

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4935627号  
(P4935627)

(45) 発行日 平成24年5月23日(2012.5.23)

(24) 登録日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 1/11 (2006.01)

G O 2 B 1/10

A

G O 2 B 1/02 (2006.01)

G O 2 B 1/02

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-282117 (P2007-282117)  
(22) 出願日 平成19年10月30日(2007.10.30)  
(65) 公開番号 特開2009-109755 (P2009-109755A)  
(43) 公開日 平成21年5月21日(2009.5.21)  
審査請求日 平成22年3月9日(2010.3.9)

(73) 特許権者 000002185  
ソニー株式会社  
東京都港区港南1丁目7番1号  
(74) 代理人 100082762  
弁理士 杉浦 正知  
(72) 発明者 遠藤 惣銘  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
式会社内  
(72) 発明者 林部 和弥  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
式会社内  
(72) 発明者 永井 透  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子および光学素子作製用原盤の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

凸部または凹部からなる構造体が基体表面に多数配置された、反射防止特性を有する光学素子であって、

上記構造体が準六方格子パターンを形成するように配置され、

同一トラック内における上記構造体の配置ピッチは、隣接する2つのトラック間における上記構造体の配置ピッチよりも長くなっており、

上記構造体の配置ピッチが380nm～680nmであり、上記構造体のアスペクト比が0.62～1.09であることを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

上記各構造体は、上記基体表面において複数列の円弧状トラックをなすとともに、上記準六方格子パターンをなすように配置されていることを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項 3】

上記各構造体は、上記円弧状トラックの円周方向に長軸方向をもつ楕円錐形状または楕円錐台形状であることを特徴とする請求項2記載の光学素子。

【請求項 4】

上記楕円錐形状または楕円錐台形状は、頂部の傾きが緩やかで中央部から底部に徐々に急峻な傾きを有することを特徴とする請求項3記載の光学素子。

【請求項 5】

10

20

上記円弧状トラックの円周方向における上記構造体の高さまたは深さは、上記円弧状トラックの径方向における上記構造体の高さまたは深さよりも小さいことを特徴とする請求項 2 記載の光学素子。

【請求項 6】

上記構造体の配置ピッチが  $400\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$  であり、上記構造体のアスペクト比が  $0.65 \sim 1.03$  であることを特徴とする請求項 1 記載の光学素子。

【請求項 7】

凸部または凹部からなる構造体が基板表面に多数配置された、反射防止特性を有する光学素子を作製するための光学素子作製用原盤の製造方法であって、

表面にレジスト層が形成された基板を準備する第 1 の工程と、

上記基板を回転させるとともに、レーザ光を上記基板の回転半径方向に相対移動させながら、上記レジスト層にレーザ光を間欠的に照射して、準六方格子パターンの潜像を形成する第 2 の工程と、

上記レジスト層を現像して、上記基板の表面にレジストパターンを形成する第 3 の工程と、

上記レジストパターンをマスクとするエッチング処理を施すことで、上記基板の表面に凹凸構造を形成する第 4 の工程とを有し、

上記第 2 の工程では、同一トラック内における上記構造体の配置ピッチが、隣接する 2 つのトラック間における上記構造体の配置ピッチよりも長くなると共に、上記構造体の配置ピッチが  $380\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$  となるように潜像を形成し、

上記第 4 の工程では、上記構造体のアスペクト比が  $0.62 \sim 1.09$  となるようにエッチング処理することを特徴とする光学素子作製用原盤の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学素子および光学素子作製用原盤の製造方法に関する。詳しくは、凸部または凹部からなる構造体が基体表面に多数設けられた光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ガラスやプラスチックなどの透光性基板を用いた光学素子においては、表面反射による光を減少させ、透過特性を上げるための方法として、光学素子表面に微細且つ緻密な凹凸（サブ波長構造体；蛾の目）形状を形成する方法がある。一般に、光学素子表面に周期的な凹凸形状を設けた場合、ここを光が透過するときには回折が発生し、透過光の直進成分が大幅に減少する。しかし、凹凸形状のピッチが透過する光の波長よりも短い場合には回折は発生せず、例えば凹凸形状を円錐形としたときには、そのピッチや深さなどに対応する単一波長の光に対して有効な反射防止効果と優れた透過特性を得ることができる。

【0003】

例えば、非特許文献 1 には、上述の構成を有する光学素子が開示されている。この光学素子は以下のようにして作製される。まず、Si 基板上的のフォトレジストに電子線記録により凹凸フォトレジストパターンを形成し、凹凸フォトレジストパターンをマスクにして、Si 基板をエッチングする。これにより、図 16 に示すように、微細なテント形状のサブ波長構造体（ピッチ：約  $300\text{ nm}$ 、深さ：約  $400\text{ nm}$ ）を有する Si 原盤が作製される。

【0004】

上述のようにして作製された Si 原盤では、広い波長域を有する光に対しても反射防止効果を得ることができる。さらに、図 17 に示すように、上記サブ波長構造体を六方格子状に形成することにより、可視光域において非常に高性能な反射防止効果（反射率 1 % 以下）を得ることができる（図 18 参照）。なお、図 18 中、 $l_1$ 、 $l_2$  はそれぞれ Si 平坦部の反射率、パターン部の反射率を示す。

## 【 0 0 0 5 】

次に、作製した Si 原盤の Ni めっきスタンプを作製する。このスタンプの表面の所定領域には、図 19 に示すように、Si 原盤のものとは反対の凹凸構造が形成されている。次に、このスタンプを用いて、ポリカーボネートの透明樹脂に凹凸パターンを転写する。これにより、目的とする光学素子（複製基板）が得られる。この光学素子も高性能な反射防止効果（反射率 0.3% 以下）を得ることができる（図 20 参照）。なお、図 20 中、 $l_3$ 、 $l_4$  はそれぞれパターン無しの反射率、パターン有りの反射率を示す。

## 【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】NTT アドバンステクノロジー（株）、“波長依存性のない反射防止体（モスアイ）用成形金型原盤”、[online]、[平成 19 年 9 月 3 日検索]、インターネット <[http://keytech.ntt-at.co.jp/nano/prd\\_0016.html](http://keytech.ntt-at.co.jp/nano/prd_0016.html)>

10

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 7 】

上記非特許文献 1 に記載された光学素子では、反射率を 0.3% 以下にすることができるが、近年では、光学素子の反射率をさらに低減することが望まれるようになっている。

## 【 0 0 0 8 】

したがって、この発明の目的は、さらに反射防止特性に優れた光学素子およびそれを作製するための光学素子作製用原盤の製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

20

## 【 0 0 0 9 】

本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決すべく、鋭意検討を行った。以下にその概要を説明する。

## 【 0 0 1 0 】

従来、上記光学素子の技術分野では、反射防止特性の向上を目的として、光学素子の配置ピッチをより狭くする検討がなされている。しかし、本発明者らが、反射防止特性を向上すべく、鋭意検討を行ったところ、従来のように、光学素子の配置ピッチをより狭くするのではなく、従来の光学素子より配置ピッチをより広くすることにより、優れた反射防止特性を得ることができることを見出すに至った。

本発明は以上の検討に基づいて案出されたものである。

30

## 【 0 0 1 1 】

即ち、本発明の光学素子は、

凸部または凹部からなる構造体が基板表面に多数配置された、反射防止特性を有する光学素子であって、

構造体が準六方格子パターンを形成するように配置され、

同一トラック内における構造体の配置ピッチは、隣接する 2 つのトラック間における構造体の配置ピッチよりも長くなっており、

構造体の配置ピッチが 380 nm ~ 680 nm であり、構造体のアスペクト比が 0.62 ~ 1.09 であることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

40

本発明の光学素子では、構造体を準六方格子パターンを形成するように配置し、同一トラック内における構造体の配置ピッチを、隣接する 2 つのトラック間における構造体の配置ピッチよりも長くし、構造体の配置ピッチを 380 nm ~ 680 nm、アスペクト比を 0.62 ~ 1.09 にしているので、従来の光学素子より構造体の配置ピッチが大きくなっている。このように構造体の配置ピッチを大きくすることで、反射率が従来の光学素子より低減される。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の光学素子作製用原盤の製造方法は、

凸部または凹部からなる構造体が基板表面に多数配置された、反射防止特性を有する光学素子を作製するための光学素子作製用原盤の製造方法であって、

50

表面にレジスト層が形成された基板を準備する第 1 の工程と、  
基板を回転させるとともに、レーザ光を基板の回転半径方向に相対移動させながら、レジスト層にレーザ光を間欠的に照射して、準六方格子パターンの潜像を形成する第 2 の工程と、

レジスト層を現像して、基板の表面にレジストパターンを形成する第 3 の工程と、  
レジストパターンをマスクとするエッチング処理を施すことで、基板の表面に凹凸構造を形成する第 4 の工程とを有し、

第 2 の工程では、同一トラック内における構造体の配置ピッチが、隣接する 2 つのトラック間における構造体の配置ピッチよりも長くなると共に、構造体の配置ピッチが  $380\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$  となるように潜像を形成し、

第 4 の工程では、構造体のアスペクト比が  $0.62 \sim 1.09$  となるようにエッチング処理することを特徴とする。

#### 【0014】

本発明の光学素子作製用原盤の製造方法では、基板を回転させるとともに、レーザ光を基板の回転半径方向に相対移動させながら、レジスト層にレーザ光を間欠的に照射して、潜像を形成するので、従来の電子線記録による露光に比べて、露光の作業時間を短くすることができる。したがって、光学素子作製用原盤を従来より短時間で作製することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

以上説明したように、本発明によれば、反射防止特性に優れ透過率の高い光学素子を得ることができる。また、このような光学素子を高い生産性で製造することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0016】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

#### 【0017】

(光学素子の構成)

図 1 A は、本発明の実施形態による光学素子 1 の構成の一例を示す概略平面図である。図 1 B は、図 1 A に示した光学素子 1 の一部を拡大して表す平面図である。図 1 C は、図 1 B のトラック T 1、T 3、・・・における断面図である。図 1 D は、図 1 B のトラック T 2、T 4、・・・における断面図である。図 1 E は、図 1 B のトラック T 1、T 3、・・・に対応する潜像形成に用いられるレーザ光の変調波形を示す略線図である。図 1 F は、図 1 B のトラック T 2、T 4、・・・に対応する潜像形成に用いられるレーザ光の変調波形を示す略線図である。図 2 は、図 1 A に示した光学素子 1 の一部を拡大して表す斜視図である。この光学素子 1 は、ディスプレイ、光エレクトロニクス、光通信（光ファイバー）、太陽電池、照明装置など種々の光デバイスに適用して好適なものであり、例えば、種々の波長域を有する光ファイバーやディスプレイ導光板に適用可能である。また、入射光の入射角に応じた透過率を有する光学フィルタおよびこの光学フィルタを用いたバックライト装置に適用可能である。

#### 【0018】

図 1 A、図 1 B に示すように、本実施形態の光学素子 1 は、基体 2 の表面に凸部からなる構造体 3 が可視光の波長と同程度のピッチで多数配置された構成を有している。この光学素子 1 は、基体 2 を図 2 の Z 方向に透過する光について、構造体 3 とその周囲の空気との界面における反射を防止する機能を有している。

#### 【0019】

基体 2 は、透光性を有する透明基体であり、例えば、ポリカーボネート（PC）やポリエチレンテレフタレート（PET）などの透明性合成樹脂、ガラスなどからなる。その形態は特に限られず、フィルム状、シート状、プレート状、ブロック状でもよい。基体 2 の形態は、例えば、ディスプレイ、光エレクトロニクス、光通信、太陽電池、照明装置など所定の反射防止機能が必要とされる各種光学デバイスの本体部分や、これらの光学デバイ

10

20

30

40

50

スに取り付けられるシートあるいはフィルム状の反射防止機能部品の形状などに合わせて決定される。

【0020】

構造体3は、例えば、基体2と一体的に形成されている。各構造体3はそれぞれ同一の形状を有しているが、これに限られない。構造体3は、例えば、底面が長軸と短軸をもつ楕円形、長円形あるいは卵形の錐体構造で、頂部が曲面または平坦な形状に形成されている。特に、頂部の傾きが緩やかで中央部から底部に徐々に急峻な傾きの楕円錐形状であることが好ましい。耐久性および転写性を向上させることが可能となるからである。

【0021】

構造体3は図示する凸部形状のものに限らず、基体1の表面に形成した凹部で構成されていてもよい。構造体3の高さは特に限定されず、例えば420nm程度、具体的には415nm~421nmである。なお、構造体3を凹部形状とした場合には、構造体3の深さとなる。

【0022】

トラックTの円周方向における構造体3の高さH1は、円弧状トラックTの径方向における構造体3の高さH2よりも小さいことが好ましい。即ち、構造体3の高さH1、H2が $H1 < H2$ の関係を満たすことが好ましい。H1=H2の関係を満たすように構造体3を配列すると、円周方向の配置ピッチP1を長くする必要が生じるため、円周方向の構造体3の充填率が低下するためである。このように充填率が低下すると、反射特性の低下を招くことになる。

【0023】

図3は、ディスク状光学素子1Wの構成の一例を示す概略平面図である。光学素子1は、図3に示すように、ディスク状光学素子1Wの表面ほぼ全域に構造体3が形成された後、ディスク状光学素子1Wから所定の製品サイズに合わせて切り出されて形成される。構造体3は、後述するような記録装置を用いて基板に形成した露光パターンをもとに形成される。ディスク状光学素子1Wから所定サイズの光学素子1を切り出すので、光学素子1の各構造体は、図1Aに示したように、基体2の表面において複数列の円弧状のトラックT1、T2、T3、・・・(以下総称して「トラックT」ともいう。)をなすような配置形態を有する。

【0024】

構造体3の周縁部に裾部を設けることが好ましい。光学素子の製造工程において光学素子を金型などから容易に剥離することが可能になるからである。また、裾部は、上記剥離特性の観点からすると、なだらかに高さが低下する曲面状とすることが好ましい。なお、裾部は、構造体の周縁部の一部にのみ設けてもよいが、上記剥離特性の向上の観点からすると、構造体3の周縁部の全部に設けることが好ましい。また、構造体3が凹部である場合には、裾部は、構造体3である凹部の開口周縁に設けられた曲面となる。

【0025】

各構造体3は、隣接する2つのトラックT間において、一方のトラック(例えばT1)に配列された各構造体3の中間位置(半ピッチずれた位置)に、他方のトラック(例えばT2)の構造体3が配置されている。その結果、図1Bに示すように、隣接する3列のトラック(T1~T3)間においてa1~a7の各点に構造体3の中心が位置する準六方格子パターンを形成するように各構造体3が配置されている。本発明において、準六方格子パターンは、図17に示したような正六方格子パターンと異なり、トラックTの円弧状に沿って歪んだ六方格子パターンを意味する。

【0026】

更に、各構造体3が上述した準六方格子パターンを形成するように配置されることにより、図1Bに示すように、同一トラック(例えばT1)内における各構造体3の配置ピッチP1(a1~a2間距離)は、隣接する2つのトラック(例えばT1およびT2)間における構造体3の配置ピッチ、即ち円周方向に対して約±60°方向における構造体3の配置ピッチP2(例えばa1~a7, a2~a7間距離)よりも長くなっている。このよ

10

20

30

40

50

うに構造体 3 を配置することで、構造体 3 の充填密度の更なる向上を図れるようになる。

【 0 0 2 7 】

構造体 3 のピッチ  $P$  を  $380\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$ 、構造体 3 のアスペクト比（高さ  $H$  / ピッチ  $P$ ）を  $0.62 \sim 1.09$  にすることが好ましく、構造体 3 のピッチ  $P$  を  $400\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$ 、構造体のアスペクト比（高さ  $H$  / ピッチ  $P$ ）を  $0.65 \sim 1.03$  にすることがより好ましい。上記範囲にすることにより、優れた反射防止特性を実現することができる。

【 0 0 2 8 】

なお、本発明においてアスペクト比は、以下の式（ 1 ）により定義される。

アスペクト比 =  $H / P \cdots (1)$

10

但し、 $H$ ：構造体の高さ、 $P$ ：ピッチ

また、構造体の高さ  $H$  は、構造体 3 の半径方向の高さとする。構造体 3 の円周方向の高さは半径方向の高さよりも小さく、また、構造体 3 の円周方向以外の部分における高さは半径方向の高さとほぼ同一であるため、サブ波長構造体の深さを半径方向の高さで代表する。但し、構造体 3 が凹部である場合、上記式（ 1 ）における構造体の高さ  $H$  は、構造体の深さ  $H$  とする。

【 0 0 2 9 】

（光学素子の製造方法）

次に、図 4 ～ 図 7 を参照しながら、以上のように構成される光学素子 1 の製造方法について説明する。本実施形態では、原盤の作製工程と、複製基板の作製工程と、金型の作製工程と、光学素子の作製工程とを経て、上述した構成の光学素子 1 が製造される。

20

【 0 0 3 0 】

〔原盤の作製工程〕

まず、図 4 A に示すように、ディスク状（円盤状）の基板 1 1 を準備する。この基板 1 1 は、例えば石英基板である。次に、図 4 B に示すように、基板 1 1 の表面にレジスト層 1 2 を形成する。レジスト層 1 2 は、有機材料でもよいし無機材料でもよい。有機系レジストとしては、例えばノボラック系レジストや化学増幅型レジストを用いることができる。また、無機系レジストとしては、例えば、タングステンやモリブデンなどの 1 種または 2 種以上の遷移金属からなる金属酸化物が好適である。

【 0 0 3 1 】

30

次に、図 4 C に示すように、基板 1 1 を回転させると共に、レーザ光（露光ビーム）1 3 をレジスト層 1 2 に照射する。このとき、レーザ光 1 3 を基板 1 1 の半径方向に移動させながら、レーザ光を間欠的に照射することで、レジスト層 1 2 を全面にわたって露光する。これにより、レーザ光 1 3 の軌跡に応じた潜像 1 4 が、可視光波長と同程度のピッチでレジスト層 1 2 の全面にわたって形成される。なお、この露光工程の詳細については後述する。

【 0 0 3 2 】

この露光工程において、レジスト層 1 2 に対するレーザ光 1 3 の照射周期を 1 トラック毎に変化させながら行うことにより、隣接する 3 列のトラック間において構造体（潜像）を準六方格子パターン状に配置形成することが可能となる。レーザ光 1 3 の照射周期は、例えば、基体 2 を角速度一定で回転させ、円周方向の構造体 3 の配置ピッチが一定となるようにレーザ光 1 3 のパルス周波数を最適化する。具体的には、トラック位置が基体中心から遠ざかるに従い、レーザ光 1 3 の照射周期が短くなるように変調制御する。これにより、基体全面において空間周波数が一様なナノパターンを形成することが可能となる。

40

【 0 0 3 3 】

次に、基板 1 1 を回転させながら、レジスト層 1 2 上に現像液を滴下して、図 5 A に示すように、レジスト層 1 2 を現像処理する。図示するように、レジスト層 1 2 をポジ型のレジストにより形成した場合には、レーザ光 1 3 で露光した露光部は、非露光部と比較して現像液に対する溶解速度が増すので、露光部（潜像 1 4）に応じたパターンがレジスト層 1 2 に形成される。

50

## 【 0 0 3 4 】

次に、基板 1 1 の上に形成されたレジスト層 1 2 のパターン（レジストパターン）をマスクとして、基板 1 1 の表面をエッチング処理する。これにより、図 5 B に示すように、円弧状トラックの円周方向に長軸方向をもつ楕円錐形状または楕円錐台形状の凹部（構造体）1 5 a を得ることができる。エッチング方法は、例えばドライエッチングによって行われる。このとき、エッチング処理とアッシング処理を交互に行うことにより、例えば、錐体状の凹部 1 5 a のパターンを形成するとともに、レジスト層の 3 倍以上の深さ（選択比 3 以上）の石英マスターを作製でき、構造体 3 の高アスペクト比化を図ることができる。

## 【 0 0 3 5 】

以上のようにして、本実施形態の光学素子作製用原盤 1 5 が製造される。この原盤 1 5 は、光学素子 1 を形成するマスター原器であり、凹部 1 5 a からなる表面凹凸構造が、後述する複製基板および成形金型を経て、光学素子 1 の構造体 3 を形成する。従って、原盤 1 5 の凹部 1 5 a は、原盤 1 5 の円周方向に歪んだ準六方格子パターンを形成するように配置されている。

## 【 0 0 3 6 】

次に、図 4 C に示した露光工程の詳細について、図 6 を参照して説明する。図 6 は、露光装置の概略構成図である。本実施形態では、露光装置は、光学ディスク記録装置をベースにして構成されている。

## 【 0 0 3 7 】

レーザ光源 2 1 は、基板 1 1 の表面に着膜されたレジスト層 1 2 を露光するための光源であり、例えば波長  $\lambda = 266 \text{ nm}$  の遠紫外線レーザ光 1 3 を発振するものである。レーザ光源 2 1 から出射されたレーザ光 1 3 は、平行ビームのまま直進し、電気光学素子（EOM : Electro Optical Modulator）2 2 へ入射する。電気光学素子 2 2 を透過したレーザ光 1 3 は、ミラー 2 3 で反射され、変調光学系 2 5 に導かれる。

## 【 0 0 3 8 】

ミラー 2 3 は、偏光ビームスプリッタで構成されており、一方の偏光成分を反射し他方の偏光成分を透過する機能をもつ。ミラー 2 3 を透過した偏光成分はフォトダイオード 2 4 で受光され、その受光信号に基づいて電気光学素子 2 2 を制御してレーザ光 1 3 の位相変調を行う。

## 【 0 0 3 9 】

変調光学系 2 5 において、レーザ光 1 3 は、集光レンズ 2 6 により、石英（ $\text{SiO}_2$ ）などからなる音響光学素子（AOM : Acoust-Optic Modulator）2 7 に集光される。レーザ光 1 3 は、音響光学素子 2 7 により強度変調され発散した後、レンズ 2 8 によって平行ビーム化される。変調光学系 2 5 から出射されたレーザ光 1 3 は、ミラー 3 1 によって反射され、移動光学テーブル 3 2 上に水平かつ平行に導かれる。

## 【 0 0 4 0 】

移動光学テーブル 3 2 は、ビームエキスパンダ 3 3、ミラー 3 4 および対物レンズ 3 5 を備えている。移動光学テーブル 3 2 に導かれたレーザ光 1 3 は、ビームエキスパンダ 3 3 により所望のビーム形状に整形された後、ミラー 3 4 および対物レンズ 3 5 を介して、基板 1 1 上のレジスト層 1 2 へ照射される。基板 1 1 は、スピンドルモータ 3 6 に接続されたターンテーブル（図示略）の上に載置されている。そして、基板 1 1 を回転させるとともに、レーザ光 1 3 を基板 1 1 の回転半径方向に移動させながら、レジスト層 1 2 へレーザ光 1 3 を間欠的に照射することにより、レジスト層 1 2 の露光工程が行われる。形成された潜像 1 4 は、円周方向に長軸を有する略楕円形になる。レーザ光 1 3 の移動は、移動光学テーブル 3 2 の矢印 R 方向への移動によって行われる。

## 【 0 0 4 1 】

図 6 に示した露光装置は、図 1 B に示した準六方格子の 2 次元パターンに対応する潜像 1 4 をレジスト層 1 2 に形成するための制御機構 3 7 を備えている。制御機構 3 7 は、フォーマッタ 2 9 とドライバ 3 0 とを備える。フォーマッタ 2 9 は、極性反転部を備え、こ

10

20

30

40

50

の極性反転部が、レジスト層 12 に対するレーザ光 13 の照射タイミングを制御する。ドライバ 30 は、極性反転部の出力を受けて、音響光学素子 27 を制御する。

【0042】

制御機構 37 は、潜像 14 の 2 次元パターンが空間的にリンクするように、1トラック毎に、音響光学素子 27 によるレーザ光 13 の強度変調と、スピンドルモータ 36 の駆動回転速度と、移動光学テーブル 32 の移動速度とをそれぞれ同期させる。基板 11 は、角速度一定 (CAV) で回転制御される。そして、スピンドルモータ 36 による基板 11 の適切な回転数と、音響光学素子 27 によるレーザ強度の適切な周波数変調と、移動光学テーブル 32 によるレーザ光 13 の適切な送りピッチとでパターンニングを行う。これにより、レジスト層 12 に対して準六方格子パターンの潜像 14 を形成する。

10

【0043】

例えば、円周方向の周期 P1 を 400 nm、円周方向約 60 度方向 (約 - 60 度方向) の周期 P2 を 380 nm にするには、送りピッチは 323 nm にすればよい。更に、極性反転制御部の制御信号を、空間周波数 (潜像 14 のパターン密度、P1 : 400 nm、P2 : 380 nm) が一樣になるように徐々に変化させる。より具体的には、レジスト層 12 に対するレーザ光 13 の照射周期を 1トラック毎に変化させながら露光を行い、各トラック T において P1 がほぼ 400 nm となるように制御機構 37 においてレーザ光 13 の周波数変調を行う。即ち、トラック位置が基板中心から遠ざかるに従い、レーザ光の照射周期が短くなるように変調制御する。これにより、基板全面において空間周波数が一樣なナノパターンを形成することが可能となる。

20

【0044】

次に、図 5 を参照して、原盤 15 から光学素子 1 が作製されるまでの一連の工程について説明する。

【0045】

原盤 15 は、上述したように、基板 11 の表面にレジスト層 12 のパターンを形成した状態から、このレジストパターンをマスクとするエッチング処理を施し、基板 11 の表面に凹部 15a を含む凹凸構造が形成することで作製される。

【0046】

ここで、レジスト層 12 のパターンは、基板 11 の半径方向と円周方向とで現像後の層厚が異なっており、半径方向の層厚よりも円周方向の層厚が薄い。これは、露光工程において基板 11 を回転させながらレーザ光 13 を照射するため、レーザ光 13 の照射時間が基板半径方向よりも円周方向の方が長くなり、これが現像後においてレジスト層 12 の層厚の違いとなって現れるからである。その後のエッチング処理においては、基板 11 の円周方向と半径方向でのレジスト層 12 の層厚の違いによって、形成される凹部 15a に形状の異方性が付される。

30

【0047】

[複製基板の作製工程]

次に、作製された原盤 15 の凹凸構造面に紫外線硬化樹脂などの光硬化樹脂を塗布し、その上にアクリル板などの透明基板を重ねて配置する。そして、透明基板の上から紫外線を照射し光硬化樹脂を硬化させた後、原盤 15 から剥離する。これにより、図 5C に示すように、透明基板 16a の上に光硬化樹脂からなる構造体 16b が形成された複製基板 16 が作製される。

40

【0048】

[金型の作製工程]

次に、作製された複製基板 16 の凹凸構造面に導電化膜を無電界メッキ法により形成した後、電界メッキ法によって金属メッキ層を形成する。これら無電解メッキ膜および電界メッキ層の構成材料には、例えばニッケル (Ni) が好適である。メッキ層の形成後、複製基板 16 から剥離し、必要に応じて外形加工を施すことで、図 5D に示すように、凹部 17a が形成された金型 17 が作製される。

【0049】

50



## 〔光学素子の作製工程〕

次に、作製された金型 17 を射出成形機の成形金型として設置し、金型を閉じキャビティを形成した後、ポリカーボネートなどの溶融樹脂を充填することによって、図 5 E に示したように、表面に構造体 3 が一体形成されたディスク状光学素子 1 W が作製される。その後、図 7 A、図 7 B に示したようにディスク状光学素子 1 W から所定の製品サイズに切り出すことにより、図 1 に示した形態の光学素子 1 が作製される。

## 【0050】

なお、原盤 15 は、基板 11 をエッチング処理して形成する場合に限らず、レジスト層 12 のパターンが形成された基板 11 をそのまま原盤として用いることも可能である。

## 【0051】

以上、本実施形態によれば、配置ピッチ  $P$  が  $380\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$ 、アスペクト比が  $0.62 \sim 1.09$  となるように、凸部又は凹部からなる構造体 3 を基体表面に多数配置しているので、従来の光学素子より構造体 3 の配置ピッチが大きくなっている。このように構造体 3 の配置ピッチを大きくすることで、反射率が従来の光学素子より低減される。

## 【0052】

また、構造体 3 を複数列の円弧状トラックをなすとともに、隣接する 3 列のトラック間において準六方格子パターンをなすように形成した場合、基体表面における構造体 3 の充填密度を高くすることができ、これにより可視光の反射防止効率を高め、反射防止特性に優れた透過率の極めて高い光学素子 1 を得ることができる。

## 【0053】

また、各構造体 3 を楕円錐形状とした光学素子 1 は、各構造体をテント形状にした従来の光学素子（図 16 参照）に比べて、光学素子 1 の凹凸構造面の耐久性を高めることができるとともに、複製基板 16、金型 17 および光学素子 1 の各凹凸構造面の転写性を高めることが可能となる。

## 【0054】

また、光ディスク記録装置を応用した露光装置を用いて原盤 15 を作製するようにしているので、上記構成の光学素子 1 を短時間で効率良く製造することができるとともに基体 2 の大型化にも対応可能となり、これにより生産性の向上を図ることができる。

## 【実施例】

## 【0055】

以下、実施例により本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

## 【0056】

## （実施例 1）

## 〔原盤の作製工程〕

石英基板上に、化学増幅型またはノボラック系ポジ型レジスト層を厚さ  $150\text{ nm}$  程度塗布し、このレジスト層に、図 6 に示した露光装置を用いて準六方格子パターンの潜像を形成した。レーザー光の波長は  $266\text{ nm}$ 、レーザーパワーは、 $0.50\text{ mJ/m}$  とした。その後、レジスト層に対して現像処理を施して、レジストパターンを作製した。現像液としては、無機アルカリ性現像液（東京応化社製）を用いた。

## 【0057】

次に、 $\text{O}_2$  アッシングによりレジストパターンを除去し開口径を広げるプロセスと、 $\text{CHF}_3$  ガス雰囲気中でのプラズマエッチング 9 で石英基板をエッチングするプロセスを繰り返し行った。その結果、石英基板の表面が露出している準六方格子パターン径が徐々に広がりながら、エッチングが進行し、その他の領域はレジストパターンがマスクとなりエッチングされず、図 5 B に模式的に示したような断面略三角形の凹部が形成された。エッチング量はエッチング時間によって変化させた。最後に、 $\text{O}_2$  アッシングによりレジストパターンを完全に除去した。

## 【0058】

以上のようにして、円周方向ピッチ（円周方向周期） $P_1$  が  $400\text{ nm}$ 、 $480\text{ nm}$ 、

10

20

30

40

50

580 nm、680 nm、円周方向約60°方向（円周約60°方向周期））ピッチP2が380 nm、450 nm、550 nm、650 nm、深さ420 nm程度の凹部準六方格子パターンを有する石英マスター（原盤）を作製した。

【0059】

[複製基板の作製工程]

次に、作製した石英マスター上に紫外線硬化樹脂を塗布した後、アクリル板を紫外線硬化樹脂上に密着させた。そして、紫外線を照射して紫外線硬化樹脂を硬化させ、石英マスターから剥離した。以上のようにして、凸部準六方格子パターンを有する複製基板を作製した。

【0060】

10

[成形用金型の作製工程]

次に、作製した複製基板の凹凸パターン上に、無電界メッキ法によりニッケル皮膜でなる導電化膜を形成した。そして、導電化膜層が形成された複製基板を電鍍装置に設置し、電気メッキ法により導電化膜上に $300 \pm 5 \mu\text{m}$ 程度の厚さのニッケルメッキ層を形成した。続いて、複製基板からニッケルメッキ層をカッターなどを用いて剥離した後、転写された凹凸構造面をアセトンで洗浄し、凹部準六方格子パターンを有するNi金属マスター（成形用金型）を作製した。

【0061】

[光学素子の作製工程]

次に、作製したNi金属マスターを用いてポリカーボネート樹脂の射出成形基板を作製し、表面に凸部準六方格子パターンを有するディスク状複製基板を得た。その後、この複製基板を所定サイズに切り出して、光学素子を作製した。

20

【0062】

実施例2～5では、構造体の円周方向ピッチP1、円周約60°方向ピッチ、アスペクト比を変えて複製基板を作製し、それらの複製基板の形状、反射特性を評価した。

【0063】

（実施例2）

[原盤の作製工程]

円周方向ピッチP1：400 nm、円周約60°方向ピッチP2：380 nmの準六方格子パターンの潜像14をレジスト層12に形成する以外は実施例1と同様にして、準六方格子パターンのレジストパターンを作製した。

30

【0064】

次に、アッシングおよびエッチングのプロセスを以下の順序で行った。（1）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング1分、（2）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング2分、（3）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング3分、（4）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング4分、（5）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング5分、（6）O<sub>2</sub>アッシング4秒、CHF<sub>3</sub>エッチング6分。最後に、O<sub>2</sub>アッシングを行うことにより、レジストパターンを完全に除去した。

以上により、準六方格子パターンの原盤が作製された。

【0065】

40

[複製基板の作製工程]

次に、作製した石英マスターを用いる以外は実施例1と同様にして複製基板を作製した。

【0066】

（実施例3）

円周方向ピッチP1：480 nm、円周約60°方向ピッチP2：450 nmの準六方格子パターンの潜像をレジスト層に形成する以外は実施例2と同様にして、複製基板を作製した。

【0067】

（実施例4）

50

円周方向ピッチ  $P1 : 580 \text{ nm}$ 、円周約  $60^\circ$  方向ピッチ  $P2 : 550 \text{ nm}$  の準六方格子パターンの潜像をレジスト層に形成する以外は実施例 2 と同様にして、複製基板を作製した。

【0068】

(実施例 5)

円周方向ピッチ  $P1 : 680 \text{ nm}$ 、円周約  $60^\circ$  方向ピッチ  $P2 : 650 \text{ nm}$  の準六方格子パターンの潜像をレジスト層に形成する以外は実施例 2 と同様にして、複製基板を作製した。

【0069】

(形状の評価 1)

上述のようにして作製した実施例 2 ~ 5 の複製基板 16 について、原子間力顕微鏡 (AFM : Atomic Force Microscope) により観察を行った。そして、AFM の断面プロファイルから各複製基板の構造体の高さを求めた。その結果を表 1 に示す。なお、パターンの円周方向の高さは、半径方向の高さよりも小さかった。また、パターンの円周方向以外の部分の高さが半径方向の高さとほぼ同一であったことから、パターンの高さを半径方向の高さで代表した。

【0070】

【表 1】

|                                | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 |
|--------------------------------|------|------|------|------|
| エッチング時間<br>[分]                 | 21   | 21   | 21   | 21   |
| 構造体高さH<br>[nm]                 | 415  | 418  | 420  | 421  |
| 円周方向ピッチP1<br>[nm]              | 400  | 480  | 580  | 680  |
| 円周約 $60^\circ$ 方向ピッチP2<br>[nm] | 380  | 450  | 550  | 650  |
| 平均ピッチP<br>[nm]                 | 387  | 460  | 560  | 660  |
| アスペクト比(H/P)                    | 1.07 | 0.91 | 0.75 | 0.64 |

【0071】

(形状の評価 2)

上述のようにして作製した実施例 2、5 の複製基板について、走査型電子顕微鏡 (SEM : Scanning Electron Microscope) により観察を行った。その結果を図 8、図 9 に示す。

【0072】

図 8、図 9 から以下のことが分かる。

複製基板には、準六方格子パターンをなすように凸形状の構造体が多数配設されている。また、構造体は、頂部の傾きが緩やかで中央部から底部に徐々に急峻な傾きの楕円錐形状、所謂釣鐘形状を有する。このような形状の構造体は、原盤のエッチング工程において、構造体の先端部から中央部、底部にかけて徐々にエッチング時間を長くすることで得ることができる。

【0073】

(反射特性の評価)

上述のようにして作製した実施例 2 ~ 5 の複製基板の反射率を測定した。その測定結果を図 10 ~ 図 13 に示す。図 10、図 11 は、入射角  $5^\circ \sim 70^\circ$  で入射する光に対する反射率を示し、図 12、13 は、入射角  $5^\circ$  で入射する光に対する反射率を示す。なお、測定には、紫外可視分光光度計 (日本分光株式会社製、商品名 : V - 500) を用いた。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 4 】

図 1 0 に示すように、実施例 2 の複製基板では反射率の波長依存特性が有り、その反射率は微小振幅のサイン波形状を示している。しかし、このような波長依存性は実用上問題のあるものではない。また、後述するように、釣鐘型楕円錐状の構造体を有する光学素子に関する R C W A シミュレーションの結果によれば、反射率は波長依存性を有し、微小振幅のサイン波を示すが、長波長領域において反射率は増加しないことが確認されている。なお、上記非特許文献 1 に記載された光学素子では、構造体がテント状の形状を有しているので、図 2 0 に示すように、長波長領域 ( 7 0 0 - 8 0 0 nm ) において、反射率が増加するという問題がある。また、実施例 2 の複製基板では、反射率の平均が 0 . 2 % 以下であり、非特許文献 1 に記載された複製基板の無反射効果 ( 反射率 0 . 3 % 以下 ) より良い特性が得られる。さらに、角度依存性も少なく、入射角  $\pm 40$  度まで平均反射率が 0 . 3 % 以下であり、入射角  $\pm 50$  度で平均反射率が 0 . 6 % と非常に良い入射角特性を示している。

10

## 【 0 0 7 5 】

図 1 1 に示すように、実施例 3 の複製基板では反射率は波長依存特性を有し、微小振幅のサイン波形状を示すが、反射率の平均が 0 . 1 5 % 以下であり、実施例 2 よりさらに良い特性である。角度依存性も少なく、入射角  $\pm 40$  度まで平均反射率が 0 . 2 0 % 以下であり、入射角  $\pm 50$  度で平均反射率が 0 . 5 % と非常に良い入射角特性を示している。

## 【 0 0 7 6 】

図 1 2 に示すように、実施例 4 の複製基板では反射率の波長依存特性は多少あるが、優れた反射防止特性が得られている。特に、青色光、緑色光に対する反射防止特性に優れ、これらの光に対する反射率は 0 . 1 程度に抑えられている。

20

## 【 0 0 7 7 】

図 1 3 に示すように、実施例 5 の複製基板では反射率の波長依存特性は多少あるが、優れた反射防止特性が得られている。特に、青色光、緑色光に対する反射防止特性に優れ、これらの光に対する反射率は 0 . 1 程度に抑えられている。また、ピッチ P が 6 6 0 nm と広く、アスペクト比 H / P が 0 . 6 4 と小さいため、複製が容易で生産に向いている。

## 【 0 0 7 8 】

実施例 3 ~ 5 の複製基板は、可視光領域 ( 波長 3 5 0 ~ 8 0 0 nm ) において特に優れた無反射特性を有し、ディスプレイ以外にも、多くの照明装置や保護窓などの多くの応用商品に適用可能である。

30

## 【 0 0 7 9 】

以上により、優れた無反射性能を得るためには、準六方格子パターンの構造体のピッチ P を 3 8 0 nm ~ 6 8 0 nm、構造体のアスペクト比 ( 高さ H / ピッチ P ) を 0 . 6 2 ~ 1 . 0 9 にすることが好ましく、準六方格子パターンの構造体のピッチ P を 4 0 0 nm ~ 6 5 0 nm、構造体のアスペクト比 ( 高さ H / ピッチ P ) を 0 . 6 5 ~ 1 . 0 3 にすることがより好ましい。

## 【 0 0 8 0 】

なお、本実施例では、構造体が、頂部の傾きが緩やかで中央部から底部に徐々に急峻な傾きの楕円錐形状、所謂釣鐘型を有する場合について説明したが、中央部の傾きが先端部および底部の傾きよりも急峻に形成された楕円錐形状でもほぼ同様な無反射特性を得ることができる。また、準六方格子状で凸形状の楕円錐、あるいは、六方格子状で凸形状の楕円錐や楕円錐台でもほぼ同様な無反射特性を得ることができる。

40

## 【 0 0 8 1 】

試験例 1 では、R C W A ( Rigorous Coupled Wave Analysis ) シミュレーションにより構造体の深さと反射率との関係について検討した。

## 【 0 0 8 2 】

## ( 試験例 1 )

構造体の高さを 3 0 0 nm ~ 6 6 0 nm の範囲で変えて、R C W A シミュレーションを行った。その結果を図 1 4 に示す。なお、構造体の形状は釣鐘型とし、その配列は六方格

50

子状とした。

【0083】

図14から、構造体の高さを300nm～660nmの範囲で変化させても、反射率を0.10%まで下げることが困難であることが分かる。

【0084】

試験例2では、RCWA(Rigorous Coupled Wave Analysis)シミュレーションにより構造体の配置ピッチと反射率との関係について検討した。

【0085】

(試験例2)

構造体の高さHを420nm一定とし、配置ピッチを200nm～650nmの範囲で 10  
変えて、RCWAシミュレーションを行った。その結果を図15に示す。

【0086】

図15から、構造体の配置ピッチを大きくすることにより、反射率を0.10%以下まで下げることが可能であることが分かる。

【0087】

以上、この発明の実施形態および実施例について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態および実施例に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0088】

例えば、上述の実施形態および実施例において挙げた数値はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値を用いてもよい。 20

【0089】

また、上述の実施形態および実施例では、構造体が複数列の円弧状トラックをなすとともに、隣接する3列のトラック間において準六方格子パターンをなすように配置される場合を例として説明したが、構造体が複数列の直線上に配置されるとともに、隣接する3列間において六方格子をなすように配置されるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】図1Aは、本発明の実施形態による光学素子1の構成の一例を示す概略平面図、図1Bは、図1Aに示した光学素子1の一部を拡大して表す平面図、図1Cは、図1Bの 30  
トラックT1、T3、・・・における断面図、図1Dは、図1BのトラックT2、T4、  
・・・における断面図、図1Eは、図1BのトラックT1、T3、・・・に対応する潜像  
形成に用いられるレーザ光の変調波形を示す略線図、図1Fは、図1BのトラックT2、  
T4、・・・に対応する潜像形成に用いられるレーザ光の変調波形を示す略線図である。

【図2】図1Aに示した光学素子1の一部を拡大して表す斜視図である。

【図3】ディスク状光学素子の構成の一例を示す概略平面図である。

【図4】図4A～図4Cは、光学素子の製造方法について説明するための工程図である。

【図5】図5A～図5Eは、光学素子の製造方法について説明するための工程図である。

【図6】原盤の製造工程に用いる露光装置の概略構成図である。

【図7】図7A、図7Bは、光学素子の製造方法について説明するための模式図である。 40

【図8】実施例2の複製基板の一主面のSEM写真である。

【図9】実施例5の複製基板の一主面のSEM写真である。

【図10】実施例2の複製基板の反射特性を示すグラフである。

【図11】実施例3の複製基板の反射特性を示すグラフである。

【図12】実施例4の複製基板の反射特性を示すグラフである。

【図13】実施例5の複製基板の反射特性を示すグラフである。

【図14】試験例1の光学素子の反射特性を示すグラフである。

【図15】試験例2の光学素子の反射特性を示すグラフである。

【図16】従来のSi原盤の構成を示す図である。

【図17】従来のSi原盤の構成を示す図である。 50

【図 18】従来の S i 原盤における波長と反射率との関係を示すグラフである。

【図 19】従来の N i めっきスタンプを拡大して示す図である。

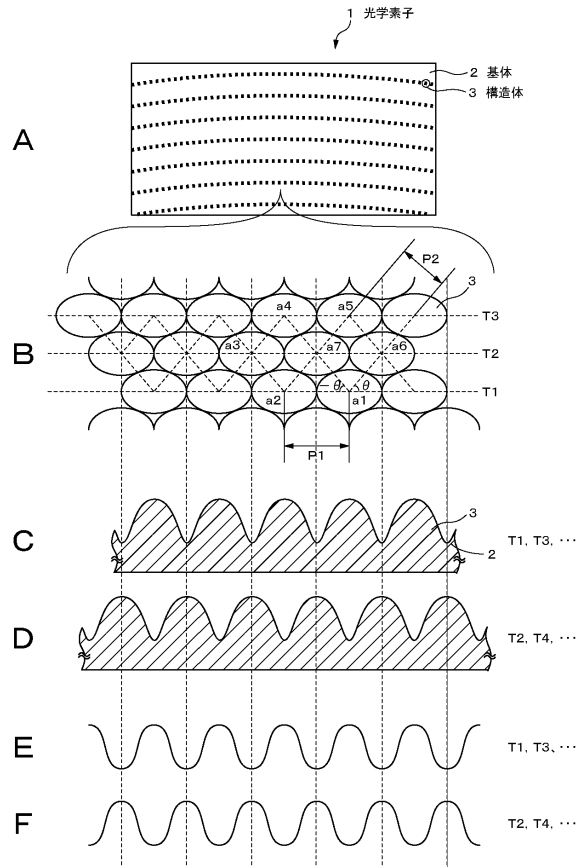
【図 20】従来の光学素子における波長と反射率との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

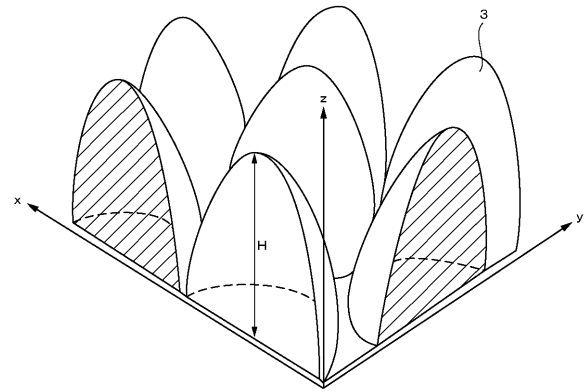
【 0 0 9 1 】

|                 |             |    |
|-----------------|-------------|----|
| 1               | 光学素子        |    |
| 1 W             | ディスク状光学素子   |    |
| 2               | 基体          |    |
| 3 , 1 6 b       | 構造体         |    |
| 1 1             | 基板          | 10 |
| 1 2             | レジスト層       |    |
| 1 2 a           | 潜像          |    |
| 1 3             | レーザ光        |    |
| 1 4             | 潜像          |    |
| 1 5             | 光学素子作製用原盤   |    |
| 1 5 a , 1 7 a   | 凹部          |    |
| 1 6             | 光学素子作製用複製基板 |    |
| 1 6 a           | 透明基板        |    |
| 1 7             | 光学素子作製用金型   |    |
| 2 1             | レーザ         | 20 |
| 2 2             | 電気光学変調器     |    |
| 2 3 , 3 1 , 3 4 | ミラー         |    |
| 2 4             | フォトダイオード    |    |
| 2 6             | 集光レンズ       |    |
| 2 7             | 音響光学変調器     |    |
| 2 8             | コリメータレンズ    |    |
| 2 9             | フォーマッタ      |    |
| 3 0             | ドライバ        |    |
| 3 2             | 移動光学テーブル系   |    |
| 3 3             | ビームエキスパンダ   | 30 |
| 3 5             | 対物レンズ       |    |
| 3 6             | スピンドルモータ    |    |
| 3 7             | 制御機構        |    |

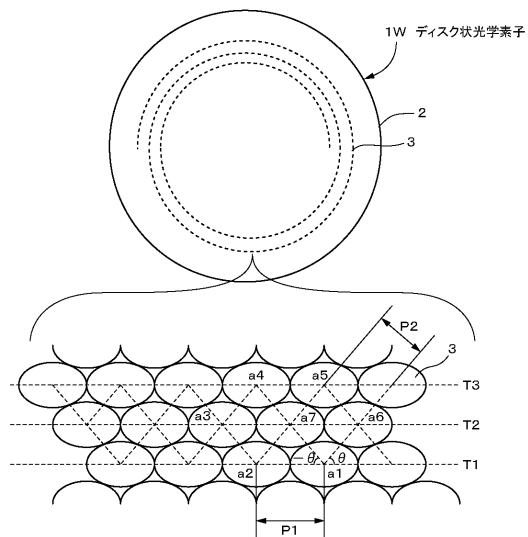
【図 1】



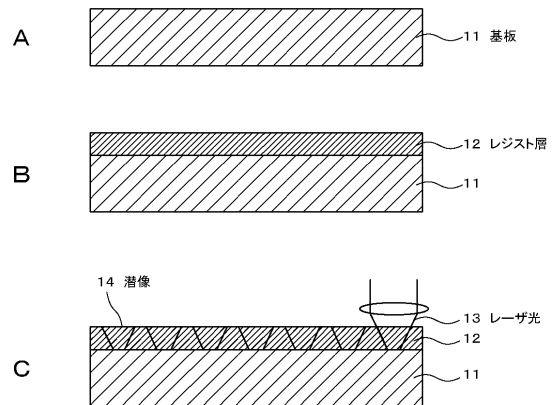
【図 2】



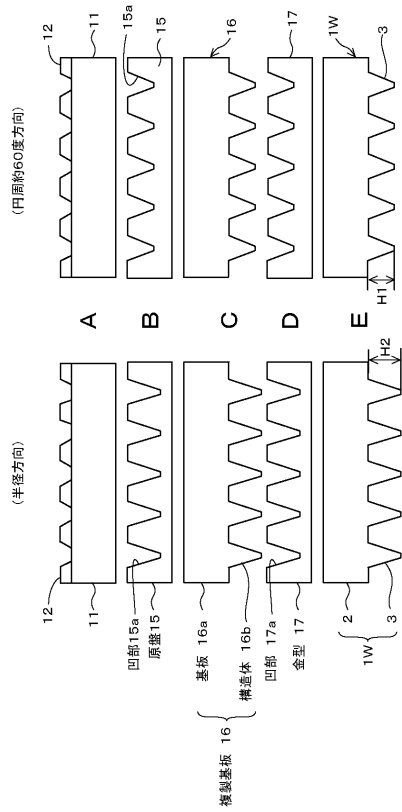
【図 3】



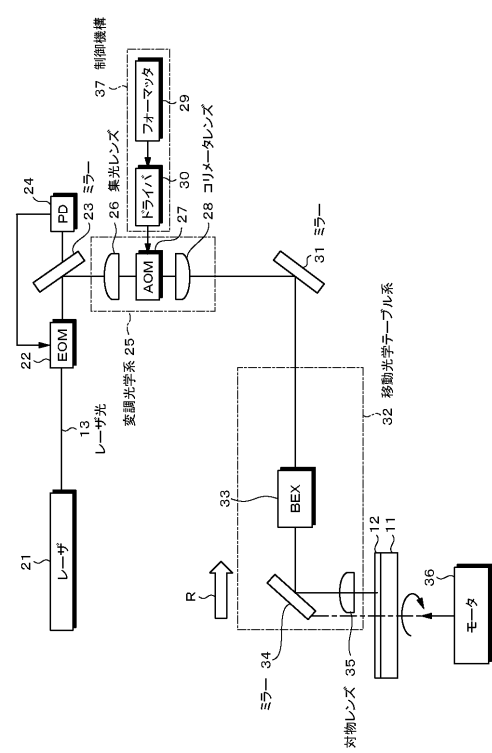
【図 4】



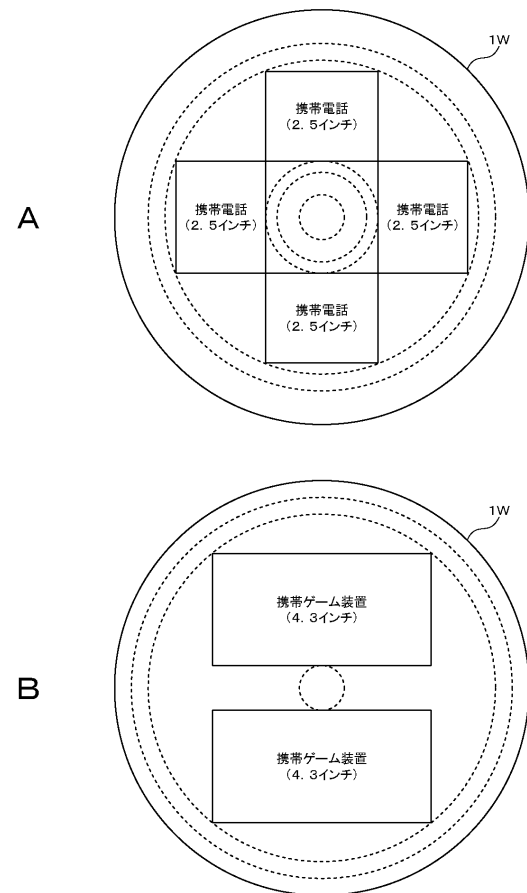
【図 5】



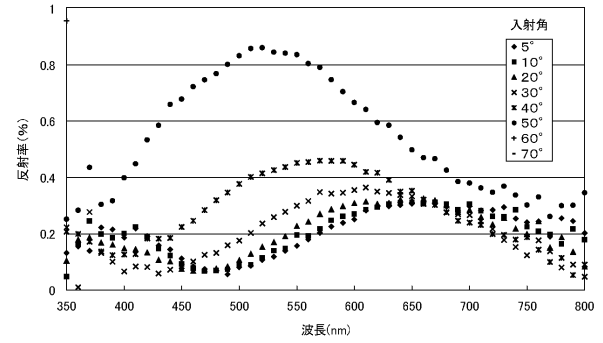
【図 6】



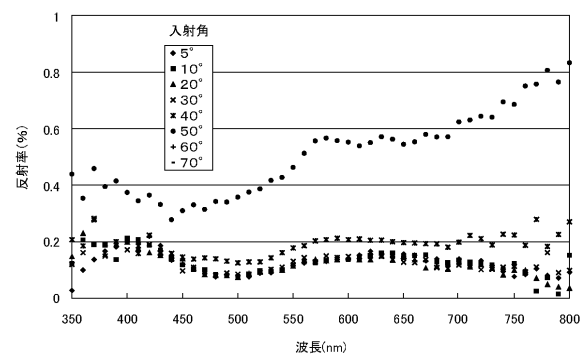
【図 7】



【図 10】

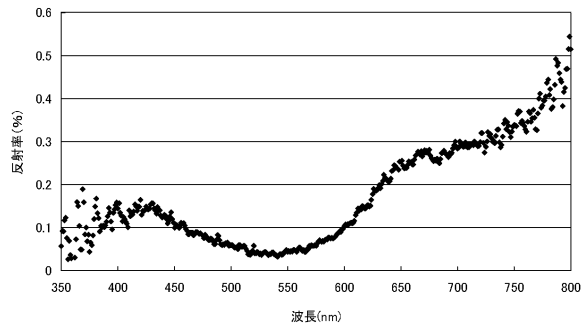


【図 11】

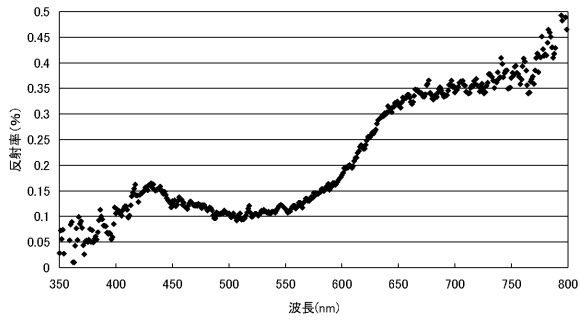




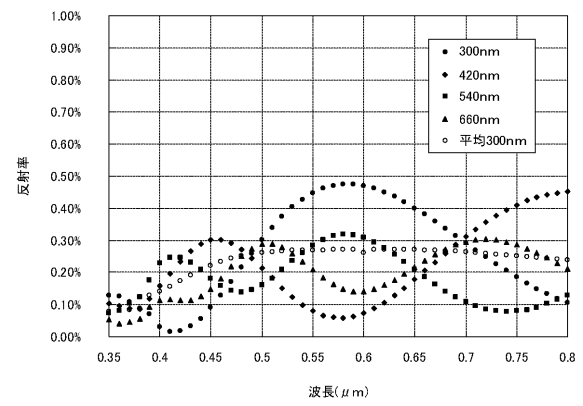
【図 1 2】



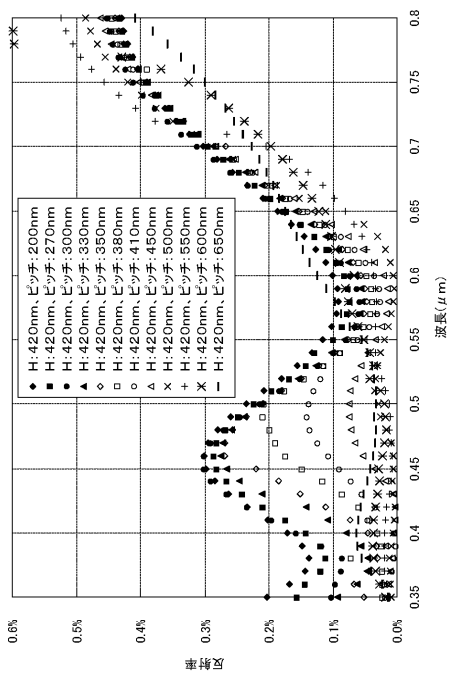
【図 1 3】



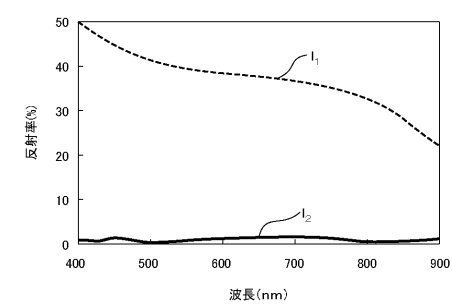
【図 1 4】



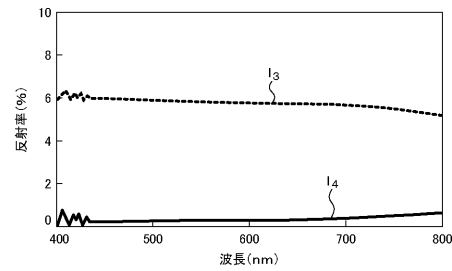
【図 1 5】



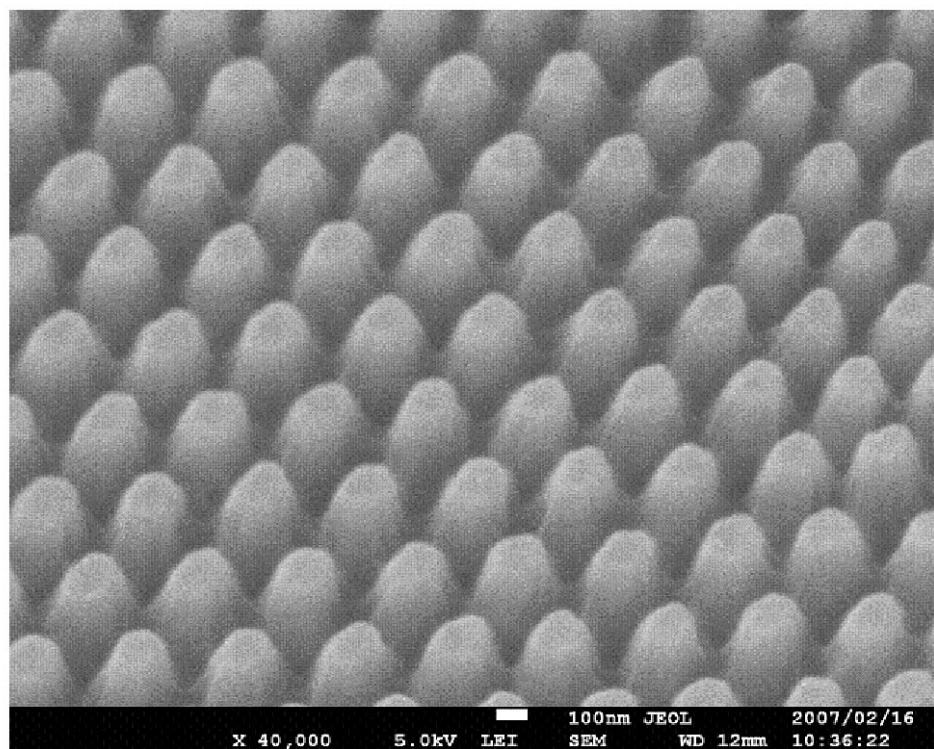
【図 1 8】



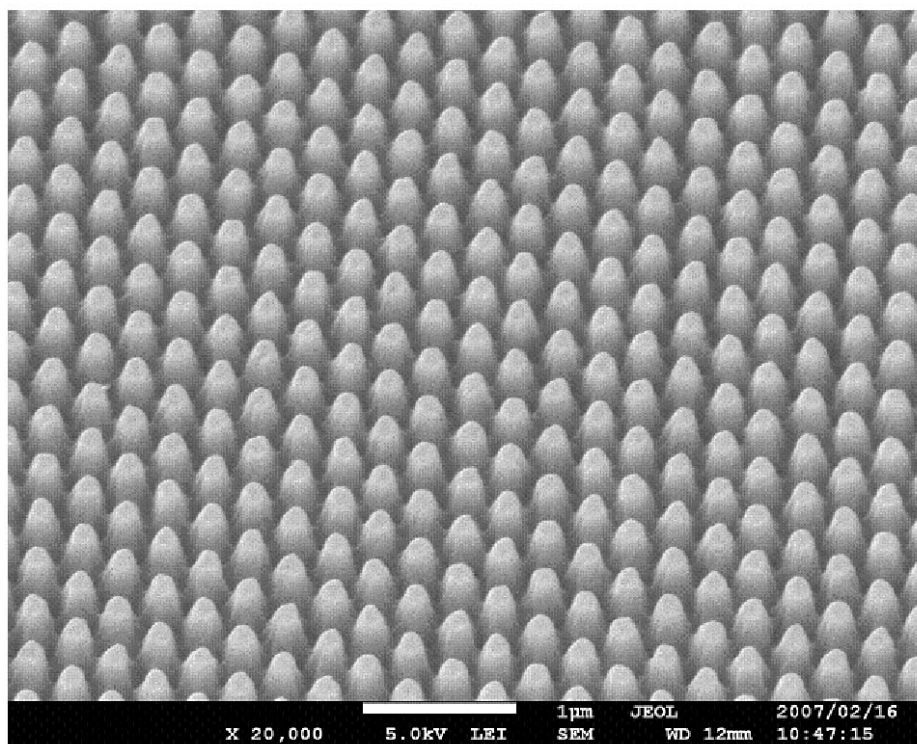
【図 2 0】



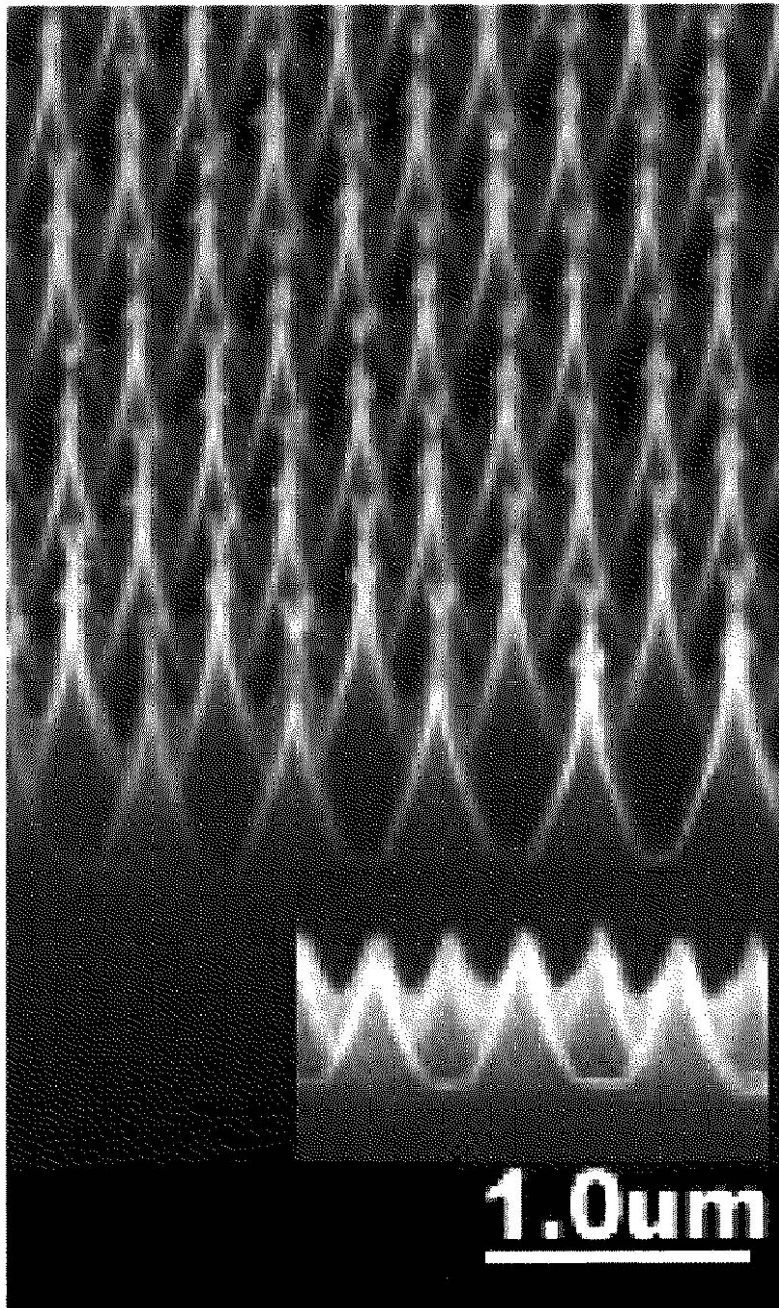
【図 8】



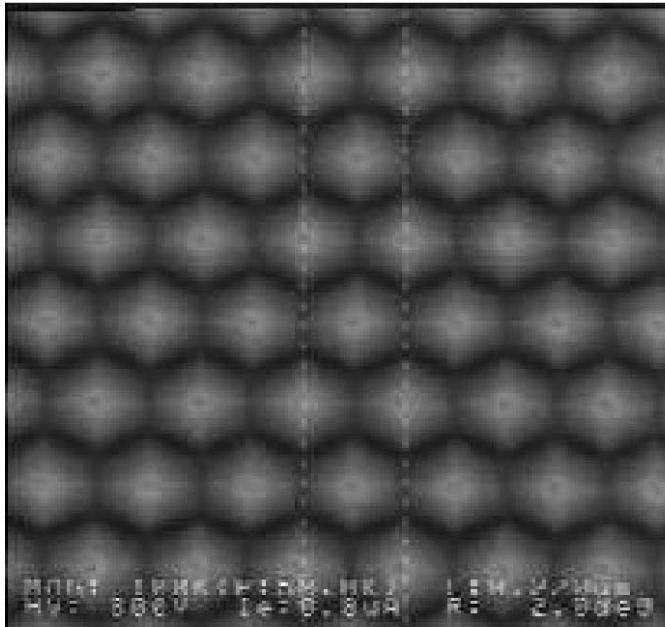
【図 9】



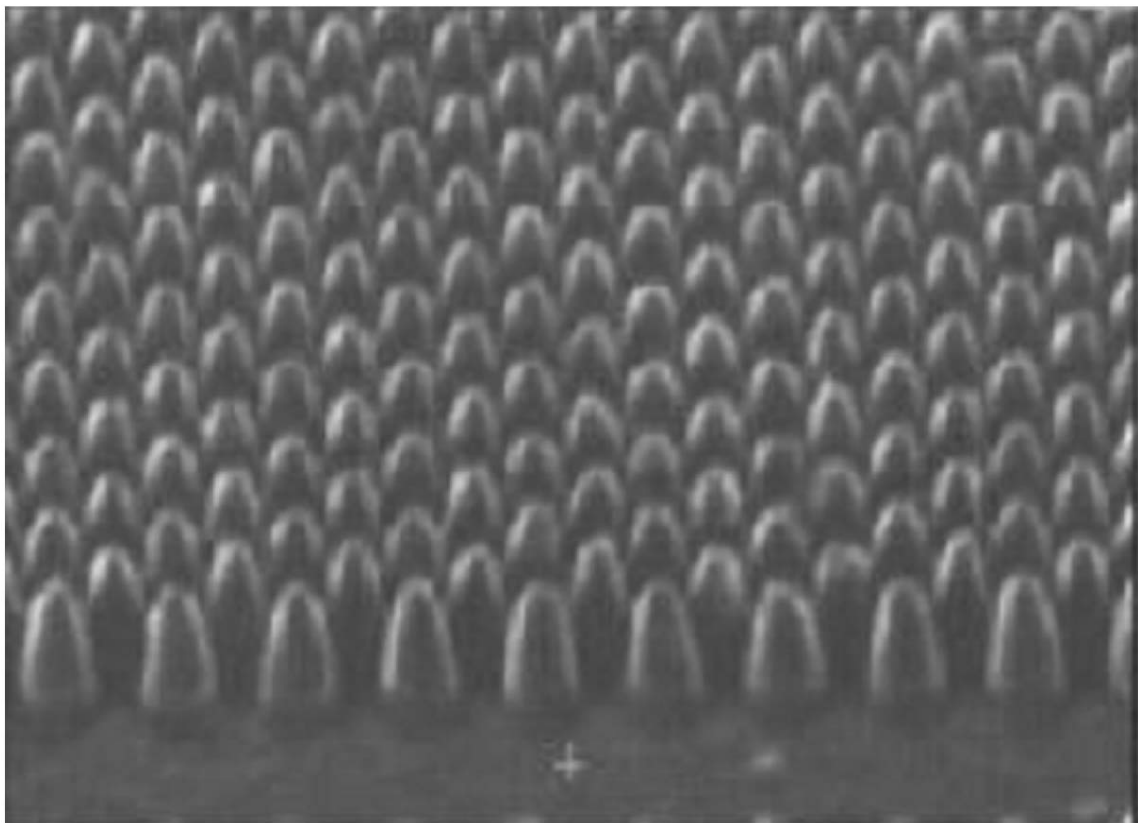
【図 16】



【 図 1 7 】



【 図 19 】



---

フロントページの続き

審査官 竹村 真一郎

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 5 6 3 4 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 1 5 8 2 9 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 3 0 9 8 0 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 1 3 3 7 2 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 2 4 0 9 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 0 2 2 5 8 5 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 7 / 0 4 9 1 5 1 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B        1 / 1 0 - 1 / 1 2、5 / 0 2、5 / 1 8  
F 2 1 V        8 / 0 0