

(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2010-60681
(P2010-60681A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
G03F	1/08	(2006.01)	G03F	1/08	A	2H095	
C03B	11/08	(2006.01)	C03B	11/08		2H097	
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	501	2K009	
G02B	1/11	(2006.01)	G02B	1/10	A		
G03F	7/24	(2006.01)	G03F	7/24	Z		

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-224338 (P2008-224338)
(22) 出願日 平成20年9月2日(2008.9.2)

(71) 出願人 00005810
日立マクセル株式会社
大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号
(74) 代理人 100104880
弁理士 古部 次郎
(72) 発明者 矢野 亮
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
(72) 発明者 河合 卓磨
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
(72) 発明者 一條 稔
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

最終頁に続く

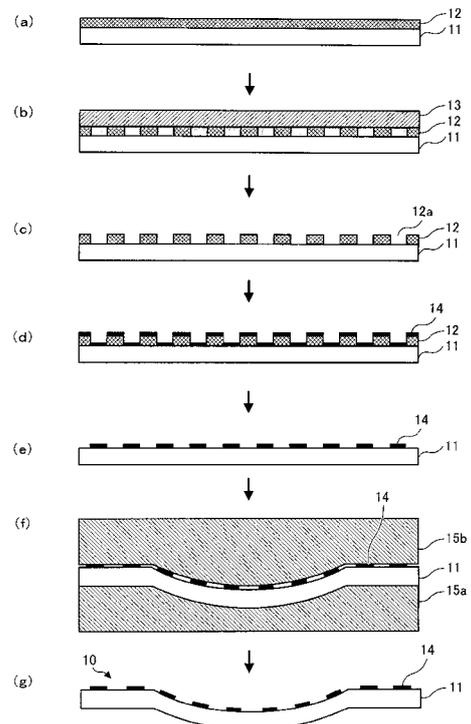
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ用のマスクの製造方法、表面加工方法、光学素子成形用の金型の製造方法および光学素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 曲面上においても露光を行うことができるリソグラフィ用のマスクを製造する方法を提供する。

【解決手段】 表面形状の少なくとも一部が曲面である被加工物の表面を加工するために用いられるリソグラフィ用のマスクを製造する方法であって、リソグラフィを行う際に照射する光を透過しポリエチレンテレフタレート(PET)等からなる基板としての透明フィルム11に遮光層としての所定のパターンを有するニッケル膜14を形成する工程と、ニッケル膜14が形成された透明フィルム11を押圧することにより変形させ、被加工物の表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にする工程と、を含むリソグラフィ用のマスク10の製造方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表面形状の少なくとも一部が曲面である被加工物の当該表面を加工するために用いられるリソグラフィ用のマスクを製造する方法であって、

前記リソグラフィを行う際に照射する光を透過する基板に所定のパターンを有する遮光層を形成する工程と、

前記遮光層が形成された前記基板を押圧することにより変形させ、前記被加工物の前記表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にする工程と、

を含むことを特徴とするリソグラフィ用のマスクの製造方法。

【請求項 2】

前記基板は、熱可塑性樹脂からなることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ用のマスクの製造方法。

【請求項 3】

前記熱可塑性樹脂は、ポリエチレンテレフタレート (PET) であることを特徴とする請求項 2 に記載のリソグラフィ用のマスクの製造方法。

【請求項 4】

前記遮光層は、金属材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のリソグラフィ用のマスクの製造方法。

【請求項 5】

表面形状の少なくとも一部が曲面である被加工物の当該表面に凹凸構造を形成する方法であって、

前記被加工物の前記表面にレジスト層を形成する工程と、

基板に所定のパターンを有する遮光層を形成し、当該遮光層が形成された当該基板を押圧することにより変形させ前記被加工物の表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にすることで作製されたマスクを前記レジスト層の表面に設置する工程と、

露光を行うことで、前記レジスト層を感光させ、前記パターンを当該レジスト層に転写する工程と、

現像を行うことで、感光した前記レジスト層を除去する工程と、

乾式エッチングを行うことで、前記パターンに対応した凹凸構造を前記被加工物の前記表面に形成する工程と、

を含むことを特徴とする表面加工方法。

【請求項 6】

前記マスクは、フィルムマスクであることを特徴とする請求項 5 に記載の表面加工方法。

【請求項 7】

前記乾式エッチングは、反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の表面加工方法。

【請求項 8】

感光した前記レジスト層を除去する工程と前記パターンに対応した凹凸構造を前記被加工物の前記表面に形成する工程の間に、金属層を形成する工程と、感光した当該レジスト層以外のレジスト層を除去することで当該金属層の一部を除去する工程を更に有することを特徴とする請求項 5 乃至 7 の何れか 1 項に記載の表面加工方法。

【請求項 9】

曲面を有する成形面に凹凸構造を形成し、光学素子成形用の金型を製造する方法であって、

前記成形面にレジスト層を形成する工程と、

基板に所定のパターンを有する遮光層を形成し、当該遮光層が形成された当該基板を押圧することにより変形させ前記成形面の少なくとも一部の形状に沿う形状にすることで作製されたマスクを前記レジスト層の表面に設置する工程と、

露光を行うことで、前記レジスト層を感光させ、前記パターンを当該レジスト層に転写

10

20

30

40

50

する工程と、

現像を行うことで、感光した前記レジスト層を除去する工程と、

乾式エッチングを行うことで、前記パターンに対応した凹凸構造を前記成形面に形成する工程と、

を含むことを特徴とする光学素子成形用の金型の製造方法。

【請求項 10】

前記凹凸構造は、反射防止構造の転写構造であることを特徴とする請求項 9 に記載の光学素子成形用の金型の製造方法。

【請求項 11】

前記乾式エッチングは、反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の光学素子成形用の金型の製造方法。

【請求項 12】

感光した前記レジスト層を除去する工程と前記パターンに対応した凹凸構造を前記成形面に形成する工程の間に、金属層を形成する工程と、感光した前記レジスト層以外のレジスト層を除去することで当該金属層の一部を除去する工程を更に有することを特徴とする請求項 9 乃至 11 の何れか 1 項に記載の光学素子成形用の金型の製造方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法により製造された光学素子成形用の金型が取り付けられた光学素子製造装置を使って、光学素子母材をプレス成形することで当該光学素子母材の表面に凹凸構造を形成することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項 14】

前記光学素子母材は、カルコゲナイドガラスからなることを特徴とする請求項 13 に記載の光学素子の製造方法。

【請求項 15】

前記凹凸構造は、反射防止構造であることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ用のマスクの製造方法、表面加工方法、光学素子成形用の金型の製造方法および光学素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光学素子の需要が急増している。可視光線に対し光学素子を使用する用途としては、例えば、光通信やデジタルカメラに使用される場合が挙げられる。光学素子をこのような用途に使用するためには、高性能の光学素子を、より低コストで製造する技術開発が望まれている。また赤外光線に対し光学素子を使用する用途では、自動車積載用、ホームセキュリティの人体検知センサー用、サーモグラフィカメラ用等の製品化が本格化している。そして、同様に高性能化と低コスト化が要求されている。これらの光学素子の多くは、光学材料を金型によりプレスして成形するプレス成形法や、光学材料を研削研磨して加工して形を整える方法で製造されることが多い。特にプレス成形法は、同じ形の光学素子を大量に生産し、安価に提供できる面で優れた生産方法である。

【0003】

これらの光学素子の表面には、通常は入射光の反射を防止するための処理が施されている。そのための 1 つの手法として、光学素子の表面に反射防止構造と呼ばれる非常に微細な凹凸構造が周期的に配列された構造を形成する技術が提案されている。これは、光の波長より短いピッチで、アスペクト比でおよそ 1 以上の凹凸構造の表面に光を入射させた場合、その構造のピッチよりも長い波長の光がほとんど透過する現象を利用したものである。この構造を光学素子のプレス成形時に同時に形成することができれば、反射防止膜を形成する工程は不要となり、生産コストの大幅な低減となる。また反射防止構造では、広い

10

20

30

40

50

波長範囲と広い入射角範囲での反射防止効果が得られるため、様々な光学素子への適用が期待される。

【0004】

ここで、プレス成形で光学素子に反射防止構造を形成するためには、その形状転写元となる金型表面に反射防止構造の転写構造を形成する必要がある。この反射防止構造の転写構造は、例えば、非常に微細なピッチを有する凹凸構造である。

この凹凸構造は、使用する光の波長に合わせてピッチを調整する必要がある。例えば、波長が400nm～800nm程度の可視光であれば、およそ300nm以下のピッチの凹凸構造が必要である。また、サーモグラフィ等で使用される波長8μm～12μmの赤外光の場合は、およそ3μm以下のピッチの凹凸構造とすることが必要である。

10

【0005】

このような微細な凹凸構造を形成する方法として、例えば特許文献1には、電子線描画を用いて光学素子表面に凹凸形状を形成する方法が記載されている。

また、特許文献2には、X線に感光する材料からなる基板、もしくは表面にX線に感光するX線レジストからなる層が形成された基板のいずれかを準備する準備工程と、基板に、X線マスクを介してX線を露光して、X線マスクのパターンに応じたX線強度分布を形成する露光工程と、露光された基板を、現像して反射防止構造体を形成する現像工程とを含み、X線マスクは、X線を透過する透過部と、X線を吸収する吸収部とを含み、透過部は、製造すべき反射防止構造体の底面に対応する多角形状を有しており、透過部同士が互いの辺を共有することなく互いの頂点を共有するようにアレイ状に配列されている反射防止構造体を備える部材の製造方法が記載されている。

20

【0006】

【特許文献1】特開2001-272505号公報

【特許文献2】特開2006-317807号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、電子線描画を用いる方法は非常に長時間の描画時間を要し、また描画装置が非常に高価であるため、生産コストの大幅な上昇となる。そのため、低コスト化が望まれている光学素子の生産には適さないという問題がある。

30

また、レンズ等の光学素子は、通常は表面形状が曲面である。しかし、電子線描画を用いる方法では、微細パターンを形成できる面が平面に限られている。したがって、この手法は形状が平面であるごく限られた光学素子の製造にしか適用できない。更にX線マスクを使用して反射防止構造体を備える部材を製造する場合も、X線マスクを使用して露光を行うことができる面は平面に限られているため、同様にごく限られた光学素子の製造にしか適用できない。

【0008】

上記課題に鑑み、本発明の目的は、被加工物の表面形状が曲面であっても露光を行うことができるリソグラフィ用のマスクを製造する方法を提供することである。

また、他の目的は、被加工物の表面形状が曲面であっても凹凸構造を形成することができる表面加工方法を提供することにある。

40

更に、他の目的は、簡易な手法により成形面に凹凸構造が形成された光学素子成形用の金型を製造する方法を提供することである。

また更に、他の目的は、反射防止構造を表面に有する光学素子を大量、安価に製造する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者らは、鋭意検討した結果、基板に所定のパターンを有する遮光層を形成し、そして遮光層が形成された基板を押圧することにより変形させる手法を取り入れることにより、被加工物の表面形状が曲面であっても、位置精度よく露光を行うことができるリソグ

50

ラフィ用のマスクを製造することが可能であることを見出し、かかる知見に基づき本発明を完成した。即ち、本発明は以下を要旨とするものである。

【0010】

本発明のリソグラフィ用のマスクの製造方法は、表面形状の少なくとも一部が曲面である被加工物の表面を加工するために用いられるリソグラフィ用のマスクを製造する方法であって、リソグラフィを行う際に照射する光を透過する基板に所定のパターンを有する遮光層を形成する工程と、遮光層が形成された基板を押圧することにより変形させ、被加工物の表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にする工程と、を含むことを特徴とする。

【0011】

ここで、基板は、熱可塑性樹脂からなることが好ましく、熱可塑性樹脂は、ポリエチレンテレフタレート（PET）であることが更に好ましい。そして、遮光層は、金属材料からなることが好ましい。

10

【0012】

また、本発明の表面加工方法は、表面形状の少なくとも一部が曲面である被加工物の表面に凹凸構造を形成する方法であって、被加工物の表面にレジスト層を形成する工程と、基板に所定のパターンを有する遮光層を形成し、遮光層が形成された基板を押圧することにより変形させ被加工物の表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にすることで作製されたマスクをレジスト層の表面に設置する工程と、露光を行うことで、レジスト層を感光させ、パターンをレジスト層に転写する工程と、現像を行うことで、感光したレジスト層を除去する工程と、乾式エッチングを行うことで、パターンに対応した凹凸構造を被加工物の表面に形成する工程と、を含むことを特徴とする。

20

【0013】

ここで、マスクは、フィルムマスクであることが好ましく、乾式エッチングは、反応性イオンエッチングであることが好ましい。そして、感光したレジスト層を除去する工程とパターンに対応した凹凸構造を被加工物の表面に形成する工程の間に、金属層を形成する工程と、感光したレジスト層以外のレジスト層を除去することで金属層の一部を除去する工程を更に有することが好ましい。

【0014】

更に、本発明の光学素子成形用の金型の製造方法は、曲面を有する成形面に凹凸構造を形成し、光学素子成形用の金型を製造する方法であって、成形面にレジスト層を形成する工程と、基板に所定のパターンを有する遮光層を形成し、遮光層が形成された基板を押圧することにより変形させ成形面の少なくとも一部の形状に沿う形状にすることで作製されたマスクをレジスト層の表面に設置する工程と、露光を行うことで、レジスト層を感光させ、パターンをレジスト層に転写する工程と、現像を行うことで、感光したレジスト層を除去する工程と、乾式エッチングを行うことで、パターンに対応した凹凸構造を成形面に形成する工程と、を含むことを特徴とする。

30

【0015】

ここで、凹凸構造は、反射防止構造の転写構造であることが好ましく、乾式エッチングは、反応性イオンエッチングであることが更に好ましい。そして、感光したレジスト層を除去する工程とパターンに対応した凹凸構造を成形面に形成する工程の間に、金属層を形成する工程と、感光したレジスト層以外のレジスト層を除去することで金属層の一部を除去する工程を更に有することが好ましい。

40

【0016】

更に、本発明の光学素子の製造方法は、上述の方法により製造された光学素子成形用の金型が取り付けられた光学素子製造装置を使って、光学素子母材をプレス成形することで光学素子母材の表面に凹凸構造を形成することを特徴とする。

【0017】

ここで、光学素子は、カルコゲナイドガラスからなることが好ましく、凹凸構造は、反射防止構造であることが好ましい。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、被加工物の表面形状が曲面であっても、露光を行うことができるリソグラフィ用のマスクを製造等することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図 1 (a) ~ (g) は本実施の形態が適用されるリソグラフィ用のマスクの製造方法の一例を説明した図である。図 1 (a) ~ (g) では、リソグラフィ用のマスクを製造する方法を製造工程順に示している。

【 0 0 2 0 】

ここでは、まず基板としての透明フィルム 1 1 にレジスト層 1 2 を形成する (図 1 (a))。透明フィルム 1 1 は、後述する図 2 (b) の工程においてリソグラフィを行う際に、露光を行うために照射する光に対して透明なものであれば特に限定されるものではないが、同様に後述する図 1 (f) の工程において、所望の形状に加熱変形させる必要があるため熱可塑性樹脂からなるフィルムであることが好ましい。また可撓性を有するフィルムであることが好ましい。具体的には、例えば、ポリエチレンテレフタレート (P E T)、ポリプロピレン (P P)、ポリエチレン (P E)、ポリスチレン (P S)、ポリメチルメタクリレート (P M M A)、ポリフェニレンエーテル (P P E)、ポリアミド (P A)、ポリカーボネート (P C)、ポリアセタール (P O M)、ポリブチレンテレフタレート (P B T) 等からなるフィルムが使用できる。本実施の形態ではポリエチレンテレフタレート (P E T) からなり、厚さが 1 0 0 μ m のフィルムを使用した。

【 0 0 2 1 】

レジスト層 1 2 は、例えば、ポジタイプのフォトレジスト液を透明フィルム 1 1 にスピンコート法により 2 μ m の厚さで塗布し、 1 1 0 で加熱固化することにより形成することができる。

【 0 0 2 2 】

次に、ガラスフォトマスク 1 3 をレジスト層 1 2 の上に設置して露光を行い、ガラスフォトマスク 1 3 のパターンを転写する (図 1 (b))。

ガラスフォトマスク 1 3 には、図示しない直径 2 μ m の円形状の孔が 3 μ m のピッチで六方格子状に配列している。露光を行うと、円形状の孔の部分は光が透過し、孔と孔の間では光は遮光される。そのため露光による光の照射により、直径 2 μ m の円形状で 3 μ m のピッチで六方格子状に配列したパターンで、レジスト層 1 2 の上に転写される。露光は、超高圧水銀ランプを光源とした一括露光機を使用して、露光時間を 3 0 秒とすることで行うことができる。

【 0 0 2 3 】

次に、露光したレジスト層 1 2 に対し、露光現像液を浸漬させ、現像を行う (図 1 (c))。

現像の結果、感光した部分のレジスト層 1 2 が除去され、その他の部分は残存する。そのためレジスト層 1 2 には、直径が 2 μ m の円形状であり、 3 μ m のピッチで六方格子状に配列した孔部 1 2 a が配列する。この孔部 1 2 a は、レジスト層 1 2 を貫通し、その底部には、透明フィルム 1 1 が露出している。

【 0 0 2 4 】

次に、遮光層としてのニッケル膜 1 4 の形成を行う (図 1 (d))。この工程により、残存したレジスト層 1 2 の表面上、および孔部 1 2 a の底部にニッケル膜 1 4 が形成される。なお、ニッケル膜 1 4 は、後述する図 2 (b) におけるリソグラフィを行う際に照射する露光光に対して遮光するものであれば、他の材料からなる膜でもよい。但し、成膜の容易性等の観点から金属材料により形成される金属層であることが好ましい。具体的な金属材料としては、ニッケル (Ni) の他に、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、クロム (Cr) 等の単体またはこれらを含む合金が挙げられる。

ニッケル膜 1 4 は、例えば、スパッタ法を利用し、 1 0 0 n m の厚さで成膜を行うこと

10

20

30

40

50

で形成することができる。

【0025】

次に、レジスト除去液を用いて、残存したレジスト層12を除去する(図1(e))。これにより、孔部12aの底部に形成されたニッケル膜14は残存するが、レジスト層12の上に形成されたニッケル膜14は、残存したレジスト層12が除去されるためにそれと共に除去される。その結果、ニッケル膜14は、直径が2 μ mの円形状であり、3 μ mのピッチで六方格子状に配列した形で、透明フィルム11上に残存することになる。

レジスト除去液は、例えば、アセトンを使用することができる。そして、アセトンに浸漬し、超音波を印加することで、より容易に残存したレジスト層12を除去することができる。

10

なお、以上の図1(a)~(e)で説明した工程は、リソグラフィを行う際に照射する光を透過する基板に所定のパターンを有する遮光層を形成する工程として把握することができる。

【0026】

次に、後述する光学素子成形用金型の形状に加工された押圧面を有する凹型の型母材15aと凸型の型母材15bを使用し、ニッケル膜14が形成された透明フィルム11をこの型母材15a、15bに挟み込み、押圧を行う(図1(f))。この際にニッケル膜14が形成されている面は、凸型の型母材15bの側に向けるものとする。

本実施の形態において、凹型の型母材15aの押圧面は、曲率半径が20.1mm、凸型の型母材15bは、曲率半径が20.0mmの球面形状となっており、機械加工等により形成することができる。押圧により、透明フィルム11は、ニッケル膜14が形成されている側を凹形状とし、型母材15a、15bの押圧面の形状に変形する。この変形は塑性変形であるため、型母材15a、15bによる押圧を解除しても、変形後の形状が維持される。なお、透明フィルム11を変形させるのにより容易であることから押圧の際に加熱を行うことが好ましい。本実施の形態では、加熱温度を140とし、加熱時間を5分とした。なお、この工程は、遮光層が形成された基板を押圧することにより変形させ、被加工物である後述する光学素子成形用の金型の表面の少なくとも一部の形状に沿う形状にする工程として把握することができる。

20

【0027】

また加熱後は冷却を行い、型母材15a、15bから透明フィルム11を剥離すると、本実施の形態が適用されるリソグラフィ用のマスク10を製造することができる(図1(g))。

30

【0028】

次に、図1で説明した工程により製造されたリソグラフィ用のマスク10を使用して、被加工物の表面加工を行う方法の説明を行う。

図2(a)~(g)は、図1で説明した工程により製造されたリソグラフィ用のマスク(フィルムマスク)10を使用して、被加工物の表面加工を行う方法を説明した図である。

図2(a)~(g)では、被加工物として光学素子成形用の金型を例に挙げている。また表面加工として、光学素子成形用の金型に反射防止構造の転写構造を形成する場合を例に挙げている。即ち、反射防止構造の転写構造を有する光学素子成形用の金型を製造する方法を製造工程順に示している。

40

【0029】

まず、反射防止構造の転写構造を形成したい金型21にレジスト層22を形成する(図2(a))。

金型21は、例えば、図3のように、母材31と、金型21の成形面33に形成される被膜層32とからなる。母材31は、例えば、タングステンカーバイド(WC)を主成分とする超硬合金を含んで構成される。また、炭化珪素(SiC)やグラッシーカーボン等耐熱性が高い素材により構成されてもよい。更に、インコネル、スタバックス、ダイス鋼等で構成されてもよい。また、被膜層32は、光学素子をプレス成形する際に、好適な離型を

50

実現するために成膜される層である。例えば、白金(Pt) - イリジウム(Ir)合金により形成される。また、白金 - イリジウム合金以外の貴金属合金、貴金属と遷移金属との合金、貴金属と汎用金属との合金、カーボン、又はDLC(ダイヤモンドライクカーボン)等の化学反応性が低い材料がいずれも好適に使用される。本実施の形態では、母材31として、焼結法で作製した炭化珪素(SiC)材を使用し、被膜層32として、CVD(Chemical Vapor Deposition)法で形成した炭化珪素(SiC)を使用した。また、ここでは、光学素子成形用の金型として凸面型の金型21を例にして説明を行う。金型21の成形面33は曲率20.0mmの球面形状である。

【0030】

レジスト層22は、例えば、ポジタイプのフォトリソ液を使用し、このフォトリソ液を金型21の成形面33にスピンコート法により2μmの厚さで塗布し、110で加熱固化することにより形成することができる。

10

【0031】

次に、リソグラフィ用のマスク10をレジスト層22の表面に設置して露光を行う(図2(b))。ここで、マスク10は、ニッケル膜14が形成されている側がレジスト層22に接するように設置される。このマスク10は、光学素子成形用の金型21の成形面33(図3参照)の形状に合わせて作製されているため、曲面である金型21の成形面33に密着して設置することができる。本実施の形態において、この状態で露光を行うと、光は透明フィルム11を透過するが、マスク10に形成されたニッケル膜14により遮光され、ニッケル膜14が形成されている箇所は、光が透過しない。即ちニッケル膜14は遮光層としての役割を果たす。しかしニッケル膜14が形成されていない箇所は光が透過するため、この光が透過する箇所においてレジスト層22を感光させることができる。ニッケル膜14は透明フィルム11に円形状に配列するように形成されているため、レジスト層22は、円形状の露光をされない部分と、その周囲の露光をされた部分とが混在する状態となる。ここで、露光を行う際にはマスク10は光学素子成形用の金型21に密着している。そのため金型21の成形面33が曲面であっても露光を行うことができる。そして露光を行う箇所の位置精度を高くすることができ、転写を行う配列のパターンの歪みも少なくすることができる。

20

ここで、露光は、例えば、超高圧水銀ランプを光源とした一括露光機を使用して、露光時間を30秒とすることで行うことができる。

30

【0032】

次に、マスク10を取り外し、露光したレジスト層22に対し、露光現像液を浸漬させ、現像を行う(図2(c))。

現像の結果、感光した部分のレジスト層22が除去され、その他の部分は残存するため、金型21の成形面33には、直径が2μmの円形状であり、3μmのピッチで六方格子状に配列したレジスト残存部22aが配列することになる。この円形のレジスト残存部22aの周囲はレジストが除去され、その底部には、金型21の成形面33が露出している。

【0033】

次に、ニッケル膜24の形成を行う(図2(d))。この工程により、レジスト残存部22aの表面上、およびレジスト残存部22aの周囲にニッケル膜24が形成される。ニッケル膜24は、後述する図2(f)の工程において乾式エッチングを行う際に、耐性があるものであれば、他の材料からなる膜でもよい。但し、成膜の容易性等の観点から金属材料により形成される金属層であることが好ましい。具体的な金属材料としては、ニッケル(Ni)の他に、鉄(Fe)、コバルト(Co)、クロム(Cr)等の単体またはこれらを含む合金が挙げられる。

40

ニッケル膜24は、例えば、スパッタ法を利用し、100nmの厚さで成膜を行うことで形成することができる。

【0034】

次に、レジスト除去液を用いて、レジスト残存部22aを除去する(図2(e))。こ

50

れにより、レジスト残存部 2 2 a の周囲に形成されたニッケル膜 2 4 は残存するが、レジスト残存部 2 2 a の上に形成されたニッケル膜 2 4 は、レジスト残存部 2 2 a が除去されるためにそれと共に除去される。その結果、ニッケル膜 2 4 には、直径が $2 \mu\text{m}$ の円形状であり、 $3 \mu\text{m}$ のピッチで六方格子状に配列した孔部 2 5 が配列した形で、光学素子成形用の金型 2 1 上に残存する。

レジスト除去液は、例えば、アセトンを使用することができる。そして、アセトンを浸漬させ、超音波を印加することで、より容易にレジスト残存部 2 2 a を除去することができる。

なお、この工程は、感光したレジスト層以外のレジスト層 2 2 を除去することで金属層の一部を除去する工程として把握することができる。

【0035】

次に、ニッケル膜 2 4 が残存した金型 2 1 に対し、ニッケル膜 2 4 をマスクとして乾式エッチングを行う(図 2 (f))。この乾式エッチングにより、金型 2 1 のニッケル膜 2 4 が形成されている部分以外の部分が優先的に除去され、金型 2 1 の表面である成形面 3 3 に凹凸構造を形成することができる。実際には、金型 2 1 の成形面 3 3 に成膜されている炭化珪素(SiC)からなる被膜層 3 2 の表面がエッチングされ、凹凸構造が形成される。この凹凸構造は、本実施の形態では、反射防止構造の転写構造である。また、凹凸構造の凹部の深さは、乾式エッチングを行う時間により制御することができる。

【0036】

乾式エッチングとしては、詳しくは後述するが反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)が好ましい。また、この際に使用する処理ガスは、 CF_4 と O_2 の混合ガスであることが好ましい。本実施の形態では、 CF_4 ガスの流量を 90 S C C M (S C C M とは、当該ガスが 25 、 1 気圧のときの cm^3 / min) と O_2 ガス流量を 10 S C C M とし、容量結合型の RF プラズマを使用する反応性イオンエッチングを行った。また、この際の RF 電力は、 500 W とすることができる。

本実施の形態では、この反応性イオンエッチングにより、金型 2 1 の成形面 3 3 に、例えば、ピッチが $3 \mu\text{m}$ 間隔であり、深さが $3 \mu\text{m}$ の凹凸構造を形成することができる。なおエッチング条件により、深さや凹凸構造の形状は制御することができる。凹凸構造の形状は、例えば、鋸歯形状、円錐形状、円柱形状等にすることが可能である。

【0037】

最後に、金型 2 1 を硝酸溶液中に浸漬させ、残存したニッケル膜 2 4 の除去を行うと、成形面 3 3 に反射防止構造の転写構造が形成された本実施の形態が適用される金型 5 0 を製造することができる。(図 2 (g))。以上の一連の工程により、金型 5 0 の成形面 3 3 が曲面であってもリソグラフィ法により反射防止構造の転写構造を形成することができる。またこの反射防止構造の転写構造は、凹部と凸部の箇所的位置精度が良好であり、配列のパターンの歪みも少なくすることができる。

【0038】

なお、本実施の形態では、金型 2 1 として、凸型の金型を例示して説明を行ったが、凸型に限られるものではなく、凹型でもかまわない。この場合、リソグラフィ用のマスク 1 0 として、図 1 で説明した工程において、透明フィルム 1 1 をニッケル膜 1 4 が形成されている側を凸形状とするものを作製することで、対応することができる。

【0039】

なお、上記図 2 (d) および図 2 (e) で説明した工程は、必ずしも必要なものではない。即ち、乾式エッチングを行う際に、レジスト残存部 2 2 a が耐えられるようなエッチング条件の下では、上記図 2 (c) の工程においてレジスト残存部 2 2 a をマスクとして直接乾式エッチングを行うことができる。その場合、乾式エッチングにより、金型 2 1 のレジスト残存部 2 2 a が形成されている部分以外の部分が優先的に除去され、金型 2 1 の成形面 3 3 に凹凸構造を形成することができる。つまり、レジスト残存部 2 2 a がニッケル膜 2 4 の代替となるためニッケル膜 2 4 を形成する必要がなくなり、図 2 (d) および図 2 (e) で説明した工程は不要となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

(反応性イオンエッチング)

次に、反応性イオンエッチングを行う処理装置について説明を行う。

図 4 は、容量結合型の R F プラズマによって反応性イオンエッチングを行う処理装置の一例を説明した図である。

図 4 に示した反応性イオンエッチングを行う処理装置 6 0 は、被処理物 6 1 が設置される設置台 6 2 と、設置台 6 2 に対向して配置される対向電極 6 3 とを有する。また、処理装置 6 0 は、被処理物 6 1 の周囲環境に所定の処理ガスを導入する処理ガス導入バルブ 6 4 と、設置台 6 2 と対向電極 6 3 との間に高周波電圧を印加する高周波電源 6 5 と、周囲環境から空気又は処理ガスを排気する排気バルブ 6 6 及び排気ポンプ 6 7 とを有して構成される。ここで被処理物 6 1 は、例えば、図 2 (e) で説明を行ったニッケル膜 2 4 が残存した金型 2 1 が該当する。

10

【 0 0 4 1 】

設置台 6 2 は、被処理物 6 1 を搭載できる強度を有した、例えば、ステンレス等の導電体で構成される。そして、設置台 6 2 は、対向電極 6 3 と共に、高周波電源 6 5 に接続される。

【 0 0 4 2 】

対向電極 6 3 は、例えば、ステンレス等の導電体で構成される。対向電極 6 3 は、被処理物 6 1 が搭載された設置台 6 2 に対してほぼ平行になるように、対向電極 6 3 は設置台 6 2 に対して対向配置される。

20

【 0 0 4 3 】

処理ガス導入バルブ 6 4 は、後述する排気バルブ 6 6 及び排気ポンプ 6 7 とが、設置台 6 2 と対向電極 6 3 との間に形成される被処理物 6 1 の周囲環境から空気を排出して所定の真空度に達した後に、処理ガスを導入する。

【 0 0 4 4 】

高周波電源 6 5 は、設置台 6 2 と対向電極 6 3 との間に高周波電圧を印加する。印加される高周波は、処理ガス導入バルブ 6 4 によって導入される処理ガスが励起されてプラズマを生起させる程度の周波数及び電圧を有する。

【 0 0 4 5 】

排気バルブ 6 6 及び排気ポンプ 6 7 は、設置台 6 2 と対向電極 6 3 との間に形成される被処理物 6 1 の周囲環境から、所定の真空度に達するまで空気を排出する。また、排気バルブ 6 6 及び排気ポンプ 6 7 は、処理が終了した後に、処理ガスを排気する際に使用される。

30

【 0 0 4 6 】

以上の構成を有する処理装置 6 0 を使用して反応性イオンエッチングを行う方法を以下に説明する。

まず、被処理物 6 1 が設置台 6 2 上の所定位置に搭載された後、排気バルブ 6 6 及び排気ポンプ 6 7 が協働して、所定の真空度に達するまで被処理物 6 1 の周囲環境から空気を排出する。所定の真空度に達した後、処理ガス導入バルブ 6 4 から、処理ガスが導入される。

40

【 0 0 4 7 】

そして、設置台 6 2 と対向電極 6 3 との間に、高周波電源 6 5 によって高周波電圧が印加される。印加された高周波電圧により処理ガスが分解されて、ラジカルやイオンが生成される。生成されたラジカルやイオンは、被処理物 6 1 に衝突し、表面原子と化学反応を起こして気化させ除去することでエッチングが行われる。

【 0 0 4 8 】

次に、図 2 で説明した工程で製造された金型 5 0 を用いて、光学素子をプレス成形する装置および方法を以下に説明する。

【 0 0 4 9 】

(プレス成形装置)

50

図5は、本実施の形態が適用される金型50を用いた、プレス成形装置の一例を示す構成図である。

図5に示したプレス成形装置100は、光学素子の一例としてガラスレンズを、一对の金型を用いて真空中でプレス成形により製造する装置である。プレス成形装置100は、下金型50a及び上金型50bと、下金型50a及び上金型50bを所定の温度に維持する下均熱プレート114及び上均熱プレート116と、下金型50a及び上金型50bを昇温する下加熱ヒーター118及び上加熱ヒーター120とを有して構成される。また、プレス成形装置100は、上金型50bを可動させる加圧シリンダー124と、光ガラスレンズの成形環境を制御するガス導入口126及び真空排気口128と、下金型50a及び上金型50b等を収容するガラスレンズ成形器130と、上金型50bの動作を規制するスリーブ132とを有して構成される。

10

【0050】

下金型50aと上金型50bとは共に、上述した金型50である。なお、本実施の形態において、下金型50aは、凹型の金型であり、上金型50bは凸型の金型であるが、これは一例であり、例えば両方凹型の金型であってもよい。そして、下金型50aと上金型50bとが、載置されて軟化された光学素子母材122をプレス成形法により成形してガラスレンズを製作する。

下均熱プレート114と上均熱プレート116は、それぞれ下加熱ヒーター118と上加熱ヒーター120に搭載される。下均熱プレート114と上均熱プレート116は、サーマルバッファ（熱的緩衝体）の役割を果たし、下加熱ヒーター118と上加熱ヒーター120から受ける熱を、ガラスレンズの製作に支障がない程度に均一な状態にして下金型50aと上金型50bとに伝える。ここで、下加熱ヒーター118と上加熱ヒーター120とは、図示しない制御手段を用いて、下金型50aと上金型50bの表面がプレス成形に適した温度になるように制御されている。

20

【0051】

光学素子母材122は、製造されるガラスレンズが赤外光用に使用されるものであれば、例えば、赤外光を透過するカルコゲナイドガラスを使用することができる。また、赤外光用以外の用途に使用されるものであれば、シリカを主成分とし、アルミナ、ナトリウム、酸化ランタン等が添加された低融点ガラスが例示される。光学素子母材122は、例えば、600以下の軟化温度を有するガラスである低融点ガラスであっても、400以下の軟化温度を有するガラスである超低融点ガラスであってもよい。

30

加圧シリンダー124は、上加熱ヒーター120及び上均熱プレート116に固定された上金型50bを上下動させる駆動系である。そして、図示しない制御手段により動作が制御される。

真空排気口128は、成形時の金型の雰囲気真空として、高温下での酸化を防止している。またこの真空雰囲気は、下金型50aと上金型50b表面の凹凸構造を光学素子母材122に正確に転写するのに必要である。

【0052】

以上の構成を有するプレス成形装置100が光学素子母材122をプレス成形してガラスレンズを製造する製造工程を以下に説明する。

40

まず、光学素子母材122を、下金型50aと上金型50bとの間に光学素子母材122を投入し、光学素子母材122をプレス成形装置100に配置する。

【0053】

次に、図示しない排気ポンプ及び処理ガス導入ポンプを使って、真空排気口128から空気を排気し、プレス成形装置100内部を真空にする。そして、下加熱ヒーター118及び上加熱ヒーター120を昇温し、真空下で光学素子母材122の転移点（転移温度） T_g まで光学素子母材122を十分に加熱し、更に、屈伏点（屈伏温度） A_t まで昇温して光学素子母材122を軟化させる。

そして、屈伏温度 A_t 付近になったとき、加圧シリンダー124により上金型50bを可動させ、下金型50aと上金型50bとにより光学素子母材122をプレスする。

50

【0054】

光学素子母材122は、プレスの際に下金型50a及び上金型50bにより加えられる圧力により外側に広がり、下金型50aと上金型50bとの間にできる空隙に収容され、プレス成形される。

その後、圧力を加えたままプレス成形装置100を転移温度 T_g 付近まで冷却し、次に上金型50bの圧力を開放し、例えば常温まで冷却して、ガラスレンズを取り出す。

この一連の工程により、下金型50aと上金型50bの表面の凹凸構造が光学素子母材122に転写され、反射防止構造等の凹凸構造を表面に有するガラスレンズが製造される。

【0055】

以上詳述したように、本実施の形態のリソグラフィ用のマスクを用いる表面加工を行う被加工物として光学素子成形用の金型を例示し、光学素子成形用の金型に凹凸構造として反射防止構造の転写構造を形成する場合について説明を行ったが、これに限られるものではない。例えば、被加工物として回路基板を挙げることができる。この場合、曲面形状を有する回路基板の表面に本実施の形態のリソグラフィ用のマスクを用いてリソグラフィを行うことで、凹凸構造としての回路パターンを作製することができる。また、他の被加工物として光学素子を挙げることができる。この場合、光学素子に直接反射防止構造等の凹凸構造を形成することができる。また、凹凸構造の変更を行うことで、反射防止構造のみならずマイクロレンズ、波長板、回折格子(グレーティング)、回折素子等を作製することも同様に可能である。

また、本実施の形態のリソグラフィ用のマスクは、光学素子成形用の金型の成形面の全体に沿う形状で作製を行ったが、これに限られるものではなく、リソグラフィを行いたい部分について沿う形状であれば足りる。即ち、被加工物に対し、リソグラフィを行いたい一部の形状に沿う形状でリソグラフィ用のマスクを作製すればよい。

【0056】

そして、本実施の形態では、乾式エッチングとして容量結合型の反応性イオンエッチングを行う方法について説明したが、これに限られるものではなく、例えば、二波長容量結合型プラズマエッチング法、磁界を利用した反応性イオンエッチング法、ECR(Electron Cyclotron Resonance)エッチング法、誘導結合プラズマエッチング法(ICP:Inductively Coupled Plasma)、独立したイオン銃を有するイオン処理装置等の試料に反応性イオンやラジカルを照射する手法の全てが利用可能である。

【実施例】

【0057】

図1で説明した工程により、ポリエチレンテレフタレート(PET)からなる透明フィルム11に直径が $2\mu\text{m}$ の円形状であり、 $3\mu\text{m}$ のピッチで六方格子状に配列したニッケル膜14が形成されたリソグラフィ用のマスク10を作製した。このマスク10を使用して、図2で説明した工程により光学素子成形用の下金型50a、上金型50bを作製した。ここで作製した下金型50aは、凹型の金型であり、上金型50bは凸型の金型である。そして、下金型50a、上金型50bには、ピッチが $3\mu\text{m}$ 間隔であり、深さが $3\mu\text{m}$ の凹凸構造が形成されている。

【0058】

そして、図5で説明をしたプレス成形装置100を使用して、光学素子のプレス成形を行った。

光学素子母材122には赤外光の透過材料であるカルコゲナイドガラスを用いた。プレス成形装置100内に下金型50aと上金型50bと光学素子母材122をセットし、プレス成形装置100内を真空排気した後に、下金型50aと上金型50bを加熱した。下金型50aと上金型50bの温度が 270°C に達した後に、プレス成形を開始した。成形圧力は 7MPa であり、20分間保持した後に、成形圧力を解除した。その後、室温まで冷却して光学素子であるレンズを取り出した。このようにして、凸面の曲率半径が 20mm 、凹面の曲率半径が 20.1mm のメニスカス形状で、表面にピッチが約 $3\mu\text{m}$ であり

10

20

30

40

50

、深さが約 3 μm である微細凹凸構造を有する赤外光レンズを得た。このレンズの赤外光の反射率を測定したところ、波長 8 μm ~ 12 μm の範囲での反射率は 2 % 未満であり、良好な反射防止構造がレンズ表面に形成されていることが確認できた。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】(a) ~ (g) は、本実施の形態が適用されるリソグラフィ用のマスクの製造方法の一例を説明した図である。

【図2】(a) ~ (g) は、図1で説明した工程により製造されたリソグラフィ用のマスクを使用して、被加工物の表面加工を行う方法を説明した図である。

【図3】光学素子成形用の金型を説明した図である。

【図4】容量結合型のRFプラズマによって反応性イオンエッチングを行う処理装置の一例を説明した図である。

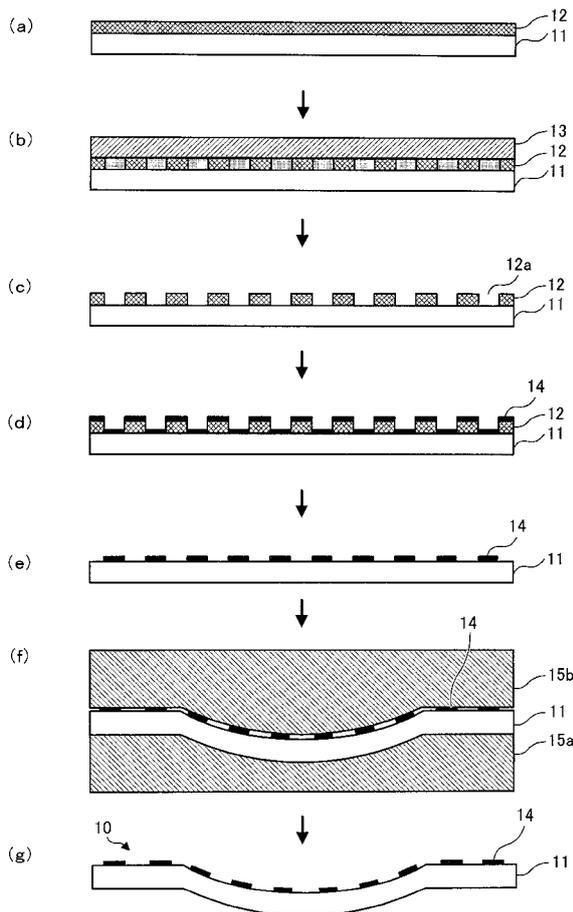
【図5】本実施の形態が適用される金型を用いた、プレス成形装置の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

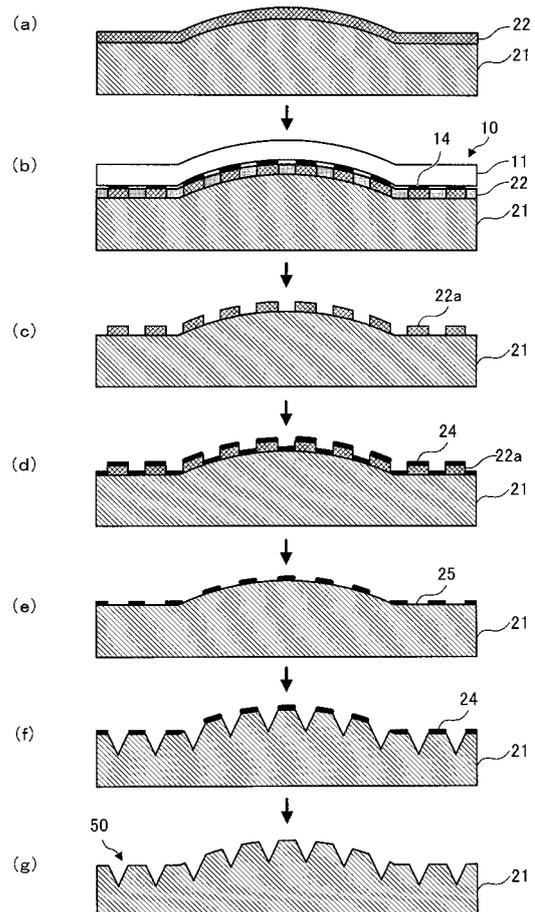
【0060】

10 ... マスク、11 ... 透明フィルム、12 ... レジスト層、12a ... 孔部、13 ... ガラスフォトマスク、14 ... ニッケル膜、15a、15b ... 型母材、50 ... 金型、60 ... 処理装置、100 ... プレス成形装置

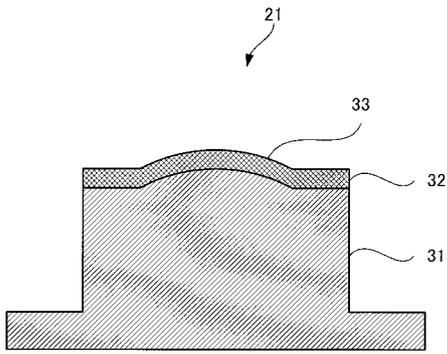
【図1】



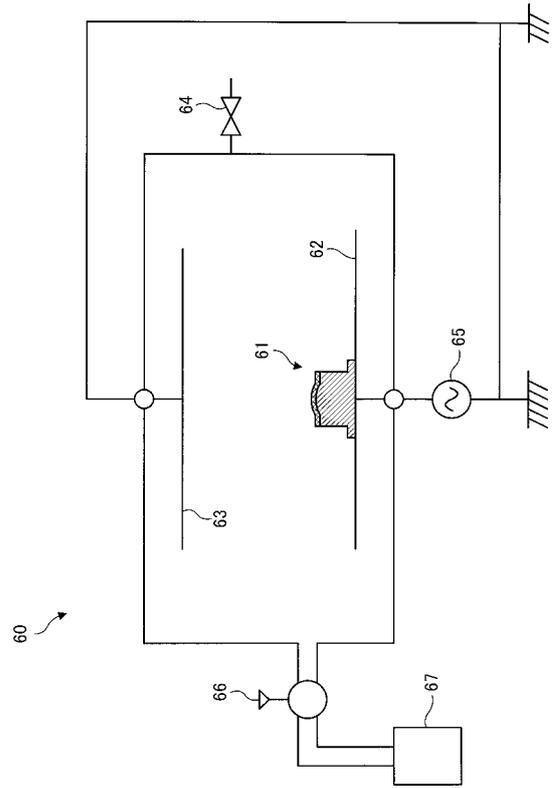
【図2】



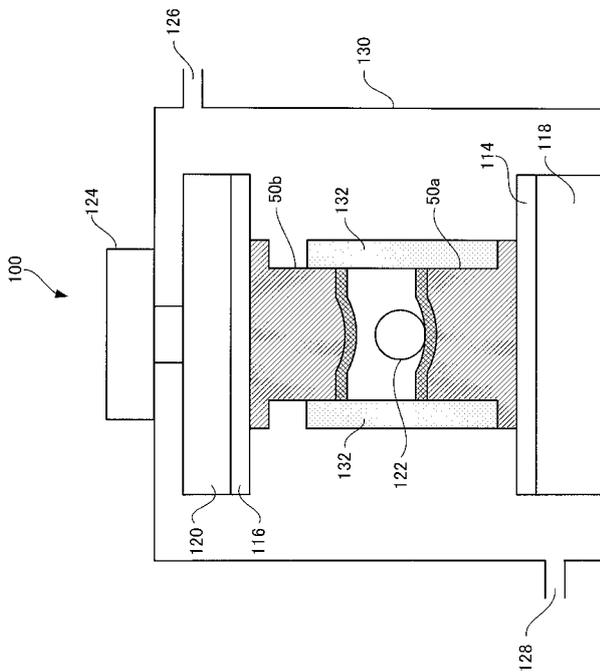
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 奥村 真

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BA12 BB06 BB26 BB31 BC05 BC27

2H097 GA31 JA02 LA20

2K009 AA02 AA12 BB02 CC34 DD12 DD15