

【書類名】明細書

【発明の名称】パターン形成方法

【技術分野】

【0001】

本発明による実施形態は、パターン形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自己組織化（以下、DSA（Directed Self-Assembly）ともいう）材料を用いたリソグラフィ技術が開発されている。DSA材料は、分子量を調整することにより、様々な寸法のドットパターン、ホールパターン、ピラーパターン、ラインパターン等を形成することができる。このようなパターンを形成する場合に、DSAにより形成されるポリマー相の発生位置を制御するためにガイドが必要とされる。ガイドには、凹凸構造の凹部にマイクロ相分離パターンを形成可能にする物理ガイド（grapho-epitaxy）と、下地材料の表面エネルギーの相違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（chemical-epitaxy）とがある。

【0003】

例えば、光リソグラフを用いて被加工膜上にレジスト膜を形成し、このレジスト膜に物理ガイドとなるホールパターンを形成する。そして、ホールパターン内に埋め込まれるようにブロックコポリマーを塗布して加熱する。これにより、ブロックコポリマーが相分離する。相分離したポリマーの一部を選択的に除去することによって、光リソグラフィによって形成されたホールパターンをシュリンクしたホールパターンが得られる。

【0004】

このようなホールシュリンクプロセスでは、ブロックコポリマーの分子量でホール径が決まる。従って、ホール径の異なる複数のパターンを形成するためには、各パターンごとに異なるブロックコポリマーの材料が必要となる。この場合、それぞれのブロックコポリマーの材料に対してリソグラフィ工程が必要となるため、工程数の増大およびコストの増大を招致していた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2014-22550号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ホール径の異なる複数のパターンを容易に形成することができるパターン形成方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本実施形態によるパターン形成方法は、被加工膜上の第1領域に自己組織化材料が相分離可能な幅を有する第1開口幅の第1パターンを含み、かつ、該被加工膜上の第2領域に前記第1開口幅よりも幅が広い第2開口幅の第2パターンおよび第1開口幅よりも幅が小さい幅の第3パターンを含むマスク材を形成する。次に、マスク材上に自己組織化材料を供給する。次に、3パターン内の自己組織化材料を相分離させずに、第1および第2パターン内の自己組織化材料を第1ポリマー部と第2ポリマー部とに相分離させる。第1ポリマー部を残存させつつ第2ポリマー部を除去してホールパターンを形成する。マスク材および第1ポリマー部をマスクとして用いて被加工膜を加工する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1の実施形態に従ったパターン形成方法を示す断面図。

【図2】図1に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図3】図1に続く、パターン形成方法を示す平面図。

【図4】図2および図3に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図5】図4に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図6】図4に続く、パターン形成方法を示す平面図。

【図7】図5および図6に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図8】図7に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図9】第2領域R2における第3ホールパターン105cの変形例を示す平面図。

【図10】第2の実施形態に従ったパターン形成方法を示す断面図。

【図11】第2の実施形態に従ったパターン形成方法を示す平面図。

【図12】図10および図11に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図13】図12に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図14】図12に続く、パターン形成方法を示す平面図。

【図15】図13および図14に続く、パターン形成方法を示す断面図。

【図16】第1スペースパターン205bの変形例を示す平面図。

【図17】第1スペースパターン205bの他の変形例を示す平面図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態を説明する。本実施形態は、本発明を限定するものではない。

【0010】

(第1の実施形態)

図1～図8(B)は、第1の実施形態に従ったパターン形成方法を示す断面図または平面図である。図1、図2(A)、図2(B)、図4(A)～図5(B)、図7(A)～図8(B)は断面図であり、図3(A)、図3(B)、図6(A)および図6(B)は平面図である。尚、図2(A)は、図3(A)のA-A線に沿った断面図であり、図2(B)は、図3(B)のB-B線に沿った断面図である。図5(A)は、図6(A)のA-A線に沿った断面図であり、図5(B)は、図6(B)のB-B線に沿った断面図である。

【0011】

まず、図1に示すように、材料膜101上にハードマスク102を形成し、ハードマスク102上に反射防止膜103を形成する。材料膜101は、例えば、半導体基板の上方に設けられた膜厚300nmの酸化膜である。ハードマスク102は、例えば、CVD (Chemical Vapor Deposition)、または塗布によって形成した膜厚100nmの炭素膜である。また、反射防止膜103は、例えば、CVD、または塗布によって形成した膜厚15nmの酸化膜である。

【0012】

次に、図2(A)、(B)および図3に示すように、反射防止膜103上に膜厚120nmのレジスト膜104を回転塗布し、ArF液浸エキシマレーザにより露光量20mJ/cm²で露光および現像して、マスク材としてのレジスト膜104にホールパターン105a、105bおよび105cを形成する。第1ホールパターン(第1パターン)105aは、被加工膜としての反射防止膜103の上面の第1領域R1に形成される。第2ホールパターン(第2パターン)105bおよび第3ホールパターン(第3パターン)105cは、反射防止膜103の上面の第2領域R2に形成される。第1領域R1および第2領域R2は、被加工膜としての反射防止膜103の上面の互いに異なる領域であり、隣接していてもよく、離間していてもよい。また、第1領域R1および第2領域R2は、面積において等しくてもよく、異なってもよい。

【0013】

尚、ハードマスク102および反射防止膜103は、後の工程において、反射防止膜103上に設けられたレジスト膜104およびポリマー層(図7の107a、107b)をマスクとして用いて加工される。従って、ここでは、レジスト膜104およびポリマー層をマスク材とし、ハードマスク102および反射防止膜103を被加工膜として説明する。

。

【0014】

ホールパターン105a～105cのレイアウト形状(平面形状)は、略円形、略楕円形、略矩形、溝のいずれでもよい。但し、図3(A)および図3(B)に示すように、第1ホールパターン105aの径(第1開口幅) $\Phi 1$ は、第2ホールパターン105bの径(第2開口幅) $\Phi 2$ よりも小さく、かつ、第3ホールパターン105cの径(第3開口幅) $\Phi 3$ よりも大きい。第1ホールパターン105aの径(第1開口幅) $\Phi 1$ は、例えば、約70nmである。第2ホールパターン105bの径(第2開口幅) $\Phi 2$ は、第1開口幅 $\Phi 1$ および第3開口幅 $\Phi 3$ よりも大きく、例えば、約100nmである。第3ホールパターン105cの径(第3開口幅) $\Phi 3$ は、第1開口幅 $\Phi 1$ および第2開口幅 $\Phi 2$ よりも小さく、例えば、約45nmである。ホールパターン105a～105cの径については、後でより詳細に説明する。

【0015】

ホールパターン105a～105cを有するレジスト膜104は、後の工程で形成されるブロックコポリマーがマイクロ相分離する際の物理ガイド層として機能する。ホールパターン105a、105b内に形成されるマイクロ相分離パターンは、材料膜101に転写されるパターンのもととなる。一方、第3ホールパターン105cは、レジスト膜104の被覆率(または開口率)を調整するために設けられたダミーパターンである。反射防止膜103の上面の或る領域の面積 S_a に対して、レジスト膜104がその領域を被覆する面積(配置面積) S_b の比率(S_b/S_a)を被覆率とする。一方、反射防止膜103の上面の或る領域の面積 S_a に対して、その領域に形成されたホールパターン105a～105cの面積 S_c の比率(S_c/S_a)を開口率とする。尚、 S_b は、反射防止膜103の上面のうちレジスト膜104で被覆される面積であり、 S_c は、反射防止膜103の上面のうちレジスト膜104を除去した部分の面積である。従って、 S_b/S_a および S_c/S_a の和は、ほぼ1となる。

【0016】

例えば、図3(A)に示すように、第1ホールパターン105aは、第1領域R1に形成されている。第1領域R1には、ダミーパターンとしての第3ホールパターン105cは形成されていない。一方、図3(B)に示すように、第2領域R2において、第3ホールパターン105cは、第2ホールパターン105bとともに形成されている。ダミーパターンとしての第3ホールパターン105cを第2領域R2に設けることによって、第2領域R2におけるレジスト膜104の被覆率は、第1領域R1におけるレジスト膜104の被覆率よりも確実に小さくなっている。逆に、第2領域R2におけるホールパターン105bおよび105cの開口率は、第1領域R1におけるホールパターン105aの開口率よりも大きくなっている。これにより、後述するように、第2領域R2におけるブロックコポリマー106の膜厚を、第1領域R1のそれよりも薄くすることができる。第1領域R1は、特に限定しないが、例えば、微細なホールパターンでの加工を要するメモリセル領域である。第2領域R2は、特に限定しないが、例えば、比較的大きなホールパターンで加工可能な周辺回路領域である。

【0017】

次に、図4(A)および図4(B)に示すように、レジスト膜104上にブロックポリマー106を塗布する。自己組織化材料としてのブロックコポリマー106は、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)とのブロック共重合体(PS-b-PMMA)を含む。例えば、このPS-b-PMMAのPSブロックとPMMAブロックとの数平均分子量(M_n)の比率は約24000対約4700である。このようなPS-b-PMMAを約1.0wt%の濃度で含有するプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート(PGMEA)溶液をレジスト膜104上に回転数2000rpmで回転塗布する。これにより、ブロックポリマー106がホールパターン105a～105c内に供給される。

【0018】

ここで、上述の通り、第2領域R2におけるレジスト膜104の被覆率が、第1領域R1におけるレジスト膜104の被覆率よりも小さくなっている。このため、PS-b-PMAの溶液をレジスト膜104上に回転塗布したときに、図4(A)および図4(B)に示すように、第2ホールパターン105b内に滞留するブロックコポリマー106の膜厚T2が第1ホールパターン105a内に滞留するブロックコポリマー106の膜厚T1よりも薄くなる。これは、第2ホールパターン105bの径 $\Phi 2$ が第1ホールパターン105aの径 $\Phi 1$ よりも大きいこと、並びに、第2領域R2におけるホールパターン105bおよび105cの開口率が第1領域R1におけるホールパターン105aの開口率よりも大きくなっているからである。即ち、ブロックコポリマー106をレジスト膜104上に回転塗布したときに、ブロックコポリマー106は、開口幅の比較的大きな第2ホールパターン105bから流れ出やすいが、開口幅の比較的小さな第1ホールパターン105aからは流出し難く滞留し易い。また、ブロックコポリマー106は、第1ホールパターン105aよりも開口幅の小さな第3ホールパターン105cからは毛細管力によって流出困難である。さらに、レジスト膜104の被覆率が小さいと、その分、ホールパターンの開口率が大きくなり、ブロックコポリマー106がより広い範囲に亘って残留することになる。従って、レジスト膜104上にブロックコポリマー106を回転塗布した場合、ブロックコポリマー106の膜厚は、第2および第3ホールパターン105b、105cの両方を有する（開口率の大きな）第2領域R2において薄くなり、第1ホールパターン105aしか有しない（開口率の小さな）第1領域R1において比較的厚くなる。その結果、ホールパターン105a～105cの開口幅 $\Phi 1 \sim \Phi 3$ とレジスト膜104の被覆率（開口率）との両方を考慮すると、図4(A)および図4(B)に示すように、ブロックコポリマー106の膜厚は、第2ホールパターン105b内において比較的薄くなり、第1ホールパターン105a内において比較的厚くなる。即ち、第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚をT1とし、第2ホールパターン105b内のブロックコポリマー106の膜厚をT2とすると、 $T2 < T1$ となる。また、第3ホールパターン105cは、ブロックコポリマー106で充填されており、ブロックコポリマー106の膜厚は、非常に厚くなっている。即ち、第3ホールパターン105c内のブロックコポリマー106の膜厚をT3とすると、 $T2 < T1 \leq T3$ となる。このように、本実施形態では、ホールパターン105a～105cの開口幅 $\Phi 1 \sim \Phi 3$ とレジスト膜104の被覆率（開口率）とを利用して、ブロックコポリマー106の膜厚を制御している。

【0019】

次に、図5(A)および図5(B)に示すように、材料膜101等をホットプレート上において、約110℃で90秒間加熱し、さらに、窒素雰囲気下において、約220℃で3分間加熱する。これにより、ブロックコポリマー106がマイクロ相分離し、第1ポリマーブロック鎖を含む第1ポリマー部107a、107bと、第2ポリマーブロック鎖を含む第2ポリマー部108a、108bとを含む自己組織化相109a、109bが形成される。例えば、疎水性のPSを含む第1ポリマー部107a、107bがそれぞれ第1および第2ホールパターン105a、105bの側壁部に形成（偏析）される。親水性のPMAを含む第2ポリマー部108a、108bがそれぞれ第1および第2ホールパターン105a、105bの中心部に形成（偏析）される。これにより、第2ポリマー部108a、108bは、縦型シリンダー形状（ピラー形状）に形成される。第2ポリマー部108aの径は、例えば、約25nmであり、第2ポリマー部108bの径は、例えば、約30nmである。このとき、ダミーパターンとしての第3ホールパターン105c内に充填されたブロックコポリマー106は、マイクロ相分離しない。

【0020】

ここで、第1～第3ホールパターン105a～105cの開口幅 $\Phi 1 \sim \Phi 3$ について説明する。上述の通り、第1ホールパターン105aの径（第1開口幅）を $\Phi 1$ とし、第2ホールパターン105bの径（第2開口幅）を $\Phi 2$ とし、第3ホールパターン105cの径（第3開口幅）を $\Phi 3$ とすると、 $\Phi 2 > \Phi 1 > \Phi 3$ の関係を有する。さらに、第1および第2ホールパターン105a、105bにおいて、ブロックコポリマー106がマイクロ

相分離するように、第1および第2開口幅 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期以上である。即ち、第1および第2開口幅 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ は、ブロックコポリマー106が相分離可能な幅を有する。また、第3ホールパターン105cにおいて、ブロックコポリマー106がマイクロ相分離しないように、第3開口幅 $\Phi 3$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期よりも小さい。即ち、第3開口幅 $\Phi 3$ は、ブロックコポリマー106が相分離不可能な幅を有する。

【0021】

例えば、ブロックコポリマー106の材料として上記PS-b-PMMAを用いた場合、ブロックコポリマー106の相分離周期 $L0$ は、約50nmとなる。相分離周期 $L0$ は、ブロックコポリマー106を相分離させたときに、引張されていない状態において複数のポリマーの繰り返しの間隔（ピッチ）である。例えば、第1ホールパターン105aの径が相分離周期 $L0$ に等しい場合、ブロックコポリマー106は、第1ホールパターン105a内において引張されない状態で相分離する。従って、この場合、シリンダー形状の第2ポリマー部108aおよびその周囲に設けられた第1ポリマー部107aの全体の径（被加工膜の表面に対して平行方向の断面におけるシリンダー形状の直径）は相分離周期 $L0$ となる。

【0022】

第1および第2開口幅 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ をブロックコポリマー106の相分離周期 $L0$ 以上とすることによって、図6(A)および図6(B)に示すように、第1および第2ホールパターン105a、105b内のブロックコポリマー106は、第1ポリマー部107a、107bと第2ポリマー部108a、108bとに相分離することができる。尚、後述するように、ホールパターンの開口幅が相分離周期 $L0$ より大きい場合、相分離後のブロックコポリマーはホールパターンによって或る程度引張され、相分離周期 $L0$ よりも大きくなる。一方、第3開口幅 $\Phi 3$ をブロックコポリマー106の相分離周期 $L0$ より小さくすることによって、図6(B)に示すように、第3ホールパターン105c内のブロックコポリマー106は相分離しない。例えば、上述のように、相分離周期 $L0$ が、約50nmとすると、第1開口幅 $\Phi 1$ を約70nmとし、第2開口幅 $\Phi 2$ を約100nmとし、第3開口幅 $\Phi 3$ を約45nmとする。これにより、第3ホールパターン105c内のブロックコポリマー106を相分離させることなく、第1および第2ホールパターン105a、105b内のブロックコポリマー106を選択的に相分離させることができる。

【0023】

さらに、第2ホールパターン105bにおいて、ブロックコポリマー106がランダムに相分離することを抑制するために、第2開口幅 $\Phi 2$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期 $L0$ の2倍以下であることが好ましい。以上の関係を式で表すと、式1のようになる。

【0024】

$$2 \times L0 \geq \Phi 2 > \Phi 1 \geq L0 > \Phi 3 \quad (\text{式1})$$

次に、酸素RIE（反応性イオンエッチング）法により、第1ポリマー部107a、107bを残存させ、第2ポリマー部108a、108bを選択的に除去する。これにより、図7(A)および図7(B)に示すように、シュリンクホールパターン110a、110bを形成する。シュリンクホールパターン110a、110bは、それぞれホールパターン105a、105bをシュリンクしたもの相当する。第2ホールパターン105bの第2開口幅 $\Phi 2$ は、相分離周期 $L0$ より大きく、かつ、第1ホールパターン105aの第1開口幅 $\Phi 1$ よりも大きい。従って、ホールパターン105b内に埋め込まれた106bポリマー部の各分子は、ホールパターン105bの側壁へ向かって引張されるので、これに伴い、シュリンクホールパターン110bは、シュリンクホールパターン110aよりも幾分大きくなる。例えば、シュリンクホールパターン110aの径は、約25nmであり、シュリンクホールパターン110bの径は、約30nmである。

【0025】

一方、第3ホールパターン105c内のブロックコポリマー106は相分離していない

ので、酸素R I E法ではほとんどエッチングされない。従って、第3ホールパターン105cはブロックコポリマー106で充填されたままとなっており、第3ホールパターン105cをシュリンクしたホールパターンは、第3ホールパターン105c内には形成されない。

【0026】

次に、図8(A)および図8(B)に示すように、残存する第1ポリマー部107a、107b、ブロックコポリマー106およびレジスト膜104をマスクとして用いて、フッ素ガスを用いたR I Eで、反射防止膜103およびハードマスク102を加工する。このとき、シュリンクホールパターン110a、110bは反射防止膜103およびハードマスク102に転写される。

【0027】

ここで、図4(A)および図4(B)を参照して説明したように、第2ホールパターン105b内のブロックコポリマー106の膜厚は、第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚よりも薄いので、第2ホールパターン105b内の第1ポリマー部107bの膜厚も、第1ホールパターン105a内の第1ポリマー部107aの膜厚よりも薄くなっている。従って、第1ポリマー部107bは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時に削られ、目減りしていく。

【0028】

さらに、実際には、図4(A)および図4(B)に示すように、第1および第2ホールパターン105a、105b内において、ブロックコポリマー106の上面は、レジスト膜104の側壁との相互作用によりメニスカス形状になっている。これに伴い、第1ポリマー部107bの上面も、メニスカス形状を有するので、第2ホールパターン105bの中心部近傍において比較的薄く、その中心部から遠ざかるにつれて厚くなっている。従って、反射防止膜103およびハードマスク102のエッチング加工によって、第1ポリマー部107bは、第2ホールパターン105bの中心部近傍から第2ホールパターン105bの側壁へ向かって次第に削られていく。それに伴い、シュリンクホールパターン110bの開口幅は、反射防止膜103およびハードマスク102のエッチング加工が進むにつれて広がり、第2ホールパターン105bの第2開口幅 $\Phi 2$ へ近づいていく。これにより、図7(B)および図8(B)に示すように、シュリンクホールパターン110bは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時に大きく広がる。例えば、反射防止膜103およびハードマスク102に転写されたシュリンクホールパターン110bの径は約60nmになる。

【0029】

このように、第1ポリマー部107bは、物理ガイド層としてのホールパターン105bから引張応力を受けて比較的大きなホールパターン110bを有しているだけでなく、第1ポリマー部107bの膜厚が比較的薄く、かつ、その表面がメニスカス形状になっている。これにより、反射防止膜103およびハードマスク102に転写されたホールパターン110bの径は、ホールパターン110aの径より充分に大きくなる。尚、第1ポリマー部107bが消滅して、ホールパターン110bの径が第2開口幅 $\Phi 2$ とほぼ等しくなっても構わない。

【0030】

また、第1ポリマー部107bの表面は、ホールパターン105bの形状に沿ってほぼ同心円状の滑らかなメニスカス形状を有するので、ホールパターン105bの形状に従って、CDU (Critical Dimension Uniformity) の良好なホールパターンが反射防止膜103およびハードマスク102へ転写され得る。これにより、ホールパターン110bの径のばらつきが抑制され得る。

【0031】

一方、第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚は、第2ホールパターン105b内のブロックコポリマー106の膜厚よりも厚いので、第1ホールパターン105a内の第1ポリマー部107aの膜厚も、第2ホールパターン105b内の

第1ポリマー部107bの膜厚よりも十分に厚い。従って、第1ポリマー部107aは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時に或る程度削られても、ホールパターン110aの開口幅は、ホールパターン110bほど変わらない。従って、図7(A)および図8(A)に示すように、ホールパターン110aは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時にあまり広がらず、ほとんどそのまま反射防止膜103およびハードマスク102へ転写される。従って、例えば、ホールパターン110aの径はほぼ25nmのままである。

【0032】

第3ホールパターン105cには、ブロックコポリマー106が充填されたままとなっているので、第3ホールパターン105cは、反射防止膜103およびハードマスク102に転写されない。

【0033】

その後、加工されたハードマスク102をマスクとして用いて、RIE法で材料膜101をさらに加工する。これにより、ハードマスク102のパターンが材料膜101に転写される。材料膜101に転写されたホールパターンは、例えば、コンタクトホール等として用いられる。

【0034】

以上のように、本実施形態によれば、ダミーパターンとしての第3ホールパターン105cを第2領域R2に設けることによって、第2領域R2におけるレジスト膜104の被覆率を第1領域R1におけるレジスト膜104の被覆率よりも小さくしている。さらに、第2ホールパターン105bの開口幅 $\Phi 2$ は、第1ホールパターン105aの開口幅 $\Phi 1$ よりも大きくしている。これにより、ブロックコポリマー106の溶液をレジスト膜104上に回転塗布したときに、第2ホールパターン105b内のブロックコポリマー106の膜厚T2が第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚T1よりも薄くなる。これに伴って、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時にマスクとして用いられる第1ポリマー部107aも、第1ホールパターン105aよりも第2ホールパターン105bにおいて薄くなる。これにより、反射防止膜103およびハードマスク102の加工工程において、第1ホールパターン105a内のシュリンクホールパターン110aの径についてはほぼ維持しつつ、第2ホールパターン105b内のシュリンクホールパターン110bの径を選択的に拡大することができる。その結果、開口幅の小さいホールパターン110aと開口幅の大きなホールパターン110bを、被加工膜としての反射防止膜103およびハードマスク102に同時に転写することができる。即ち、本実施形態によれば、開口幅の異なる複数のホールパターンを、被加工膜に容易に転写することができる。

【0035】

また、第1および第2ホールパターン105a、105bの開口幅 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ はブロックコポリマー106の相分離周期L0以上であり、かつ、第3ホールパターン105cの第3開口幅 $\Phi 3$ はブロックコポリマー106の相分離周期L0よりも小さい。これにより、ダミーパターンとしての第3ホールパターン105cに充填されたブロックコポリマー106は相分離することなくそのまま残留し、第1および第2ホールパターン105a、105bに設けられたブロックコポリマー106が選択的に相分離する。よって、ダミーパターンとしての第3ホールパターン105cを反射防止膜103およびハードマスク102に転写することなく、第1および第2ホールパターン105a、105b内のホールパターン110a、110bを反射防止膜103およびハードマスク102に選択的に転写することができる。

【0036】

上記実施形態において、転写するホールパターン(105a、105b)の開口幅は2種類であったが、転写するホールパターンの開口幅は3種類以上であってもよい。この場合、反射防止膜103上の第3領域(図示せず)において、ホールパターンの開口幅、ダミーパターンの個数等を変更し、第1ポリマー部107aの膜厚を調節すればよい。

【0037】

また、第1から第3ホールパターン105a～105cが、略楕円形、略矩形、あるいは、溝型である場合、上記第1～第3開口幅 $\Phi 1 \sim \Phi 3$ は、開口幅の最小径（最小ガイド幅）とすればよい。ここで、溝型のパターン105cはラインパターンを示す。例えば、図9（A）および図9（B）は、第2領域R2における第3ホールパターン（ダミーパターン）105cの変形例を示す平面図である。図9（A）では、第3ホールパターン105cは、略矩形または溝型を有する。図9（B）では、第3ホールパターン105cは、略楕円形を有する。第2ホールパターン105bは、略楕円形を有する。このように、第3ホールパターン105cが、略楕円形、略矩形、溝型であっても、開口幅の最小ガイド幅 $\Phi 3$ がブロックコポリマー106の相分離周期 L_0 より小さければ、第3ホールパターン105c内においてブロックコポリマー106の相分離は抑制され得る。また、第2ホールパターン105bが、略楕円形、略矩形、溝型であっても、開口幅の最小ガイド幅 $\Phi 2$ がブロックコポリマー106の相分離周期 L_0 以上であれば、第2ホールパターン105b内においてブロックコポリマー106は相分離し得る。図示しないが、第1ホールパターン105aについても開口幅の最小ガイド幅 $\Phi 1$ がブロックコポリマー106の相分離周期 L_0 以上であれば、第1ホールパターン105a内においてブロックコポリマー106は相分離し得る。

【0038】

（第2の実施形態）

図10～図15は、第2の実施形態に従ったパターン形成方法を示す断面図または平面図である。図11および図14は、第2領域R2の平面図である。図10は、図11のB-B線に沿った断面図であり、図13は、図14のB-B線に沿った断面図である。尚、第1領域R1における断面図および平面図は、図3（A）、図4（A）、図5（A）、図6（A）、図7（A）、図8（A）に示すものと同様でよいので、ここではその説明を省略する。

【0039】

まず、図1を参照して説明した工程を経た後、反射防止膜103上にレジスト膜104を形成しパターンニングする。これにより、図10および図11に示す構造が得られる。

【0040】

第2の実施形態では、図11に示すように、第2領域R2において、マスク材としてのレジスト膜104が第1スペースパターン205bおよび第2スペースパターン205cを有する。第1および第2スペースパターン205b、205cは、レジスト膜104からなる複数のピラーパターン215で囲まれており、レジスト膜104が設けられていないスペースパターンである。隣接する複数のピラーパターン215は、間隔 D_p だけ離間されて配置されている。第1スペースパターン205bは、例えば、6個のピラーパターン215で囲まれた領域であり、その中心部のピラーパターン215を省略することによってスペースパターンとしている。第2スペースパターン105cは、例えば、3個のピラーパターン215で囲まれた領域である。第1スペースパターン205bのスペース幅を $\Phi 2$ とし、第2スペースパターン205cのスペース幅を $\Phi 3$ とする。

【0041】

ここで、スペース幅 $\Phi 2$ 、 $\Phi 3$ について説明する。第1スペースパターン205bのスペース幅 $\Phi 2$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期 L_0 以上かつ相分離周期 L_0 の2倍以下である。第2スペースパターン205cのスペース幅 $\Phi 3$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期 L_0 よりも小さい。さらに、第1スペースパターン205bのスペース幅 $\Phi 2$ は上記第1ホールパターン105aの第1開口幅 $\Phi 1$ よりも大きい。即ち、第1開口幅 $\Phi 1$ 、スペース幅 $\Phi 2$ および $\Phi 3$ は、上記式1を満たす関係を有する。これにより、第1ホールパターン105aおよび第1スペースパターン205b内のブロックコポリマー106は、第1ポリマー部107a、107bと第2ポリマー部108a、108bとに相分離することができる。一方、第2スペースパターン205c内のブロックコポリマー106は相分離しない。即ち、第2スペースパターン205cは、ダミーパターン

として機能する。

【0042】

例えば、ブロックコポリマー106の材料として上記PS-b-PMMAを用いた場合、相分離周期L0が約50nmとなる。この場合、第1開口幅 $\Phi 1$ を約70nmとし、第1スペース幅 $\Phi 2$ を約100nmとし、第2スペース幅 $\Phi 3$ を約45nmとする。これにより、第2スペースパターン205c内のブロックコポリマー106を相分離させることなく、第1ホールパターン105aおよび第1スペースパターン205b内のブロックコポリマー106を選択的に相分離させることができる。

【0043】

第1スペースパターン205bにおいて、ブロックコポリマー106がランダムに相分離することを抑制するために、第1スペース幅 $\Phi 2$ は、ブロックコポリマー106の相分離周期L0の2倍以下であることが好ましい。以上から、第2の実施形態においても、第1開口幅 $\Phi 1$ 、スペース幅 $\Phi 2$ 、 $\Phi 3$ は、式1を満たすことが好ましい。

【0044】

また、第2領域R2では、ピラーパターン215においてレジスト膜104が残置されているが、ピラーパターン215以外のスペースパターン205b、205cにおいては、レジスト膜104が除去されている。これにより、第2領域R2におけるレジスト膜104の被覆率は、第1領域R1におけるレジスト膜104の被覆率よりも小さくなっている。さらに、第1スペースパターン205bのスペース幅 $\Phi 2$ は、第1ホールパターン105aの開口幅 $\Phi 1$ よりも大きい。これにより、ブロックコポリマー106の溶液をレジスト膜104上に回転塗布したときに、第1スペースパターン205b内のブロックコポリマー106の膜厚T2が第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚T1(図4(A)参照)よりも薄くなる。また、第2スペースパターン205cのスペース幅 $\Phi 3$ は、第1開口幅 $\Phi 1$ およびスペース幅 $\Phi 2$ よりも小さいので、第2スペースパターン205c内のブロックコポリマー106の膜厚T3は、T1およびT2よりも厚く形成される。尚、第2の実施形態では、スペースパターン205bと205cとはレジスト膜104によって完全に分離されているのではなく、スペースパターン205bと205cとの間にレジスト膜104が設けられていない連通部分P(図11)がある。ブロックコポリマー106は、この連通部分Pを通してスペースパターン205bと205cとの間で移動することができる。従って、スペースパターン205b、205cの面積の相違に応じた毛細管力の差によって、ブロックコポリマー106は、第1スペースパターン205bから第2スペースパターン205cへ移動する(吸引される)。よって、第2スペースパターン205c内のブロックコポリマー106の膜厚T3は、T1およびT2よりも厚くなる。

【0045】

このように、第2の実施形態では、ホールパターン105aの開口幅 $\Phi 1$ 、第1および第2スペースパターン205b、205cのスペース幅 $\Phi 2$ 、 $\Phi 3$ 、並びに、レジスト膜104の被覆率(開口率)を利用して、ブロックコポリマー106の膜厚を制御している。尚、実際には、図4(A)および図12に示すように、ブロックコポリマー106の上面は、メニスカス形状になっている。

【0046】

次に、図5(A)および図5(B)を参照して説明したように、材料膜101等をホットプレート上において加熱する。上述の通り、第1開口幅 $\Phi 1$ 、スペース幅 $\Phi 2$ および $\Phi 3$ は、上記式1を満たす関係を有する。これにより、図13および図14に示すように、第1スペースパターン205b内のブロックコポリマー106がマイクロ相分離し、第1ポリマー部107bと第2ポリマー部108bとを含む自己組織化相109bが形成される。第1領域R1では、図5(A)および図6(A)に示すように、第1ホールパターン105aにおいて、ブロックコポリマー106は相分離する。一方、ダミーパターンとしての第3スペースパターン205c内のブロックコポリマー106はマイクロ相分離しない。

【0047】

次に、図7 (A) および図7 (B) を参照して説明したように、酸素R I E法により、第1ポリマー部107a、107bを残存させたまま、第2ポリマー部108a、108bを選択的に除去する。さらに、図8 (A) および図8 (B) を参照して説明したように、残存する第1ポリマー部107a、107bおよびレジスト膜104をマスクとして用いて、フッ素ガスを用いたR I Eで、反射防止膜103およびハードマスク102を加工する。これにより、図15に示す構造が得られる。

【0048】

ここで、第1スペースパターン205b内のブロックコポリマー106の膜厚T2は、第1ホールパターン105a内のブロックコポリマー106の膜厚T1よりも薄いので、第1スペースパターン205b内の第1ポリマー部107bの膜厚も、第1ホールパターン105a内の第1ポリマー部107aの膜厚よりも薄い。従って、第1ポリマー部107bは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時に削られ、目減りしていく。第1ポリマー部107bは、メニスカス形状を有するので、第1スペースパターン205bの中心部近傍において比較的薄く、その中心部から遠ざかるにつれて厚くなっている。従って、反射防止膜103およびハードマスク102の加工によって、第1ポリマー部107bは、第1スペースパターン205bの中心部近傍から第1スペースパターン205bの側壁へ向かって次第に削られていく。それに伴って、ホールパターン110bの開口幅は、反射防止膜103およびハードマスク102の加工が進むにつれて広がる。これにより、図15に示すように、ホールパターン110bは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時に大きく広がる。

【0049】

また、第1ポリマー部107bの表面は、第1スペースパターン205bの形状に沿って滑らかなメニスカス形状を有するので、ホールパターン105bの形状に従って、CDUの良好なホールパターンが反射防止膜103およびハードマスク102へ転写され得る。即ち、ホールパターン110bの径のばらつきが抑制され得る。

【0050】

一方、図7 (A) および図8 (A) を参照して説明したように、第1ホールパターン105a内のホールパターン110aは、反射防止膜103およびハードマスク102の加工時にあまり広がらず、ほとんどそのまま反射防止膜103およびハードマスク102へ転写される。

【0051】

また、第2スペースパターン205cには、ブロックコポリマー106が充填されたままとなっているので、第3ホールパターン105cは、反射防止膜103およびハードマスク102に転写されない。

【0052】

その後、加工されたハードマスク102をマスクとして用いて、R I E法で材料膜101をさらに加工する。これにより、ハードマスク102のパターンが材料膜101に転写される。

【0053】

以上のように、第2の実施形態では、ピラーパターン215が物理ガイド層として機能し、ブロックコポリマー106は、第2スペースパターン205c内において相分離すること無く、第1スペースパターン205b内において選択的に相分離する。このように、ピラーパターン215によって囲まれたスペースパターン205b、205cを用いても、開口幅の小さいホールパターンと開口幅の大きなホールパターンを、被加工膜に同時に転写することができる。さらに、第2の実施形態は、第1の実施形態のその他の効果も得ることができる。

【0054】

尚、第2の実施形態において、ピラーパターン215の平面形状(レイアウト形状)は、略円形であるが、略楕円形、あるいは、略矩形であってもよい。また、スペースパターン205b、205cを取り囲むピラーパターン215の個数は、特に限定しない。

【0055】

例えば、図16 (A) および図16 (B) は、第1スペースパターン205bの変形例を示す平面図である。図16 (A) に示すように、第1スペースパターン205bは、4個のピラーパターン215によって囲まれた十字型の領域であってもよい。この場合、図16 (B) に示すように、ブロックコポリマー106は、第1スペースパターン205bの中心部において相分離することができる。尚、第2スペースパターン205cは、隣接するピラーパターン215間の狭小領域にある。

【0056】

さらに、複数の平面形状のピラーパターン215を組み合わせてもよい。例えば、図17 (A) および図17 (B) は、第1スペースパターン205bの他の変形例を示す平面図である。図17 (A) に示すように、第1スペースパターン205bは、略円形のピラーパターン215aおよび略矩形のピラーパターン215bによって囲まれた領域であってもよい。この場合、図17 (B) に示すように、ブロックコポリマー106は、ピラーパターン215a間およびピラーパターン215b間の幅広い領域においてピラーパターン215a間の中心およびピラーパターン215b間の中心に関して対称となるように相分離することができる。このように、ピラーパターン215の形状および組み合わせによって、第1および第2スペースパターン205b、205cは、様々な形状になり得る。

【0057】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

【0058】

101・・・材料膜、102・・・ハードマスク、103・・・反射防止膜、104・・・レジスト膜、105a、105b、105c・・・ホールパターン、106・・・ブロックコポリマー、107a、107b・・・第1ポリマー部、108a、108b・・・第2ポリマー部、110a、110b・・・ホールパターン、205b・・・第1スペースパターン、205c・・・第2スペースパターン、215・・・ピラーパターン

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

被加工膜上の第 1 領域に自己組織化材料が相分離可能な幅を有する第 1 開口幅の第 1 パターンを含み、かつ、該被加工膜上の第 2 領域に前記第 1 開口幅よりも幅が広い第 2 開口幅の第 2 パターンおよび前記第 1 開口幅よりも幅が小さい幅の第 3 パターンを含むマスク材を形成し、

前記マスク材上に前記自己組織化材料を供給し、

前記 3 パターン内の前記自己組織化材料を相分離させずに、前記第 1 および第 2 パターン内の前記自己組織化材料を第 1 ポリマー部と第 2 ポリマー部とに相分離させ、

前記第 1 ポリマー部を残存させつつ前記第 2 ポリマー部を除去してホールパターンを形成し、

前記マスク材および前記第 1 ポリマー部をマスクとして用いて前記被加工膜を加工することを具備する、パターン形成方法。

【請求項 2】

前記マスク材上に自己組織化材料を供給したときに、前記第 2 パターン内の前記自己組織化材料の膜厚は、前記第 1 パターン内の前記自己組織化材料の膜厚よりも薄い、請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項 3】

前記第 2 開口幅は、前記自己組織化材料の相分離周期の 2 倍以下である、請求項 1 または請求項 2 に記載のパターン形成方法。

【請求項 4】

前記第 2 領域の面積に対する該第 2 領域における前記マスク材の配置面積の比率は、前記第 1 領域の面積に対する該第 1 領域における前記マスク材の配置面積の比率よりも小さい、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のパターン形成方法。

【請求項 5】

被加工膜上の第 1 領域に第 1 開口幅のホールパターンを含み、かつ、該被加工膜上の第 2 領域に複数のピラーパターンで囲まれた第 1 スペースパターンおよび第 2 スペースパターンを含むマスク材を形成し、

前記マスク材上に自己組織化材料を供給し、

前記ホールパターンおよび前記第 1 スペースパターン内の前記自己組織化材料を第 1 ポリマー部と第 2 ポリマー部とに相分離させ、

前記第 1 ポリマー部を残存させつつ前記第 2 ポリマー部を除去してホールパターンを形成し、

前記マスク材および前記第 1 ポリマー部をマスクとして用いて前記被加工膜を加工することを具備し、

前記ホールパターンの開口幅および前記第 1 スペースパターンのスペース幅は前記自己組織化材料の相分離周期以上であり、かつ、前記第 2 スペースパターンのスペース幅は前記自己組織化材料の相分離周期よりも小さく、

前記第 1 スペースパターンのスペース幅は前記ホールパターンの開口幅よりも大きい、パターン形成方法。

【請求項 6】

被加工膜上の第 1 領域に第 1 開口幅の第 1 ホールパターンを含み、かつ、該被加工膜上の第 2 領域に第 2 開口幅の第 2 ホールパターンおよび第 3 開口幅の第 3 ホールパターンを含むマスク材を形成し、

前記マスク材上に自己組織化材料を供給し、

前記第 1 および第 2 ホールパターン内の前記自己組織化材料を第 1 ポリマー部と第 2 ポリマー部とに相分離させ、

前記第 1 ポリマー部を残存させつつ前記第 2 ポリマー部を除去してホールパターンを形成し、

前記マスク材および前記第 1 ポリマー部をマスクとして用いて前記被加工膜を加工する

ことを具備し、

前記第1および第2開口幅は前記自己組織化材料の相分離周期以上であり、かつ、前記第3開口幅は前記自己組織化材料の相分離周期よりも小さく、

前記第2開口幅は前記第1開口幅よりも大きい、パターン形成方法。

【書類名】 要約書

【要約】

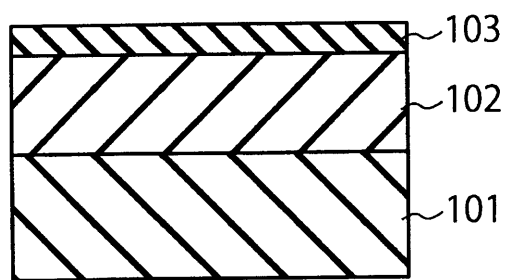
【課題】 ホール径の異なる複数のパターンを容易に形成することができるパターン形成方法を提供する。

【解決手段】 本実施形態によるパターン形成方法は、被加工膜上の第1領域に自己組織化材料が相分離可能な幅を有する第1開口幅の第1パターンを含み、かつ、該被加工膜上の第2領域に前記第1開口幅よりも幅が広い第2開口幅の第2パターンおよび第1開口幅よりも幅が小さい幅の第3パターンを含むマスク材を形成する。次に、マスク材上に自己組織化材料を供給する。次に、3パターン内の自己組織化材料を相分離させずに、第1および第2パターン内の自己組織化材料を第1ポリマー部と第2ポリマー部とに相分離させる。第1ポリマー部を残存させつつ第2ポリマー部を除去してホールパターンを形成する。マスク材および第1ポリマー部をマスクとして用いて被加工膜を加工する。

【選択図】 図3

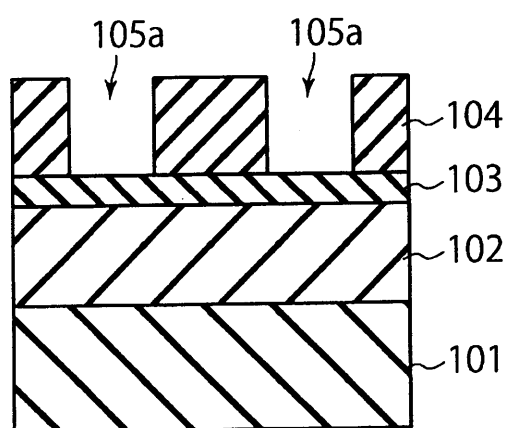
【書類名】図面

【図 1】



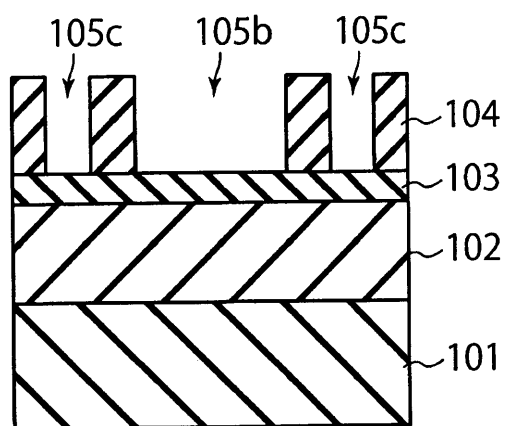
R1,R2

【図 2】



R1

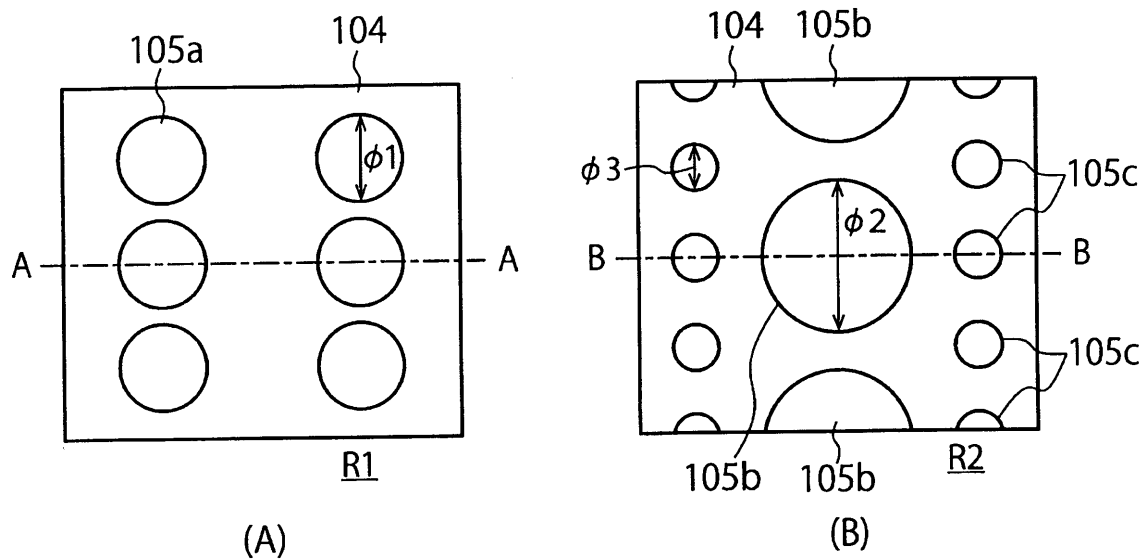
(A)



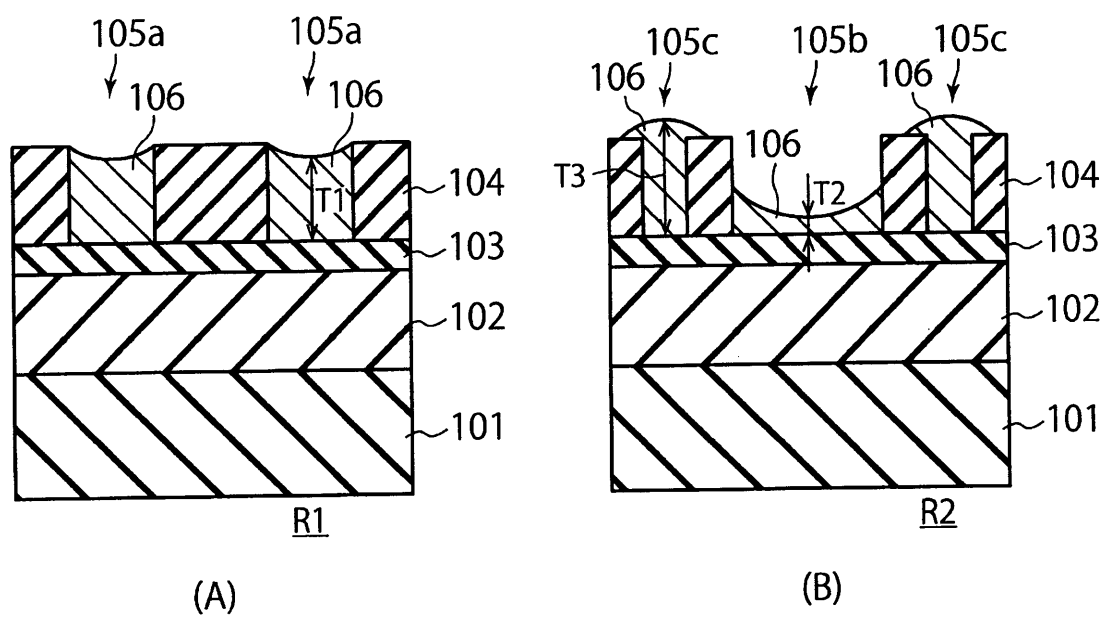
R2

(B)

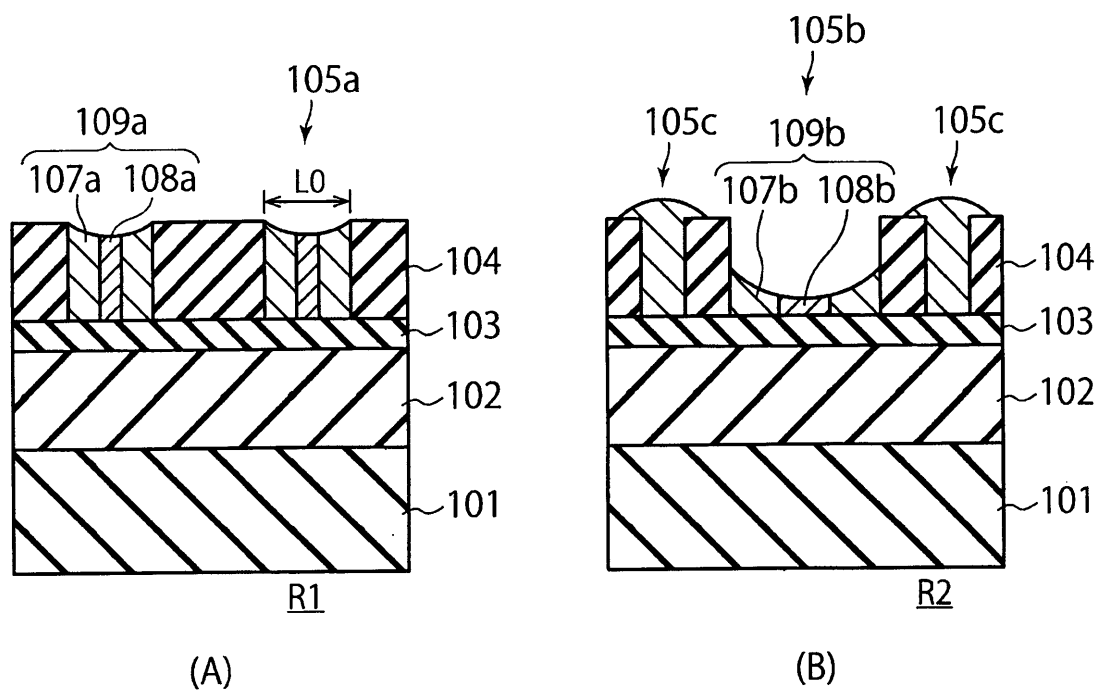
【図 3】



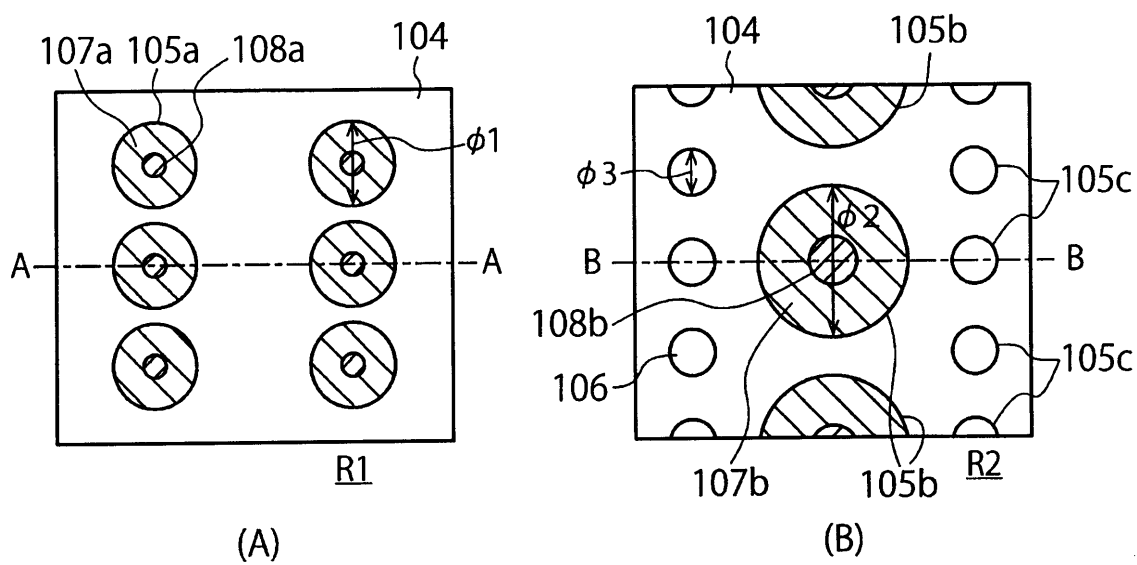
【図 4】



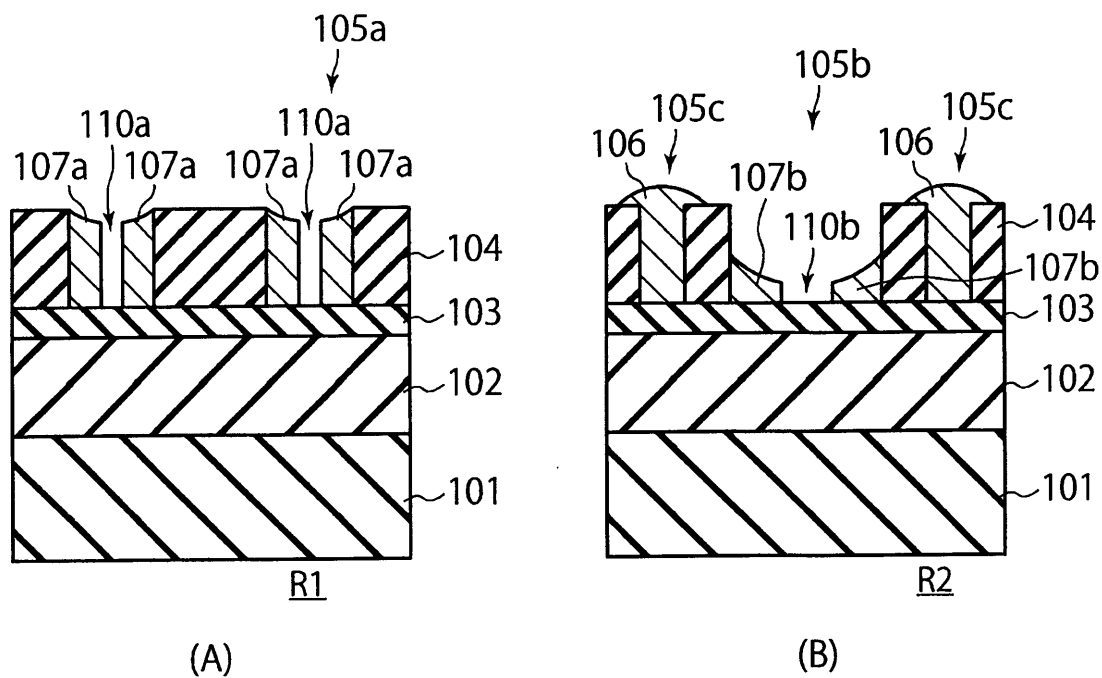
【図 5】



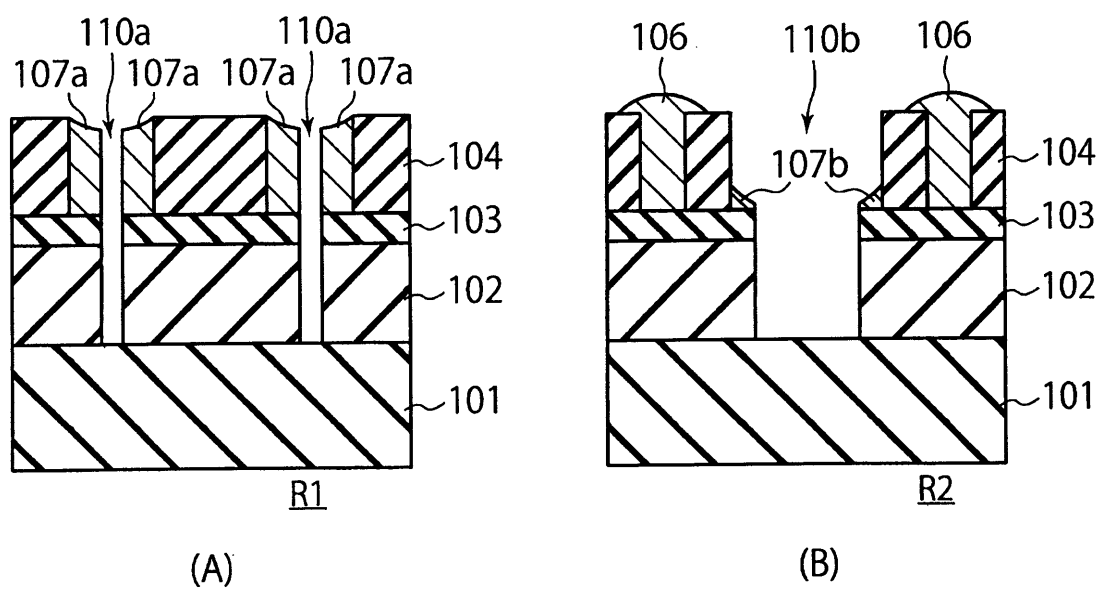
【図 6】



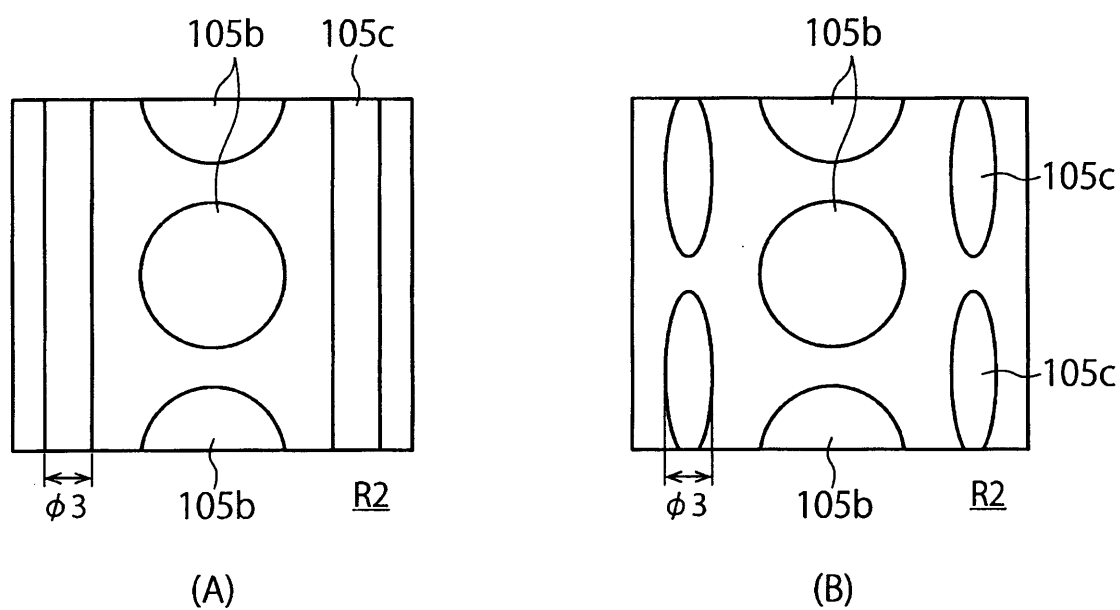
【図 7】



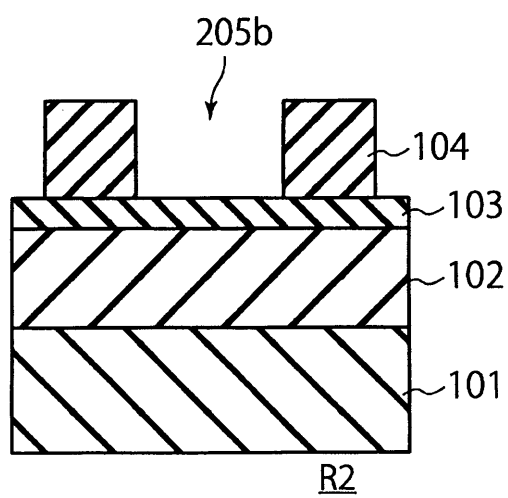
【図 8】



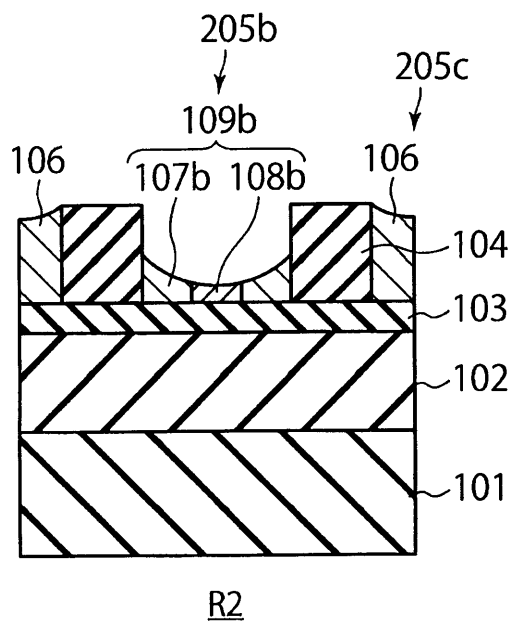
【図 9】



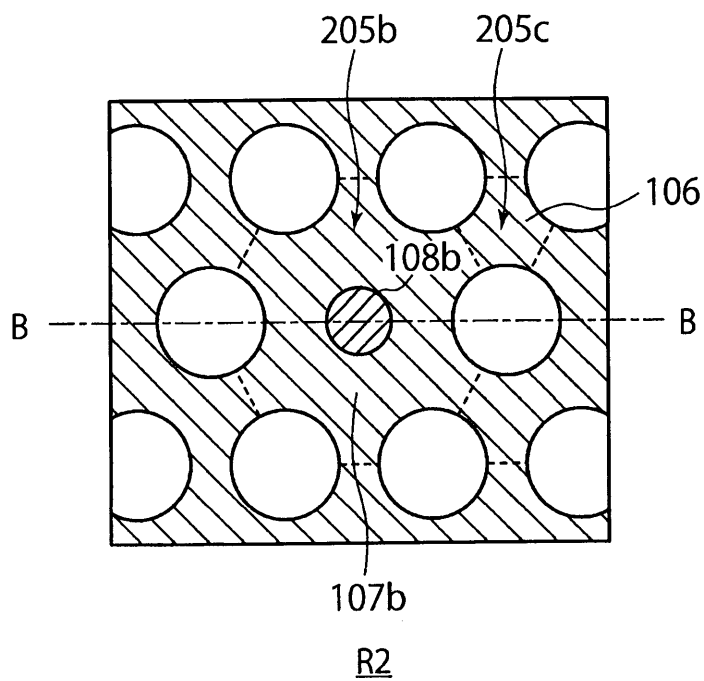
【図 10】



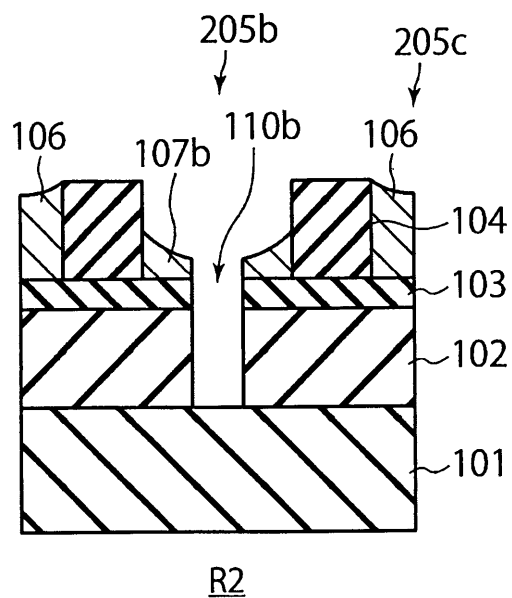
【図 1 3】



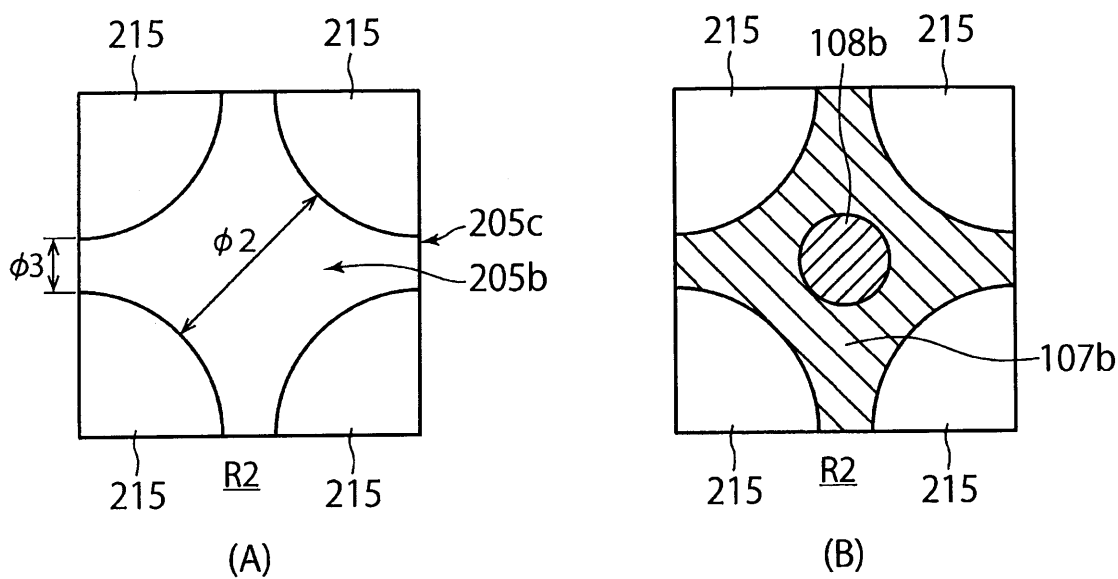
【図 1 4】



【図15】



【図16】



【図 17】

