

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-508269

(P2005-508269A)

(43) 公表日 平成17年3月31日(2005.3.31)

(51) Int.Cl.⁷**B29C 33/38**

B29C 45/26

GO2B 3/00

// B29L 11:00

F 1

B29C 33/38

B29C 45/26

GO2B 3/00

B29L 11:00

テーマコード(参考)

4 F 2 O 2

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2003-542366 (P2003-542366)
 (86) (22) 出願日 平成14年11月1日 (2002.11.1)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年4月30日 (2004.4.30)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2002/035031
 (87) 國際公開番号 WO2003/040781
 (87) 國際公開日 平成15年5月15日 (2003.5.15)
 (31) 優先権主張番号 60/330,906
 (32) 優先日 平成13年11月2日 (2001.11.2)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 500342994
 エムイーエムエス・オプティカル・インコ
 ーポレイテッド
 アメリカ合衆国35806アラバマ州ハン
 ツビル、インポート・サークル205番、
 スウェート2
 (74) 代理人 100084146
 弁理士 山崎 宏
 (74) 代理人 100100170
 弁理士 前田 厚司
 (74) 代理人 100111039
 弁理士 前堀 義之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】グレースケールエッチングされたマスタモールドからマイクロ光学要素を製造する方法

(57) 【要約】

本発明の実施形態は、マイクロレンズのようなマイクロ光学要素を生成するための高精度のモールドの生成及び使用の方法及びプロセスを提供する。マスタモールドは少なくともグレースケール技術又は直接描画リソグラフィのうちの一方を使用し生成され、マスタモールドが生成されると、基板又はレジスト層上に高精度のマイクロ光学輪郭が設けられる。種々の材料から高精度のマイクロ光学要素を製作するのに使用される二次モールドの生成に、マスタモールドを使用してもよい。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板を設け、

前記基板にフォトレジストの層を堆積し、

前記フォトレジスト上の特定の位置で厚みを変化させる方法を使用してフォトレジストに所望のパターンを生成し、グレースケール輪郭化されたフォトレジストを製作し、

前記グレースケール輪郭化されたフォトレジストをハードコーティングで被覆して所望のグレースケール輪郭を有する表面を形成し、

前記ハードコーティング上にバッキングを設け、

前記基板と前記フォトレジストを前記ハードコーティングから除去して前記ハードコーティングからマスタモールドを形成し、

前記モールドマスタを使用したスタンピング又はモールディングにより少なくとも1つの光学要素を複製する

光学要素の製造方法。

【請求項 2】

前記所望のパターンは、グレースケールリソグラフィと直接描画リソグラフィのうちの少なくとも1つを使用して生成される、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記グレースケールリソグラフィと共に高エネルギービーム感応処理を使用する、請求項2に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記モールドマスタは前記マスタモールドから少なくとも1つの二次モールドを製作するために使用され、前記二次モールドは前記光学要素のスタンピング又はモールディングに使用される、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 5】

前記二次モールドは、スタンピング及びモールディングプロセスのうちの少なくとも1つを使用して少なくとも1つの光学要素を複製するために使用される、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記コーティングはニッケルを含む、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 7】

前記コーティングと前記バッキングは同一の材料からなる、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 8】

前記ハードコーティングを、電気メッキ、スパッタリング、及び化学的気相成長法のうちのいずれか1つを用いて堆積する、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 9】

前記フォトレジストに生成されたパターンは、パターン形成されたモールドにより設けられる、請求項1に記載の製造方法。

【請求項 10】

エッチング可能な基板を設け、

前記基板にフォトレジストの層を堆積し、

前記フォトレジスト上の特定の位置の厚みを変化させる方法を使用してフォトレジストに所望のパターンを生成して、グレースケール輪郭化されたフォトレジストを製作し、

前記基板をエッチングし、前記エッチングされた基板上に所望の光学要素の輪郭を製作してマスタモールドを生成し、

スタンピング及びモールディングのうちの少なくとも1つを使用して前記マスタモールドから少なくとも1つの光学要素を複製する

マスタ光学要素の製造方法。

【請求項 11】

前記基板は、グレースケールリソグラフィと直接描画ソグラフィのうちの少なくとも1つ

10

20

30

40

50

を使用してエッティングされる、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 12】

前記グレースケールリソグラフィと共に高エネルギー感応処理を使用する、請求項 11 に記載の製造方法。

【請求項 13】

前記マスタモールドは前記マスタモールドから少なくとも 1 つの二次モールドを製作するために使用される、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 14】

前記二次モールドは、スタンピング又はモールディングにより少なくとも 1 つの光学要素を複製するために使用される、請求項 10 に記載の製造方法。 10

【請求項 15】

前記コーティングはニッケルを含む、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 16】

前記エッティングされた基板を前記光学要素の外形に応じてハードコーティングで被覆する工程をさらに備える、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 17】

前記フォトレジストに生成されたパターンは、パターンモールド形成されたモールドにより設けられる、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 18】

請求項 1 の製造方法に係るマイクロ光学要素。 20

【請求項 19】

請求項 10 の製造方法に係るマイクロ光学要素。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0001】

本発明は概してマスタの製作に関し、さらに詳しくは、グレースケールエッティングされた原型金型ないしはマスタモールド (master mold) からの大量複製に使用される、マイクロ光学要素ないしはマイクロレンズの製作方法に関する。

【関連技術の背景】

【0002】 30

射出成形樹脂を製造するためのマスタモールドを製作するプロセスが種々存在する。例えばレーザ直接描画 (laser-direct write) は、バイナリピットの生成に使用されるプロセスである。この方法は、コンパクトディスク工業においてフォトレジストに初期マスタを作成するために使用されている。しかしながら、この方法は応用が非常に特化しており、データ記憶工業以外では使用が限定される。

【0003】

マスタモールドを製作する 1 つの方法のプロセスでは、ダイアモンド工具 (diamond turning) ないしはダイアモンド高密度刻線機 (diamond ruling machine) を必要とする。この方法では複雑なステージングシステムに搭載されたダイアモンド切削工具を使用する。性質が最適となるようにその結晶軸が向いている選択されたダイアモンドが、構造の形成に使用される。材料がステージングシステムに配置され、ダイアモンドチップが材料を粉碎又は切除して所望のマスタモールド構造が残される。しかしながら、通常、ダイアモンド工具及び高密度刻線機には製作することが可能な構造の複雑度に限界がある。また、これらの装置における解像度及び忠実度は、マイクロレンズの製作における制限要因である。 40

【0004】

マスタモールドを製作する他のプロセスとしては、バイナリリソグラフィがある。このプロセスでは、所望の表面トポロジーの階段状近似を製作するために標準的なバイナリリソグラフィとエッティングサイクルを使用し、表面構造の範囲を限定するための多数の追加の製作工程を有する。しかしながら、このプロセスでは高精度のマイクロレンズに要求され 50

る滑らかで深い構造を効果的に製作できないので、このプロセスはある種の構造の製造に関する問題がある。

【0005】

高い解像度と忠実度を有する滑らかで深い構造を製作することが可能であり、マイクロレンズのようなマイクロデバイス用のマスタモールドを生成できる製法に対する要求がある。

【発明の概要】

【0006】

本発明の実施形態では、マイクロスケールのレベルで使用され、樹脂材料からマイクロレンズをモールドするための高品質で高精度のマスタモールドを製作するために、電気メッキのようなコーティングプロセスと共にグレースケール技術が使用される。 10

【0007】

本発明の1つの実施形態によれば、基板上にレジストの層を設け、グレースケールリソグラフィや直接描画リソグラフィのプロセスを使用してレジストに所望のパターンを生成することにより、マスタモールドが生成される。パターン付けされたレジストにハードコーティング材料が設けられる。基板とレジストが除去され、高精度のマスタモールドが残る。次に、マスタモールドは次の金型ないしはモールドの成形に使用してもよく、高精度のマイクロレンズ又は他のグレースケール構造の生成に使用してもよい。

【0008】

本発明の第2の実施形態によれば、基板上にレジストの層を設け、グレースケールリソグラフィや直接描画リソグラフィのプロセスを使用してレジストに所望のパターンを生成することで、マスタモールドが生成される。レジストのパターンに従って基板がエッチングされる。ハードコーティングが基板上に設けられ、高精度のマスタモールドが生成される。 20

【0009】

明細書に組み込まれてその一部を構成する添付図面は、本発明の実施形態を図示し、記述と共に本発明の原理を説明する。

【詳細な説明】

【0010】

本発明の原理に従い、ここで実施され広範に説明されるように、本発明の原理に合致するプロセスは、マイクロ光学要素や、グレースケール輪郭を有する他のリソグラフィ的に製作される構造の製作に使用することができる。このプロセスの1つの実施形態は、エッチング可能な基板を設け、この基板をエッチングしてエッチングされた基板上に所望のマイクロ光学要素の外形ないしは輪郭(contour)を製作し、この所望のマイクロ光学要素の輪郭をハードコーティングで被覆し、このハードコーティングからエッチングされた基板を除去してハードコーティングによりモールドマスタを形成し、このマスタモールドからマイクロ光学要素をスタンピング又はモールディングすることを含む。付加的には、このマスター・マイクロ光学要素モールドは、二次金型ないしは二次モールド(secondary mold)をモールドするために使用してもよく、次いで、二次モールドは、オリジナルのマスタモールドを摩耗させることなく部品を大量製作するのに使用することができる。 30

【0011】

本発明の原理に合致する他の実施形態に従い、ここで実施され広範に説明されるように、マスタモールドの製作のための代案のプロセスが提供される。このプロセスは、概ね、エッチング可能な基板を設け、この基板をエッチングしてエッチングされた基板上に所望のマイクロ光学要素の輪郭を製作し、この所望のマイクロ光学要素の輪郭をハードコーティングで被覆し、スタンピングとモールディングプロセスのうちの少なくとも1つを使用して少なくとも1つのマイクロ光学要素を再製作することを含む。付加的には、マスタモールドは、二次モールドを生成するために使用してもよく、次いで、二次モールドは、オリジナルのマスタモールドを摩耗させることなくマイクロ光学要素ないしはマイクロレンズを大量製作するのに使用することができる。 40

【0012】

図1はマスタモールドの例示のイメージを示す。図1はウェハないしは基板10、レジスト12、及びコーティング14を示す。図1に示す構造は、参照することで本説明に全体が組み込まれるガル(Gal)に付与された米国特許第5,482,800号及び米国特許5,310,623号に記載のグレースケールリソグラフィプロセスを使用して生成することができる。このプロセスでは、複数の開口を有するバイナリマスクが生成され、与えられた位置での開口の面積は露光密度(exposure density)や制御レベル(control level)に関連している。高エネルギービーム感応(High Energy Beam Sensitive:HEBS)を使用するもののような、他のグレースケールプロセスも使用することができる。このようなHEBSプロセスでは、HEBSガラスを比較的高エネルギーの入射ビームで露光し、HEBSガラス上に照射されたビームの強度と関連する選択的な黒化(darkening)を作成する。次に、露光されたHEBSガラスは、所望の輪郭のグレースケールエッチングを容易にするために感光材料を露光するマスマスクとして使用してもよい。代案としては、感光材料を露光してグレースケール輪郭を製作するために、直接電子線描画技術(direct beam writing techniques)を使用してもよい。

10

【0013】

グレースケールリソグラフィプロセスでは、基板上のフォトレジストにパターン形成するためにグレースケールマスクを使用し、その後に基板がエッチングされて湾曲形状が形成される。フォトマスク層を形成するためのフォトレジストのパターン形成は、単一のグレースケールマスクのみにより実行することができる。代案としては、2枚のグレースケールマスクを使用することで、厚さが変化するフォトレジストを生成するためにフォトレジストをパターン形成することができる。

20

【0014】

種々の位置でフォトレスジストの厚さを異ならせることで、基板材料で再製作できるパターンを形成することができる。フォトレジストが露光されると、現像されたフォトレジストに所望のパターンの痕跡ないしはインプレッション(impression)が製作される。

【0015】

グレースケールマスクを介して選択された波長の光をフォトレジスト材料に露光し、選択された時間の間に光が露光マスクの開口を透過することで、フォトレジストにイメージインプレッション(image impression)が製作される。通常、光は紫外線である。続いて、露光されたフォトレジストには、RIE(Reaction Ion Etching, 反応イオンエッチング)やDRIE(Deep Reaction Ion Etching ディープ反応イオンエッチング)のようなエッチング法を使用した、基板材料に所望の対象(object)を得るための処理がなされる。

30

【0016】

直接描画グレースケールプロセス(direct writing gray scale process)を使用して図1に示す構造を作製できることは、当業者であれば認識できる。直接描画は、パターンを構成する要素がマスクによって同時に形成されるのではなく順次形成されるパターン転写のプロセスである。この技術は、電子に対して感応するレジストフィルムで被覆された表面を電子のビームで走査し、レジストフィルムに所望のパターンのエネルギーを堆積させる。露光を変化させて非バイナリの表面トポロジーを製作するために、種々の方法でビームを変調することができる。このプロセスを使用する利点は、殆ど原子レベルの非常に高い解像度が可能であることと、この技術が種々の材料及び殆ど無制限の数のパターンに有効な柔軟性のある技術であることである。

40

【0017】

この応用のプロセスでは概ねレジストを使用するが、パターンないしは輪郭を基板に直接エッチングしてもよいことは、当業者であれば認識できる。また、ポリイミドのような典型的なフォトレジストや電子ビームレジストではない材料に最初のマスタモールドを設けてもよいことも認識できる。

【0018】

さらにまた、参照することで本発明に全体が組み込まれるハーチャンコ(Harchanko)他

50

の米国特許出願 10 / 115, 992 号に記載されているようなフォトレジストにパターンを転写するための精密なモールドを使用するプロセスを、フォトレジスト層又は同様の材料にパターンを設けるために使用してもよい。

【 0 0 1 9 】

コーティング 14 はいかなる好適な硬質の材料でもよく、例えば電気メッキ技術を使用して製作されたニッケルのメッキ層があり、この場合には露光されたレジスト 12 を備えるウェハないしは基板 10 が電気メッキ槽に配置され、レジストの表面にニッケルが成長する。他の好適な物質を使用できることは、当業者であれば認識できる。

【 0 0 2 0 】

当業者が想到するようなコーティング 14 を製作するための他のプロセスを使用してもよいことは、当業者であれば認識できる。例えば、電気メッキの代わりに、スパッタリングを使用してもよく、この場合ターゲット材料にアルゴンイオンが衝突する。置換されたターゲット材料の分子がウェハ表面に堆積する。コーティング 14 を製作するために使用できる他のプロセスとしては、化学的気相成長法を使用することができ、この場合には制御された化学反応により薄い表面膜が生成される。

【 0 0 2 1 】

図 2 (a) ~ (d) は、マスタモールドを作製するためのプロセスの実施形態を示す。図 2 (a) はその上にレジストないしは同様の材料 12 を堆積した基板 10 を示す。基板 10 上にレジスト 12 を堆積すると、レジスト 12 内に所望のパターンを得るために、前述のグレースケールプロセスが使用される。図 2 (b) は基板 10 と所望のパターンを有するレジスト 12 を示す。レジスト 12 内に所望のパターンが得られれば、図 12 (c) に示すようにハードコーティング (hard coating) 14 がレジスト 12 上に成長される。ハードコーティング 14 のレジスト 12 と向き合う面が、マスタモールドのモールディング面である。再製作プロセスにおいてマスタモールドを補助的に支持するために、図 2 (d) に示すように、バックキング (backing) 16 をマスタモールドに設けてもよい。バックキング 16 は当業者に知られているいかなる好適な材料で製作してもよい。

【 0 0 2 2 】

バックキング 16 を配置すると、レジスト 12 及び基板 10 が除去されてハードコーティング 14 とバックキング 16 が残り、マスタモールドが生成される。図 3 は、レジスト 12 と基板 10 を除去したコーティング 14 とバックキング 16 を示す。次に、マスタモールドは精密な樹脂部品の大量再製作に使用される。マスタモールドは二次モールドの生成に使用してもよい。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、本発明の実施形態に合致するモールディング技術を使用するマイクロ光学要素ないしはマイクロレンズを製造するためのプロセスに含まれる工程の例示的な流れ図を示す。図 4 に示すように、基板が設けられる (ステップ 30)。基板上にレジストが設けられ、マイクロ光学要素の輪郭を設けるためにレジストにパターンが生成される (ステップ 32)。この工程はグレースケールリソグラフィプロセスや直接描画リソグラフィプロセスを含む多数の異なるプロセスを使用して行うことができる。次に、輪郭がハードコーティング 14 で被覆される (ステップ 34)。このコーティングは、ニッケル又は他のモールド材料を使用した電気メッキ技術により形成することができる。電気メッキ技術に代えてスパッタリング又は化学的気相成長法を使用することができることは、当業者であれば認識できる。また、この工程では、ハードコーティングを設けた後に、ハードコーティングにバックキングを加え、マスタモールドを支持してもよい。

【 0 0 2 4 】

表面を被覆した後、基板及びレジストが除去されたマスタモールドが形成される (ステップ 36)。この工程は当業者に知られている化学溶剤を使用する剥離プロセスによりなされる。次に、マスタは好適な材料で部品をスタンプ又はモールドするために使用される (ステップ 38)。光学要素に適した材料としては、例えば、モールディングやスタンピングが可能なないように十分に軟化できる光学グレード樹脂 (optical grade plastic) や他の

10

20

30

40

50

材料がある。例えば、マスタモールドは射出成形装置で使用してもよく、この場合モールドはその中に樹脂射出される高圧チャンバの壁の1つとして使用される。代案としては、マスタモールドをエンボス機で使用してもよい。樹脂に代えてゾル・ゲルガラスを使用できることは、当業者であれば認識できる。

【0025】

図5は本発明の原理に合致するマイクロ光学要素を製造するためのプロセスの他の実施形態の例示的な流れ図である。この実施形態では、基板はレジストの設計でエッチングされ、ハードコーティングは基板に設けられる。図5に示すように、エッティング可能な基板が設けられる(ステップ40)。パターン形成されたレジストが基板に設けられ、次にマイクロ光学要素の輪郭を設けるために基板がエッティングされる(ステップ42)。この工程はグレースケールリソグラフィプロセスや直接描画リソグラフィを含む多数の異なるプロセスを使用して行うことができる。本発明の1つの実施形態では、エッティングされた基板をマスタモールドとして使用してもよい。本発明の他の実施形態では、基板に生成されたマイクロ光学輪郭をハードコーティングで被覆し、このハードコーティングがマスタモールドを形成してもよい(ステップ44)。このコーティングは、ニッケル又は他のモールド材料を使用した電気メッキ技術により形成することができる。電気メッキ技術に代えてスパッタリング又は化学的気相成長法を使用することは、当業者であれば認識できる。このように作製されたマスタモールドは、前述のように樹脂又は他の好適な材料から部品をスタンプ又はモールドするために使用される(ステップ46)。例えば、マスタモールドは射出成形装置で使用してもよく、この場合モールドはその中に樹脂射出される高圧チャンバの壁の1つとして使用される。代案としては、マスタモールドをエンボス機で使用してもよい。樹脂に代えてゾル・ゲルガラスを使用できることは、当業者であれば認識できる。

【0026】

図6は、オリジナルのマスタモールドから製作した二次モールドないしは子モールド(daughter mold)の例示的なイメージを示す。いったんマスタモールド要素が製造されるとオリジナルのマスタモールドの摩耗を避けるために、オリジナルのマスタモールドから二次又は子のモールドを製作することができる。この製作は当業者に知られている好適な技術により行うことができる。例えば、二次モールドはスタンピングプロセスを使用して製作される。二次又は子のモールドは、前述のように射出成形装置又はエンボス機で使用される。

【0027】

図7は、好適な材料から部品を生成するために使用される二次モールドの例示的なイメージを示す。例えば、二次モールドが射出成形装置で使用され、当業者に知られた技術を使用して二次モールドにモールディングを行えば、好適な光学樹脂から高精度のマイクロレンズのような部品を製作することができる。

【0028】

本発明の変形及び適応は、ここで開示された本発明の詳細及び実施を考慮すれば当業者にとって明らかである。詳細及び例は例示としてのみ考慮されることを意図しており、本発明の真の範囲及び真意は請求項により示される。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の原理に合致するマスタモールドの例示的なイメージを示す。

【図2(a)】本発明の原理と合致するマスタモールドの生成方法の例示的なイメージを示す。

【図2(b)】本発明の原理と合致するマスタモールドの生成方法の例示的なイメージを示す。

【図2(c)】本発明の原理と合致するマスタモールドの生成方法の例示的なイメージを示す。

【図2(d)】本発明の原理と合致するマスタモールドの生成方法の例示的なイメージを示す。

【図3】本発明の原理と合致するマスタモールドの生成方法の例示的なイメージを示す。

10

20

30

40

50

示す。

【図3】本発明の原理に合致するマスタモールドの他の実施形態の例示的なイメージを示す。

【図4】本発明の原理に合致するマイクロ光学要素の製作方法の工程の流れ図を示す。

【図5】本発明の原理に合致するマイクロ光学要素の製作方法の他の実施形態の工程の流れ図を示す。

【図6】オリジナルマスタによる二次マスタの製造の例示的なイメージを示す。

【図7】モールディングを使用した二次マスタの樹脂部品の製造の例示的なイメージを示す。

【符号の説明】

【0 0 3 0】

1 0 基板

1 2 レジスト

1 4 コーティング

1 6 バッキング

10

【図4】

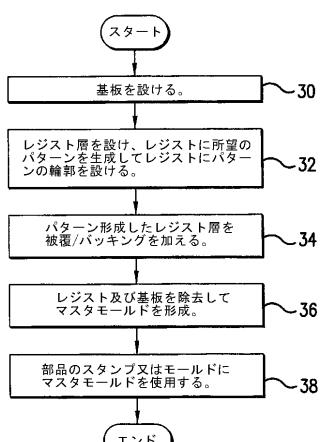


Fig.4

【図5】

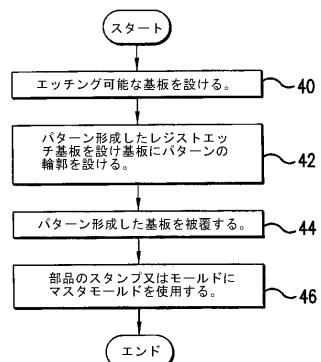


Fig.5

【図6】

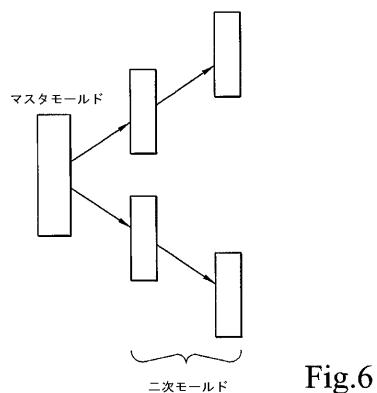


Fig.6

【図7】

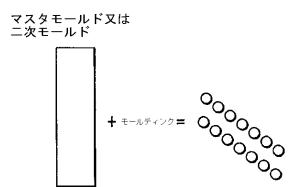


Fig.7

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
15 May 2003 (15.05.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/040781 A1(51) International Patent Classification⁵: G02B 1/04, B29D 11/00, G03F 7/00

(21) International Application Number: PCT/US02/35031

(22) International Filing Date:
1 November 2002 (01.11.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/330,906 2 November 2001 (02.11.2001) US

(71) Applicant (for all designated States except US): MEMS OPTICAL, INC. [US/US]; 205 Import Circle, Suite 2, Huntsville, AL 35806 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): BROWN, David, R. [US/US]; 216 Constitution Drive, Meridianville, AL 35759 (US); RAUSEO, John [US/US]; 2543 County Road #324, Moulton, AL 35650 (US).

(74) Agent: MUTTER, Michael, K.; Birch, Stewart, Kolasch & Birch, LLP, P.O. Box 747, Falls Church, VA 22040-0747 (US).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM, IIR, IIU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SI, SG, SL, SK, SI, TL, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BJ, BJ, CI, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, MI, MR, NH, SN, TD, TG).

(Published:
— with international search report
For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guide to the Use of Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 03/040781 A1

(54) Title: PROCESSSES USING GRAY SCALE EXPOSURE PROCESSES TO MAKE MICROOPTICAL ELEMENTS AND CORRESPONDING MOLDS

(57) Abstract: Embodiments of the invention provide methods and processes for creating and using high precision molds for creating micro-optical elements, such as micro-lenses. A master mold is created using one of at least gray scale technologies or direct write lithography to provide highly accurate micro-optical contours on a substrate or resist layer upon which the master mold is formed. The master mold may be used to create secondary molds for use in production of highly precise micro-optical elements from various materials.

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 1 -

**PROCESS FOR MAKING MICRO-OPTICAL ELEMENTS
FROM A GRAY SCALE ETCHED MASTER MOLD**

BACKGROUND

1. Field of the Invention

This invention relates generally to fabricating masters, and more specifically to the process for fabricating micro-optical elements or micro-lenses for use in mass replication from a gray scale etched master mold.

2. Background of Related Art

A variety of processes exist for fabricating master molds for making injection-molded plastics. For example, laser-direct write is a process that is used to create binary pits. This method is used by the compact disc industry for fabricating the initial master in photo resist. This method, however, is very specific in its application and has limited uses outside the data storage industry.

One process for fabricating master molds involves diamond turning, or diamond ruling engines. This method uses a diamond-cutting tool mounted on a complex staging system. Selected diamonds, whose crystal axis is oriented for optimum behavior, are used to shape the structure. A material is placed on the staging system and the diamond tip is used to mill or cut away the material to leave the desired master mold structure. Diamond turning and ruling engines are, however, usually limited in the complexity of the structures they can produce. Further, the resolution and the fidelity on these machines are limiting factors in producing a micro-lens.

Another process for fabricating a master mold involves binary lithography. This process uses standard binary lithography and etching cycles to produce a step-wise approximation of the desired surface topography and has many additional process steps that

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 2 -

produce a limited range of surface structures. This process may be problematic in fabricating certain structures, however, as this process would not be able to effectively produce a smooth deep structure desired in precision micro-devices.

As such, there is a need for a process that is capable of producing a smooth, deep structure that has high resolution and fidelity, such that a master mold may be created for micro-devices, such as for a micro-lens.

SUMMARY OF THE INVENTION

In embodiments of the present invention, gray scale technologies are utilized in conjunction with a coating process such as electroplating to produce high quality, accurate master molds for use on the micro-scale level to, in turn, mold micro-lenses out of plastic material.

In accordance with one embodiment of the present invention, a master mold is created by providing a resist layer on a substrate and creating a desired pattern in the resist using gray scale lithographic or direct write lithographic processes. A hard coating material is provided on the patterned resist. The substrate and resist are removed leaving the precision master mold. The master mold may then be used to mold subsequent molds or for use in creating precision micro-lenses or other gray scale structures.

In accordance with a second embodiment of the present invention, a master mold is created by providing a resist layer on a substrate and creating a desired pattern in the resist using gray scale lithographic or direct write lithographic processes. The substrate is etched in accordance with the pattern in the resist. A hard coating is provided on the substrate thus creating a precision master mold.

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 3 -

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate embodiments of the present invention and, together with the description, explain the principles of the invention, wherein:

Fig. 1 depicts an exemplary image of a master mold consistent with the principles of the present invention;

Figs. 2(a)-2(b) depict exemplary images of a process for creating a master mold consistent with the principles of the present invention.

Fig. 3 depicts an exemplary image of another embodiment of a master mold consistent with the principles of the present invention;

Fig. 4 depicts an exemplary flow diagram of the steps included in a process for fabricating a micro-optical element, consistent with the principles of the present invention;

Fig. 5 depicts an exemplary flow diagram of another embodiment of the process for manufacturing a micro-optical element consistent with the principles of the present invention;

Fig. 6 depicts an exemplary image depicting secondary molds being manufactured by an original master; and

Fig. 7 depicts an exemplary image depicting a secondary mold producing plastic parts using molding.

DETAILED DESCRIPTION

In accordance with the principles of the invention, as embodied and broadly described herein, processes consistent with the principles of the invention may be used to produce a micro-optical element or other lithographically produced structure having gray scale contours. One embodiment of the process generally includes providing an etchable substrate; etching the substrate to produce a desired micro-optical element contour on the etched

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 4 -

substrate; coating the desired micro-optical element contour with a hard coating; removing the etched substrate from the hard coating to form a mold master from the hard coating; and stamping or molding micro-optical elements from the master mold. Additionally, the master micro-optical element mold may be used to mold secondary molds that can, in turn, be used to mass-produce parts without wearing down the original master mold.

In accordance with another embodiment consistent with the principles of the invention, as embodied and broadly described herein an alternative process is provided for manufacturing a master mold. The process generally includes providing an etchable substrate; etching the substrate to produce a desired micro-optical element contour on the etched substrate; coating the desired micro-optical element contour with a hard coating; and reproducing at least one micro-optical element using at least one of a stamping and molding process. Additionally, the master mold may be used to create secondary molds that can be, in turn, used to mass-produce micro-optical elements or micro-lenses without wearing down the original.

Fig. 1 depicts an exemplary image of a master mold. Fig. 1 includes wafer or substrate 10, resist 12 and coating 14. The structure depicted in Fig. 1 can be generated using a gray-scale lithography process as set forth in U.S. Patent Nos. 5,482,800 and 5,310,623 to Gal, which are fully incorporated herein by reference. In this process a binary mask having a plurality of openings is produced with the area of the openings for a given location related to exposure density and contour level. Other gray-scale processes, such as those using High Energy Beam Sensitive (HEBS) may also be used. In such a HEBS process the HEBS glass is exposed with a relatively high energy irradiation beam to produce a selective darkening in the HEBS glass in relation to the applied beam intensity. The exposed HEBS glass may then be used as a master mask to expose a photosensitive material to facilitate gray scale etching of a

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 5 -

desired contour. Alternatively, direct beam writing techniques may be used to expose a photosensitive material to produce a gray scale contour.

The gray scale lithography process uses a gray scale mask to pattern a photoresist on a substrate, which is subsequently etched to form curved shapes. Patterning the photoresist to form a photomask layer can be performed using only a single gray scale mask. Alternatively, patterning the photoresist to produce a variable thickness photoresist layer can be accomplished utilizing two gray scale masks.

By varying the thickness of the photoresist at various locations, a pattern is created which can be replicated in the substrate material. When the photoresist is exposed an impression of the desired pattern in the developed photoresist is produced.

The image impression in the photoresist is produced by exposing the photoresist material to light of a selected wavelength through the gray scale mask, transmitted through openings in the exposure mask for a selected time period. The light is usually ultraviolet light. The exposed photoresist material is subsequently processed to procure the desired object on a substrate material using an etching method such as RIE (Reactive Ion Etching) or DRIE (Deep Reactive Ion Etching).

It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that the structure depicted in Fig. 1 may also be fabricated using a direct write gray scale process. Direct write is a process of pattern transfer in which the elements comprising a pattern are formed serially rather than simultaneously through a mask. The technique includes scanning a beam of electrons across a surface covered with a resist film sensitive to those electrons, thus depositing energy in the desired pattern in the resist film. The beam can be modulated in a variety of ways to vary the exposure to produce complex non-binary surface topologies. The benefits of utilizing this process is that it is capable of very high resolution, almost to the atomic level and it is a

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 6 -

flexible technique that can work with a variety of materials and an almost infinite number of patterns.

While the process of the present application generally uses a resist, it can further be appreciated by one of ordinary skill in the art that the pattern or contour may be etched directly into the substrate. It can further be appreciated that the initial master mold may be provided in material other than the traditional photoresist or electron beam resist, such as polyamide.

Furthermore, a process may be used for providing a pattern in a photoresist layer or similar material, which utilizes accurate molds for transferring a pattern to the photoresist, as described in U.S. Patent Application No. 10/115,992 to Harchanko et al, hereby fully incorporated by reference.

Coating 14 may be any suitably hard material, for example a plated layer of nickel fabricated using an electroplating technique whereby the wafer or substrate 10 with the exposed resist 12 is placed in an electroplating tank and nickel is grown on the surface of the resist. It can be appreciated by one of ordinary skill that other suitable substances may be used.

It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that other processes for fabricating the coating 14 may be utilized as would occur to one of ordinary skill in the art. For example, instead of electroplating, sputtering may be employed whereby a target material is bombarded with argon ions. The displaced molecules of the target material are then deposited on the wafer surface. Another process that may be utilized for fabricating coating 14 is to employ a chemical vapor deposition process, in which a controlled chemical reaction produces a thin surface film.

Figs. 2(a)-2(d) depict an embodiment of a process for fabricating a master mold. Fig. 2(a) illustrates a substrate 10 with a resist or similar material 12 deposited thereon. Upon

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 7 -

depositing the resist 12 on the substrate 10, a gray scale process, as discussed above, is used to derive a desired pattern within the resist 12. Fig. 2(b) illustrates the substrate 10 and resist 12 with the desired pattern. Upon achieving the desired pattern within the resist 12, a hard coating 14, as illustrated in Fig. 2(c) is grown on the resist 12. The surface of the hard coating 14, which faces the resist 12, is the molding surface of the master mold. A backing 16 may be provided for the master mold, as illustrated in Fig. 2(d) in order to provide additional support for the master mold in the replication process. The backing 16 may be fabricated using any suitable materials known to one of ordinary skill in the art.

Upon placement of the backing 16, the resist 12 and substrate 10 are removed leaving the hard coating 14 and backing 16, thus creating the master mold. Fig. 3 depicts the hard coating 14 and backing 16 with the resist 12 and substrate 10 removed. The master mold may then be used to mass-replicate precision plastic parts. The master mold may further be used to create secondary molds.

Fig. 4 depicts an exemplary flow diagram of the steps included in the process for manufacturing a micro-optical element or micro-lens using a molding technique consistent with an embodiment of the invention. As shown in Fig. 4, a substrate is provided for (Step 30). A resist is provided on the substrate and a pattern is created in the resist to provide a contour of a micro-optical element (Step 32). This may be done using a number of different processes, including a gray-scale lithography process or a direct write lithography process. The contour is then coated with a hard coating (Step 34). This coating may be formed using an electroplating technique using nickel or other mold materials. It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that a sputtering or a chemical vapor deposition process may be used instead of the electroplating technique. Further, after providing a hard coating, a backing may be added to the hard coating in this step to provide support for the master mold.

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 8 -

After the surface is coated, the substrate and resist are removed to form the master mold (Step 36). This may be accomplished utilizing a stripping process that uses a chemical solvent known to one of ordinary skill. The master may then be used to stamp or mold parts in a suitable material(Step 38). A suitable material for optical elements might, for example, be an optical grade plastic or another material that may be softened sufficiently to enable molding or stamping. For example, the master mold may be used in an injection-molding machine where the mold is used as one of the walls of a high-pressure chamber into which plastic is injected. Alternatively, the master mold may further be used in an embossing machine. It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that sol-gel glass may be used instead of plastic.

Fig. 5 depicts an exemplary flow diagram of another embodiment of the process for manufacturing a micro-optical element consistent with the principles of the present invention. In this embodiment, the substrate may be etched with the resist design and a hard coating provided on the substrate. As shown in Fig. 5, an etchable substrate is provided (Step 40). A patterned resist is provided on the substrate and the substrate is then etched to provide a contour on a micro-optical element (Step 42). This may be done using a number of different processes, including a gray-scale lithography process with direct or indirect writing. In an embodiment of the invention, the etched substrate may be used as the master mold. In another embodiment, the micro-optical contour created in the substrate may then be coated with a hard coating, which forms the master mold (Step 44). This coating may be formed using an electroplating technique using nickel or other mold materials. It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that a sputtering or a chemical vapor deposition process may be used instead of the electroplating technique. The master mold thus prepared may then be used to stamp or mold parts out of a plastic or other suitable material as previously described(Step 46). For example, the master mold may be used in an injection-molding

WO 03/040781

PCT/US02/35031

- 9 -

machine where the mold is used as one of the walls of a high-pressure chamber into which plastic is injected. Alternatively, the master mold may further be used in an embossing machine. It can be appreciated by one of ordinary skill in the art that sol-gel glass may be used instead of plastic.

Fig. 6 depicts an exemplary image of secondary, or daughter molds that are produced from the original master mold. Once the master mold element is manufactured, a secondary, or daughter mold may be produced from the original master mold in order to avoid wearing the original master mold. This may be accomplished using suitable techniques known to one of ordinary skill in the art. For example, the secondary mold may be produced using a stamping process. The secondary or daughter mold may be used in the molding or embossing machine as already described.

Fig. 7 depicts an exemplary image of the secondary mold used in creating parts from a suitable material. For example, when the secondary mold is used in a molding machine and molding is applied to the secondary mold using techniques known to one of ordinary skill, parts are produced, such as highly precise micro-lenses made from suitable optical plastic.

Modifications and adaptations of the invention will be apparent to those skilled in the art from consideration of the specification and practice of the invention disclosed herein. It is intended that the specification and examples be considered as exemplary only, with a true scope and spirit of the invention being indicated by the following claims.

WHAT IS CLAIMED:

1. A process for manufacturing an optical element comprising:
 - providing a substrate;
 - depositing a layer of photoresist on the substrate;
 - creating a desired pattern in the photoresist using a process for varying the thickness at specific locations on the photoresist to produce a gray scale contoured photoresist;
 - coating the gray scale contoured photoresist with a hard coating to form a surface having the desired gray scale contour;
 - providing a backing over the hard coating
 - removing the substrate and photoresist from the hard coating to form a master mold from the hard coating; and
 - reproducing at least one optical element using the mold master by stamping or molding.
2. The process of claim 1, wherein the desired pattern is created using at least one of a gray-scale lithography and a direct write lithography.
3. The process of claim 2, wherein a high energy beam sensitive procedure is used in conjunction with the gray scale lithography.
4. The process of claim 1, wherein the mold master is used to produce at least one secondary mold from the master mold and wherein the secondary mold is used in stamping or molding the optical element.
5. The process of claim 1, wherein the secondary mold is used to reproduce at least one optical element using at least one of a stamping and molding process.
6. The process of claim 1, wherein the coating includes nickel.

7. The process of claim 1, wherein the coating and backing are made from the same material.
8. The process of claim 1, wherein hard coating may be deposited using at least one of electroplating, sputtering and chemical vapor deposition.
9. The process of claim 1, wherein the pattern created in the photoresist is provided by a patterned mold.
10. A process for manufacturing a master optical element comprising:
 - providing an etchable substrate;
 - depositing a layer of photoresist on the substrate;
 - creating a desired pattern in the photoresist using a process for varying the thickness at specific locations on the photoresist to produce a gray scale contoured photoresist;
 - etching the substrate to produce a desired optical element contour on the etched substrate to create a master mold; and
 - reproducing at least one optical element from the master mold using at least one of a stamping and molding process
11. The process of claim 10, wherein the substrate is etched using at least one of a gray-scale lithography and a direct write lithography.
12. The process of claim 11, wherein a high energy beam sensitive procedure is used in conjunction with the gray scale lithography.
13. The process of claim 10, wherein the master mold is used to produce at least one secondary mold from the master mold.
14. The process of claim 10, wherein the secondary mold is used to reproduce at least one optical element by stamping or molding.
15. The process of claim 10, wherein the coating includes nickel.

16. The process of claim 10, further including the step of coating the etched substrate with a hard coating in accordance with the optical element contour.
17. The process of claim 10, wherein the pattern created in the photoresist is provided by a patterned mold.
18. A micro-optical element in accordance with the process of claim 1.
19. A micro-optical element in accordance with the process of claim 10.

WO 03/040781

PCT/US02/35031

1/4

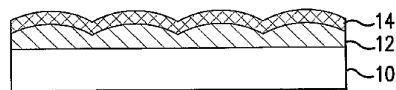


Fig.1



Fig.2(a)



Fig.2(b)

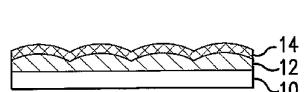


Fig.2(c)

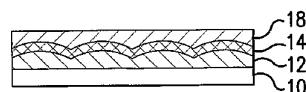


Fig.2(d)

2/4

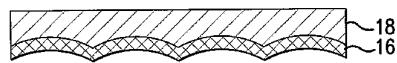


Fig.3

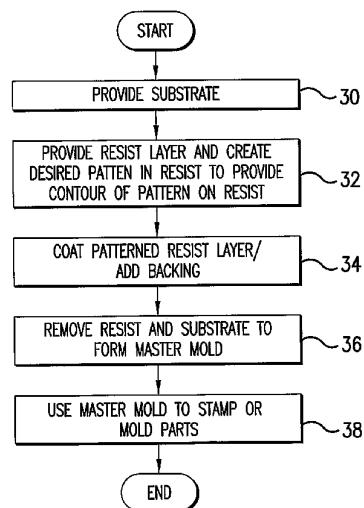


Fig.4

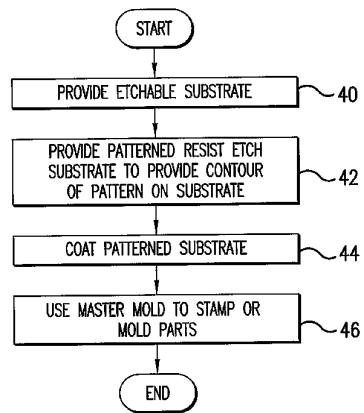


Fig.5

WO 03/040781

PCT/US02/35031

4/4

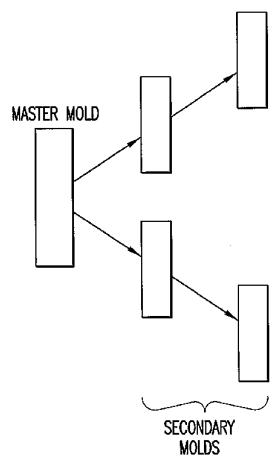


Fig.6

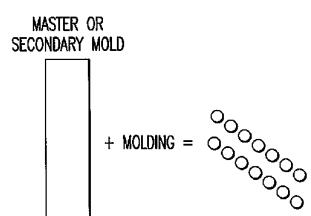
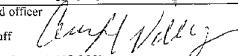


Fig.7

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/35031																											
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : G02B 1/04; B29D 11/03; G03F 7/00 US CL : 430/320, 321,5; 264/1.32 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																													
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 430/320, 321,5; 264/1.32																													
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																													
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) West: search terms: microlens?, mold? emboss?, stamp? grey, gray, grayscale, greyscale																													
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 15%;">Category *</th> <th style="text-align: left; width: 60%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; width: 25%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 4,150,398 A (KOJIMA et al.) 17 April 1979 (17.04.1979), figures 2 and 5 and col. 7/line 19- col. 8/line 35.</td> <td>18-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>1-9 and 18-19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 5,149,607 A (DE GRAAF et al.) 22 September 1992 (22.09.1992), col. 1/line 43-col. 2/line 3</td> <td>1-3,6-9 and 18-19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 6,190,838 B1 (KERFELD) 20 February 2001 (20.02.2001), figures 1,2,7,10 & 12 and text at col. 1/line 45-col. 2/line 14 and col. 11/line 50-col. 14/line 3</td> <td>1-9 and 18-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2001/003602 A1 (MCGREW et al.) 01 November 2001 (01.11.2001), entire document, particularly sections [0074-0076]</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 94/12911 A1 (LOCKHEED MISSLES & SPACE CO) 09 June 1994, see figures of microlenses.</td> <td>18-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 5,225,935 A (WATANABE et al.) 06 July 1993 (06.07.1993) see figures and corresponding text.</td> <td>10-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>WO 98/27459 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 25 June 1998 (25.06.1998), see abstract concerning etching and microlenses</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 4,150,398 A (KOJIMA et al.) 17 April 1979 (17.04.1979), figures 2 and 5 and col. 7/line 19- col. 8/line 35.	18-19	Y		1-9 and 18-19	X	US 5,149,607 A (DE GRAAF et al.) 22 September 1992 (22.09.1992), col. 1/line 43-col. 2/line 3	1-3,6-9 and 18-19	X	US 6,190,838 B1 (KERFELD) 20 February 2001 (20.02.2001), figures 1,2,7,10 & 12 and text at col. 1/line 45-col. 2/line 14 and col. 11/line 50-col. 14/line 3	1-9 and 18-19	Y	US 2001/003602 A1 (MCGREW et al.) 01 November 2001 (01.11.2001), entire document, particularly sections [0074-0076]	1-19	X	WO 94/12911 A1 (LOCKHEED MISSLES & SPACE CO) 09 June 1994, see figures of microlenses.	18-19	Y	US 5,225,935 A (WATANABE et al.) 06 July 1993 (06.07.1993) see figures and corresponding text.	10-19	Y	WO 98/27459 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 25 June 1998 (25.06.1998), see abstract concerning etching and microlenses	1-19
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																											
X	US 4,150,398 A (KOJIMA et al.) 17 April 1979 (17.04.1979), figures 2 and 5 and col. 7/line 19- col. 8/line 35.	18-19																											
Y		1-9 and 18-19																											
X	US 5,149,607 A (DE GRAAF et al.) 22 September 1992 (22.09.1992), col. 1/line 43-col. 2/line 3	1-3,6-9 and 18-19																											
X	US 6,190,838 B1 (KERFELD) 20 February 2001 (20.02.2001), figures 1,2,7,10 & 12 and text at col. 1/line 45-col. 2/line 14 and col. 11/line 50-col. 14/line 3	1-9 and 18-19																											
Y	US 2001/003602 A1 (MCGREW et al.) 01 November 2001 (01.11.2001), entire document, particularly sections [0074-0076]	1-19																											
X	WO 94/12911 A1 (LOCKHEED MISSLES & SPACE CO) 09 June 1994, see figures of microlenses.	18-19																											
Y	US 5,225,935 A (WATANABE et al.) 06 July 1993 (06.07.1993) see figures and corresponding text.	10-19																											
Y	WO 98/27459 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 25 June 1998 (25.06.1998), see abstract concerning etching and microlenses	1-19																											
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		See patent family annex.																											
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent published on or after the international filing date "L" document which may draw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																													
Date of the actual completion of the international search 15 January 2003 (15.01.2003)	Date of mailing of the international search report 27 JAN 2003																												
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)305-3230	Authorized officer  Mark Huff Telephone No. 703-308-0661																												

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/US02/35031
C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,345,336 A (AOYAMA et al.) 06 September 1994 (06.09.1994), col. 3/lines 1-3 and col. 7/line 58-col. 8/line 13.	1-19
Y	WO 99/64929 A1 (ROCHESTER PHOTONICS CORPORATION) 16 December 1999 (16.12.1999), see abstract, figure 3a and corresponding text.	1-19
Y	US 6,301,051 B1 (SANKUR) 09 October 2001 (09.10.2001), col. 4/lines 36-62.	1-19

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N0,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 デイビッド・アール・ブラウン

アメリカ合衆国 3 5 7 5 9 アラバマ州メリディアンビル、コンスティテューション・ドライブ 2 1
6 番

(72)発明者 ジョン・ラウセオ

アメリカ合衆国 3 5 6 5 0 アラバマ州ムールトン、カウンティ・ロード・ナンバー 3 2 4、 2 5 4
3 番

F ターム(参考) 4F202 CA11 CA19 CB01 CD04 CD12 CD24