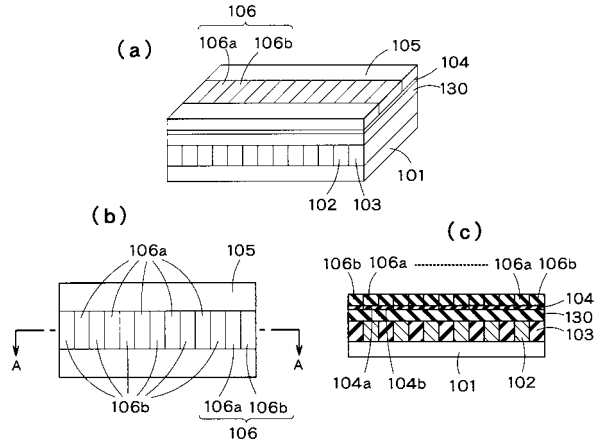
【 図 2 8 】



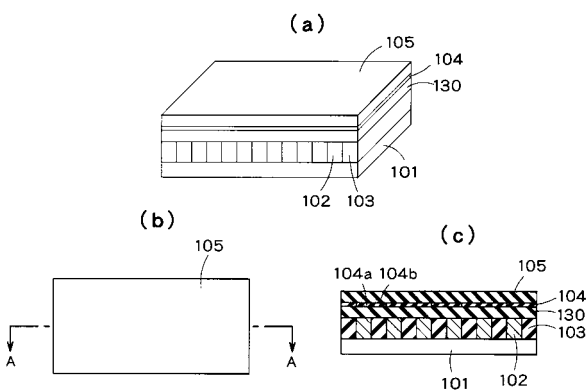
【 図 2 9 】



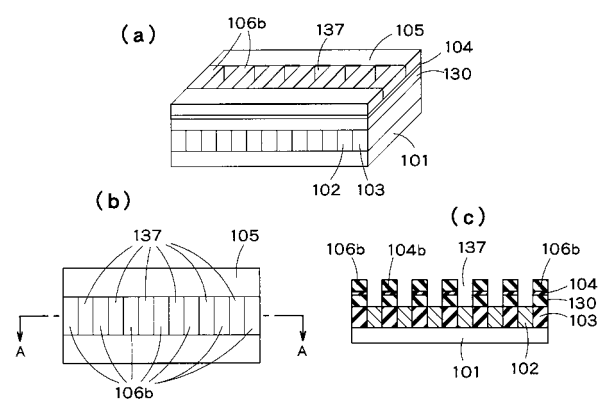
【 図 3 1 】



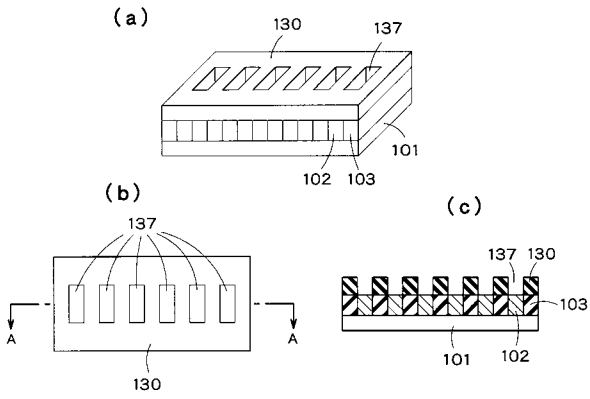
【 図 3 0 】



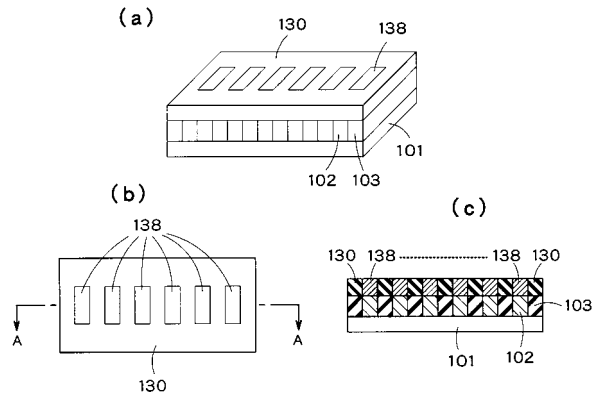
【 図 3 2 】



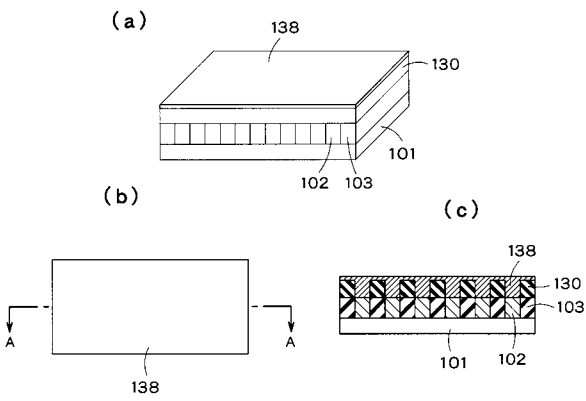
【 図 3 3 】



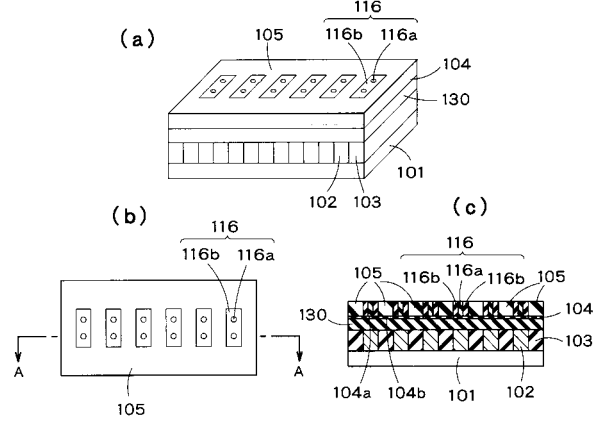
【 図 3 5 】



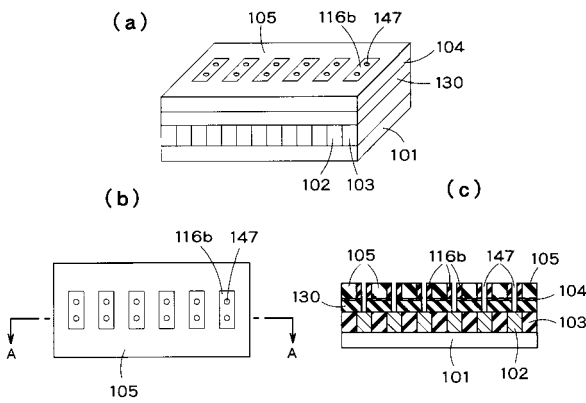
【 図 3 4 】



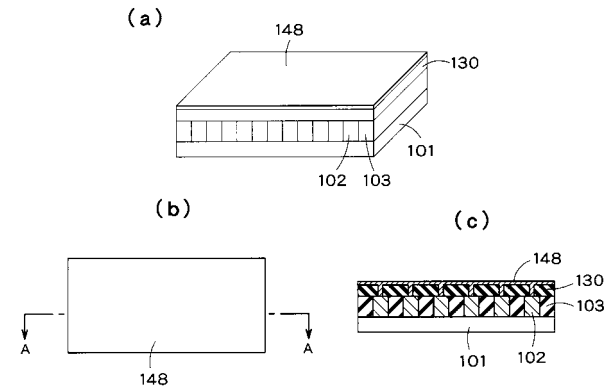
【 図 3 6 】



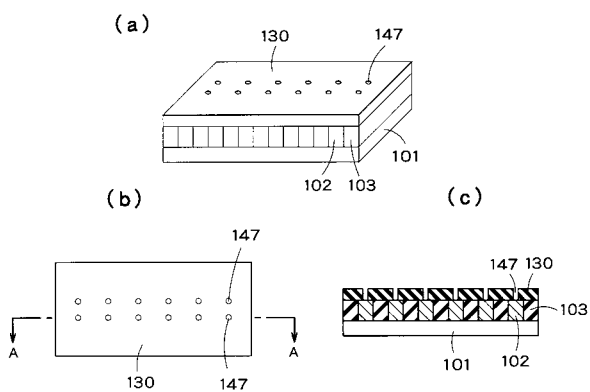
【 図 3 7 】



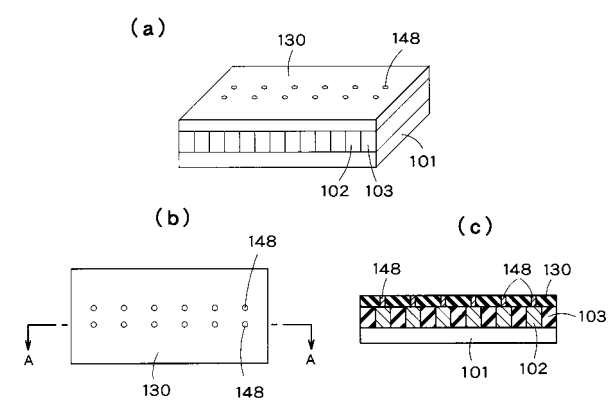
【 図 3 9 】



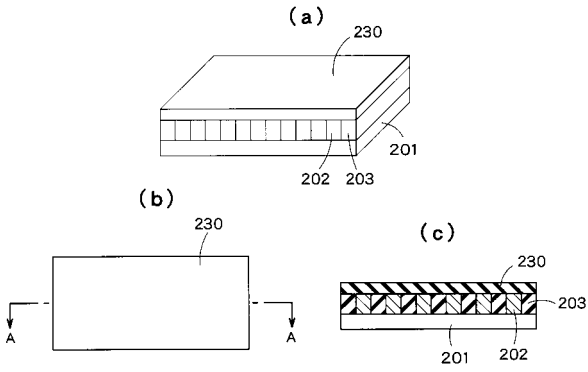
【 図 3 8 】



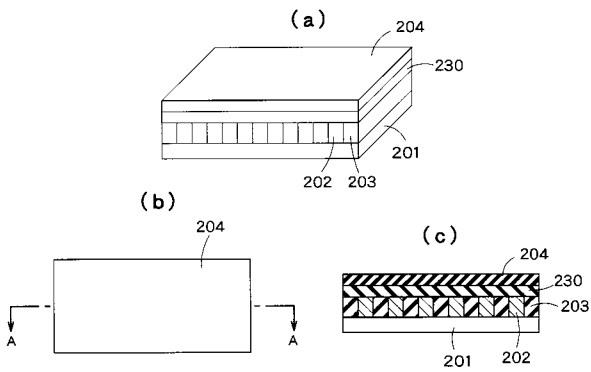
【 図 4 0 】



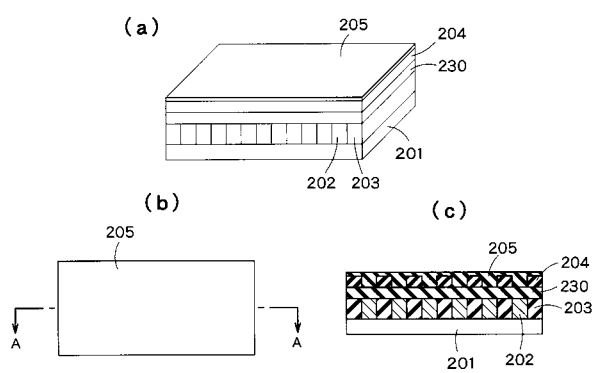
【 図 4 1 】



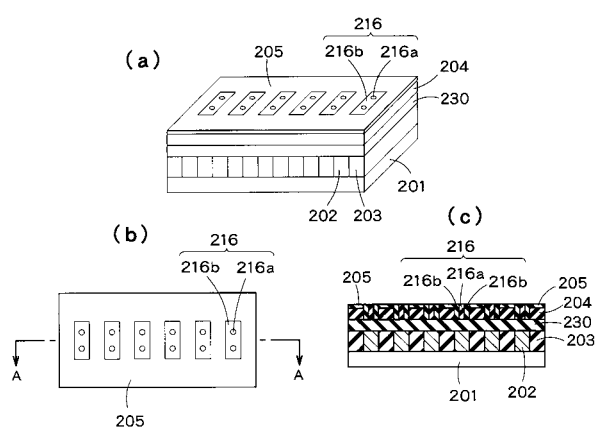
【 図 4 2 】



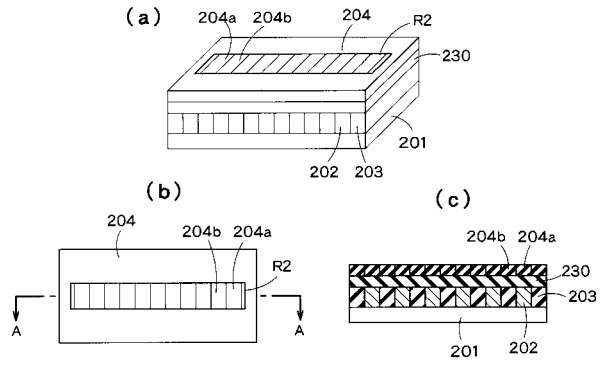
【 図 4 5 】



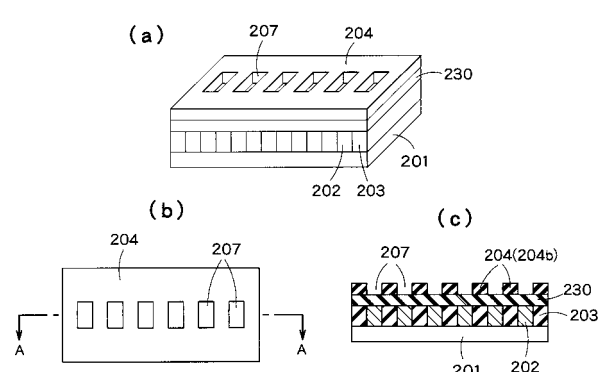
【 図 4 6 】



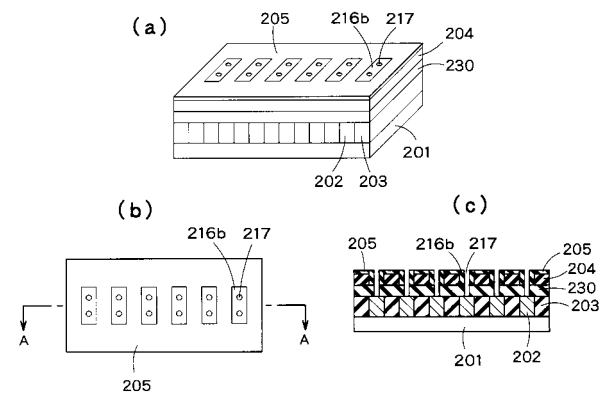
【 図 4 3 】



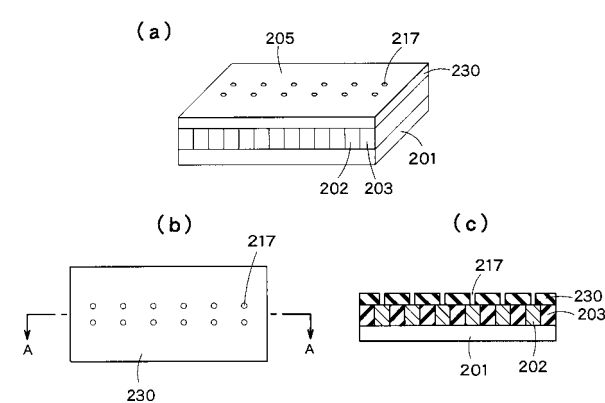
【 図 4 4 】



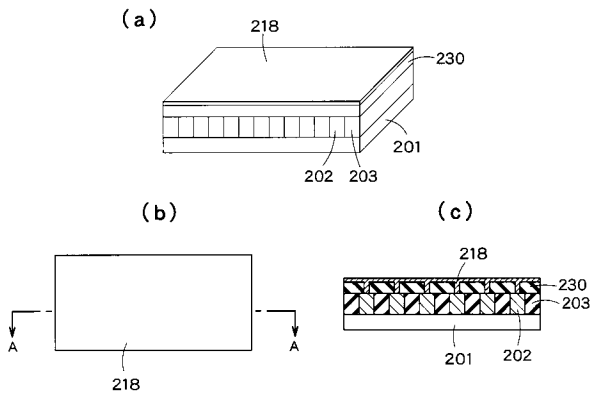
【 図 4 7 】



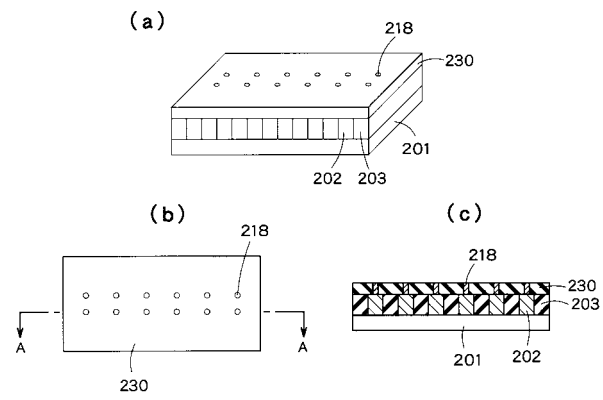
【 図 4 8 】



【 図 4 9 】



【 図 5 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 河村大輔

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5F033 HH08 HH11 HH18 HH19 JJ08 JJ11 JJ18 JJ19 KK08 KK11
KK18 KK19 NN33 QQ01 QQ07 QQ12 QQ35 QQ41 QQ48 RR01
RR09 RR11 RR29 SS21 XX03
5F146 AA28