

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4782983号
(P4782983)

(45) 発行日 平成23年9月28日 (2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日 (2011.7.15)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 5/18 (2006.01)

G O 2 B 5/18

G O 2 B 6/122 (2006.01)

G O 2 B 6/12

C

G O 2 B 6/12 (2006.01)

G O 2 B 6/12

Z

請求項の数 43 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-534962 (P2003-534962)
 (86) (22) 出願日 平成14年9月20日 (2002.9.20)
 (65) 公表番号 特表2005-505015 (P2005-505015A)
 (43) 公表日 平成17年2月17日 (2005.2.17)
 (86) 国際出願番号 PCT/CH2002/000517
 (87) 国際公開番号 W02003/032042
 (87) 国際公開日 平成15年4月17日 (2003.4.17)
 審査請求日 平成17年9月8日 (2005.9.8)
 審判番号 不服2009-10174 (P2009-10174/J1)
 審判請求日 平成21年5月22日 (2009.5.22)
 (31) 優先権主張番号 1887/01
 (32) 優先日 平成13年10月12日 (2001.10.12)
 (33) 優先権主張国 スイス (CH)

(73) 特許権者 598051691
 エリコン・トレーディング・アクチェンゲ
 ゼルシャフト, トリューブバッハ
 Oerlikon Trading AG
 , Truebbach
 スイス、ツュー・ハー 9477 トリュ
 ーブバッハ、ハウプトシュトラッセ
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光結合エレメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面 (3) にエバネッセント電磁場を生成するための、所与の波長 λ の光に対し透過性の材料からなる前記表面 (3) を有する、物質分析のための光学分析基盤における、光結合エレメントにおいて、前記エレメントは、前記表面 (3) の少なくとも一部領域に等間隔で平行な凹部 (5_1) の第 1 の組と、前記表面 (3) に前記第 1 の組の凹部 (5_1) と交差する (ϕ) 等間隔で平行な他の組の凹部 (5_2) とを含み、すべての前記凹部 (5_1 、 5_2) は線状であり、等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_0) が同じであって、空气中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、

$$0.1\lambda \leq d_0 \leq 1.0\lambda$$

と選択され、前記表面 (3) が、担体 (15) 上に布設される、少なくとも一つの層を備えた層システム (1a) の表面であり、前記担体 (15) の材料が所与の波長 λ の光に対し、前記層システムの層材料の前記屈折率よりも低い屈折率を有し、前記表面 (3) の少なくとも一部領域に等間隔で平行な凸部 (7_1) の第 1 の組と、前記表面 (3) に前記第 1 の組の凸部 (7_1) と交差する (ϕ) 等間隔で平行な凸部 (7_2) の他の組とをさらに含み、前記表面 (3) の少なくとも一部領域に等間隔で平行な凹部 (5_1) の第 1 の組と、前記表面 (3) に前記第 1 の組の凹部と交差する (ϕ) 等間隔で平行な凹部 (5_2) の他の組とを含み、前記凹部は前記表面の前記凸部間にあつて 3 つのレベルの深さ (d_{T1} 、 d_{T2} 、 $d_{T1} + d_{T2}$) を有する、光結合エレメント。

【請求項 2】

10

20

前記凸部 (7_1 、 7_2) が線状である、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 3】

前記凸部 (7_1 、 7_2) の第 1 の組および他の組は線状であって直角で交差し、かつ等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が同じである、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 4】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が以下のように、すなわち、
 $200\text{ nm} < d_0 < 2000\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 5】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が以下のように、すなわち、
 $40\text{ nm} < d_0 < 400\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 6】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が以下のように、すなわち、
 $100\text{ nm} < d_0 < 1200\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 7】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.1\lambda < d_0 < 1.0\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 8】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.2\lambda < d_0 < 2\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 9】

等間隔で平行な連続した凸部 (7_1 、 7_2) の間隔 (d_0) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.5\lambda < d_0 < 0.6\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 10】

凸部の幅の連続する凸部の間隔に対する比として定義されるデューティ・サイクルは 0.2 から 0.8 の間で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 11】

前記担体 (15) の前記表面は前記領域において、前記層システム (1a) の前記表面と同じ凹部構造を有し、上面から見るとそれらの構造が互いに整列している、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 12】

前記層システムは、少なくとも 1 つの高屈折率材料の層を有し、前記高屈折率材料は、以下の材料、すなわち、
 Ta_2O_5 、 TaO_2 、 NbO_5 、 ZrO_2 、 ZnO 、 HfO_2
 の内の少なくとも一つからなる、請求項 11 に記載の光結合エレメント。

【請求項 13】

前記層システムは、少なくとも 1 つの高屈折率材料の層を有する、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 14】

前記層システムの厚さ d_s が 2 nm から 20000 nm である、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

前記層システムの厚さ d_s が 20 nm から 4000 nm である、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 16】

前記層システムの厚さ d_s が 40 nm から 600 nm である、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 17】

前記層システムの厚さ d_s が 150 nm である、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 18】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.01\lambda \leq d_s \leq 10\lambda$$

が適用される、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 19】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.01\lambda \leq d_s \leq 2\lambda$$

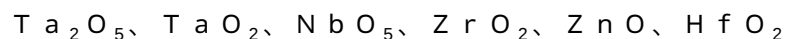
が適用される、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 20】

前記担体 (15) の前記表面は前記領域において、前記層システム (1a) の表面と同じ凸部構造を有し、上面から見るとそれらの構造が互いに整列している、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 21】

前記層システムは、少なくとも 1 つの高屈折率材料の層を有し、好ましくは以下の材料、すなわち、



の内の少なくとも一つからなる、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 22】

前記層システムの厚さ d_s が 2 nm から 20000 nm である、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 23】

前記層システムの厚さ d_s が 20 nm から 4000 nm である、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 24】

前記層システムの厚さ d_s が 40 nm から 600 nm である、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 25】

前記層システムの厚さ d_s が 150 nm である、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 26】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.01\lambda \leq d_s \leq 10\lambda$$

が適用される、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 27】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.01\lambda \leq d_s \leq 2\lambda$$

が適用される、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 28】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し

、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.2\lambda \leq d_s \leq 0.3\lambda$$

が適用される、請求項 19 に記載の光結合エレメント。

【請求項 29】

空気中での所与の波長 λ に関し、前記層システムは厚さ d_s を有し、所与の波長 λ に関し、この空気中での厚さ d_s には、以下、すなわち

$$0.2\lambda \leq d_s \leq 0.3\lambda$$

が適用される、請求項 10 に記載の光結合エレメント。

【請求項 30】

凸部の幅の連続する凸部の間隔に対する比として定義されるデューティ・サイクルは 0.4 から 0.6 の間で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。 10

【請求項 31】

前記凹部 (5_1 、 5_2) の第 1 の組および他の組は直角で交差する、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 32】

等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_o) が以下のように、すなわち、
 $200\text{ nm} \leq d_o \leq 20000\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 33】

等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_o) が以下のように、すなわち、
 $40\text{ nm} \leq d_o \leq 4000\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。 20

【請求項 34】

等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_o) が、以下のように、すなわち、
 $100\text{ nm} \leq d_o \leq 1200\text{ nm}$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 35】

等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_o) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.2\lambda \leq d_o \leq 2\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。 30

【請求項 36】

等間隔で平行な連続した凹部 (5_1 、 5_2) の間隔 (d_o) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.5\lambda \leq d_o \leq 0.6\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 37】

凹部の深さ (d_{T1} 、 d_{T2}) が 0.2 nm から 20000 nm である、請求項 1 に記載の光結合エレメント。 40

【請求項 38】

凹部の深さ (d_{T1} 、 d_{T2}) が 10 nm から 400 nm である、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 39】

凹部の深さ (d_{T1} 、 d_{T2}) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、
 $0.001\lambda \leq \frac{(d_{T1} + d_{T2})}{2} \leq 1.0\lambda$
 で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 40】

凹部の深さ (d_{T1} 、 d_{T2}) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわ 50

ち、

$$0.001\lambda \leq \frac{(d_{T1}, d_{T2})}{\lambda} \leq 0.2$$

で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 4 1】

凹部の深さ (d_{T1}, d_{T2}) が、空気中での所与の波長 λ に関し、以下のように、すなわち、

$$0.05\lambda \leq \frac{(d_{T1}, d_{T2})}{\lambda} \leq 0.2$$

で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【請求項 4 2】

凸部の幅の連続する凹部の間隔に対する比として定義されるデューティ・サイクルは 0.2 から 0.8 の間で選択される、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

10

【請求項 4 3】

上面から見て偏菱形、菱形、長方形または正方形である、前記等間隔で平行な凹部 ($5_1, 5_2$) 間の凸部 (7) を含む、請求項 1 に記載の光結合エレメント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、所与の波長の光に対し透過性の材料からなる表面を有し、前記表面の少なくとも一部領域に、等間隔で平行な線状凹部、または等間隔で平行な線状凸部を有する線格子がある、光結合エレメントに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

この発明はまず第一に、蛍光を手掛かりに化学反応または生化学反応を証明するための、上述のような光結合エレメントにおける様々な認識をその前提とするものである。これに関しては、特に WO 01/02839 が参照されるが、そこではそのような光結合エレメントについて分析基盤の枠内で述べられている。「変則的反射」として知られている効果が利用される。その場合、層が布設された担体が設けられる。好ましくはこの担体が、そしてまた前記層が、例えばレーザーや LED のような、好ましくは少なくともほぼ単色の光源の UV - VIS または NIR 領域 (200 nm から 2000 nm) の所与の波長の光に対して透過性である。絶縁材料の場合、前記層の材料は前記所与の波長で観察すると、担体の材料よりはるかに高い屈折率を有する。層がその上に横たわる担体表面には線格子があり、その構造は薄膜を介して層表面へ移行する。「変則的反射効果」が利用される場合、所与の波長の光がある一定の入射角を維持しながら完全に反射され、層に沿って、ないし層を通して透過する光は実際に皆無である。構造パラメータを適切に選択することにより、エバネッセントな、すなわち横減衰された電磁場が層表面に接する周囲で特に強くなり、これによりこの領域の蛍光分子が特に効率的に励起される。これによって、分析されるべき試料の層表面において、この文献に関し周知の方法で可能であったものより、はるかに小さな濃度のいわゆる蛍光標識のある物質の検出が可能となる。

30

【0003】

前記線解析格子ないし、担体基板 / 層および層 / 周囲雰囲気との両境界面にある、上面を覆うように整列した線格子は、その際、線状凹部とその間の凸部が波状にある方向に広がるように、整列する。線格子を備えた光結合エレメントは、波構造として観察した場合、前記線状凹部とその間の凸部に対して一次元で垂直に延びる。この指向性に鑑み、この出願に詳述される手順では、前記所与の波長のレーザー光線は、光結合エレメントを備えた基盤にそれが当たる前に、偏光器によりまずある一定の方向に偏光される。

40

【0004】

その他の光学分析法のため、あるいは通信技術上の目的のため、例えば波導層内へレーザー光線を連結かつ分離するための光結合エレメントを観察しても、前記線格子が上述の意味において一次元で整列しており、したがって前記線状凹部とその間の凸部とが表面に沿った方向に広がっているのがわかる。この指向性に基づき、基本的には光結合エレメン

50

トに導かれた光のベクトル数値が空間的に決定され、その方向に応じて様々に光結合エレメントの影響を受ける。典型的には、上記のWO 01/02839の方法では、当たった光は光結合エレメントにおけるその偏光方向に従って様々な影響を受ける。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この発明の課題は、当たった光のベクトル値、特にその偏光等に、ベクトル方向には関係なく、一層大きな影響を及ぼす、始めに述べられたような光結合エレメントを提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【0006】

これは、少なくとも表面の一部領域に、等間隔で並行な線状凹部を有する上述のような光結合エレメントにおいて、先に述べられた線状凹部と交差する、等間隔で平行なさらなる線状凹部が表面にあることにより、達成される。

【0007】

あるいは、表面の少なくとも一部領域に等間隔で平行な線状凸部がある上述のような光結合エレメントにおいて、先に述べられた線状凸部と交差する、等間隔で平行なさらなる線状凸部が前記表面にあることにより、達成される。

【0008】

従来の、またこの発明による格子の周期性、すなわち前記凹部または凸部の列間隔は、光結合エレメントを目的に応じて使用する際に使用すべき光の、所与の波長の関数で定められる。

20

【0009】

したがって当然、WO 01/02839ならびにWO 00/75644では、光結合エレメントに二つの波長を有する光が使用されるべき場合、このエレメントはおそらく平行ではあるが、等間隔ではない凹部ないし凸部を有する、したがって局所的に調整された格子周期を有する設計、あるいは一方の線格子の第一周期が一方の波長の光にとって最適化された、互いに交差する線格子を有する設計が提案され、さらに第二の波長にとって最適化された第二の線格子は第一のそれとは異なる周期を有するように実現される。

【0010】

30

しかしながらその際、光結合エレメントにおける前記波長の内の一方の光のベクトル値は、ベクトル方向の関数で様々に、特にその偏光方向に依存して、定められ処理される。

【0011】

等間隔で並行な線状凹部が交差するこの発明の光結合エレメントでは、前記凹部に縁取られて、その間に凸部地帯が隆起する。同様に、等間隔の並行な線状凸部が交差する上述のような光結合エレメントでは、その間に凹部地帯が現れる。

【0012】

さらに、この隆起構造の設置に関しては、EP 1 040 874が参考となる。すなわちそこでは、光学分析技術のため表面網目加工の適切な影響を得るため、網目状になるべきでない表面領域に、その高さが50 nmから10 μmの一定の最低基準を超えない凸部構造を形成するよう提案され、しかもそのような構造が設けられた領域は、構造化されていない表面材料の表面エネルギーの関係で、網目状化を阻み、網目状化は構造化されていない表面領域に集中する。記述のようにEP 1 040 874にしたがって構造化された領域は、そこにちょうど試料があるのでなければ、光結合領域にあてはまるものではなく、上記の隆起構造が光学作用に関し満たすべき基準は全くないが、この発明では、そしてまた以下に述べられるであろうように、表面領域の表面エネルギーと関連のある表面網目加工の可能性についての分野が論じられる。

40

【0013】

上述のように、前記EP 1 040 874から、疎水性構造表面で網目状にすべきでない表面領域を、したがってまた網目状にすべき表面領域を明確にする法則性が既知の

50

ものとなった。この発明による方法ではさらに、始めに述べられたような課題を解決するため、この関連でまた以下の利点を得られる。

【 0 0 1 4 】

ある境界面のある液体に対する表面エネルギーは、ある限定された上面領域の表面に比例する。前記領域の表面が平らであれば、特定表面と称されるこの表面は、同じ上面領域の表面が粗い場合より、はるかに小さい。そのような表面領域上に液体の滴が落とされると、その滴はその領域上で最小エネルギーに達するまで広がる。これは実際、上記領域上の液体の滴が特定表面を増やしなが、EP 1 0 4 0 8 7 4において利用される効果が得られるまで、すなわち液体が観察対象領域から滴下するまで、収縮することを意味する。

10

【 0 0 1 5 】

この発明の光結合エレメントでは、観察対象領域の前記特定表面が、線格子が一つだけの場合と比較して、より大きくはなるが、それはその上の滴が収縮はするが、滴下しない範囲に留まる。例えばWP 0 1 / 0 2 8 3 9から周知となったような技術の枠内でエバネッセント場、すなわち横減衰電磁場を発生させるためにこの発明の光結合エレメントを上述のように好ましい方法で使用した場合、それによって表面上に、標識のあるより高濃度の液体物質が生じ、これによって得られる選別可能な蛍光信号が再び高くなり、さらに複数の、それも多数の個々の液体滴を、それらが互いに合流することなく観察対象領域に置くことができる、という利点をもたらす。

【 0 0 1 6 】

この発明の光結合エレメントの好ましい一実施例では、凹部に三つの奥行きレベルを設けることが提案される。

20

【 0 0 1 7 】

凹部の奥行きに段階を付けることにより、前記特定表面の諸々の値に変化を付けるさらなるパラメータが得られる。

【 0 0 1 8 】

その際考慮すべきは、前記凹部の引っ込んだ側面部材もまた上述の特定表面を共に規定し、かつより奥行きの深い凹部は、奥行きのより浅い凹部よりも前記特定表面をより拡大する、という点である。

【 0 0 1 9 】

この発明の光結合エレメントの好ましいさらなる一実施形態では、凹部は基本的に全体的として同じ奥行きである。

30

【 0 0 2 0 】

この発明にしたがって設けられた等間隔で平行な線状凹部または凸部は例えば、当該領域に沿って円弧状に延び得るが、この発明による光結合エレメントのさらに好ましい一実施形態では、前記線状凹部ないし凸部を直線的に設けるよう提案される。

【 0 0 2 1 】

この発明の根底をなす観点では、前記線状凹部ないし凸部は一貫して斜角で交差し得るが、それでも始めに述べられた課題は解決する。所与の波長の光は当該線格子において、特に格子の奥行き、格子の周期およびそのような周期内での凹部および凸部のデューティ・サイクル(Duty Cycle)、の関数で影響を受ける。したがってこの発明による光結合エレメントにおいては、斜角で交差する線状凹部ないし凸部においてこの斜角が、前記パラメータ、すなわち格子の奥行き、格子の周期およびデューティ・サイクルがそれぞれに応じて別様に設計されることで、交差パターンにおいて補整されると、観察される光の、特に偏光方向のようなベクトル値を少なくともほぼ同じに扱うことが全く可能である。また例えば、光の偏光方向にほぼ全く依存しない影響が、光結合エレメントによって得られる。はるかに好ましい一実施例では、線状凹部ないし線状凸部が直角で交差する。さらにその場合、連続する等間隔で平行な線状凹部ないし凸部の間隔は同じである。好ましくは20 nmと2000 nmの間の所与の波長 λ に関しては、(空気に接した場合)好ましくは以下の規格に則る。

40

50

【0022】

格子周期は、連続する線状凹部ないし凸部の間隔として定義される。すなわち、

$$0.1\lambda \quad d_0 \quad 10\lambda$$

$$\text{好ましくは } 0.2\lambda \quad d_0 \quad 2\lambda$$

$$\text{特に好ましくは } 0.5\lambda \quad d_0 \quad 0.6\lambda$$

格子の奥行きは、線状凸部間の、ないし線状凹部間の奥行きとして定義される。すなわち、

$$0.001\lambda \quad d_T \quad 10\lambda$$

$$\text{好ましくは } 0.01\lambda \quad d_T \quad \lambda$$

$$\text{特に好ましくは } 0.05\lambda \quad d_T \quad 0.2\lambda$$

10

その際、以下の絶対寸法が決まる。すなわち、

あらかじめ設けられた線状凹部ないし凸部の間隔 d_0 は、好ましくは 20 nm から 2000 nm の間、特に好ましくは 40 nm から 4000 nm の間、さらに好ましくは 100 nm から 1200 nm の間である。

【0023】

その際、凹部の奥行き d_T は、好ましくは 0.2 nm から 20000 nm の間、特に好ましくは 2 nm から 2000 nm の間、さらに好ましくは 10 nm から 400 nm の間である。

【0024】

凸部の幅 d_7 の連続する線状凹の間隔に対する比として定義されるデューティ・サイクルは好ましくは 0.2 から 0.8、特に好ましくは 0.4 から 0.6 の間で選択される。

20

【0025】

この発明による光結合エレメントのさらなる好ましい一実現形態では、前記表面は、ある担体に布設された層の表面を指す。特にこの発明の光結合エレメントの好ましい一適用例を見ると、すなわち、特に WO 00/75644 に記載されたようなエバネッセント場、横減衰電磁場による蛍光マーカー測定法の枠内では、前記領域において担体表面が前記層の表面と同じ凹部/凸部構造を有し、かつ上面から見てそれらの構造が互いに整列するよう、提案される。

【0026】

その際、担体材料は所与の波長の光に対し、層材料の屈折率より低い屈折率を有する。

30

【0027】

少なくとも一つの高屈折材料からなる前記層は好ましくは以下の材料、すなわち Ta_2O_5 、 TiO_2 、 NbO_5 、 ZrO_2 、 ZnO または HfO_2 、の内の少なくとも一つからなり、かつその場合その厚さは好ましくは、空気に接した所与の波長 λ に対し、

$$\text{層の厚さ: } 0.01\lambda \quad d_s \quad 10\lambda$$

$$\text{好ましくは、} 0.1\lambda \quad d_s \quad 2\lambda$$

$$\text{特に好ましくは、} 0.2\lambda \quad d_s \quad 0.3\lambda$$

したがって絶対厚さは好ましくは、

$$2\text{ nm} \quad d_s \quad 20000$$

好ましくは、

$$20\text{ nm} \quad d_s \quad 4000\text{ nm}$$

特に好ましくは、

$$40\text{ nm} \quad d_s \quad 600\text{ nm}$$

である。

40

【0028】

この光結合エレメントを生化学に応用する場合、高屈折材料とは異なる化学組成が表面上にあるのが有利となり得る（例えば、前記構造上に適用されるべき化学物質が SiO_2 への付着のため最適化された場合、極めて薄い、したがって光学的作用のない、あるいは光学的に不利な作用のない SiO_2 層を前記高屈折層上に適用することが可能である。）これは、さらなる材料、好ましくは SiO_2 からなる、好ましくは厚さ d が 0.001

50

λ d 0.2λ の、好ましくは 0.01λ d 0.05λ のさらなる薄膜層が布設されることにより、達成可能である。したがって、このさらなる層の絶対厚さ d は、好ましくは λ が 200 nm から 2000 nm であると、好ましくは、
 0.2 nm d 400 nm
 好ましくは、 2 nm d 100 nm
 である。

【0029】

続いて図面を参考に、この発明の説明がなされる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

10

図1には、上面図および側面図で、従来のような線格子が示される。所与の波長の光に対して、例えば Ta_2O_5 のように特に波長 $\lambda = 633\text{ nm}$ であるレーザー光に対し透過性の材料からなる表面3に、線格子が嵌め込まれる。この格子は、互いに平行な凹部5からなり、唯一つの波長 λ 、好ましくは 200 nm λ 2000 nm の波長の光が当たるべき場合、凹部5は等間隔であるが、それはその間隔 d_0 が常に同じであり、同様にその幅 d_5 も、したがって凹部5の間のウェブ7の幅 d_7 もまた常に同じである、という意味においてである。間隔 d_0 は、側面図から一目瞭然であるように、格子周期を規定し、格子のデューティ・サイクルは凸部の幅 d_7 の格子周期 d_0 に対する比として規定される。

【0031】

20

凹部5の奥行き d_T もまた通常、常に同じである。表面3と本体1の材料、格子周期、格子のデューティ・サイクルおよび格子の奥行き d_T はその際、所望の光の波長 λ に合わせられる。

【0032】

【数1】

図1に示された、それ自体周知の線格子は場合によってはまた、一点鎖線で図示されたように、湾曲していることもあり得る。これは、進行方向 $L G_1$ を規定する。この方向を、本来の、凹部7が設けられていない表面平面Eにおいて y と規定し、図のようにそれと交差する方向を x と規定すると、以下のことがわかる。すなわち、光束9で概略的に示されたように、光のベクトル値 $\vec{E}$ の成分 $\vec{E}_x$ および $\vec{E}_y$ は、特にそれらの偏光が、線格子によって異なる影響を受ける。すなわち、線格子の作用は、光のそのようなベクトル値に関しベクトル方向 α に依存する。例えば線格子の作用は、光線9の光の偏光方向に依存せざるを得ない。

30

【0033】

始めに既に述べられたように、図1に示されたタイプの線格子によって二つ以上の波長 λ の光が取り扱われることは周知である。この目的のため、線格子では格子周期 d_0 が、場合によっては進行方向 $L G_1$ におけるさらなる値の他に、調整、すなわち局所的に変化をつけられる。しかしながら、以下で説明されるべきこの発明の線結合エレメントは、いずれにせよ唯一つの波長 λ のために最適化されるので、局所的に調整された格子周期または、異なる周期の線格子は観察領域には設けられない。

40

【0034】

図2には、この発明による光結合エレメントの第一の原則的な実施形態が示される。図2(a)は上面図を、図2(b)はある方向での横断面図を、さらに図2(c)はそれに垂直な方向の横断面図を示す。本体1の表面3には、等間隔で平行な線状の第一凹部 5_1 が、ならびにこれと角度 φ で交差する第二の等間隔で平行な線状凹部 5_2 が加工される。線状凹部 5_1 および 5_2 は前記観察領域において連続した凹部格子を二次元 x および y で形成する。

50

【 0 0 3 5 】

第一の線状凹部 5_1 は幅 d_{5_1} を、第二の線状凹部 5_2 は幅 d_{5_2} を有する。

【 0 0 3 6 】

連続する第一の線状凹部 5_1 の間隔は d_{0_1} であり、連続する第二の線状凹部 5_2 の間隔は d_{0_2} である。これらの間隔はそれぞれ対応する第一の格子周期 d_{0_1} と第二の格子周期 d_{0_2} とを規定する。

【 0 0 3 7 】

線状凹部 5_1 および 5_2 によって凸部地帯 7 が規定される。

【 0 0 3 8 】

第一のデューティ・サイクルは、 $(d_{0_1} - d_{5_1}) / d_{0_1}$ の比率で規定される。第一のデューティ・サイクルも同様に、 $(d_{0_2} - d_{5_2}) / d_{0_2}$ として規定される。

10

【 0 0 3 9 】

図 2 (a) の上面図における角度 ϕ の選択、ならびに線状凹部のそれぞれの幅 d_{5_x} およびそれらの間隔 d_{0_x} の寸法決めにより、残った凸部「地帯」7 は偏菱形、菱形、長方形または正方形となる。

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

図 1 に概略的に示された、所与の波長 λ の光束 9 を図 2 との関連で見ると、図 2 の、この発明による光結合エレメントによって、特に偏光のような、光のベクトル値 $\vec{E}$ の二つのベクトル成分 $\vec{E}_x$ および $\vec{E}_y$ が共に適切な影響を受けることがわかる。交差する線状凹部 5_1 および 5_2 の位置が斜角 $\phi \neq 90^\circ$ である場合、格子周期 d_{0_1} および d_{0_2} と、例えば凹部 d_{5_1} および d_{5_2} のそれぞれの幅との比を選択することにより、 $\vec{E}_x$ および $\vec{E}_y$ に相当する光ベクトル成分が光結合エレメントによって同様に適切な影響を受け得る。したがってまた $\phi \neq 90^\circ$ の場合であっても、前記パラメータ d_{0_1} 、 d_{0_2} 、 d_{5_1} 、 d_{5_2} の適当な調整により、この発明の光結合エレメントが方向に左右されず光のベクトル値 $\vec{E}$ に作用することが可能である。

20

【 0 0 4 1 】

さらにこの発明による光結合エレメントでは、始めに述べられた特定表面が、例えば表面 3 の領域 B_1 で見ると、その線格子が例として図 1 に示された従来の光結合エレメントに比して、はるかに大きいことが、明らかである。

30

【 0 0 4 2 】

図 4 (a) および図 4 (b) をもとにこの効果についてさらに議論する前に、図 2 (a) と同様の図 3 について、この発明による光結合エレメントのさらなる一実施形態が示されるべきであろう。この実施形態では、本体 1 の表面 3 に等間隔で平行な第一の線状凸部 7_1 があり、この凸部 7_1 には等間隔で平行な第二の線状凸部 7_2 が角度 ϕ で交差する。そのようにして生じた二次元の凸部格子はその間にある凹部「地帯」5 を縁取り、ないし規定する。

40

【 0 0 4 3 】

凸部 7_1 ないし 7_2 によって凸部の幅 d_{7_1} および d_{7_2} が、ならびにそれぞれ対応する格子周期 d_{0_1} および d_{0_2} が、例えば隣接する平行な線状凸部 7_1 ないし 7_2 の間隔に対応して、定められる。この場合デューティ・サイクルは、 d_{7_1} / d_{0_1} ないし d_{7_2} / d_{0_2} の比で規定される。

【 0 0 4 4 】

図 3 に示されたこの発明による光結合エレメントの光ベクトル値への影響に関しては、既に図 2 との関連でなされた説明が当てはまるが、この発明による光結合エレメントによって生じる特定表面の拡大に関してもまた同様である。

【 0 0 4 5 】

50

拡大した特定表面の滴形成への影響が図4に概略的に示される。図4(a)には、平らな表面12を有する本体10が概略的に示される。表面上には、液体の滴14がある。図4(b)では、構造化によって拡大された特定表面12aを備えた本体10aが図示される。ここでも液体の滴14aが表面に置かれる。どちらの図においても E_{as} は周囲雰囲気と本体10ないし10aの表面との間の表面エネルギーを、 E_{fs} は滴14ないし14aの液体と本体10ないし10aとの間の境界表面における表面エネルギーを、そして最後に E_{fa} は滴14ないし14aの液体と周囲雰囲気との間の境界表面における表面エネルギーを表す。基本的に液体の滴は、これらの表面エネルギーの合計が最小となるまで広がる。特定表面12aがより大きいと、構造化された表面12a上の表面エネルギー E_{fs} は平らな表面12の場合より大きく、したがって滴14aは、左に図示された平らな表面12の場合よりも、前述のエネルギー最小値に達するまでより大きく収縮する。

10

【0046】

この効果はまた、図1に示された従来の線格子ないし光結合エレメントが図2または図3に示されたこの発明による格子ないしエレメントに変更された場合にも得られる。すなわち、図2または図3のように構造化された表面では、置かれた液体の滴がより大きく収縮するので、特に液体試料の光学分析のために、図2または図3にしたがって構造化された表面に試料滴を置くことが可能となり、この試料滴は図の効果により隣接する滴から「孤立」し、これによってまた、この発明による構造化された、所与の大きさの表面に、例えば図1の構造表面の場合よりはるかに多数の個々の滴を置くことが可能となる。これは例えば、多数の試料の自動化された迅速な光学分析にとって極めて重要である。個々の試料滴が互いに合流する危険は、それらが密に置かれても、図2または図3にしたがって構造化された表面では二次元で分散し、実質的に縮小される。

20

【0047】

図2のこの発明による光結合エレメントの第一の好ましい一実施例では、凹部5₁の奥行き d_{T1} が凹部5₂の奥行き d_{T2} と同じである。

【0048】

図2に示されたような表面構造の製造方法に関しては、例えばWO 01/55760が全面的に参照可能である。この構造は、周知のリソグラフィやエッチング技術で以下のように製造可能である。すなわち、

構造化されていない本体1の表面3上に、例えばClariant社製のラッカーAZ 1815が約120nm、光ラッカー層として布設される。第一の凹部構造5₁が光ラッカー層内に後域ホログラフィ(NFH)、二光線ホログラフィ、あるいは通常のマスク感光によって曝射される。適切な感光技術は自明のことながら、格子周期の値 d_0 に応じて選択される。例えば360nmの極めて短い格子周期には、例えばWO 01/55760に記載されたような、好ましくはホログラフィ感光法、特に後域ホログラフィ(NFH)が使用される。

30

【0049】

感光後は本体表面3が感光源に対し角度 ϕ だけ(図2)旋回され、次に第二の凹部5₂の構造にしたがって曝射される。

【0050】

この第二の曝射後、光ラッカーが現像され、続いてエッチングプロセスにより、感光プロセス後5₁、5₂に応じて露出した表面部分が同時にエッチング除去される。その後、残った光ラッカーが、例えば酸素プラズマにより取り除かれる。

40

【0051】

したがって、図2に示された $d_{T1} = d_{T2}$ の構造は、二つの凹部5₁、5₂の同時エッチングによって得られる。

【0052】

図5に基づき、図2に示されたような、この発明による好ましいもう一つの光結合エレメントが説明されるべきであろう。ここでは、凹部領域5₁、5₂の奥行きに三つのレベルがある構造が現れる。ここでの手順は以下のとおりである。すなわち、第一の凹部構造

50

5₁ がラッカー塗布および感光された後、光ラッカーが現像され、奥行きが d_{T1} の第一の線格子がエッチングされる。その後、本体 1 が角度 ϕ だけ旋回され、表面が再びラッカー塗布され、感光されて現像され、奥行きが d_{T2} の第二の凹部構造 5₂ がエッチングされる。この過程では二つの凹部構造 5₁ および 5₂ が別々にエッチングされるという事実により、エッチングされる奥行き d_{T1} および d_{T2} を別々に選択することが可能となる。図 5 には、その結果得られた光結合エレメント構造の上面図が、まず第一に、二つのエッチングの奥行きないし凹分の奥行き d_{T1} および d_{T2} が同じでない一般的例について示される。その際、斜線のないフィールドは、構造化されていない表面の本来のレベルにある構造エレメントを、したがって図 2 の凸部地帯 7 を表す。単に斜線が付された構造領域はそれぞれ書き込まれた奥行き、すなわち d_{T2} または d_{T1} を有する。二重に斜線が付された構造領域では奥行き d_{T1} および d_{T2} が深まる。したがって、三つの構造奥行きレベル d_{T1} 、 d_{T2} 、 $d_{T1} + d_{T2}$ を有する表面構造が得られる。この場合、例えばエッチング時間の適当な査定により $d_{T1} = d_{T2}$ が選択されると、レベル数が 3 から 2 に減り、したがって $d_{T1} = d_{T2}$ かつ $2d_{T1} = 2d_{T2}$ となる。

【0053】

図 5 の場合の光結合エレメントはさらに決定的に大きな特定表面を有し、したがって上述の滴の限局性効果がより強力に利用されることは明白である。

【0054】

図 3 に示されたこの発明の光結合エレメントを見ると、そこでは凹部地帯 5 が相応の光ラッカー技術やエッチング技術により実際に袋孔としてエッチング可能であり、また場合によってはそこに凹部 5 が異なる奥行きレベルで実現可能であることが明らかである。

【0055】

さらに、図 3 の凸部では、また所望とあれば奥行きに段差のある線状凸部 7₁ ないし 7₂ を実現することも、全く可能である。

【0056】

図 2 の実施形態では、残った凸部地帯 7 が好ましくは、特に製造条件上、上面から見て偏菱形、菱形、長方形または正方形であり得る一方、図 3 の実施形態では、製造技術が異なることから凹部地帯 5 は基本的に上面から見て任意の形に形成され得、したがって図 2 との関連で説明された形状に加え、特に円形あるいは楕円形でもあり得る。

【0057】

図 2 から図 5 にはこの発明の光結合エレメントが示されたが、そこでは本体 1 の表面のみが構造化されている。その際、表面 3 を規定する本体は好ましくは担体上に布設された、例えば Ta₂O₅ からなる、特に波導層のような層であり得る。ここで再び強調されるべきは、格子周期 d_{01} 、 d_{02} および / またはデューティ・サイクルが異なると、その違いは二つの波長を考慮して設けられたのではなく、図 1 および図 2 について説明されたように、この発明にしたがって設けられた構造が斜角 $\phi \neq 90^\circ$ であっても、特に偏光のような、光のベクトル値成分にそのつど適切に作用できるように、設けられたものである。

【0058】

したがって、はるかに好ましい一実施形態では、以下の選択となるのがわかる。

【0059】

$\phi = 90^\circ$ また同時に、

$d_{01} = d_{02}$ 、

$d_{51} = d_{52}$ ないし $d_{71} = d_{72}$

これによりまた製造方法が、特に図 2 の形態のための製造方法が決定的に簡略化される。

【0060】

特に、WO 01/55760 が参照されるマイクロ滴定濃度プレート用でもある、光結合エレメントを、特に蛍光マーカ付物質の認識にエバネッセント電磁場を利用するためにみると、これまでに詳述された本体 1 は、高屈折率で、所与の波長のレーザー光線に

対し透過性の材料、例えば、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 ZrO_2 、 ZnO_2 、 HfO_2 のような金属酸化物からなる、好ましくは厚さが150nmの層によって実現される。その場合この層は、例えばSchott DesagのAF45ガラスからなる担体上に、例えば層の厚さdが0.7mmで布設される。

【0061】

ここで、先に説明された構造化方法が層1の表面で実施されるのではなく、図2から図5に示された構造が前記担体の表面に加工される。その後、担体表面が層1で被覆され、担体表面上に布設されたこの発明による構造が、布設された前記層1の表面3にかたどられる。図2の構造では、 $\phi = 90^\circ$ 、 $d_{T1} = d_{T2}$ 、さらに凹部の同時エッチングにより、図2の実施形態に従い構造化された担体表面15₀を有する担体15を備えた、図6の光結合エレメントが得られ、その上に布設された層1aは構造化表面3aを有する。

10

【0062】

層1aの材料はその際、担体15の材料よりも高い屈折率を有するが、これはガラスや、特に Ta_2O_5 のような前述の層材料の一つで満たされる。

【0063】

図7では、担体15上の層1aに、円形凹部地帯5を有する、図3の実施形態の構造が加工される。

【0064】

図示された全ての実施形態では、この発明の光結合エレメントによって、基本的にベクトル方向に依存せず、光のベクトル値に作用するエレメントが得られる。さらに、この発明にしたがって構造化された表面に液体滴が当たると、特定表面の拡大により、明らかに限定された領域へ液体滴が集中し、これにより光結合エレメントの液体試薬との密度の高い接触が可能となる、という利点が見られる。この発明による光結合エレメントは、周知の全ての光学分析方法に、特にまたエバネッセント場を利用して、蛍光マーク付き物質を検査するために利用可能であるが、光学分析技術の観点からであろうと、あるいは通信技術の枠内であろうと、波導層からの、ないし波導層内への光、特にレーザー光線の結合および分離にも、また利用可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】一次元の線格子を有する従来の光結合エレメントの概略上面図である。

30

【図2】この発明による光結合エレメントの第一の好ましい実施形態を示す、図1と同様の概略上面図と、二つの断面図である。

【図3】この発明による光結合エレメントのさらなる実施形態を示す、図2と同様の上面図である。

【図4】表面に置かれた液体が滴を形成するための、表面構造の作用を示す概略図である。

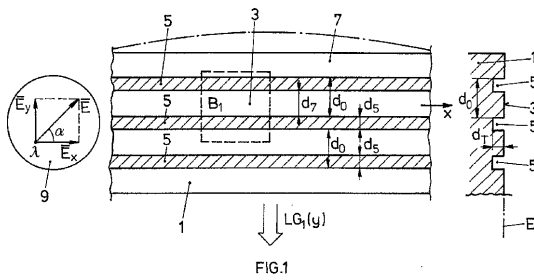
【図5】三つの異なる奥行きレベルの凹部を有する、この発明による光結合エレメントの、図2および図3と同様の上面図である。

【図6】図2の実施形態にしたがって実現された、この発明による光結合エレメントの好ましい一実施形態を示す概略透視図である。

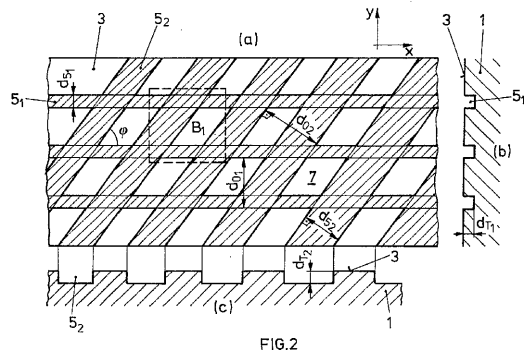
40

【図7】図3の実施形態にしたがって実現された、この発明による光結合エレメントの、図6と同様の図である。

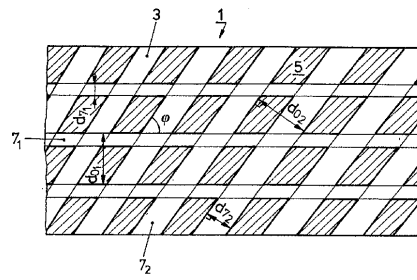
【図 1】



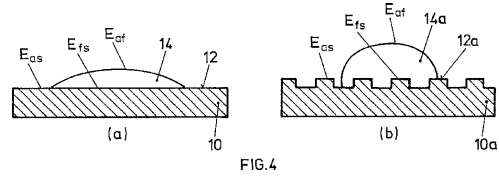
【図 2】



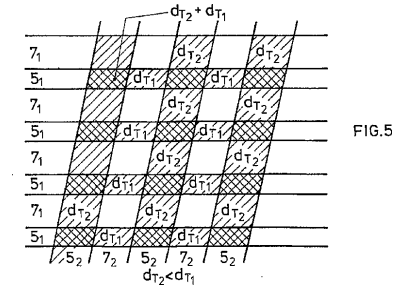
【図 3】



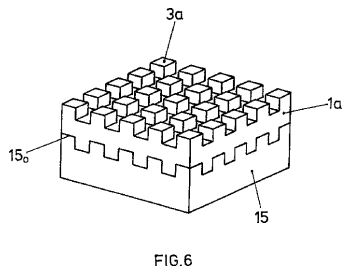
【図 4】



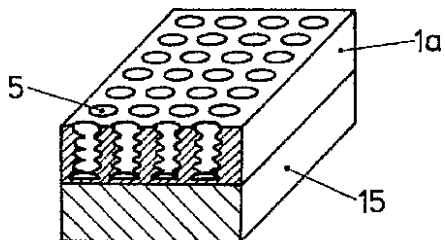
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 將行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 ビキー, マックス

スイス、ツェー・ハー - 8 0 3 2 チューリヒ、ミネルバシュトラッセ、1 2 8

(72)発明者 マイゼンヘルダー, ペルント

スイス、ツェー・ハー - 8 0 0 6 チューリヒ、シンドラーシュタイク、1

合議体

審判長 木村 史郎

審判官 磯貝 香苗

審判官 柏崎 康司

(56)参考文献 特開昭 6 2 - 2 9 3 2 2 4 (J P , A)

国際公開第 0 0 / 0 7 5 6 4 4 パンフレット (W O , A 1)

特開平 2 - 1 7 8 6 0 4 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 1 3 0 0 6 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G02B 5/18