

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月19日(19.04.2018)



(10) 国際公開番号
WO 2018/070431 A1

- (51) 国際特許分類:

<i>G02B 5/18</i> (2006.01)	<i>B42D 25/45</i> (2014.01)
<i>B42D 25/30</i> (2014.01)	<i>G02B 1/118</i> (2015.01)
<i>B42D 25/328</i> (2014.01)	<i>G02B 5/20</i> (2006.01)
- (71) 出願人: 凸版印刷株式会社(TOPPAN PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100016 東京都台東区台東1丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川下 雅史 (KAWASHITA, Masashi); 〒1100016 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP). 古田 薫 (FURUTA, Kaoru); 〒1100016 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036832
- (22) 国際出願日: 2017年10月11日(11.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:

特願 2016-200373	2016年10月11日(11.10.2016) JP
特願 2016-200374	2016年10月11日(11.10.2016) JP
特願 2016-200375	2016年10月11日(11.10.2016) JP
特願 2016-236610	2016年12月6日(06.12.2016) JP
- (74) 代理人: 恩田 誠, 外 (ONDA, Makoto et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目12番地1 Gifu (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: OPTICAL DEVICE, DISPLAY BODY, COLOR FILTER, AND OPTICAL DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 光学デバイス、表示体、カラーフィルタ、および、光学デバイスの製造方法

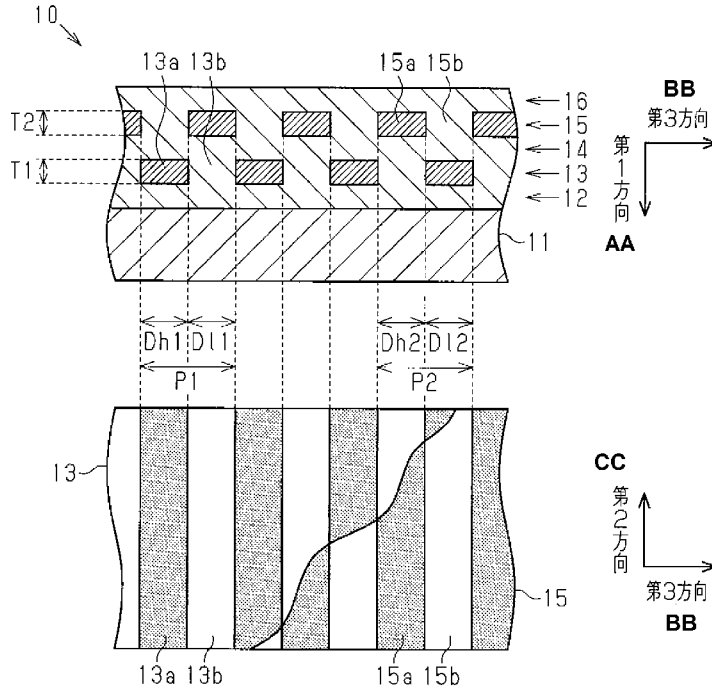


FIG. 1:
AA First direction
BB Third direction
CC Second direction

(57) Abstract: This optical device is provided with: a first grating region constituting a first subwavelength grating and having a first high-refractive index section and a first low-refractive index section; a second grating region constituting a second subwavelength grating and having a second high-refractive index section and a second low-refractive index section; a first low-refractive index region; a second low-refractive index region; and a third low-refractive index region. The grating periods of the first subwavelength grating and the second subwavelength grating are equal, and the volume

WO 2018/070431 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

ratios of the high-refractive index sections in the first grating region and the second grating region are equal. When viewed from the direction along the thickness direction of the first grating region, the first high-refractive index section and the second low-refractive index section overlap, and the second high-refractive index section and the first low-refractive index section overlap.

(57) 要約 : 光学デバイスは、第1サブ波長格子を構成する第1高屈折率部と第1低屈折率部とを有する第1格子領域、第2サブ波長格子を構成する第2高屈折率部と第2低屈折率部とを有する第2格子領域、第1低屈折率領域、第2低屈折率領域、および、第3低屈折率領域を備える。第1サブ波長格子と第2サブ波長格子との格子周期は等しく、第1格子領域と第2格子領域とにおける高屈折率部の体積比率は等しく、第1格子領域の厚さ方向に沿った方向から見て、第1高屈折率部と第2低屈折率部とが重なり、第2高屈折率部と第1低屈折率部とが重なっている。

明 細 書

発明の名称：

光学デバイス、表示体、カラーフィルタ、および、光学デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学デバイス、表示体、カラーフィルタ、および、光学デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] モルフォ蝶の鱗粉や玉虫の表皮に代表される構造色は、色素が呈する色のように分子における電子遷移に起因して視認される色とは異なり、光の回折や干渉や散乱といった、物体の構造に起因した光学現象の作用によって視認される色である。例えば、多層膜干渉による構造色は、多層膜の各界面で反射した特定の波長域の光が干渉により強められることによって生じる構造色である。このように、多層膜干渉によって特定の波長域の光を取り出すことができるため、多層膜干渉の原理は、特定の波長域の光を選択的に透過もしくは反射することによって波長の選別を可能とする光学デバイスに利用されている。

[0003] しかしながら、多層膜干渉によって取り出すことのできる波長域は、多層膜における各層の膜厚等の層構成に依存するため、多層膜干渉を利用した光学デバイスでは、選択したい波長域ごとに、互いに異なる層構成の多層膜を形成する必要がある。したがって、選択される波長域の違いによる光学デバイスの製造工程の違いが大きいため汎用性に乏しく、また、選択される波長域が互いに異なる複数の領域を有する光学デバイスの製造工程は非常に複雑にならざるを得ない。

[0004] 多層膜干渉とは異なる光学現象によって波長を選別する光学デバイスとして、導波モード共鳴現象を利用した光学デバイスが提案されている（例えば、特許文献1，2参照）。この光学デバイスは、光の波長よりも小さい周期

で並ぶ回折格子であるサブ波長格子を有する。サブ波長格子に光が入射すると、入射光が入ってきた空間への回折光の射出が抑えられる一方で、特定の波長域の光が多重反射しながら伝播することにより共鳴を起こし、この特定の波長域の光が反射光として強く射出される導波モード共鳴現象が生じる。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特許第5023324号明細書
特許文献2：特開2009-25558号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、光学デバイスとしての実用性の向上のためには、取り出される光の特性の拡張が可能であることが望ましい。例えば、反射光や透過光として射出される光の波長選択性が高いこと、すなわち、射出される光の強度が高いことや射出される光の波長域が狭いことが好ましい。また例えば、射出される光の色、すなわち、射出される光の波長域の調整の自由度が高いことが好ましい。
- [0007] 例えば、特許文献1に記載の光学デバイスであるカラーフィルタは、基板上にサブ波長格子を構成する複数の凸部が配置された構造を有する。しかしながら、こうした構造のデバイスにおいて、取り出される光の強度を高めるためには、特許文献1に記載のように、基板を合成石英から形成し、かつ、凸部をシリコンから形成することにより、基板と凸部との屈折率差を大きく確保して、サブ波長格子領域を伝搬する光の多重反射によるロスを小さくすることが望ましい。そのためには、合成石英からなる基板上に単結晶のSiが形成されたSOQ (Silicon on Quartz) 基板を用いる必要があるため、製造コストの増大が生じる。
- [0008] これに対し、特許文献2に記載の光学デバイスである波長選択素子は、基板と、サブ波長格子を構成する凸部との間に、基板を構成する材料よりも屈

折率の高い材料から構成された導波層を有している。こうした構造によれば、凸部と導波層とが樹脂から形成されている場合でも、多重反射する光を導波層内に伝播させることにより、素子から出射される光の強度が高められる。また、凸部と導波層とを樹脂から形成する方法として、ナノインプリント法を用いることが可能であるため、材料費を低減しつつ簡便に素子の製造が可能であり、製造コストの削減もできる。

[0009] しかしながら、特許文献2の構造において、導波層における光の伝播モードは、主に導波層の厚みと光の波長とによって決まるため、所望の波長域の光を導波層内で多重反射させて共鳴を起こすには、導波層の膜厚を精密に制御する必要がある。微細な周期の凸部に加えて、精密な膜厚の導波層を形成することは、素子の製造に際しての負荷が大きいいため、導波層によって、波長選択性を高めることには限界がある。

[0010] 本発明は、取り出される光の特性の拡張が可能な光学デバイス、表示体、カラーフィルタ、および、光学デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決する光学デバイスは、入射光を透過する材料から構成された光学デバイスであって、第1サブ波長格子を構成する複数の第1高屈折率部と、前記第1高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第1低屈折率部とを有し、前記第1高屈折率部の並ぶ方向に沿って前記第1高屈折率部と前記第1低屈折率部とが交互に位置する第1格子領域と、前記第1高屈折率部と同一の材料から構成されて第2サブ波長格子を構成する複数の第2高屈折率部と、前記第2高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第2低屈折率部とを有し、前記第2高屈折率部の並ぶ方向に沿って前記第2高屈折率部と前記第2低屈折率部とが交互に位置する第2格子領域と、前記第1格子領域の平均屈折率および前記第2格子領域の平均屈折率の各々よりも低い屈折率をそれぞれが有する第1低屈折率領域、第2低屈折率領域、および、第3低屈折率領域と、を備え、前記第1格子領域は、当該第1格子領域の厚さ方向

に前記第1低屈折率領域と前記第2低屈折率領域とに挟まれ、前記第2格子領域は、当該第2格子領域の厚さ方向に前記第2低屈折率領域と前記第3低屈折率領域とに挟まれ、前記第1サブ波長格子の格子周期と前記第2サブ波長格子の格子周期とは、相互に等しい周期であり、前記第1格子領域における前記複数の第1高屈折率部の体積比率と、前記第2格子領域における前記複数の第2高屈折率部の体積比率とは同一であり、前記第1格子領域の厚さ方向に沿った方向から見て、前記第1高屈折率部と前記第2低屈折率部とが重なり、前記第2高屈折率部と前記第1低屈折率部とが重なっている。

[0012] 上記構成によれば、第1格子領域と第2格子領域との各格子領域が、サブ波長格子を有すること、および、各格子領域が、各格子領域の屈折率よりも低い屈折率を有する低屈折率領域に挟まれていることから、各格子領域に光が入射すると、各格子領域では、入射光が入ってきた空間への回折光の射出が抑えられて導波モード共鳴現象が発生する。そして、各格子領域の格子周期および高屈折率部の体積比率が同一であることにより、第1格子領域で共鳴を起こす光の波長域と第2格子領域で共鳴を起こす光の波長域とは一致する。

[0013] したがって、一方の格子領域にて多重反射する過程で漏れ出て他方の格子領域に入った特定の波長域の光は、他方の格子領域を多重反射しつつ伝播し、光学デバイスからは、第1格子領域で強められた波長域の反射光と、第2格子領域で強められた波長域の反射光とが射出される。そして、入射光のなかで上記強められた波長域を除く波長域の光が、光学デバイスを透過して、光学デバイスから射出される。

[0014] このように、上記構成の光学デバイスによれば、2つの格子領域の各々で強められた波長域の光が反射光として得られるため、1つの格子領域のみを有する光学デバイスと比較して、反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度は大きくなる。したがって、取り出される光の特性の拡張が可能である。

[0015] 上記課題を解決する光学デバイスの製造方法は、入射光を透過する材料か

ら構成される光学デバイスの製造方法であって、第1低屈折率材料からなる層の表面に、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸構造層を形成する第1工程であって、前記複数の凸部は、サブ波長周期で並び、前記凹部は、前記複数の凸部の並び方向に沿って前記凸部と交互に並び、前記複数の凹部は、前記表面と対向する方向から見て前記複数の凸部の面積と等しい面積を有する、前記第1工程と、前記第1低屈折率材料よりも高い屈折率を有する高屈折率材料を用いて、前記凹凸構造層の表面に高屈折率層を形成する第2工程であって、前記高屈折率層は、前記凸部の高さよりも小さい厚さを有し、前記凹部上に位置する第1サブ波長格子と、前記凸部上に位置して前記第1サブ波長格子と同一の格子周期を有する第2サブ波長格子とを含む、前記第2工程と、前記凹凸構造層と前記高屈折率層とからなる構造体の表面に、前記高屈折率材料よりも低い屈折率を有する第2低屈折率材料からなる埋め込み層を形成することにより、前記構造体が有する凹凸を前記第2サブ波長格子上まで前記第2低屈折率材料で埋める第3工程と、を含む。

[0016] 上記製法によって、上記光学デバイス、すなわち、取り出される光の特性が拡張された光学デバイスが製造できる。そして、上記製法によれば、サブ波長格子に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、射出される反射光の強度が高められるため、上記光学デバイスを容易に製造することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、光学デバイスにおいて、取り出される光の特性を拡張することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]光学デバイスの第1実施形態について、光学デバイスの断面構造と格子領域の平面構造とを示す図。

[図2]光学デバイスの製造方法の第1実施形態について、凹凸構造層の形成工程を示す図。

[図3]光学デバイスの製造方法の第1実施形態について、高屈折率層の形成工程を示す図。

[図4]光学デバイスの製造方法の第1実施形態について、埋め込み層の形成工程を示す図。

[図5]第1実施形態の光学デバイスにおける第2低屈折率領域の構成例を示す断面図。

[図6]第1実施形態の光学デバイスの変形例を示す断面図。

[図7]第1実施形態の光学デバイスの変形例を示す断面図。

[図8]第1実施形態の光学デバイスの適用例である波長選択フィルタの作用を示す図。

[図9]第1実施形態の光学デバイスの適用例である表示体の平面構造を示す図。

[図10]第1実施形態の光学デバイスの適用例である表示体の作用を示す図。

[図11]第1実施形態の光学デバイスの適用例であるカラーフィルタの平面構造を示す図。

[図12]第1実施形態の光学デバイスの適用例であるカラーフィルタの作用を示す図。

[図13]光学デバイスの第2実施形態について、光学デバイスの断面構造の一例を示す断面図。

[図14]光学デバイスの第2実施形態について、光学デバイスの断面構造の一例を示す断面図。

[図15]第2実施形態の光学デバイスの適用例であるカラーフィルタの作用を示す図。

[図16]光学デバイスの製造方法の第2実施形態について、凹凸構造体が向かい合わされた状態を示す図。

[図17]光学デバイスの製造方法の第2実施形態について、埋め込み層の形成工程を示す図。

[図18]光学デバイスの第3実施形態について、光学デバイスの斜視構造を示す斜視図。

[図19]光学デバイスの第3実施形態について、光学デバイスを領域ごとに分

割して示す斜視図。

[図20]変形例の光学デバイスにおける格子領域の平面構造を示す図。

[図21]変形例の光学デバイスにおける凹凸構造層の斜視構造を示す図。

[図22]光学デバイスの第4実施形態について、光学デバイスの断面構造を示す図。

[図23]第4実施形態の光学デバイスの反射防止部を構成する突起状構造体の形状の例を示す図。

[図24]第4実施形態の光学デバイスの反射防止部を構成する突起状構造体の形状の例を示す図。

[図25]第4実施形態の光学デバイスの反射防止部を構成する突起状構造体の形状の例を示す図。

[図26]第4実施形態の光学デバイスの反射防止部を構成する突起状構造体の形状の例を示す図。

[図27]第4実施形態の光学デバイスの他の形態を示す図。

[図28]第4実施形態の光学デバイスの他の形態を示す図。

[図29]第4実施形態の光学デバイスの他の形態を示す図。

[図30]第4実施形態の光学デバイスの他の形態を示す図。

[図31]第4実施形態の光学デバイスの他の形態を示す図。

[図32]実施例2のサブ波長格子パターンを簡略化して示す図。

発明を実施するための形態

[0019] (第1実施形態)

図1～図7を参照して、光学デバイス、および、光学デバイスの製造方法の第1実施形態について説明する。光学デバイスは、光学デバイスに入射した光のなかから特定の波長域の光を反射、もしくは、透過することにより取り出す機能を有する。光学デバイスの選択対象の波長域は特に限定されないが、例えば、光学デバイスは、人間の肉眼で視認可能な光、すなわち、可視領域の光のなかから特定の波長域の光を取り出す。以下において、可視領域の光の波長は、400nm以上800nm以下としている。

[0020] [光学デバイスの構成]

図1を参照して、第1実施形態の光学デバイスの構成について説明する。図1が示すように、光学デバイス10は、基材11、第1低屈折率領域12、第1格子領域13、第2低屈折率領域14、第2格子領域15、および、第3低屈折率領域16を備えている。第1低屈折率領域12、第1格子領域13、第2低屈折率領域14、第2格子領域15、および、第3低屈折率領域16の各々は、層状に広がっており、基材11に近い位置からこの順に並んでいる。各領域の並ぶ方向が第1方向であり、第1方向は、すなわち、各領域の厚さ方向であり、光学デバイス10の厚さ方向である。また、基材11に対して第3低屈折率領域16の位置する側が光学デバイス10の表面側であり、第3低屈折率領域16に対して基材11の位置する側が、光学デバイス10の裏面側である。そして、光学デバイス10の外側の領域のなかで、基材11に対して表面側に位置する領域が表面領域であり、基材11に対して裏面側に位置する領域が裏面領域である。図1においては、光学デバイス10の断面構造を示すとともに、第1格子領域13の平面構造と第2格子領域15の平面構造とを、これらの領域を一部破断させて示している。

[0021] 基材11は板状を有し、基材11の有する面のうち、光学デバイス10の表面側に位置する面が基材11の表面である。光学デバイス10の選択対象が可視領域の光である場合には、基材11としては、例えば、合成石英基板や、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等の樹脂からなるフィルムが用いられる。

[0022] 第1低屈折率領域12は、基材11の表面に接し、基材11の表面に沿って広がっている。第1格子領域13は、複数の第1高屈折率部13aと複数の第1低屈折率部13bとを有する。第1高屈折率部13aと第1低屈折率部13bとの各々は、基材11の表面と対向する方向から見て、すなわち、第1方向に沿った方向から見て、1つの方向である第2方向に沿って延びる帯形状を有している。第1高屈折率部13aと第1低屈折率部13bとは、第2方向と直交する第3方向に沿って交互に並んでいる。第2方向と第3方

向とは、基材 1 1 の表面に沿った方向であって、第 2 方向と第 3 方向との各々は、第 1 方向と直交する。第 1 格子領域 1 3 は、第 1 方向に沿って、第 1 低屈折率領域 1 2 と第 2 低屈折率領域 1 4 とに挟まれており、これらの領域の各々と接している。

[0023] 第 2 格子領域 1 5 は、複数の第 2 高屈折率部 1 5 a と複数の第 2 低屈折率部 1 5 b とを有する。第 2 高屈折率部 1 5 a と第 2 低屈折率部 1 5 b との各々は、第 1 方向に沿った方向から見て、第 2 方向に沿って延びる帯形状を有し、第 2 高屈折率部 1 5 a と第 2 低屈折率部 1 5 b とは、第 3 方向に沿って交互に並んでいる。すなわち、第 1 高屈折率部 1 3 a および第 1 低屈折率部 1 3 b の延びる方向と、第 2 高屈折率部 1 5 a および第 2 低屈折率部 1 5 b の延びる方向とは一致しており、第 1 高屈折率部 1 3 a および第 1 低屈折率部 1 3 b の並ぶ方向と、第 2 高屈折率部 1 5 a および第 2 低屈折率部 1 5 b の並ぶ方向とは一致している。そして、第 1 方向に沿った方向から見て、第 1 高屈折率部 1 3 a と第 2 低屈折率部 1 5 b とが重なり、第 2 高屈折率部 1 5 a と第 1 低屈折率部 1 3 b とが重なっている。第 2 格子領域 1 5 は、第 1 方向に沿って、第 2 低屈折率領域 1 4 と第 3 低屈折率領域 1 6 とに挟まれて、これらの領域の各々と接している。なお、図 1 においては、第 1 格子領域 1 3 と第 2 格子領域 1 5 との平面構造について、第 1 高屈折率部 1 3 a と第 2 高屈折率部 1 5 a とにドットを付して示している。

[0024] 第 1 高屈折率部 1 3 a と第 2 高屈折率部 1 5 a とは、同一の材料から構成されており、すなわち、第 1 高屈折率部 1 3 a の屈折率と第 2 高屈折率部 1 5 a の屈折率とは互いに等しい。第 1 高屈折率部 1 3 a および第 2 高屈折率部 1 5 a の屈折率は、第 1 低屈折率部 1 3 b、および、第 2 低屈折率部 1 5 b の各々の屈折率よりも高い。さらに、第 1 高屈折率部 1 3 a および第 2 高屈折率部 1 5 a の屈折率は、第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、および、第 3 低屈折率領域 1 6 の各々の屈折率よりも高い。

[0025] 第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、第 3 低屈折率領域 1 6、第 1 低屈折率部 1 3 b、および、第 2 低屈折率部 1 5 b の各々は、同一の材

料から構成されており、すなわち、これらの屈折率はすべて等しい。第1低屈折率領域12の屈折率は、領域内の部位に依らず一定であり、第2低屈折率領域14の屈折率もまた、領域内の部位に依らず一定であり、第3低屈折率領域16の屈折率もまた、領域内の部位に依らず一定である。

[0026] 第3方向における第1高屈折率部13aの長さが第1高要素幅 D_h1 であり、第3方向における第1低屈折率部13bの長さが第1低要素幅 D_l1 である。第1高要素幅 D_h1 と第1低要素幅 D_l1 との合計の長さが、第1格子領域13における第1高屈折率部13aと第1低屈折率部13bとの配列の周期である第1周期 $P1$ である。

[0027] 第3方向における第2高屈折率部15aの長さが第2高要素幅 D_h2 であり、第3方向における第2低屈折率部15bの長さが第2低要素幅 D_l2 である。第2高要素幅 D_h2 と第2低要素幅 D_l2 との合計の長さが、第2格子領域15における第2高屈折率部15aと第2低屈折率部15bとの配列の周期である第2周期 $P2$ である。

[0028] 第1高要素幅 D_h1 と、第1低要素幅 D_l1 と、第2高要素幅 D_h2 と、第2低要素幅 D_l2 とは、すべて等しい。そして、第1周期 $P1$ と第2周期 $P2$ とは一致している。

[0029] 第1周期 $P1$ と第2周期 $P2$ とは、可視領域の光の波長よりも小さく、すなわち、第1周期 $P1$ および第2周期 $P2$ の各々は、サブ波長周期である。こうした構成において、第1格子領域13における複数の第1高屈折率部13aと第2格子領域15における複数の第2高屈折率部15aとは、それぞれの格子領域にて、導波モード共鳴現象を生じさせるサブ波長格子を構成している。第1高屈折率部13aが構成するサブ波長格子と第2高屈折率部15aが構成するサブ波長格子とは、同一の格子周期を有している。すなわち、本実施形態の光学デバイス10は、第1方向に間をあけて並ぶ2つのサブ波長格子がこれらのサブ波長格子を構成する材料よりも屈折率の低い材料で埋め込まれた構造を有している。

[0030] また、第1格子領域13の厚さが、第1領域厚さ $T1$ であり、第2格子領

域 1 5 の厚さが、第 2 領域厚さ T 2 である。第 1 領域厚さ T 1 と第 2 領域厚さ T 2 とは、一致している。なお、第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、および、第 3 低屈折率領域 1 6 の各々の厚さは特に限定されない。

[0031] 上記構成において、第 1 格子領域 1 3 の屈折率は、第 1 格子領域 1 3 における第 1 高屈折率部 1 3 a と第 1 低屈折率部 1 3 b との体積比率に応じて、第 1 高屈折率部 1 3 a の屈折率と第 1 低屈折率部 1 3 b の屈折率とを均した平均屈折率に近似される。第 1 格子領域 1 3 における第 1 高屈折率部 1 3 a と第 1 低屈折率部 1 3 b との体積比率は 1 : 1 であるため、第 1 格子領域 1 3 の平均屈折率は、第 1 高屈折率部 1 3 a の屈折率と第 1 低屈折率部 1 3 b の屈折率との平均値である。

[0032] 同様に、第 2 高屈折率部 1 5 a と第 2 低屈折率部 1 5 b との体積比率は 1 : 1 であるため、第 2 格子領域 1 5 の平均屈折率は、第 2 高屈折率部 1 5 a の屈折率と第 2 低屈折率部 1 5 b の屈折率との平均値であり、第 1 格子領域 1 3 の平均屈折率と一致する。そして、第 1 格子領域 1 3 において第 1 高屈折率部 1 3 a が占める体積の比率と、第 2 格子領域 1 5 において第 2 高屈折率部 1 5 a が占める体積の比率とは等しい。

[0033] ここで、第 1 格子領域 1 3 および第 2 格子領域 1 5 の各々において導波モード共鳴現象を生じさせるためには、第 1 格子領域 1 3 の屈折率と、第 1 格子領域 1 3 を挟む第 1 低屈折率領域 1 2 および第 2 低屈折率領域 1 4 の各々の屈折率との差は、いずれも 0.1 よりも大きいことが好ましい。同様に、第 2 格子領域 1 5 の屈折率と、第 2 格子領域 1 5 を挟む第 2 低屈折率領域 1 4 および第 3 低屈折率領域 1 6 の各々の屈折率との差は、いずれも 0.1 よりも大きいことが好ましい。

[0034] したがって、第 1 高屈折率部 1 3 a および第 2 高屈折率部 1 5 a を構成する高屈折率材料の屈折率と、第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、第 3 低屈折率領域 1 6、第 1 低屈折率部 1 3 b、および、第 2 低屈折率部 1 5 b を構成する低屈折率材料の屈折率との差は 0.2 より大きいことが好ましい。

[0035] 光学デバイス10の選択対象が可視領域の光である場合には、低屈折率材料としては、合成石英等の無機物や、紫外線硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂等の高分子材料を用いることが可能であり、この場合、高屈折率材料としては、 TiO_2 （酸化チタン）、 Nb_2O_5 （酸化ニオブ）、 Ta_2O_5 （酸化タンタル）、 ZrO （酸化ジルコニウム）、 ZnS （硫化亜鉛）等の無機誘電体材料を用いることができる。

[0036] 基材11、および、各領域12, 13, 14, 15, 16のすべてが、光学デバイス10への入射光を透過する材料から構成されている場合、光学デバイス10は、反射光および透過光の両方について波長選択性を有する。

[0037] [光学デバイスの作用]

上記光学デバイス10の表面領域から光学デバイス10に光が入射すると、第2格子領域15がサブ波長格子を有すること、および、第2格子領域15が、第2格子領域15の屈折率よりも低い屈折率を有する第2低屈折率領域14と第3低屈折率領域16とに挟まれていることから、第2格子領域15では、表面領域への回折光の射出が抑えられ、導波モード共鳴現象が発生する。すなわち、特定の波長域の光が第2格子領域15を多重反射しつつ伝播して共鳴を起こし、この特定の波長域の光が、光学デバイス10の表面領域に反射光として射出される。第2格子領域15で共鳴を起こす光の波長域は、第2格子領域15における第2高要素幅 Dh_2 、第2周期 P_2 、および、第2領域厚さ T_2 によって決まる。

[0038] ここで、第2格子領域15を伝播する上記特定の波長域の光が、損失なく第2格子領域15にて多重反射することは起こりにくく、上記特定の波長域の光の一部は、第2格子領域15内での反射ごとに、第2低屈折率領域14に漏れ出る。この漏れ出た光は、第2低屈折率領域14を透過して、第1格子領域13に入る。

また、上記特定の波長域以外の波長域の光は、第2格子領域15で多重反射せずに、第2低屈折率領域14を透過して、第1格子領域13に入る。

[0039] 第1格子領域13に光が入射すると、第1格子領域13がサブ波長格子を

有すること、および、第1格子領域13が、第1格子領域13の屈折率よりも低い屈折率を有する第1低屈折率領域12と第2低屈折率領域14とに挟まれていることから、第1格子領域13でも、導波モード共鳴現象が発生する。第1格子領域13で共鳴を起こす光の波長域は、第1格子領域13における第1高要素幅 Dh_1 、第1周期 P_1 、および、第1領域厚さ T_1 によって決まる。第1格子領域13と第2格子領域15とで、第1高要素幅 Dh_1 は第2高要素幅 Dh_2 と一致し、第1周期 P_1 は第2周期 P_2 と一致し、第1領域厚さ T_1 は第2領域厚さ T_2 と一致する。そのため、第1格子領域13で共鳴を起こす光の波長域は、第2格子領域15で共鳴を起こす光の波長域と同じである。

[0040] したがって、第2格子領域15にて多重反射する過程で漏れ出て第1格子領域13に入った光が、第1格子領域13を多重反射しつつ伝播して共鳴を起こし、光学デバイス10の表面領域に反射光として射出される。

そして、第1格子領域13で多重反射を起こさなかった波長域の光は、第1低屈折率領域12および基材11を透過して、光学デバイス10の裏面領域に出る。

[0041] 結果として、光学デバイス10の表面領域には、第2格子領域15で強められた波長域の光と、第1格子領域13で強められた波長域の光とが射出される。これらの光の波長域は同じであるから、1つの格子領域のみを有する光学デバイスと比較して、光学デバイス10から反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度は大きくなる。したがって、反射光の波長選択性が高められる。

[0042] そして、光学デバイス10への入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された上記特定の波長域を除く波長域の光が、透過光として光学デバイス10の裏面領域に射出される。

[0043] なお、光学デバイス10の裏面領域から光学デバイス10に光が入射した場合には、第2格子領域15で強められた波長域の反射光と、第1格子領域13で強められた波長域の反射光とが、光学デバイス10の裏面領域に射出

される。そして、入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された波長域を除く波長域の光が、透過光として光学デバイス10の表面領域に射出される。

[0044] [光学デバイスの製造方法]

図2～図4を参照して、上述した光学デバイス10の製造方法について説明する。

図2が示すように、まず、基材11の表面に、低屈折率材料からなる層を形成し、この層の表面に凹凸構造を形成することによって、凹凸構造層20を形成する。凹凸構造層20は、基材11に沿って広がる平坦部20aと、平坦部20aから突き出た複数の凸部20bとを有するとともに、複数の凸部20bの間に位置する部分である複数の凹部20cを有する。複数の凸部20bは、サブ波長周期で等間隔に配置され、1つの方向に帯状に延びる。

[0045] 複数の凹部20cは、複数の凸部20bと同一のパターンで並んでおり、基材11の表面と対向する方向から見て、複数の凸部20bの合計の面積と複数の凹部20cの合計の面積とは等しい。

[0046] 光学デバイス10によって取り出したい波長域に応じて、凸部20bと凹部20cとは、配列の周期 P_t が所望の第1周期 P_1 かつ第2周期 P_2 となり、凸部20bの幅 D_{t1} が所望の第1低要素幅 D_{l1} かつ第2高要素幅 D_{h2} となり、凹部20cの幅 D_{t2} が所望の第1高要素幅 D_{h1} かつ第2低要素幅 D_{l2} となるように形成される。すなわち、凸部20bの幅 D_{t1} と、凹部20cの幅 D_{t2} とは等しい。凸部20bの高さ H_t は、所望の第1領域厚さ T_1 よりも大きくなるように形成される。

[0047] 凹凸構造の形成には、ナノインプリント法やドライエッチング法等の公知の微細加工技術が用いられる。なかでも、ナノインプリント法は、微細な凸部20bおよび凹部20cを簡便に形成できるため好ましい。

[0048] 例えば、低屈折率材料として紫外線硬化性樹脂を用い、光ナノインプリント法によって凹凸構造層20を形成する場合、まず、基材11の表面に、紫外線硬化性樹脂を塗工する。次いで、紫外線硬化性樹脂からなる塗工層の表

面に、形成対象の凸部20bおよび凹部20cからなる凹凸の反転された凹凸を有する凹版である合成石英モールドを押し当て、塗工層および凹版に紫外線を照射する。続いて、硬化した紫外線硬化性樹脂から凹版を離型する。これによって、凹版の有する凹凸が紫外線硬化性樹脂に転写されて凸部20bおよび凹部20cが形成されるとともに、凸部20bおよび凹部20cと基材11との間には、紫外線硬化性樹脂からなる残膜として、平坦部20aが形成される。

[0049] 次に、図3が示すように、凹凸構造層20の表面に、高屈折率材料からなる高屈折率層21を形成する。高屈折率層21の形成方法としては、真空蒸着法等の公知の成膜技術が用いられる。高屈折率層21は、凸部20b上と凹部20c上とに形成される。すなわち、高屈折率層21は、凹部20c上に位置する第1層状部21aと、凸部20b上に位置する第2層状部21bとを含む。

[0050] 凹凸構造層20における凸部20bの幅 D_{t1} と凹部20cの幅 D_{t2} とは等しいため、第1層状部21aの幅 D_{s1} と第2層状部21bの幅 D_{s2} とは等しくなる。また、第1層状部21aの配列の周期と第2層状部21bの配列の周期とは周期 P_t となり、互いに等しい。高屈折率層21の厚さは、すなわち、第1層状部21aの厚さ T_{s1} であるとともに第2層状部の厚さ T_{s2} であり、これらの厚さは等しい。高屈折率層21の厚さは、凸部20bの高さ H_t よりも小さく、所望の第1領域厚さ T_1 かつ第2領域厚さ T_2 になるように形成される。すなわち、複数の第1層状部21aと複数の第2層状部21bとの各々は、互いに同一のパターンを有するサブ波長格子を構成する。

[0051] 次に、図4が示すように、凹凸構造層20と高屈折率層21とからなる構造体の表面を覆うように、凹凸構造層20の形成材料と同じ低屈折率材料からなる層である埋め込み層22を形成して、上記構造体の有する凹凸を第2層状部21b上まで埋める。埋め込み層22は、平坦部22aと、複数の凸部22bと、複数の凸部22bの間に位置する凹部22cとを備える。凸部

22bは、第1層状部21a上で、隣り合う凸部20bの間および隣り合う第2層状部21bの間の空間を埋めている。平坦部22aは、第2層状部21b上に位置し、基材11の表面に沿った方向に広がっている。平坦部22aと凸部22bとは、平坦部22aから凸部22bが基材11に向けて突き出るように、繋がっている。

[0052] 凸部22bの配列の周期は、凹凸構造層20における凸部20bの配列の周期 P_t と一致し、凸部22bの幅は、凹部20cの幅 D_{t2} と一致し、凹部22cの幅は、凸部20bの幅 D_{t1} と一致する。凸部22bの高さは、高屈折率層21の厚さよりも大きい。

[0053] 埋め込み層22の形成方法としては、各種の塗布法等の公知の成膜技術が用いられる。例えば、低屈折率材料として紫外線硬化性樹脂を用いる場合、まず、上記構造体の表面に紫外線硬化性樹脂を塗工する。次いで、紫外線硬化性樹脂からなる塗工層の表面に、離型性を有する平板を押し当て、塗工層に紫外線を照射する。続いて、硬化した紫外線硬化性樹脂から平板を離型する。なお、紫外線硬化性樹脂を使用する場合は、上記平板は紫外線を透過する材料で構成される必要がある。

[0054] これにより、光学デバイス10が形成される。凹凸構造層20の平坦部20aが、第1低屈折率領域12である。高屈折率層21の第1層状部21aと、凹凸構造層20の凸部20bのなかで第1層状部21aに隣接する部分とから第1格子領域13が構成され、第1層状部21aが第1高屈折率部13aであり、凸部20bのなかで第1層状部21aに隣接する部分が第1低屈折率部13bである。凹凸構造層20の凸部20bのなかで第1層状部21aよりも延びている部分と、埋め込み層22の凸部22bのなかで凹凸構造層20の凸部20bに隣接する部分とから第2低屈折率領域14が構成される。

[0055] 高屈折率層21の第2層状部21bと、埋め込み層22の凸部22bのなかで第2層状部21bに隣接する部分とから第2格子領域15が構成され、第2層状部21bが第2高屈折率部15aであり、凸部22bのなかで第2

層状部 2 1 b に隣接する部分が第 2 低屈折率部 1 5 b である。埋め込み層 2 2 の平坦部 2 2 a が、第 3 低屈折率領域 1 6 である。

[0056] こうした製造方法によって製造される光学デバイス 1 0 においては、第 1 低屈折率領域 1 2 と、第 1 格子領域 1 3 の第 1 低屈折率部 1 3 b とは連続し、第 1 低屈折率部 1 3 b と、第 2 低屈折率領域 1 4 のなかで第 1 低屈折率部 1 3 b に隣接する部分とは連続する。第 1 低屈折率領域 1 2 と、第 1 低屈折率部 1 3 b と、第 2 低屈折率領域 1 4 のなかで第 1 低屈折率部 1 3 b に隣接する部分とは 1 つの構造体である。また、第 2 低屈折率領域 1 4 のなかで第 2 格子領域 1 5 の第 2 低屈折率部 1 5 b に隣接する部分と、第 2 低屈折率部 1 5 b とは連続し、第 2 低屈折率部 1 5 b と第 3 低屈折率領域 1 6 とは連続する。第 2 低屈折率領域 1 4 のなかで第 2 低屈折率部 1 5 b に隣接する部分と、第 2 低屈折率部 1 5 b と、第 3 低屈折率領域 1 6 とは 1 つの構造体である。

[0057] 上述のように、光学デバイス 1 0 では、第 1 格子領域 1 3 で強められた波長域の光と、第 2 格子領域 1 5 で強められた波長域の光とが射出されることにより、得られる反射光の強度が大きくなる。そのため、第 1 格子領域 1 3 や第 2 格子領域 1 5 に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、具体的には、ナノインプリント法を用いて光学デバイス 1 0 を形成する場合には、残膜の膜厚の精密な制御を要せずに、波長選択性の高められた光学デバイス 1 0 を製造することができる。したがって、光学デバイス 1 0 の製造が容易である。

[0058] また、光学デバイス 1 0 は、光ナノインプリント法と真空蒸着法とを組み合わせた製造方法によって形成可能であるため、ロール・トゥ・ロール法による製造に適している。したがって、光学デバイス 1 0 の構成は、大量生産にも適している。

[0059] なお、真空蒸着法を用いて高屈折率層 2 1 を形成する場合、凹凸構造層 2 0 の凸部 2 0 b の側面にも、高屈折率材料が付着する場合がある。その結果、図 5 が示すように、光学デバイス 1 0 においては、第 2 低屈折率領域 1 4

が、第1方向に沿った方向から見て互いに隣り合う第1高屈折率部13aと第2高屈折率部15aとの端部間を繋ぐように、第2低屈折率領域14の厚さ方向に延びる第3高屈折率部17を含む。なお、第3高屈折率部17は、第1高屈折率部13aと第2高屈折率部15aとを完全に繋いでいなくてもよく、第3高屈折率部17と第1高屈折率部13aや第2高屈折率部15aは離れていてもよい。

[0060] 第3高屈折率部17が存在する場合であっても、第2低屈折率領域14における第3高屈折率部17の体積比率は微小であって、第2低屈折率領域14においては、低屈折率材料によって構成される部分が支配的である。そのため、第2低屈折率領域14の屈折率は、第1低屈折率領域12および第3低屈折率領域16の各々の屈折率よりもわずかに大きくなるが、第1格子領域13および第2格子領域15の各々の屈折率よりは十分に小さい。したがって、第1格子領域13および第2格子領域15の各々が、これらの領域よりも屈折率の低い領域に挟まれた、導波モード共鳴現象に適した構造が実現される。

[0061] [光学デバイスの変形例]

上述の製造方法において、紫外線硬化性樹脂に代えて熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂を用いて、ナノインプリント法により凹凸構造層20を形成してもよい。熱硬化性樹脂を用いる場合、紫外線の照射を加熱に変更すればよく、熱可塑性樹脂を用いる場合、紫外線の照射を、加熱および冷却に変更すればよい。

[0062] ただし、熱可塑性樹脂を用いて凹凸構造層20を形成した場合、埋め込み層22の形成に際して、凹凸構造層20が加熱されて変形することを抑えるために、熱可塑性樹脂とは異なる材料を用いて埋め込み層22を形成することが好ましい。

[0063] 例えば、図6が示すように、凹凸構造層20を熱可塑性樹脂から形成し、埋め込み層22を紫外線硬化性樹脂から形成してもよい。この場合、凹凸構造層20を構成する低屈折率材料の屈折率と、埋め込み層22を構成する低

屈折率材料の屈折率とは、互いに異なっていてもよく、それぞれの低屈折率材料の屈折率が高屈折率層 2 1 を構成する高屈折率材料の屈折率よりも低ければよい。

[0064] 凹凸構造層 2 0 を構成する低屈折率材料の屈折率と、埋め込み層 2 2 を構成する低屈折率材料の屈折率とが互いに異なるとき、製造された光学デバイス 1 0 においては、第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、および、第 3 低屈折率領域 1 6 の各々の屈折率は、互いに異なる。また、第 2 低屈折率領域 1 4 は、互いに異なる屈折率を有する材料から構成された帯状の部分が、第 2 方向に沿って延び、第 3 方向に沿って交互に並ぶ構造を有する。

[0065] なお、凹凸構造層 2 0 を熱可塑性樹脂から形成し、埋め込み層 2 2 を熱可塑性樹脂とは異なる材料から形成する場合に限らず、凹凸構造層 2 0 を構成する低屈折率材料の屈折率と、埋め込み層 2 2 を構成する低屈折率材料の屈折率とは、互いに異なっていてもよい。要は、凹凸構造層 2 0 および埋め込み層 2 2 の各々を構成する低屈折率材料の屈折率が、高屈折率層 2 1 を構成する高屈折率材料の屈折率よりも低ければよい。そして、製造された光学デバイス 1 0 においては、第 1 格子領域 1 3 および第 2 格子領域 1 5 の屈折率の各々よりも、第 1 低屈折率領域 1 2、第 2 低屈折率領域 1 4、および、第 3 低屈折率領域 1 6 の屈折率の各々が低ければよい。

[0066] また、図 7 が示すように、基材 1 1 と凹凸構造層 2 0 とが互いに連続した 1 つの構造体であってもよい。すなわち、低屈折率材料からなる基材 1 1 の表面に凹凸構造を形成することによって、凹凸構造層 2 0 を形成する。例えば、基材 1 1 として熱可塑性樹脂からなるシートを用いて、基材 1 1 の表面に凹凸構造を形成してもよいし、基材 1 1 として合成石英からなる基板を用いて、基材 1 1 の表面に凹凸構造を形成してもよい。合成石英基板に対する凹凸構造の形成には、ドライエッチング法等の公知の技術が用いられればよい。この場合、製造された光学デバイス 1 0 においては、基材 1 1 と第 1 低屈折率領域 1 2 とは互いに連続している。

[0067] [光学デバイスの適用例]

上述した光学デバイス10の具体的な適用例について説明する。

<波長選択フィルタ>

光学デバイス10の第1の適用例は、光学デバイス10を波長選択フィルタに用いる形態である。図8が示すように、波長選択フィルタ50は、複数の波長の光を含む入射光11を受けたとき、特定の波長域の光12を反射し、この光12の波長域を除く波長域の光13を透過する。波長選択フィルタ50には光学デバイス10の構成が適用されており、例えば光学デバイス10の表面領域から光が入射するように配置されている。光12および光13の波長域は、上述のように、第1格子領域13および第2格子領域15が有するサブ波長格子の周期の設定によって調整可能である。

[0068] 波長選択フィルタ50は、反射光である光12を利用する形態で用いられてもよいし、透過光である光13を利用する形態で用いられてもよいし、光12と光13との双方を利用する形態で用いられてもよい。例えば、波長選択フィルタ50は、色分解を要する装置を構成する部材や、照明を構成する部材等として用いられる。

[0069] 上述のように、第1実施形態の光学デバイス10によれば波長選択性が高められるため、光学デバイス10の構成が適用されることによって、波長選択性の高められた波長選択フィルタ50が実現できる。

[0070] <表示体>

光学デバイス10の第2の適用例は、光学デバイス10を表示体に用いる形態である。表示体は、物品の偽造の困難性を高める目的で用いられてもよいし、物品の意匠性を高める目的で用いられてもよいし、これらの目的を兼ねて用いられてもよい。物品の偽造の困難性を高める目的としては、表示体は、例えば、パスポートや免許証等の認証書類、商品券や小切手等の有価証券類、クレジットカードやキャッシュカード等のカード類、紙幣等に取り付けられる。また、物品の意匠性を高める目的としては、表示体は、例えば、身に着けられる装飾品や、使用者に携帯される物品、家具や家電等のように据え置かれる物品、壁や扉等の構造物等に取り付けられる。

[0071] 図9が示すように、表示体60は、表面60Fと、表面60Fとは反対側の面である裏面60Rとを有し、表面60Fと対向する方向から見て、表示体60は、第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとを含んでいる。第1表示領域61Aは、複数の第1画素62Aが配置されている領域であり、第2表示領域61Bは、複数の第2画素62Bが配置されている領域であり、第3表示領域61Cは、複数の第3画素62Cが配置されている領域である。換言すれば、第1表示領域61Aは、複数の第1画素62Aの集合から構成されており、第2表示領域61Bは、複数の第2画素62Bの集合から構成されており、第3表示領域61Cは、複数の第3画素62Cの集合から構成されている。

[0072] 第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとの各々は、これらの領域単独、もしくは、これらの領域の2以上の組み合わせによって、文字、記号、図形、模様、絵柄、これらの背景等を表現する。一例として、図9に示す構成では、第1表示領域61Aによって円形の図形が表現され、第2表示領域61Bによって三角形の図形が表現され、第3表示領域61Cによって背景が表現されている。

[0073] 第1画素62Aと、第2画素62Bと、第3画素62Cとの各々には、光学デバイス10の構成が適用されている。第1画素62Aと、第2画素62Bと、第3画素62Cとの各々は、第2方向と第3方向とが表示体60の表面60Fに沿った方向になるように、すなわち、表示体60の表面60Fに沿った方向にサブ波長格子を構成する要素が並ぶように配置されている。換言すれば、第1方向は、表示体60の厚さ方向、すなわち、裏面60Rから表面60Fに向かう方向であり、第2方向と第3方向とは、表面60Fに沿った方向である。例えば、これらの画素62A、62B、62Cは光学デバイス10の表面領域が表示体60の表面60Fと向かい合う領域となる向きに配置されている。

[0074] 第1画素62Aと、第2画素62Bと、第3画素62Cとにおいて、第1格子領域13の第1周期P1および第2格子領域15の第2周期P2は、画

素ごとに異なる周期である。したがって、第1画素62Aと、第2画素62Bと、第3画素62Cとで、第1格子領域13および第2格子領域15にて、導波モード共鳴現象による共鳴が起こる波長域は互いに異なる。

[0075] 結果として、複数の波長の光を含む入射光を受けたとき、第1画素62Aから射出される反射光の波長域と、第2画素62Bから射出される反射光の波長域と、第3画素62Cから射出される光の波長域とは、互いに異なる。また、上記入射光を受けたとき、第1画素62Aから射出される透過光の波長域と、第2画素62Bから射出される透過光の波長域と、第3画素62Cから射出される透過光の波長域とは、互いに異なる。

[0076] すなわち、図10が示すように、表示体60の外側から表示体60の表面60Fに向けて入射光I1が照射されているとき、表示体60の表面60Fと向かい合う領域には、第1画素62Aから反射光I4が射出され、第2画素62Bから反射光I5が射出され、第3画素62Cから反射光I6が射出される。したがって、表示体60の外側から表面60Fを見ると、第1表示領域61Aには反射光I4の波長域に応じた色相の色が視認され、第2表示領域61Bには反射光I5の波長域に応じた色相の色が視認され、第3表示領域61Cには反射光I6の波長域に応じた色相の色が視認される。反射光I4の波長域と、反射光I5の波長域と、反射光I6の波長域とは互いに異なるため、第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとは互いに異なる色相の色に見える。

[0077] したがって、表示体60の外側から表面60Fに向けて入射光I1が照射されている状態で、表示体60の表面側から表面60Fを観察する表面反射観察によれば、互いに異なる色の第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとから構成される像が視認される。

[0078] また、表示体60の外側から表示体60の表面60Fに向けて入射光I1が照射されているとき、表示体60の裏面60Rと向かい合う領域には、第1画素62Aから透過光I7が射出され、第2画素62Bから透過光I8が射出され、第3画素62Cから透過光I9が射出される。したがって、表示

体60の外側から表示体60の裏面60Rを見ると、第1表示領域61Aには透過光I7の波長域に応じた色相の色が視認され、第2表示領域61Bには透過光I8の波長域に応じた色相の色が視認され、第3表示領域61Cには透過光I9の波長域に応じた色相の色が視認される。透過光I7の波長域と、透過光I8の波長域と、透過光I9の波長域とは互いに異なるため、第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとは互いに異なる色相の色に見える。

[0079] したがって、表示体60の外側から表面60Fに向けて入射光I1が照射されている状態で、表示体60の裏面側から裏面60Rを観察する裏面透過観察によっても、互いに異なる色の第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとから構成される像が視認される。

[0080] さらに、反射光I4の波長域と透過光I7の波長域とは異なるため、表面60Fを見たときと、裏面60Rを見たときとで、第1表示領域61Aに視認される色の色相は異なる。裏面60Rに見える色は、表面60Fに見える色の補色に相当する色である。同様に、表面60Fを見たときと、裏面60Rを見たときとで、第2表示領域61Bに視認される色の色相は異なり、第3表示領域61Cに視認される色の色相も異なる。

[0081] したがって、表面反射観察と裏面透過観察とで、表示体60には互いに異なる色彩の像が視認される。それゆえ、表示体60を備える物品にて、偽造の困難性や意匠性がより高められる。また、表示体60の表裏の識別も容易である。

[0082] そして、上述のように、第1実施形態の光学デバイス10によれば波長選択性が高められるため、光学デバイス10の構成が各画素62A、62B、62Cに適用されることによって、各表示領域61A、61B、61Cに視認される色の鮮明さや明るさが高められる。それゆえ、表示体60が形成する像の視認性が高められる。また、第1実施形態の光学デバイス10では、樹脂フィルムのように可撓性のある基材11を用いることが可能であるため、形状の変形についての自由度が高い表示体60の実現も可能である。

[0083] 第1画素62Aと第2画素62Bと第3画素62Cとの間で、基材11、第1低屈折率領域12、第1格子領域13、第2低屈折率領域14、第2格子領域15、および、第3低屈折率領域16の各々は連続している。すなわち、第1画素62Aと第2画素62Bと第3画素62Cとは、共通した1つの基材11と、これらの画素間で相互に連続した凹凸構造層20と、これらの画素間で相互に連続した埋め込み層22とを有している。

[0084] 第1画素62Aと第2画素62Bと第3画素62Cとの各々における凹凸構造層20は、例えば、ナノインプリント法を利用して、各画素62A、62B、62Cに対応する部分で凹凸の周期を変えた合成石英モールドを用いることによって、同時に形成することができる。また、高屈折率層21および埋め込み層22も、各画素62A、62B、62Cに対応する部分を同時に形成することができる。したがって、互いに異なる色を呈する画素62A、62B、62Cを容易に形成することができる。

[0085] また、表示体60が含む表示領域の数、すなわち、光学デバイス10の構成が適用された画素が配置されて、互いに異なる色相の色を呈する表示領域の数は特に限定されず、表示領域の数は、1つであってもよいし、4つ以上であってもよい。また、表示体60は、光学デバイス10の構成とは異なる構成を有する領域、例えば、基材11に低屈折率材料からなる平坦な層のみが積層された構造を有する領域等を有していてもよい。

[0086] さらに、表示領域には、光学デバイス10の構成が適用された表示要素が含まれればよく、表示要素は、ラスタ画像を形成するための繰返しの最小単位である画素に限らず、ベクタ画像を形成するためのアンカを結んだ領域であってもよい。

[0087] <カラーフィルタ>

光学デバイス10の第3の適用例は、光学デバイス10をカラーフィルタに用いる形態である。

図11が示すように、カラーフィルタ70は、マトリックス状に並ぶ複数の画素71を備え、各画素71は、赤色用副画素71Rと、緑色用副画素7

1 Gと、青色用副画素71 Bとの3つの副画素から構成されている。

[0088] カラーフィルタ70は、反射型のカラーフィルタであって、表示装置に備えられる。カラーフィルタ70に対して、表示装置の表示面を見る観察者の位置する側が、カラーフィルタ70の表面側であり、カラーフィルタ70に対して、表面側と反対の側が、カラーフィルタ70の裏面側である。カラーフィルタ70には、表面側から、光が照射される。カラーフィルタ70に照射される光の強度は、副画素ごとに、液晶装置等によって変更可能に構成されている。

[0089] 赤色用副画素71 Rは、赤色用副画素71 Rに入射した光を赤色の光に変換して反射する。緑色用副画素71 Gは、緑色用副画素71 Gに入射した光を緑色の光に変換して反射する。青色用副画素71 Bは、青色用副画素71 Bに入射した光を青色の光に変換して反射する。

[0090] 赤色用副画素71 Rと、緑色用副画素71 Gと、青色用副画素71 Bとの各々には、光学デバイス10の構成が適用されている。赤色用副画素71 Rと、緑色用副画素71 Gと、青色用副画素71 Bとの各々は、第2方向と第3方向とがカラーフィルタ70の表面に沿った方向になるように、すなわち、表示装置の表示面に沿った方向にサブ波長格子を構成する要素が並ぶように配置されている。換言すれば、第1方向は、カラーフィルタ70の厚さ方向であり、第2方向と第3方向とは、カラーフィルタ70の表面に沿った方向である。例えば、これらの副画素71 R, 71 G, 71 Bは光学デバイス10の表面領域がカラーフィルタ70の表面側の領域となる向きに配置されている。

[0091] 図12が示すように、赤色用副画素71 Rは、カラーフィルタ70の表面側から複数の波長の光を含む入射光I1を受けたとき、赤色の反射光I_rを射出するように、第1格子領域13の第1周期P1および第2格子領域15の第2周期P2が設定されている。緑色用副画素71 Gは、入射光I1を受けたとき、緑色の反射光I_gを射出するように、第1周期P1および第2周期P2が設定されている。青色用副画素71 Bは、入射光I1を受けたとき

、青色の反射光 1 b を射出するように、第 1 周期 P 1 および第 2 周期 P 2 が設定されている。副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B ごとに入射光の強度が変更されることによって、画素 7 1 として視認される色が変更され、画素 7 1 の集合によって表示装置の表示する像が形成される。

[0092] 上述のように、第 1 実施形態の光学デバイス 1 0 によれば波長選択性が高められるため、光学デバイス 1 0 の構成が各副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B に適用されることによって、各副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B における色の鮮明さや輝度が高められる。

[0093] また、上述の表示体 6 0 の形態と同様に、赤色用副画素 7 1 R と緑色用副画素 7 1 G と青色用副画素 7 1 B との間で、基材 1 1、第 1 低屈折率領域 1 2、第 1 格子領域 1 3、第 2 低屈折率領域 1 4、第 2 格子領域 1 5、および、第 3 低屈折率領域 1 6 の各々は連続している。すなわち、赤色用副画素 7 1 R と緑色用副画素 7 1 G と青色用副画素 7 1 B とは、共通した 1 つの基材 1 1 と、これらの副画素間で相互に連続した凹凸構造層 2 0 と、これらの副画素間で相互に連続した埋め込み層 2 2 とを有している。

[0094] 赤色用副画素 7 1 R と緑色用副画素 7 1 G と青色用副画素 7 1 B との各々における凹凸構造層 2 0 は、例えば、ナノインプリント法を用いて、各副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B に対応する部分で凹凸の周期を変えた合成石英モールドを用いることによって、同時に形成することができる。また、高屈折率層 2 1 および埋め込み層 2 2 も、各副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B に対応する部分を同時に形成することができる。したがって、3 種類の色の副画素 7 1 R, 7 1 G, 7 1 B を有するカラーフィルタ 7 0 を容易に形成することができる。

[0095] なお、カラーフィルタ 7 0 が備える副画素から取り出される光の色の組み合わせは、表示装置の構成等に応じて、赤、緑、青の 3 色とは異なる色の組み合わせであってもよい。

[0096] 以上、第 1 実施形態によれば、以下に列挙する効果が得られる。

(1) 各格子領域 1 3, 1 5 に光が入射すると、各格子領域 1 3, 1 5 で

は、導波モード共鳴現象が発生する。そして、第1格子領域13で共鳴を起こす光の波長域と第2格子領域15で共鳴を起こす光の波長域とは一致する。したがって、2つの格子領域13, 15の各々で強められた波長域の光が反射光として得られるため、1つの格子領域のみを有する光学デバイスと比較して、反射光として射出される光の強度は大きくなる。これにより、格子領域に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、波長選択性が高められる。すなわち、光学デバイスにおいて、取り出される光の特性の拡張が可能である。

[0097] (2) 低屈折率材料からなる凹凸構造層20を形成する工程と、凹凸構造層20の表面に高屈折率層21を形成する工程と、凹凸構造層20と高屈折率層21とからなる構造体の表面に、低屈折率材料からなる埋め込み層を形成する工程とによって、上記光学デバイス10が形成される。したがって、サブ波長格子に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、光学デバイス10の波長選択性が高められるため、波長選択性が高められた光学デバイス10を容易に製造することができる。

[0098] (3) 特に、低屈折率材料として樹脂を用い、樹脂からなる塗工層に凹版を押し付けて樹脂の硬化によって凹凸構造層20を形成する製法では、ナノインプリント法を用いて凹凸構造層20の形成が行われるため、微細な凹凸を有する凹凸構造層20を好適に、かつ、簡便に形成することができる。

[0099] (4) 第1低屈折率領域12と、第1低屈折率部13bと、第2低屈折率領域14のなかで第1低屈折率部13bに隣接する部分とが、相互に連続する1つの構造体であり、第3低屈折率領域16と、第2低屈折率部15bと、第2低屈折率領域14のなかで第2低屈折率部15bに隣接する部分とが、相互に連続する1つの構造体である。こうした構成であれば、1つの構造体である部分の各々を、上述の製造方法を用いて1つの工程にて製造することができるため、光学デバイス10の容易な製造が可能である。

[0100] (5) 上記各構造体と第1高屈折率部13aおよび第2高屈折率部15aとの屈折率差が0.2よりも大きい構成では、各格子領域13, 15にて、

導波モード共鳴現象が好適に生じやすいため、各格子領域 13, 15 からの反射光の強度がより高められる。したがって、光学デバイス 10 における波長選択性がより高められる。

[0101] (6) 上記各構造体を構成する低屈折率材料が、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、第 1 高屈折率部 13a および第 2 高屈折率部 15a を構成する材料が、無機化合物を含む。こうした構成であれば、各格子領域 13, 15 にて、導波モード共鳴現象が好適に生じやすいため、各格子領域 13, 15 からの反射光の強度がより高められる。したがって、光学デバイス 10 における波長選択性がより高められる。また、光学デバイス 10 の製造に要する材料費の低減や、ナノインプリント法等の簡便な製造方法の適用が可能である。

[0102] (7) 第 2 低屈折率領域 14 が、第 1 方向に沿った方向から見て互いに隣り合う第 1 高屈折率部 13a と第 2 高屈折率部 15a との端部間で、第 2 低屈折率領域 14 の厚さ方向に沿って延びる第 3 高屈折率部 17 を備える。こうした構成であれば、真空蒸着法を利用した高屈折率部 13a, 15a の形成が可能であるため、サブ波長格子の好適な形成が可能である。そして、この場合であっても、導波モード共鳴現象を生じさせるための第 2 低屈折率領域 14 の構成が好適に実現される。

[0103] (第 2 実施形態)

図 13～図 16 を参照して、光学デバイス、および、光学デバイスの製造方法の第 2 実施形態について説明する。以下では、第 2 実施形態と第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1 実施形態と同様の構成については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0104] [光学デバイスの構成]

図 13 および図 14 を参照して、第 2 実施形態の光学デバイスの構成について説明する。図 13 が示すように、第 2 実施形態の光学デバイス 30 は、第 1 実施形態にて説明した第 1 低屈折率領域 12、第 1 格子領域 13、第 2 低屈折率領域 14、第 2 格子領域 15、および、第 3 低屈折率領域 16 から

なる構造体である共鳴構造部 18 を、2 つ備えている。

[0105] 2 つの共鳴構造部 18 である第 1 共鳴構造部 18 A と第 2 共鳴構造部 18 B とは、第 1 方向に隣り合っており、2 つの共鳴構造部 18 A, 18 B は、2 つの基材 11 で挟まれている。換言すれば、第 2 実施形態の光学デバイス 30 は、第 1 実施形態の構成を有する 2 つの光学デバイス 10 が、第 3 低屈折率領域 16 同士が向かい合うように接合された構造を有する。すなわち、第 2 実施形態の光学デバイス 30 は、第 1 方向に間をあけて並ぶ 4 つのサブ波長格子を有し、これらのサブ波長格子が低屈折率材料に埋め込まれた構造を有している。なお、一方の基材 11 に対して他方の基材 11 の位置する側が光学デバイス 30 の表面側であり、他方の基材 11 に対して一方の基材 11 の位置する側が光学デバイス 30 の裏面側である。そして、光学デバイス 30 の外側の領域のなかで、上記一方の基材 11 に対して表面側に位置する領域が表面領域であり、上記一方の基材 11 に対して裏面側に位置する領域が裏面領域である。

[0106] 2 つの共鳴構造部 18 A, 18 B において、高屈折率部 13 a, 15 a の延びる方向は一致している。すなわち、光学デバイス 30 が含むすべての第 1 高屈折率部 13 a および第 2 高屈折率部 15 a は、第 2 方向に沿って延び、光学デバイス 30 が含むすべての第 1 低屈折率部 13 b および第 2 低屈折率部 15 b もまた、第 2 方向に沿って延びている。そして、光学デバイス 30 が有する 4 つの格子領域 13, 15 の各々にて、高屈折率部 13 a, 15 a と低屈折率部 13 b, 15 b とは、第 3 方向に沿って交互に並んでいる。すなわち、光学デバイス 30 が有する 4 つのサブ波長格子について、サブ波長格子の配列方向は同一である。

[0107] なお、第 1 方向に沿った方向から見て、第 1 共鳴構造部 18 A の第 1 高屈折率部 13 a は、第 2 共鳴構造部 18 B の第 1 高屈折率部 13 a と重なってもよいし、第 2 共鳴構造部 18 B の第 2 高屈折率部 15 a と重なってもよいし、第 2 共鳴構造部 18 B の第 1 高屈折率部 13 a の一部および第 2 高屈折率部 15 a の一部と重なってもよい。

[0108] 第1共鳴構造部18Aと第2共鳴構造部18Bとは、これらの境界部分で、低屈折率領域を共有していてもよい。例えば、図13が示す例では、第1共鳴構造部18Aの備える第3低屈折率領域16と、第2共鳴構造部18Bの備える第3低屈折率領域16とは連続しており、これらの領域の境界面は存在しない。

[0109] 1つの共鳴構造部18内において、第1格子領域13の第1周期 P_1 と第2格子領域15の第2周期 P_2 とは同一であり、この周期が当該共鳴構造部18の構造周期 P_k である。

[0110] 第1共鳴構造部18Aの構造周期 P_k と、第2共鳴構造部18Bの構造周期 P_k とは、図13が示すように同一であってもよいし、図14が示すように互いに異なってもよい。

[0111] 2つの共鳴構造部18A, 18Bが同一の構造周期 P_k を有する形態においては、光学デバイス30が含む4つのサブ波長格子のパターンはすべて同一であり、共鳴構造部18A, 18Bにおいて高要素幅 D_{h1} , D_{h2} はすべて等しく、領域厚さ T_1 , T_2 はすべて等しい。また、2つの共鳴構造部18A, 18Bが互いに異なる構造周期 P_k を有する形態においては、光学デバイス30が含む4つのサブ波長格子のパターンは共鳴構造部18A, 18Bごとに異なる。すなわち、高要素幅 D_{h1} , D_{h2} は共鳴構造部18A, 18Bごとに異なる。領域厚さ T_1 , T_2 はすべて等しくてもよいし、共鳴構造部18A, 18Bごとに異なってもよい。

[0112] [光学デバイスの作用]

2つの共鳴構造部18A, 18Bが同一の構造周期 P_k を有する構成では、光学デバイス30が有する4つの格子領域13, 15のすべてにおいて、共鳴を起こす光の波長域は一致する。したがって、光学デバイス30の表面領域から光学デバイス30に光が入射したとき、上層の格子領域にて多重反射する特定の波長域の光のうち、多重反射の過程でこの格子領域から漏れ出した光は、その下層の格子領域に入って多重反射し、こうした現象が、格子領域の数だけ繰り返される。その結果、4つの格子領域13, 15の各々で強

められた特定の波長域の反射光が光学デバイス30の表面領域に射出される。そのため、第1実施形態の光学デバイス10と比較して、光学デバイス30から反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度はより大きくなるため、反射光の波長選択性がより高められる。

[0113] 一方、2つの共鳴構造部18A, 18Bが互いに異なる構造周期 P_k を有する構成では、第1共鳴構造部18Aの有する格子領域13, 15にて共鳴を起こす光の波長域と、第2共鳴構造部18Bの有する格子領域13, 15にて共鳴を起こす光の波長域とは、互いに異なる。したがって、光学デバイス30の表面領域から光学デバイス30に光が入射したとき、上層の共鳴構造部18の各格子領域13, 15で特定の波長域の光が多重反射し、多重反射しなかった波長域の光は、この共鳴構造部18を透過して、下層の共鳴構造部18に入り、上層の共鳴構造部18とは異なる波長域の光が、下層の共鳴構造部18の各格子領域13, 15で多重反射する。その結果、光学デバイス30の表面領域には、第1共鳴構造部18Aの有する格子領域13, 15にて強められた第1の波長域の光と、第2共鳴構造部18Bの有する格子領域13, 15にて強められた第2の波長域の光とを含む反射光が射出される。

[0114] そして、光学デバイス30の裏面領域には、光学デバイス30への入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された第1の波長域および第2の波長域を除く波長域の光が透過光として射出される。こうした構成によれば、光学デバイス30にて、反射光の強度を高めつつ反射光に含まれる波長域を拡げること、および、透過光に含まれる波長域を狭めることが可能である。したがって、共鳴構造部18A, 18Bにおける構造周期 P_k の設定を通じて、反射光や透過光として観察される色相の調整の自由度を高めることができる。

[0115] [光学デバイスの適用例]

第2実施形態の光学デバイス30の構成は、第1実施形態で示した適用例と同様に、波長選択フィルタ50に適用されてもよいし、表示体60が備え

る表示要素に適用されてもよいし、カラーフィルタ 70 が備える副画素に適用されてもよい。

[0116] 例えば、2つの共鳴構造部 18 A, 18 B が同一の構造周期 P_k を有する構成が適用された場合、波長選択フィルタ 50 においては、反射光の波長選択性がより高められる。また、表示体 60 においては、表面反射観察にて各表示領域 61 A, 61 B, 61 C に視認される色の鮮明さや明るさが高められることにより、像の視認性が高められる。また、カラーフィルタ 70 においては、各副画素 71 R, 71 G, 71 B における色の鮮明さや輝度が高められることにより、単色性の高い反射光を射出する各副画素 71 R, 71 B, 71 G を備えた反射型のカラーフィルタ 70 が実現される。

[0117] また例えば、2つの共鳴構造部 18 A, 18 B が互いに異なる構造周期 P_k を有する構成が適用された場合、波長選択フィルタ 50 においては、反射光や透過光として観察される色相の調整の自由度が高められる。

また、表示体 60 においては、表面反射観察と裏面透過観察とにおいて視認される像の色相の調整の自由度が高められる。

[0118] 具体的には、第 1 画素 62 A と第 2 画素 62 B と第 3 画素 62 C とでは、第 1 共鳴構造部 18 A の構造周期 P_k と、第 2 共鳴構造部 18 B の構造周期 P_k との組み合わせが、互いに異なっている。すなわち、第 1 画素 62 A における第 1 共鳴構造部 18 A の構造周期 P_k と、第 2 共鳴構造部 18 B の構造周期 P_k との組み合わせと、第 2 画素 62 B における第 1 共鳴構造部 18 A の構造周期 P_k と、第 2 共鳴構造部 18 B の構造周期 P_k との組み合わせとでは、第 1 共鳴構造部 18 A の構造周期 P_k と、第 2 共鳴構造部 18 B の構造周期 P_k との少なくとも一方が異なる。第 2 画素 62 B と第 3 画素 62 C とにおける構造周期 P_k の組み合わせ、第 1 画素 62 A と第 3 画素 62 C とにおける構造周期 P_k の組み合わせについても同様である。

[0119] こうした構成によって、第 1 画素 62 A と第 2 画素 62 B と第 3 画素 62 C とでは、反射光として射出される光の波長域が互いに異なり、かつ、透過光として射出される光の波長域が互いに異なっている。これにより、表面反

射観察と裏面透過観察との各々において、第1表示領域61Aと第2表示領域61Bと第3表示領域61Cとは互いに異なる色相の色に見える。こうした構成によれば、表面反射観察と裏面透過観察とにおいて視認される像の色相の調整の自由度が高められる。

[0120] また、カラーフィルタ70としては、透過型のカラーフィルタの実現が可能である。透過型のカラーフィルタは、カラーフィルタの裏面側、すなわち、カラーフィルタ70に対して、表示装置の表示面を見る観察者の位置する側とは反対側から、光が照射され、観察者が、カラーフィルタの表面側から、カラーフィルタを透過した透過光を見る形態で用いられる。

[0121] こうしたカラーフィルタ70において、赤色用副画素71Rは、赤色用副画素71Rに入射した光のなかで赤色の光を選択的に透過する。緑色用副画素71Gは、緑色用副画素71Gに入射した光のなかで緑色の光を選択的に透過する。青色用副画素71Bは、青色用副画素71Bに入射した光のなかで青色の光を選択的に透過する。

[0122] 具体的には、赤色用副画素71Rと緑色用副画素71Gと青色用副画素71Bとでは、第1共鳴構造部18Aの構造周期 P_k と、第2共鳴構造部18Bの構造周期 P_k との組み合わせが、互いに異なっている。すなわち、赤色用副画素71Rにおける第1共鳴構造部18Aの構造周期 P_k と、第2共鳴構造部18Bの構造周期 P_k との組み合わせと、緑色用副画素71Gにおける第1共鳴構造部18Aの構造周期 P_k と、第2共鳴構造部18Bの構造周期 P_k との組み合わせとでは、第1共鳴構造部18Aの構造周期 P_k と、第2共鳴構造部18Bの構造周期 P_k との少なくとも一方が異なる。緑色用副画素71Gと青色用副画素71Bとにおける構造周期 P_k の組み合わせ、赤色用副画素71Rと青色用副画素71Bとにおける構造周期 P_k の組み合わせについても同様である。

[0123] そして、図15が示すように、赤色用副画素71Rは、カラーフィルタ70の裏面側から複数の波長の光を含む入射光 I_1 を受けたとき、赤色の透過光 I_r を表面側に射出するように、共鳴構造部18A、18Bにおける構造

周期 P_k の組み合わせが設定されている。具体的には、赤色用副画素 71R は、第1共鳴構造部 18A にて緑色の波長域の光が強められて裏面側に反射光として射出され、第2共鳴構造部 18B にて青色の波長域の光が強められて裏面側に反射光として射出されるように構成される。こうした構成によれば、カラーフィルタ 70 の裏面側から白色の入射光を受けたとき、カラーフィルタ 70 の表面側には、赤色の透過光が射出されるため、カラーフィルタ 70 の表面側から見て、赤色用副画素 71R には、赤色が視認される。

[0124] 同様に、緑色用副画素 71G は、入射光 I_1 を受けたとき、緑色の透過光 I_g を表面側に射出するように、共鳴構造部 18A, 18B における構造周期 P_k の組み合わせが設定されている。また、青色用副画素 71B は、入射光 I_1 を受けたとき、青色の透過光 I_b を表面側に射出するように、共鳴構造部 18A, 18B における構造周期 P_k の組み合わせが設定されている。副画素 71R, 71G, 71B ごとに入射光の強度が変更されることによって、画素 71 として視認される色が変更され、画素 71 の集合によって表示装置の表示する像が形成される。

これにより、単色性の高い透過光を射出する各副画素 71R, 71B, 71G を備えた透過型のカラーフィルタ 70 が実現される。

[0125] [光学デバイスの製造方法]

図 16 および図 17 を参照して、第2実施形態の光学デバイス 30 の製造方法について説明する。まず、第2実施形態の光学デバイス 30 の製造に際しては、第1実施形態と同様に、基材 11 上に凹凸構造層 20 と高屈折率層 21 とが順に形成される。

[0126] 続いて、図 16 が示すように、基材 11 と凹凸構造層 20 と高屈折率層 21 とからなる構造体である 2つの凹凸構造体 31 を、高屈折率層 21 同士が向かい合うように対向させ、図 17 が示すように、2つの凹凸構造体 31 の間の領域を低屈折率材料で埋めることによってこれらの凹凸構造体 31 を接合する。これにより、光学デバイス 30 が形成される。

[0127] 図 17 が示すように、低屈折率材料による埋め込みによって、2つの凹凸

構造体 3 1 の間に形成される部分が埋め込み層 2 2 である。例えば、低屈折率材料として紫外線硬化性樹脂を用いる場合、2つの凹凸構造体 3 1 の間の領域に、紫外線硬化性樹脂を配置する。そして、配置した紫外線硬化性樹脂に紫外線を照射して紫外線硬化性樹脂を硬化させることにより、埋め込み層 2 2 を形成する。埋め込み層 2 2 の凸部 2 2 b は、2つの凹凸構造体 3 1 の各々において、凸部 2 0 b の間および第 2 層状部 2 1 b の間の空間を埋めている。平坦部 2 2 a は、2つの凹凸構造体 3 1 の間に位置し、基材 1 1 の表面に沿った方向に広がっている。平坦部 2 2 a と凸部 2 2 b とは、平坦部 2 2 a から凸部 2 2 b が基材 1 1 に向けて突き出るように、繋がっている。

[0128] 第 1 実施形態と同様に、埋め込み層 2 2 を構成する低屈折率材料は、高屈折率層 2 1 を構成する高屈折率材料よりも屈折率の低い材料であれば、凹凸構造層 2 0 を構成する材料とは異なる材料であってもよい。また、2つの凹凸構造体 3 1 において、凹凸構造層 2 0 を構成する低屈折率材料や高屈折率層 2 1 を構成する高屈折率材料は互いに異なってもよい。

[0129] なお、2つの凹凸構造体 3 1 を対向させた状態において、第 1 層状部 2 1 a 同士が向かい合ってもよいし、一方の凹凸構造体 3 1 における第 1 層状部 2 1 a と、他方の凹凸構造体 3 1 における第 2 層状部 2 1 b とが向かい合ってもよい。あるいは、一方の凹凸構造体 3 1 における第 1 層状部 2 1 a は、他方の凹凸構造体 3 1 における第 1 層状部 2 1 a の一部および第 2 層状部 2 1 b の一部と向かい合ってもよい。

[0130] 例えば、2つの凹凸構造体 3 1 として、凸部 2 0 b の周期 P_t が同一である凹凸構造体 3 1 を接合することによって、2つの共鳴構造部 1 8 A, 1 8 B が同一の構造周期 P_k を有する光学デバイス 3 0 が形成できる。また例えば、2つの凹凸構造体 3 1 として、凸部 2 0 b の周期 P_t が互いに異なる凹凸構造体 3 1 を接合することによって、2つの共鳴構造部 1 8 A, 1 8 B が互いに異なる構造周期 P_k を有する光学デバイス 3 0 が形成できる。

[0131] なお、光学デバイス 3 0 は、第 1 方向に並ぶ 3 以上の共鳴構造部 1 8 を備えていてもよい。光学デバイス 3 0 が複数の共鳴構造部 1 8 を備える構成に

において、これらの共鳴構造部 18 における構造周期 P_k が同一であれば、共鳴構造部 18 の数が多いほど、反射光の強度は高められる。また、複数の共鳴構造部 18 の構造周期 P_k が互いに異なってもよいし、複数の共鳴構造部 18 に、構造周期 P_k が同一である複数の共鳴構造部 18 と、構造周期 P_k が互いに異なる共鳴構造部 18 とが含まれてもよい。こうした構成によれば、光学デバイス 30 から出射される反射光や透過光の色の細かな調整も可能となる。

[0132] 3 以上の共鳴構造部 18 を備える光学デバイス 30 の製造に際しては、凹凸構造体 31 の基材 11 と凹凸構造層 20 とが、凹凸構造層 20 から基材 11 を剥離可能に形成できる材料から形成される。そして、2 つの凹凸構造体 31 が低屈折率材料によって接合されたのち、一方の基材 11 が剥離され、露出された凹凸構造層 20 と他の凹凸構造体 31 とがさらに低屈折率材料を挟んで接合されることが繰り返されることによって、6 以上のサブ波長格子を有する光学デバイス 30 が形成される。

[0133] 以上、第 2 実施形態によれば、第 1 実施形態の (1) ~ (7) の効果に加えて、下記の効果が得られる。

(8) 光学デバイス 30 が、第 1 方向に並ぶ複数の共鳴構造部 18 を備える構成によれば、光学デバイス 10 が 4 つ以上の格子領域 13, 15 を備えるため、光学デバイス 30 の波長選択性をさらに高めることや、反射光と透過光とに含まれる波長域の調整の自由度を高めることが可能である。

[0134] (9) 複数の共鳴構造部 18 の構造周期 P_k が、複数の共鳴構造部 18 において等しい構成によれば、各格子領域 13, 15 で共鳴を起こす光の波長域は一致し、各格子領域 13, 15 で強められた特定の波長域の反射光が光学デバイス 30 から射出される。したがって、反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度はより大きくなるため、反射光の波長選択性がより高められる。

[0135] (10) 第 1 共鳴構造部 18 A の構造周期 P_k と、第 2 共鳴構造部 18 B の構造周期 P_k とが互いに異なる構成によれば、第 1 共鳴構造部 18 A の各

格子領域 13, 15 にて共鳴を起こす光の波長域と、第 2 共鳴構造部 18 B の各格子領域 13, 15 にて共鳴を起こす光の波長域とは、互いに異なる。したがって、光学デバイス 30 に光が入射したとき、光学デバイス 30 から、第 1 共鳴構造部 18 A の格子領域 13, 15 にて強められた第 1 の波長域の光と、第 2 共鳴構造部 18 B の有する格子領域 13, 15 にて強められた第 2 の波長域の光とを含む反射光が射出される。また、光学デバイスへ 30 の入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された第 1 の波長域および第 2 の波長域を除く波長域の光が透過光として光学デバイス 10 から射出される。したがって、光学デバイス 30 にて、反射光の強度を高めつつ反射光に含まれる波長域を広げること、および、透過光に含まれる波長域を狭めることが可能である。それゆえ、各共鳴構造部 18 A, 18 B が有するサブ波長格子の格子周期の設定を通じて、反射光や透過光として観察される色相の調整の自由度を高めることができる。

[0136] (11) 上記光学デバイス 30 は、2つの凹凸構造体 31 を、高屈折率層 21 同士が向かい合うように対向させ、2つの凹凸構造体 31 の間の領域を低屈折率材料で埋めることによって形成される。これによれば、複数の共鳴構造部 18 を備える光学デバイス 30 を容易に形成することができる。

[0137] (第 3 実施形態)

図 18 および図 19 を参照して、光学デバイス、および、光学デバイスの製造方法の第 3 実施形態について説明する。第 3 実施形態は、第 2 実施形態と比較して、2つの共鳴構造部におけるサブ波長格子の配列方向が異なる。以下では、第 3 実施形態と第 2 実施形態との相違点を中心に説明し、第 2 実施形態と同様の構成については同じ符号を付してその説明を省略する。なお、図 18 および図 19 は、光学デバイス的一部分を示す図であり、光学デバイスの構造を理解しやすくするために、高屈折率材料から構成されている部分と、低屈折率材料から構成されている部分とに、互いに異なる濃度のドットを付して示している。

[0138] [光学デバイスの構成]

図18が示すように、第3実施形態の光学デバイス40は、第2実施形態と同様に、第1方向に隣り合う2つの共鳴構造部18A、18Bを備えている。ただし、第3実施形態においては、第1共鳴構造部18Aの格子領域13、15が有する各要素部、すなわち、高屈折率部13a、15aおよび低屈折率部13b、15bの各々の延びる方向と、第2共鳴構造部18Bの格子領域13、15が有する各要素部の延びる方向とは互いに異なる。つまり、共鳴構造部18ごとに、各格子領域13、15での各要素部の並ぶ方向が異なっている。換言すれば、第1共鳴構造部18Aが有するサブ波長格子の配列方向と、第2共鳴構造部18Bが有するサブ波長格子の配列方向とが互いに異なっている。

[0139] なお、光学デバイス40が含む4つのサブ波長格子のパターンは相互に一致しており、共鳴構造部18A、18Bにおいて周期 P_1 、 P_2 はすべて等しく、高要素幅 D_{h1} 、 D_{h2} はすべて等しく、領域厚さ T_1 、 T_2 はすべて等しい。

[0140] 図19は、図18に示す光学デバイス40を、基材11の表面に沿った方向に広がる領域ごとに分割して示す図である。なお、図19は、2つの共鳴構造部18A、18Bにおける各要素部の配置をわかりやすく示すための図であって、図19にて分割されている各領域の境界は、光学デバイス40を構成する構造体の境界を示すものではない。

[0141] 図19が示すように、第1共鳴構造部18Aの高屈折率部13a、15aおよび低屈折率部13b、15bは、第2方向に沿って延び、第3方向に沿って並ぶ。一方、第2共鳴構造部18Bの高屈折率部13a、15aおよび低屈折率部13b、15bは、第3方向に沿って延び、第2方向に沿って並ぶ。すなわち、第1共鳴構造部18Aが有する各要素部の延びる方向と、第2共鳴構造部18Bが有する各要素部の延びる方向とは直交している。換言すれば、第1共鳴構造部18Aが有するサブ波長格子の配列方向と、第2共鳴構造部18Bが有するサブ波長格子の配列方向とのなす角は 90° である。

[0142] [光学デバイスの作用]

サブ波長格子が、1つの方向に帯状に延びる高屈折率部13a, 15aから構成されている場合、各格子領域13, 15では、特定の方向へ偏光した光が多重反射して共鳴を起こし、反射光として射出される。上記特定の方向は、サブ波長格子の配列方向に依存する。第1共鳴構造部18Aと第2共鳴構造部18Bとでサブ波長格子の配列方向が異なっていることにより、第1共鳴構造部18Aの格子領域13, 15と第2共鳴構造部18Bの格子領域13, 15とでは、多重反射する光の偏光方向は互いに異なっている。したがって、第3実施形態の光学デバイス40によれば、様々な方向への偏光成分を含む入射光に対して、効率的に反射光が出射されるため、反射光の強度がより高められる。

[0143] 第3実施形態の光学デバイス40の構成は、第1実施形態で示した適用例と同様に、波長選択フィルタ50に適用されてもよいし、表示体60が備える表示要素に適用されてもよいし、カラーフィルタ70が備える副画素に適用されてもよい。

[0144] ただし、一般的に、カラーフィルタ70への入射光が、偏光方向の揃った光であることに対して、表示体60への入射光は、一般的な照明や太陽光のように、様々な方向への偏光成分を含む光である場合が多い。したがって、カラーフィルタ70へは、第2実施形態の光学デバイス30の構成が適用されると効果が高く、表示体60へは、第3実施形態の光学デバイス40の構成が適用されると効果が高い。

[0145] [光学デバイスの製造方法]

第3実施形態の光学デバイス40は、第2実施形態と同様に、基材11と凹凸構造層20と高屈折率層21とからなる構造体である2つの凹凸構造体31を、高屈折率層21同士が向かい合うように対向させ、2つの凹凸構造体31の間の領域を低屈折率材料で埋めることによって形成される。ここで、第3実施形態では、一方の凹凸構造体31における高屈折率層21の延びる方向と、他方の凹凸構造体31における高屈折率層21の延びる方向とが

直交するように、これらの凹凸構造体 31 を向かい合わせて低屈折率材料により接合する。

[0146] なお、光学デバイス 40 は、第 1 方向に並ぶ 3 以上の共鳴構造部 18 を備えていてもよく、複数の共鳴構造部 18 に、要素部の延びる方向が互いに異なる共鳴構造部 18 が含まれていればよい。こうした光学デバイス 40 は、偶数、すなわち $2n$ (n は 3 以上の整数) 個のサブ波長格子を備え、一方の基材 11 に近い位置から $2m-1$ 番目 (m は 1 以上 n 以下の整数) のサブ波長格子と $2m$ 番目のサブ波長格子とにおいて、配列方向は互いに同一であり、格子周期は互いに同一である。換言すれば、光学デバイス 40 は、配列方向および格子周期が同一であるサブ波長格子の対が、第 1 方向に並び、これらのサブ波長格子が低屈折率材料に埋め込まれた構造を有している。

[0147] こうした構成によれば、共鳴構造部 18 ごとのサブ波長格子の配列方向の設定や、サブ波長格子の配列方向が同一である共鳴構造部 18 の数の設定等によって、光学デバイス 40 の偏光応答性を調整することもできる。なお、複数の共鳴構造部 18 には、サブ波長格子のパターンが互いに異なる共鳴構造部 18 が含まれていてもよい。

[0148] 3 以上の共鳴構造部 18 を備える光学デバイス 40 の製造に際しては、凹凸構造体 31 の基材 11 と凹凸構造層 20 とが、凹凸構造層 20 から基材 11 を剥離可能に形成できる材料から形成される。そして、2 つの凹凸構造体 31 が低屈折率材料によって接合されたのち、一方の基材 11 が剥離され、露出された凹凸構造層 20 と他の凹凸構造体 31 とがさらに低屈折率材料を挟んで接合されることが繰り返されることによって、6 以上のサブ波長格子を有する光学デバイス 40 が形成される。

[0149] 以上、第 3 実施形態によれば、第 1 実施形態の (1) ~ (7)、第 2 実施形態の (8)、(11) の効果に加えて、下記の効果が得られる。

(12) 第 1 共鳴構造部 18 A の有する要素部の延びる方向と、第 2 共鳴構造部 18 B の有する要素部の延びる方向とが、互いに異なるため、第 1 共鳴構造部 18 A の格子領域 13、15 と第 2 共鳴構造部 18 B の格子領域 1

3, 15とでは、入射光に含まれる光のうち、互いに異なる方向へ偏光した光が共鳴を起こして、それぞれの共鳴構造部18から射出される。したがって、様々な方向への偏光成分を含む入射光に対して、効率的に反射光が射出されるため、反射光の強度がより高められる。

[0150] [変形例]

第1～第3実施形態は、以下のように変更して実施することが可能である。

上記各実施形態の製造方法によって製造される光学デバイスの共鳴構造部18においては、第1高屈折率部13aの上部に第2低屈折率部15bが位置し、第1低屈折率部13bの上部に第2高屈折率部15aが位置する。

[0151] すなわち、第1高屈折率部13aの配置のパターンは、第2低屈折率部15bの配置のパターンと一致し、第1低屈折率部13bの配置のパターンは、第2高屈折率部15aの配置のパターンと一致する。そして、第1格子領域13で共鳴を起こす光の波長域と、第2格子領域15で共鳴を起こす光の波長域とを一致させるためには、第1格子領域13と第2格子領域15とでサブ波長格子の格子周期が一致し、かつ、第1格子領域13における複数の第1高屈折率部13aの体積比率と、第2格子領域15における複数の第2高屈折率部15aの体積比率とが一致することが必要である。

[0152] こうした条件を満たすことは、上記各実施形態のように、第1高屈折率部13a、第1低屈折率部13b、第2高屈折率部15a、および、第2低屈折率部15bの各要素部が、共通する1つの方向に帯状に延びる同一の形状を有し、各格子領域13, 15にて、高屈折率部13a, 15aと低屈折率部13b, 15bとが、これらの延びる方向と直交する方向に交互に配置されている構成であれば、容易である。

[0153] ただし、上記条件が満たされていれば、各要素部は帯状に延びる形状とは異なる形状を有していてもよい。例えば、図20が示すように、第1高屈折率部13a、第1低屈折率部13b、第2高屈折率部15a、および、第2低屈折率部15bの各々が、第1方向に沿った方向から見て正方形等の同一

の矩形形状を有し、各格子領域 13, 15 にて、高屈折率部 13a, 15a と低屈折率部 13b, 15b とが、第2方向と第3方向とのそれぞれの方向に沿って、交互に配置されている構成であってもよい。こうした場合、図21が示すように、凹凸構造層 20 においては、互いに直交する2つの方向の各々に沿って、凸部 20b と凹部 20c とが交互に配置され、平面視において凸部 20b と凹部 20c とは、正方形等の同一の矩形形状を有する。

[0154] 図20に示す構成によれば、1つの共鳴構造部 18 においても、様々な方向への偏光成分を含む入射光に対して、効率的に反射光が出射されるため、反射光の強度がより高められる。

[0155] (第4実施形態)

図22～図31を参照して、光学デバイス、および、光学デバイスの製造方法の第4実施形態について説明する。以下では、第4実施形態と第1～第3実施形態との相違点を中心に説明し、第1～第3実施形態と同様の構成については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0156] [光学デバイスの構成]

図22が示すように、第4実施形態の光学デバイス 80 は、第1実施形態の光学デバイス 10 に反射防止部 112 が設けられた構造を有している。反射防止部 112 は、例えば、複数の突起状構造体 111 から構成されている。複数の突起状構造体 111 は、第3低屈折率領域 16 の第2格子領域 15 と反対側の表面に位置する。換言すれば、複数の突起状構造体 111 は、光学デバイス 80 の最表面に配列されており、第1方向における最も外側の層を構成している。

[0157] 突起状構造体 111 の形状は、突起状構造体 111 を含む層状の領域の屈折率を第1方向に沿って段階的に変化させる形状であれば、特に限定されない。例えば、突起状構造体 111 の第1方向に沿った断面形状は、図23が示すように釣鐘状であってもよいし、図24が示すように円錐状であってもよいし、図25が示すように、漏斗を逆さに向けた形状、すなわち、逆漏斗状でもよいし、その他の形状であってもよい。逆漏斗状は、第1方向に沿っ

た断面にて、突起状構造体 1 1 1 の側縁が内側に向かって窪むように湾曲しつつ、突起状構造体 1 1 1 の幅が基端から先端に向かって細くなる形状である。

[0158] このように、突起状構造体 1 1 1 を、第 1 方向に沿って共鳴構造部 1 8 から離れるにつれて幅が小さくなるような形状とすることで、上記層状の領域の屈折率を徐々に変化させることが可能であり、その結果、空気層と共鳴構造部 1 8 との界面での反射を効果的に抑制できる。

[0159] また、図 2 6 が示すように、複数の突起状構造体 1 1 1 において、突起状構造体 1 1 1 の大きさや高さに変化したり、複数の突起状構造体 1 1 1 が非周期的に配列されたりするように、複数の突起状構造体 1 1 1 を不規則に設計することが好ましい。これにより、様々な波長域を含む入射光の反射を効果的に抑制することができる。

[0160] 突起状構造体 1 1 1 の材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかが主成分であることが好ましい。複数の突起状構造体 1 1 1 が配列されていることで反射防止部 1 1 2 として機能する。突起状構造体 1 1 1 からなる反射防止部 1 1 2 は、図 2 2 に示したように第 3 低屈折率領域 1 6 とは別体の構造体であってもよいし、図 2 7 が示すように第 3 低屈折率領域 1 6 と一体の構造体であってもよい。換言すると、突起状構造体 1 1 1 の材料は、第 3 低屈折率領域 1 6 と同じ樹脂材料から構成されてもよいし、異なる樹脂材料から構成されてもよい。

[0161] 突起状構造体 1 1 1 の材料の屈折率は、1.1 以上 2.0 以下が好ましい。また、突起状構造体 1 1 1 の材料の屈折率は、第 3 低屈折率領域 1 6 の低屈折率材料の屈折率と近い値であることが好ましいため、1.4 以上 1.6 以下がより好ましい。また、突起状構造体 1 1 1 の材料の屈折率と第 3 低屈折率領域 1 6 の低屈折率材料の屈折率との差は 0.2 以下が好ましい。

[0162] 第 2 方向および第 3 方向に沿った平面での配列について、複数の突起状構造体 1 1 1 の周期は、干渉光として色を発生しない周期であれば何れでもよい。複数の突起状構造体 1 1 1 の配列の周期は、好ましくは 100 nm 以上

2000nm以下であり、より好ましくは100nm以上400nm以下である。周期が一定の構造の場合は、その周期がサブ波長周期であることが好ましい。周期は可視領域の光の波長以上の周期でもよく、その場合は周期が一定でないこと、例えば、複数の突起状構造体111が無秩序に配列されていることが好ましい。

[0163] 突起状構造体111の第1方向に沿った高さは、100nm以上2000nm以下が好ましく、より好ましくは100nm以上600nm以下である。突起状構造体111の幅に対する高さの比であるアスペクト比は1.0以上4.0以下が好ましい。アスペクト比が大きくなると反射防止効果が高くなるものの、突起状構造体111の加工の精度の維持が困難となる。そのため、突起状構造体111のアスペクト比は1.5以上2.0以下がより好ましい。突起状構造体111は、ピラーアレイ構造でもホールアレイ構造でもよく、ロール・トゥ・ロール法によって作製されることが好ましい。

[0164] [光学デバイスの作用]

第4実施形態の光学デバイス80の作用、すなわち、反射防止部112を有する構造の作用について、反射防止部112が形成されていない場合と対比して説明する。

[0165] 突起状構造体111からなる反射防止部112が形成されていない場合、入射光が表面領域から光学デバイスに入射する際、その一部が空気層と第3低屈折率領域16との屈折率差に起因して反射される。ここで反射された光は、共鳴構造部18を通過していないため、導波モード共鳴現象による反射とは異なり、入射光が可視光である場合には通常の白色光が反射される。そのため、表面領域を観察する観察者には、共鳴構造部18により得られた特定の波長域の光に、光学デバイスの表面で反射された白色光が混ざり合った光が見える。

[0166] 一方、第4実施形態の光学デバイス80は、共鳴構造部18の表面に突起状構造体111からなる反射防止部112を備えている。このため、突起状構造体111により空気層と第3低屈折率領域16との屈折率差が段階的に

変化することになり、入射光が表面領域から光学デバイス 80 に入射する際、空気層と光学デバイス 80 との界面での反射が抑制される。よって、反射光において、共鳴構造部 18 により強度が高められた特定の波長域の光に他の波長域の光が混入することが抑えられる。したがって、観察者はより波長選択性の高い光を視認できる。

[0167] さらに、反射防止部 112 が存在しない場合、導波モード共鳴現象により反射された特定の波長域の光の一部は、空気層と第 3 低屈折率領域 16 との間で再度反射され、裏面領域に射出する光となる。すなわち、入射光の入る表面領域を観察する観察者まで上記特定の波長域の一部の光は届かない。これに対し、反射防止部 112 が存在することで、上記と同様の原理により、導波モード共鳴現象により反射された特定の波長域の光が空気層と光学デバイス 80 との界面で裏面領域に向けて反射されることが抑えられる。すなわち、反射防止部 112 が存在することで、導波モード共鳴現象により得られた特定の波長域の光を効率的に取り出すことが可能となる。

[0168] なお、反射防止部 112 は、光学デバイス 80 の最外部を構成するように、共鳴構造部 18 の少なくとも一方の面に設けられていればよい。例えば、突起状構造体 111 は共鳴構造部 18 の裏面に配置されてもよいし、もしくは、図 28 が示すように、共鳴構造部 18 の両面に配置されてもよい。このような場合であっても上述のように反射を抑える効果を得ることができる。特に、光学デバイス 80 の透過光を利用する形態で、光学デバイス 80 が用いられるとき、共鳴構造部 18 の裏面に反射防止部 112 が設けられることが好ましい。また、上述の説明においては、反射防止部 112 として突起状構造体 111 を用いた場合について説明したが、反射を抑える効果を備える構造であれば、反射防止部 112 は突起状構造体 111 とは異なる構造を有していてもよい。

[0169] [光学デバイスの製造方法]

共鳴構造部 18 の表面に、反射防止部 112 として突起状構造体 111 を形成する方法を説明する。突起状構造体 111 の形成は、例えば、凹凸構造

層 20 の形成方法と同様に、共鳴構造部 18 の表面、すなわち、埋め込み層 22 の表面に紫外線硬化性樹脂等の光硬化性樹脂を塗布し、塗布した樹脂に、形成対象の突起状構造体 111 の凹凸が反転された凹凸を有する凹版であるモールドを押し込み、光の照射により光硬化性樹脂を硬化させることで形成が可能である。この他にも、突起状構造体 111 の形成には、陽極酸化ポラスアルミナをモールドとしたナノインプリント法等の公知の技術を適用してもよい。

[0170] 突起状構造体 111 を形成する別の方法として、上述の埋め込み層 22 の形成時に、平板の代わりに、上記凹版、すなわち、突起状構造体 111 の構造を転写可能な凹版を使用してもよい。この場合、上記凹版を、凹凸構造層 20 と高屈折率層 21 とからなる構造体の表面に塗工された光硬化性樹脂に押し当てて光を照射することで、埋め込み層 22 と突起状構造体 111 とを同時に形成することが可能となる。

[0171] [光学デバイスの適用例および変形例]

第 4 実施形態の光学デバイス 80 の構成は、第 1 ～ 第 3 実施形態で示した適用例と同様に、波長選択フィルタ 50 に適用されてもよいし、表示体 60 が備える表示要素に適用されてもよいし、カラーフィルタ 70 が備える副画素に適用されてもよい。

[0172] また、上述の説明においては、第 4 実施形態の光学デバイス 80 として、第 1 実施形態の光学デバイス 10 に反射防止部 112 を設けた構成を例示したが、第 2 および第 3 実施形態やその変形例の光学デバイスに反射防止部 112 を設けてもよい。

[0173] 図 29 および図 30 は、第 2 実施形態の光学デバイス 30 に反射防止部 112 を設けた構造を有する光学デバイス 81 を示す。図 29 および図 30 に示すように、突起状構造体 111 からなる反射防止部 112 は、基材 11 における共鳴構造部 18 とは反対側の面に形成されてもよいし、基材 11 を剥離した後に、共鳴構造部 18 の最外面に形成されてもよい。こうした突起状構造体 111 も、上述した突起状構造体 111 の製造方法と同様の方法で形

成すればよい。

[0174] 図31は、第3実施形態の光学デバイス40に反射防止部112を設けた構造を有する光学デバイス82を示す。図31は、光学デバイス82の表面と裏面との両方に突起状構造体111からなる反射防止部112が形成された構成を例示しているが、反射防止部112は表面と裏面とのいずれか一方にのみ設けられてもよい。こうした突起状構造体111も、上述した突起状構造体111の製造方法と同様の方法で形成すればよい。

[0175] 以上、第4実施形態によれば、第1～第3実施形態の効果に加えて、下記の効果が得られる。

(13) 反射防止部112により、入射光、透過光、導波モード共鳴現象により発生した特定の波長域の光が、空気層と光学デバイスとの界面で反射することが抑制される。そのため、導波モード共鳴現象により得られた特定の波長域の光のみを効率的に取り出すことが可能となる。

[0176] [実施例]

上述した光学デバイスおよびその製造方法について、具体的な実施例を用いて説明する。

(実施例1)

実施例1は、光学デバイスが適用された波長選択フィルタであって、緑帯域の波長の光を選択的に反射する波長選択フィルタである。

<波長選択フィルタの製造>

まず、光ナノインプリント法で用いる凹版であるモールドを用意した。具体的には、光ナノインプリント法において照射する光として、365nmの波長の光を用いたため、この波長の光を透過する合成石英をモールドの材料として用いた。モールドの形成に際しては、まず、合成石英基板の表面に、Crからなる膜をスパッタリング法により成膜し、電子線リソグラフィ法によってサブ波長格子パターンの電子線レジストパターンをCr膜上に形成した。サブ波長格子パターンは、1つの方向に延びる帯状部分が等間隔で並ぶパターンである。使用したレジストはポジ型であり、膜厚は150nmとし

た。電子線により描画したパターンは、一辺3 cmの正方形領域内に、短辺の長さを180 nm、長辺の長さを3 cmとした長方形を、短辺の延びる方向に周期360 nmで配置したパターンであり、電子線を描画した領域は上記長方形の内側領域である。次に、塩素と酸素との混合ガスに高周波を印加して発生させたプラズマにより、レジストから露出した領域のCr膜をエッチングした。続いて、六弗化エタンガスに高周波を印加して発生させたプラズマにより、レジストとCr膜とから露出した領域の合成石英基板をエッチングした。これによりエッチングした合成石英基板の深さは200 nmであった。残存したレジストおよびCr膜を除去し、離型剤としてオプトールHD-1100（ダイキン工業製）を塗布して、帯状部分が等間隔で並ぶサブ波長格子パターンが正方形領域内に形成されたモールドを得た。

[0177] 次に、上記モールド上のサブ波長格子パターンが形成された正方形領域内に紫外線硬化性樹脂を塗工し、易接着処理が施されたポリエチレンテレフタレートフィルムでモールド表面を覆った。紫外線硬化性樹脂が上記正方形領域内の全面に広がるようにローラーを用いて延ばし、365 nmの紫外線を照射して、紫外線硬化性樹脂を硬化した後、モールドからポリエチレンテレフタレートフィルムを剥離した。これにより、表面にサブ波長格子パターンが形成された紫外線硬化性樹脂からなる凹凸構造層と、ポリエチレンテレフタレートフィルムである基材との積層体を得た。上記工程を繰り返し、凹凸構造層と基材との積層体を2つ作製した。なお、365 nmの紫外線の照射量は50 mJ/cm²とした。

[0178] 次に、上記2つの積層体の表面に真空蒸着法を用いて膜厚100 nmのTiO₂膜を成膜することにより、TiO₂からなる高屈折率層を形成した。続いて、2つの積層体のうちの、一方の積層体の表面のサブ波長格子パターンが位置する領域に紫外線硬化性樹脂を塗工し、塗工された紫外線硬化性樹脂に他方の積層体の表面が接し、かつ、サブ波長格子パターンが位置する領域が重なるように2つの積層体を向かい合わせた。紫外線硬化性樹脂がサブ波長格子パターンの位置する領域内の全面に広がるようにローラーを用いて延

ばし、365 nmの紫外線を照射して紫外線硬化性樹脂を硬化し、埋め込み層を形成した。これにより、実施例1の波長選択フィルタを得た。なお、365 nmの紫外線の照射量は $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ とした。

<波長選択フィルタの評価>

実施例1の波長選択フィルタの反射分光測定を実施したところ、530 nm程度に中心波長を有する反射スペクトルが観測された。

[0179] (実施例2)

実施例2は、光学デバイスが画素に適用された表示体である。

<表示体の製造>

まず、光ナノインプリント法で用いる凹版であるモールドを用意した。具体的には、光ナノインプリント法において照射する光として、365 nmの波長の光を用いたため、この波長の光を透過する合成石英をモールドの材料として用いた。モールドの形成に際しては、まず、合成石英基板の表面に、Crからなる膜をスパッタリング法により成膜し、電子線リソグラフィ法によってサブ波長格子パターンを有する電子線レジストパターンをCr膜上に形成した。サブ波長格子パターンは、1つの方向に延びる帯状部分が等間隔で並ぶパターンである。使用したレジストはポジ型であり、膜厚は150 nmとした。

[0180] 電子線により描画したパターンは、4種類のサブ波長格子パターンが並ぶパターンである。このパターンを図32に模式的に示す。第1のパターンSP1は、一辺3 cmの正方形領域内に、帯状部分が周期360 nmでX方向に並ぶパターンである。第2のパターンSP2は、一辺3 cmの正方形領域内に、帯状部分が周期360 nmでX方向と直交するY方向に並ぶパターンである。第3のパターンSP3は、一辺3 cmの正方形領域内に、帯状部分が周期396 nmでX方向に並ぶパターンである。第4のパターンSP4は、一辺3 cmの正方形領域内に、帯状部分が周期396 nmでY方向に並ぶパターンである。

[0181] 次に、塩素と酸素との混合ガスに高周波を印加して発生させたプラズマに

より、レジストから露出した領域のCr膜をエッチングした。続いて、六弗化エタンガスに高周波を印加して発生させたプラズマにより、レジストとCr膜とから露出した領域の合成石英基板をエッチングした。これによりエッチングした合成石英基板の深さは200nmであった。残存したレジストおよびCr膜を除去し、離型剤としてオプツールHD-1100（ダイキン工業製）を塗布して、上記4つのサブ波長格子パターンが形成されたモールドを得た。

[0182] 次に、上記モールド上の4つのサブ波長格子パターンが形成された領域内に紫外線硬化性樹脂を塗工し、易接着処理が施されたポリエチレンテレフタレートフィルムでモールド表面を覆った。紫外線硬化性樹脂がサブ波長格子パターンの形成された領域内の全面に広がるようにローラーを用いて延ばし、365nmの紫外線を照射して、紫外線硬化性樹脂を硬化した後、モールドからポリエチレンテレフタレートフィルムを剥離した。これにより、上記4つのサブ波長格子パターンの反転されたサブ波長格子パターンが紫外線硬化性樹脂の表面に形成され、この紫外線硬化性樹脂からなる凹凸構造層とポリエチレンテレフタレートフィルムである基材との積層体を得た。4つのサブ波長格子パターンの各々が形成されている領域が、画素部分に相当する。上記工程を繰り返して、凹凸構造層と基材との積層体を2つ作製した。なお、365nmの紫外線の照射量は50mJ/cm²とした。

[0183] 次に、上記2つの積層体の表面に真空蒸着法を用いて膜厚100nmのTiO₂膜を成膜することにより、TiO₂からなる高屈折率層を形成した。続いて、2つの積層体のうちの、一方の積層体の表面のサブ波長格子パターンが位置する領域に紫外線硬化性樹脂を塗工し、塗工された紫外線硬化性樹脂に他方の積層体の表面が接し、かつ、同周期のサブ波長格子パターンの位置する領域が重なるように2つの積層体を向かい合わせた。紫外線硬化性樹脂がサブ波長格子パターンの位置する領域内の全面に広がるようにローラーを用いて延ばし、365nmの紫外線を照射して紫外線硬化性樹脂を硬化し、埋め込み層を形成した。これにより、実施例2の表示体を得た。なお、36

5 nmの紫外線の照射量は50 mJ / cm²とした。

[0184] <表示体の評価>

実施例2の表示体の反射分光測定を実施したところ、周期360 nmのサブ波長格子を有する画素では530 nm程度に中心波長を有する反射スペクトルが観測され、周期396 nmのサブ波長格子を有する画素では620 nm程度に中心波長を有する反射スペクトルが観測された。

[0185] <付記>

上記課題を解決するための手段には、上記各実施形態、および、それらの変形例から導き出される技術的思想として以下の項目が含まれる。

[0186] [項目1]

入射光を透過する材料から構成された表示要素を備え、表面と裏面とを有する表示体であって、

前記表示要素は、

第1サブ波長格子を構成する複数の第1高屈折率部と、前記第1高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第1低屈折率部とを有し、前記表面に沿った方向に前記第1高屈折率部と前記第1低屈折率部とが交互に位置する第1格子領域と、

前記第1高屈折率部と同一の材料から構成されて第2サブ波長格子を構成する複数の第2高屈折率部と、前記第2高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第2低屈折率部とを有し、前記表面に沿った方向に前記第2高屈折率部と前記第2低屈折率部とが交互に位置する第2格子領域と、

前記第1格子領域の平均屈折率および前記第2格子領域の平均屈折率の各々よりも低い屈折率をそれぞれが有する第1低屈折率領域、第2低屈折率領域、および、第3低屈折率領域と、を備え、

前記第1格子領域は、前記表示体の厚さ方向に前記第1低屈折率領域と前記第2低屈折率領域とに挟まれ、

前記第2格子領域は、前記表示体の厚さ方向に前記第2低屈折率領域と前記第3低屈折率領域とに挟まれ、

前記第 1 サブ波長格子の格子周期と前記第 2 サブ波長格子の格子周期とは、相互に等しい周期であり、

前記第 1 格子領域における前記複数の第 1 高屈折率部の体積比率と、前記第 2 格子領域における前記複数の第 2 高屈折率部の体積比率とは同一であり、

前記表面と対向する方向から見て、前記第 1 高屈折率部と前記第 2 低屈折率部とが重なり、前記第 2 高屈折率部と前記第 1 低屈折率部とが重なっている

表示体。

[0187] 上記構成によれば、第 1 格子領域と第 2 格子領域との各格子領域が、サブ波長格子を有すること、および、各格子領域が、各格子領域の屈折率よりも低い屈折率を有する低屈折率領域に挟まれていることから、各格子領域に光が入射すると、各格子領域では、入射光が入ってきた空間への回折光の射出が抑えられて導波モード共鳴現象が発生する。そして、各格子領域の格子周期および高屈折率部の体積比率が同一であることにより、第 1 格子領域で共鳴を起こす光の波長域と第 2 格子領域で共鳴を起こす光の波長域とは一致する。

[0188] したがって、一方の格子領域にて多重反射する過程で漏れ出て他方の格子領域に入った特定の波長域の光は、他方の格子領域を多重反射しつつ伝播し、表示要素からは、第 1 格子領域で強められた波長域の反射光と、第 2 格子領域で強められた波長域の反射光とが射出される。そして、入射光のなかで上記強められた波長域を除く波長域の光が、表示要素を透過して、表示要素から射出される。

[0189] このように、上記構成の表示要素によれば、2つの格子領域の各々で強められた波長域の光が反射光として射出されるため、1つの格子領域のみを有する表示要素と比較して、反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度は大きくなる。したがって、表示領域に視認される色の鮮明さや明るさが高められるため、表示体が形成する像の視認性が高められる結果、偽造の

困難性や意匠性、すなわち、表示体の外観によって発現される機能が高められる。

[0190] また、表面反射観察と裏面透過観察とで、表示体には互いに異なる色彩の像が視認される。それゆえ、表示体を備える物品にて、偽造の困難性や意匠性がより高められる。また、表示体の表裏の識別も容易である。

[0191] [項目 2]

前記表示体は、複数の前記表示要素を備え、複数の前記表示要素には、第 1 表示要素と第 2 表示要素とが含まれ、

前記表面と対向する方向から見て、前記表示体は、前記第 1 表示要素が位置する第 1 表示領域と、前記第 2 表示要素が位置する第 2 表示領域とを含み、

前記第 1 表示要素における前記第 1 サブ波長格子および前記第 2 サブ波長格子の格子周期と、前記第 2 表示要素における前記第 1 サブ波長格子および前記第 2 サブ波長格子の格子周期とは、互いに異なる

項目 1 に記載の表示体。

[0192] 上記構成によれば、第 1 表示領域と第 2 表示領域とで視認される色の色相を異ならせることができる。したがって、これらの領域によって多様な像の表現が可能である。また、視認される色相の違いが、サブ波長格子の格子周期の違いによって実現されるため、色の違いによる表示要素の製造工程の差異が小さく、表示体の製造が容易である。

[0193] [項目 3]

前記第 1 格子領域、前記第 2 格子領域、前記第 1 低屈折率領域、前記第 2 低屈折率領域、および、前記第 3 低屈折率領域から構成される部分が共鳴構造部であり、

前記表示要素は、前記表示体の厚さ方向に沿って並ぶ複数の前記共鳴構造部を備える

項目 1 に記載の表示体。

[0194] 上記構成によれば、表示要素が 4 つ以上の格子領域を備えるため、表示要

素から射出される反射光の波長選択性をさらに高めることや、反射光と透過光とに含まれる波長域の調整の自由度を高めることが可能である。したがって、表示体が形成する像の視認性を高めることや、表示体にて視認される像の色相の調整の自由度を高めることができる。

[0195] [項目4]

前記複数の共鳴構造部には、第1共鳴構造部と第2共鳴構造部とが含まれ、前記第1共鳴構造部の有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期である第1構造周期と、前記第2共鳴構造部の有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期である第2構造周期とは、互いに異なる

項目3に記載の表示体。

[0196] 上記構成によれば、第1共鳴構造部の有する各格子領域にて共鳴を起こす光の波長域と、第2共鳴構造部の有する各格子領域にて共鳴を起こす光の波長域とは、互いに異なる。したがって、表示要素に光が入射したとき、上層の共鳴構造部の各格子領域で特定の波長域の光が多重反射し、多重反射しなかった波長域の光は、この共鳴構造部を透過して、下層の共鳴構造部に入り、上層の共鳴構造部とは異なる波長域の光が、下層の共鳴構造部の各格子領域で多重反射する。その結果、表示要素からは、第1共鳴構造部の格子領域にて強められた第1の波長域の光と、第2共鳴構造部の有する格子領域にて強められた第2の波長域の光とを含む反射光が射出される。また、表示要素への入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された第1の波長域および第2の波長域を除く波長域の光が透過光として射出される。したがって、表示要素にて、反射光の強度を高めつつ反射光に含まれる波長域を拡げること、および、透過光に含まれる波長域を狭めることが可能である。それゆえ、各共鳴構造部が有するサブ波長格子の格子周期の設定を通じて、反射光や透過光として観察される色相の調整の自由度を高めることが可能であり、表示体にて視認される像の色相の調整の自由度を高めることができる。

[0197] [項目 5]

前記表示体は、複数の前記表示要素を備え、複数の前記表示要素には、第 1 表示要素と第 2 表示要素とが含まれ、

前記表面と対向する方向から見て、前記表示体は、前記第 1 表示要素が位置する第 1 表示領域と、前記第 2 表示要素が位置する第 2 表示領域とを含み、

前記第 1 表示要素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせと、前記第 2 表示要素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせとでは、前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との少なくとも一方が異なる

項目 4 に記載の表示体。

[0198] 上記構成によれば、第 1 表示要素と第 2 表示要素とでは、反射光として射出される光の波長域が互いに異なり、かつ、透過光として射出される光の波長域が互いに異なる。これにより、第 1 表示領域と第 2 表示領域とが異なる色に見える。こうした構成によれば、表示要素における第 1 構造周期と第 2 構造周期との組み合わせの違いによって各領域において視認される色相の違いが実現されているため、視認される像の色相の調整の自由度が高められる。

[0199] [項目 6]

前記複数の共鳴構造部の各々において、前記複数の第 1 高屈折率部、前記複数の第 1 低屈折率部、前記複数の第 2 高屈折率部、および、前記複数の第 2 低屈折率部の各々である要素部は、1 つの方向に帯状に延びる形状を有し、

前記複数の共鳴構造部には、第 1 共鳴構造部と第 2 共鳴構造部とが含まれ、

前記第 1 共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向と、前記第 2 共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向とは、互いに異なる

項目 3 に記載の表示体。

[0200] 上記構成によれば、各共鳴構造部の格子領域では、入射光に含まれる光のうち、サブ波長格子の配列方向に応じた方向に偏光した光が共鳴を起こす。第1共鳴構造部と第2共鳴構造部とでサブ波長格子の配列方向が異なっていることにより、第1共鳴構造部の格子領域と第2共鳴構造部の格子領域とでは、入射光に含まれる光のうち、互いに異なる方向へ偏光した光が共鳴を起こして、それぞれの共鳴構造部から射出される。したがって、様々な方向への偏光成分を含む入射光に対して、効率的に反射光が出射されるため、反射光の強度がより高められる。それゆえ、様々な方向への偏光成分を含む外光の下で観察される表示体において、表示領域に視認される色の鮮明さや明るさを向上させる効果が高く得られ、偽造の困難性や意匠性がより高められる。

[0201] [項目7]

前記第1共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向と、前記第2共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向とは、前記表面に沿った方向であって、互いに直交する

項目6に記載の表示体。

上記構成によれば、様々な方向への偏光成分を含む入射光に対して、より効率的に反射光が出射される。また、表示要素の設計や製造が容易である。

[0202] [項目8]

前記第1低屈折率領域と、前記第1低屈折率部と、前記第2低屈折率領域のなかで前記第1低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する1つの構造体である第1構造体であり、

前記第3低屈折率領域と、前記第2低屈折率部と、前記第2低屈折率領域のなかで前記第2低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する1つの構造体である第2構造体である

項目1または2に記載の表示体。

上記構成によれば、1つの構造体である部分を、1つの工程にて製造することができるため、表示体の容易な製造が可能である。

[0203] [項目 9]

前記第 1 構造体と前記第 1 高屈折率部および前記第 2 高屈折率部の各々の屈折率差は 0.2 よりも大きく、

前記第 2 構造体と前記第 1 高屈折率部および前記第 2 高屈折率部の各々の屈折率差は 0.2 よりも大きい

項目 8 に記載の表示体。

[0204] 上記構成によれば、各格子領域にて、導波モード共鳴現象が好適に生じやすく、各格子領域からの反射光の強度がより高められる。したがって、偽造の困難性や意匠性がさらに高められる。

[0205] [項目 10]

前記第 1 構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第 2 構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第 1 高屈折率部および前記第 2 高屈折率部を構成する材料は、無機化合物を含む

項目 8 または 9 に記載の表示体。

[0206] 上記構成によれば、各格子領域にて、導波モード共鳴現象が好適に生じやすく、各格子領域からの反射光の強度がより高められる。したがって、偽造の困難性や意匠性がさらに高められる。また、表示体の製造に要する材料費の低減や、ナノインプリント法等の簡便な製造方法の適用が可能である。

[0207] [項目 11]

前記第 2 低屈折率領域は、前記第 1 高屈折率部および前記第 2 高屈折率部と同一の材料から構成された第 3 高屈折率部を有し、

前記第 3 高屈折率部は、前記表面と対向する方向から見て互いに隣り合う前記第 1 高屈折率部と前記第 2 高屈折率部との端部間で、前記第 2 低屈折率領域の厚さ方向に沿って延びている

項目 8～10 のいずれか一項に記載の表示体。

[0208] 上記構成によれば、真空蒸着法を利用した高屈折率部の形成が可能であり、サブ波長格子の好適な形成が可能である。そして、この場合であっても、導波モード共鳴現象を生じさせるための第2低屈折率領域の構成が好適に実現される。

[0209] [項目12]

入射光を透過する材料から構成される表示要素を備える表示体の製造方法であって、前記表示要素を製造する工程は、

第1低屈折率材料からなる層の表面に、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸構造層を形成する第1工程であって、前記複数の凸部は、サブ波長周期で並び、前記凹部は、前記複数の凸部の並ぶ方向に沿って前記凸部と交互に並び、前記複数の凹部は、前記表面と対向する方向から見て前記複数の凸部の面積と等しい面積を有する、第1工程と、

前記第1低屈折率材料よりも高い屈折率を有する高屈折率材料を用いて、前記凹凸構造層の表面に高屈折率層を形成する第2工程であって、前記高屈折率層は、前記凸部の高さよりも小さい厚さを有し、前記凹部に位置する第1サブ波長格子と、前記凸部に位置して前記第1サブ波長格子と同一の格子周期を有する第2サブ波長格子とを含む、第2工程と、

前記凹凸構造層と前記高屈折率層とからなる構造体の表面に、前記高屈折率材料よりも低い屈折率を有する第2低屈折率材料からなる埋め込み層を形成することにより、前記構造体が有する凹凸を前記第2サブ波長格子上まで前記第2低屈折率材料で埋める第3工程と、を含む

表示体の製造方法。

[0210] 上記製法によって、上記表示体、すなわち、表示体の外観によって発現される機能が高められた表示体が製造できる。そして、上記製法によれば、サブ波長格子に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、表示要素から射出される反射光の波長選択性が高められるため、上記機能が高められた表示体を容易に製造することができる。

[0211] [項目13]

前記第1工程では、前記第1低屈折率材料である樹脂からなる塗工層に凹版を押し付け、前記樹脂を硬化させた後に前記凹版を離型して前記凹版の有する凹凸を前記樹脂に転写することにより、前記凹凸構造層を形成し、

前記第2工程では、前記高屈折率材料として無機化合物を含む材料を用いて、前記高屈折率層を形成し、

前記第3工程では、前記構造体の表面に、前記第2低屈折率材料である樹脂を塗工し、塗工した樹脂を硬化させることにより、前記埋め込み層を形成する

項目12に記載の表示体の製造方法。

[0212] 上記製法によれば、ナノインプリント法を用いて凹凸構造層の形成が行われるため、微細な凹凸を有する凹凸構造層を好適に、かつ、簡便に形成することができる。

[0213] [項目14]

前記第3工程では、2つの前記構造体を、前記高屈折率層同士が向かい合うように対向させ、2つの前記構造体の間の領域を前記第2低屈折率材料で埋めることによって、前記埋め込み層を形成する

項目12または13に記載の表示体の製造方法。

[0214] 上記製法によれば、サブ波長格子を4つ以上備える表示要素を容易に製造することができる。したがって、こうした表示要素を備える表示体の製造が容易である。

[0215] [項目21]

入射光を透過する材料から構成された複数の副画素を備えるカラーフィルタであって、

前記副画素は、前記カラーフィルタの厚さ方向に並ぶ複数の共鳴構造部を備え、

前記共鳴構造部は、

第1サブ波長格子を構成する複数の第1高屈折率部と、前記第1高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第1低屈折率部とを有し、前記カラーフ

フィルタの表面に沿った方向に前記第 1 高屈折率部と前記第 1 低屈折率部とが交互に位置する第 1 格子領域と、

前記第 1 高屈折率部と同一の材料から構成されて第 2 サブ波長格子を構成する複数の第 2 高屈折率部と、前記第 2 高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第 2 低屈折率部とを有し、前記表面に沿った方向に前記第 2 高屈折率部と前記第 2 低屈折率部とが交互に位置する第 2 格子領域と、

前記第 1 格子領域の平均屈折率および前記第 2 格子領域の平均屈折率の各々よりも低い屈折率をそれぞれが有する第 1 低屈折率領域、第 2 低屈折率領域、および、第 3 低屈折率領域と、を備え、

前記第 1 格子領域は、前記カラーフィルタの厚さ方向に前記第 1 低屈折率領域と前記第 2 低屈折率領域とに挟まれ、

前記第 2 格子領域は、前記カラーフィルタの厚さ方向に前記第 2 低屈折率領域と前記第 3 低屈折率領域とに挟まれ、

前記第 1 サブ波長格子の格子周期と前記第 2 サブ波長格子の格子周期とは、相互に等しい周期であり、

前記第 1 格子領域における前記複数の第 1 高屈折率部の体積比率と、前記第 2 格子領域における前記複数の第 2 高屈折率部の体積比率とは同一であり、

前記表面と対向する方向から見て、前記第 1 高屈折率部と前記第 2 低屈折率部とが重なり、前記第 2 高屈折率部と前記第 1 低屈折率部とが重なっている

カラーフィルタ。

[0216] 上記構成によれば、共鳴構造部において、第 1 格子領域と第 2 格子領域との各格子領域が、サブ波長格子を有すること、および、各格子領域が、各格子領域の屈折率よりも低い屈折率を有する低屈折率領域に挟まれていることから、各格子領域に光が入射すると、各格子領域では、入射光が入ってきた空間への回折光の射出が抑えられて導波モード共鳴現象が発生する。そして、各格子領域の格子周期および高屈折率部の体積比率が同一であることによ

り、第1格子領域で共鳴を起こす光の波長域は、第2格子領域で共鳴を起こす光の波長域と一致する。したがって、一方の格子領域にて多重反射する過程で漏れ出て他方の格子領域に入った特定の波長域の光は、他方の格子領域を多重反射しつつ伝播し、第1格子領域で強められた波長域の反射光と、第2格子領域で強められた波長域の反射光とが共鳴構造部から射出される。そして、入射光のなかで上記強められた波長域を除く波長域の光が、共鳴構造部を透過する。

副画素が複数の共鳴構造部を備えていることにより、射出される反射光の強度の調整や、反射光および透過光の波長域の調整の自由度が高くなる。すなわち、副画素から射出される光の強度を高くすることや、副画素から射出される光の波長域を狭くすることが可能であり、副画素の波長選択性を高めることができる。

[0217] [項目22]

前記複数の共鳴構造部の各々において、前記複数の第1高屈折率部、前記複数の第1低屈折率部、前記複数の第2高屈折率部、および、前記複数の第2低屈折率部の各々は、前記複数の共鳴構造部に共通する1つの方向に帯状に延びる形状を有する

項目21に記載のカラーフィルタ。

[0218] 上記構成によれば、各共鳴構造部において、各格子領域におけるサブ波長格子の格子周期および高屈折率部の体積比率を一致させることが容易である。また、サブ波長格子の製造が容易である。さらに、各格子領域で共鳴を起こす光の偏光方向を揃えることが容易であり、偏光の程度の強い入射光に対して効率的に反射光を出射できる副画素の構成の実現が容易である。

[0219] [項目23]

前記共鳴構造部の有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期は、前記複数の共鳴構造部において相互に等しく、

前記複数の副画素には、第1副画素と第2副画素とが含まれ、前記第1副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期と、前記第2副画素が有

する前記共鳴構造部における前記格子周期とは、互いに異なる

項目 2 1 または 2 2 に記載のカラーフィルタ。

[0220] 上記構成によれば、副画素が有する各格子領域で共鳴を起こす光の波長域は一致するため、副画素に光が入射したとき、上層の格子領域にて多重反射する特定の波長域の光のうち、多重反射の過程でこの格子領域から漏れ出た光は、その下層の格子領域に入って多重反射し、こうした現象が、格子領域の数だけ繰り返される。その結果、各格子領域で強められた特定の波長域の反射光が副画素から射出されるため、反射光として射出される上記特定の波長域の光の強度はより大きくなり、反射光の波長選択性がより高められる。そして、第 1 副画素と第 2 副画素とで共鳴構造部における格子周期が異なることにより、第 1 副画素と第 2 副画素とで射出される反射光の色を異ならせることができる。

[0221] 上記構成では、副画素ごとに格子周期が異なることによって、副画素ごとに射出される反射光の色を異ならせることができる。反射光の色の違いが、副画素ごとの格子周期の違いによって実現されるため、色の違いによる副画素の製造工程の差異が小さく、カラーフィルタの製造が容易である。

[0222] [項目 2 4]

前記複数の副画素には、第 3 副画素がさらに含まれ、

前記第 1 副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期と、前記第 2 副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期と、前記第 3 副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期とは、互いに異なり、

前記第 1 副画素は赤色の光を選択的に反射し、前記第 2 副画素は緑色の光を選択的に反射し、前記第 3 副画素は青色の光を選択的に反射する

項目 2 3 に記載のカラーフィルタ。

[0223] 上記構成によれば、波長選択性が高められた、すなわち、射出する反射光の強度が高められた副画素を備える反射型のカラーフィルタが実現される。こうしたカラーフィルタによれば、各副画素における色の鮮明さや輝度が高められる。

[0224] [項目 2 5]

前記複数の共鳴構造部には、第 1 共鳴構造部と第 2 共鳴構造部とが含まれ、前記第 1 共鳴構造部の有する前記第 1 サブ波長格子および前記第 2 サブ波長格子の格子周期である第 1 構造周期と、前記第 2 共鳴構造部の有する前記第 1 サブ波長格子および前記第 2 サブ波長格子の格子周期である第 2 構造周期とは、互いに異なり、

前記複数の副画素には、第 1 副画素と第 2 副画素とが含まれ、

前記第 1 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせと、前記第 2 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせとでは、前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との少なくとも一方が異なる

項目 2 1 または 2 2 に記載のカラーフィルタ。

[0225] 上記構成によれば、各副画素において、第 1 共鳴構造部の有する各格子領域にて共鳴を起こす光の波長域と、第 2 共鳴構造部の有する各格子領域にて共鳴を起こす光の波長域とは、互いに異なる。したがって、副画素に光が入射したとき、上層の共鳴構造部の各格子領域で特定の波長域の光が多重反射し、多重反射しなかった波長域の光は、この共鳴構造部を透過して、下層の共鳴構造部に入り、上層の共鳴構造部とは異なる波長域の光が、下層の共鳴構造部の各格子領域で多重反射する。その結果、副画素からは、第 1 共鳴構造部の格子領域にて強められた第 1 の波長域の光と、第 2 共鳴構造部の有する格子領域にて強められた第 2 の波長域の光とを含む反射光が射出される。そして、副画素への入射光に含まれる波長域のなかで、上記反射光として射出された第 1 の波長域および第 2 の波長域を除く波長域の光が透過光として射出される。したがって、副画素にて、透過光に含まれる波長域を狭めることが可能であり、単色性が高く波長選択性の高められた透過光を射出する副画素が実現される。そして、第 1 副画素と第 2 副画素とで共鳴構造部における構造周期の組み合わせが異なることにより、第 1 副画素と第 2 副画素とで射出される透過光の色を異ならせることができる。

[0226] [項目 2 6]

前記複数の副画素には、第 3 副画素がさらに含まれ、

前記第 1 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせと、前記第 3 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせとでは、前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との少なくとも一方が異なり、

前記第 2 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせと、前記第 3 副画素における前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との組み合わせとでは、前記第 1 構造周期と前記第 2 構造周期との少なくとも一方が異なり、

前記第 1 副画素は赤色の光を選択的に透過し、前記第 2 副画素は緑色の光を選択的に透過し、前記第 3 副画素は青色の光を選択的に透過する

項目 2 5 に記載のカラーフィルタ。

上記構成によれば、波長選択性が高められた、すなわち、透過光として狭帯域の光を射出する副画素を備える透過型のカラーフィルタが実現される。

[0227] [項目 2 7]

各共鳴構造部において、

前記第 1 低屈折率領域と、前記第 1 低屈折率部と、前記第 2 低屈折率領域のなかで前記第 1 低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する 1 つの構造体である第 1 構造体であり、

前記第 3 低屈折率領域と、前記第 2 低屈折率部と、前記第 2 低屈折率領域のなかで前記第 2 低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する 1 つの構造体である第 2 構造体である

項目 2 1 ~ 2 6 のいずれか一項に記載のカラーフィルタ。

上記構成によれば、1 つの構造体である部分を、1 つの工程にて製造することができるため、カラーフィルタの容易な製造が可能である。

[0228] [項目 2 8]

前記第 1 構造体と前記第 1 高屈折率部および前記第 2 高屈折率部の各々と

の屈折率差は0.2よりも大きく、

前記第2構造体と前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部の各々の屈折率差は0.2よりも大きい

項目27に記載のカラーフィルタ。

上記構成によれば、各格子領域にて、導波モード共鳴現象が好適に生じやすいため、副画素における波長選択性がより高められる。

[0229] [項目29]

前記第1構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第2構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部を構成する材料は、無機化合物を含む

項目27または28に記載のカラーフィルタ。

[0230] 上記構成によれば、各格子領域にて、導波モード共鳴現象が好適に生じやすいため、副画素における波長選択性がより高められる。また、カラーフィルタの製造に要する材料費の低減や、ナノインプリント法等の簡便な製造方法の適用が可能である。

[0231] [項目30]

各共鳴構造部において、

前記第2低屈折率領域は、前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部と同一の材料から構成された第3高屈折率部を有し、

前記第3高屈折率部は、前記表面と対向する方向から見て互いに隣り合う前記第1高屈折率部と前記第2高屈折率部との端部間で、前記第2低屈折率領域の厚さ方向に沿って延びている

項目21～29のいずれか一項に記載のカラーフィルタ。

[0232] 上記構成によれば、真空蒸着法を利用した高屈折率部の形成が可能であり、サブ波長格子の好適な形成が可能である。そして、この場合であっても、

導波モード共鳴現象を生じさせるための第2低屈折率領域の構成が好適に実現される。

[0233] [項目31]

入射光を透過する材料から構成される副画素を備えるカラーフィルタの製造方法であって、前記副画素を製造する工程は、

第1低屈折率材料からなる層の表面に、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸構造層を形成する第1工程であって、前記複数の凸部は、サブ波長周期で並び、前記凹部は、前記複数の凸部の並ぶ方向に沿って前記凸部と交互に並び、前記複数の凹部は、前記表面と対向する方向から見て前記複数の凸部の面積と等しい面積を有する、第1工程と、

前記第1低屈折率材料よりも高い屈折率を有する高屈折率材料を用いて、前記凹凸構造層の表面に高屈折率層を形成する第2工程であって、前記高屈折率層は、前記凸部の高さよりも小さい厚さを有し、前記凹部上に位置する第1サブ波長格子と、前記凸部上に位置して前記第1サブ波長格子と同一の格子周期を有する第2サブ波長格子とを含む、第2工程と、

前記凹凸構造層と前記高屈折率層とからなる構造体を2つ用いて、2つの前記構造体を前記高屈折率層同士が向かい合うように対向させ、2つの前記構造体間の領域を、前記高屈折率材料よりも低い屈折率を有する第2低屈折率材料で埋めることにより、前記第2低屈折率材料からなる埋め込み層を形成する第3工程と、を含む

カラーフィルタの製造方法。

[0234] 上記製法によって、上記カラーフィルタ、すなわち、副画素の波長選択性が高められたカラーフィルタが製造できる。そして、上記製法によれば、サブ波長格子に接する層の精密な膜厚の制御を要せずに、副画素の波長選択性が高められたカラーフィルタを容易に製造することができる。

[0235] [項目32]

前記第1工程では、前記第1低屈折率材料である樹脂からなる塗工層に凹版を押し付け、前記樹脂を硬化させた後に前記凹版を離型して前記凹版の有

する凹凸を前記樹脂に転写することにより、前記凹凸構造層を形成し、

前記第2工程では、前記高屈折率材料として無機化合物を含む材料を用いて、前記高屈折率層を形成し、

前記第3工程では、2つの前記構造体の間の領域に、前記第2低屈折率材料である樹脂を配置し、配置した樹脂を硬化させることにより、前記埋め込み層を形成する

項目31に記載のカラーフィルタの製造方法。

[0236] 上記製法によれば、ナノインプリント法を用いて凹凸構造層の形成が行われるため、微細な凹凸を有する凹凸構造層を好適に、かつ、簡便に形成することができる。

[0237] [項目41]

入射光を透過する材料から構成された光学デバイスであって、

前記光学デバイスは、共鳴構造部と、前記共鳴構造部の少なくとも一方の面に配置された反射防止部とを備え、

前記共鳴構造部は、

第1低屈折率領域と、

第1サブ波長格子を構成し、第2方向に延びる複数の第1高屈折率部と、前記第1高屈折率部よりも低い屈折率を有し、前記第2方向に延びる複数の第1低屈折率部とが、前記第2方向と直交する第3方向に交互に配置された第1格子領域と、

第2低屈折率領域と、

前記第1高屈折率部と同一の材料からなるとともに第2サブ波長格子を構成し、前記第2方向に延びる複数の第2高屈折率部と、前記第2高屈折率部よりも低い屈折率を有し、前記第2方向に延びる複数の第2低屈折率部とが、前記第3方向に交互に配置された第2格子領域と、

第3低屈折率領域と、が、前記第1低屈折率領域、前記第1格子領域、前記第2低屈折率領域、前記第2格子領域、前記第3低屈折率領域の順で配置された構成を有し、

前記第 1 低屈折率領域、前記第 2 低屈折率領域、および、前記第 3 低屈折率領域の各々の屈折率は、前記第 1 格子領域の平均屈折率および前記第 2 格子領域の平均屈折率の各々よりも低く、

前記第 1 サブ波長格子の格子周期と前記第 2 サブ波長格子の格子周期とは、相互に等しく、

前記第 1 格子領域における前記複数の第 1 高屈折率部の体積比率と、前記第 2 格子領域における前記複数の第 2 高屈折率部の体積比率とは同一であり、

前記共鳴構造部の一方の面と対向する方向から見て、

前記第 1 高屈折率部と前記第 2 低屈折率部とが重なり、かつ、前記第 2 高屈折率部と前記第 1 低屈折率部とが重なる、

光学デバイス。

[0238] [項目 4 2]

前記反射防止部は突起状構造体を含み、

前記共鳴構造部の厚さ方向における前記突起状構造体の断面形状が、釣鐘状、円錐状、および、逆漏斗状のいずれかである

項目 4 1 に記載の光学デバイス。

[0239] [項目 4 3]

前記突起状構造体の配列は、周期性を有さない

項目 4 2 に記載の光学デバイス。

[項目 4 4]

前記突起状構造体の大きさが不均一である

項目 4 2 または 4 3 に記載の光学デバイス。

[0240] [項目 4 5]

前記突起状構造体の周期が 100 nm 以上 400 nm 以下である

項目 4 2 ~ 4 4 のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[項目 4 6]

前記突起状構造体の高さが 100 nm 以上 2000 nm 以下である

項目 4 2～4 5 のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[0241] [項目 4 7]

前記突起状構造体のアスペクト比が 1.0 以上 4.0 以下である

項目 4 2～4 6 のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[0242] [項目 4 8]

前記共鳴構造部の厚さ方向に並ぶ複数の前記共鳴構造部を備え、

前記反射防止部は、少なくとも、前記複数の共鳴構造部のうち、前記厚さ方向において、最も外側に位置する 1 つの前記共鳴構造部の外側に位置する請求項 4 1～4 7 のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[0243] [項目 4 9]

入射光を透過する材料から構成される光学デバイスの製造方法であって、

第 1 低屈折率材料からなる層の表面に、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸構造層を形成する第 1 工程であって、前記凸部は、第 2 方向に延び、前記第 2 方向と直交する第 3 方向にサブ波長周期で配置され、前記凹部は、前記第 2 方向に延び、前記第 3 方向に前記凸部と交互に配置され、かつ、前記凹部における前記第 2 方向の長さおよび前記第 3 方向の幅の各々が、前記凸部における前記第 2 方向の長さおよび前記第 3 方向の幅の各々と等しい、第 1 工程と、

前記第 1 低屈折率材料よりも高い屈折率を有する高屈折率材料を用いて、前記凹凸構造体の表面に高屈折率層を形成する第 2 工程であって、前記高屈折率層は、前記凸部の高さよりも小さい厚さを有し、前記凹部上に位置する第 1 サブ波長格子と、前記凸部上に位置して前記第 1 サブ波長格子と同一の格子周期を有する第 2 サブ波長格子とを含む、第 2 工程と、

前記凹凸構造体と前記高屈折率層とからなる積層体の表面に、前記高屈折率材料よりも低い屈折率を有する第 2 低屈折率材料からなる埋め込み層を形成することにより、前記積層体が有する凹凸を前記第 2 サブ波長格子上まで前記第 2 低屈折率材料で埋める第 3 工程と、

前記積層体と前記埋め込み層とからなる共鳴構造部が有する 2 つの面のう

ちの少なくとも一方に反射防止部を形成する第4工程と、
を含む光学デバイスの製造方法。

[0244] [項目50]

前記第1工程では、前記第1低屈折率材料である樹脂からなる塗工層に第1の凹版を押し付け、前記樹脂を硬化させた後に前記第1の凹版を離型して前記第1の凹版の有する凹凸を前記樹脂に転写することにより、前記凹凸構造層を形成し、

前記第2工程では、前記高屈折率材料として無機化合物を含む材料を用いて、前記高屈折率層を形成し、

前記第3工程では、前記積層体の表面に、前記第2低屈折率材料である樹脂を塗工し、塗工した前記第2低屈折率材料である樹脂を硬化させることにより、前記埋め込み層を形成し、

前記第4工程では、前記共鳴構造部の表面に配置された樹脂に、第2の凹版を押し付けて前記第2の凹版の有する凹凸を転写することにより、突起状構造体からなる前記反射防止部を形成する、

項目49に記載の光学デバイスの製造方法。

[0245] [項目51]

前記第4工程は、前記第3工程で前記埋め込み層を形成することと同時に行う、

項目49または50に記載の光学デバイスの製造方法。

請求の範囲

[請求項1]

入射光を透過する材料から構成された光学デバイスであって、

第1サブ波長格子を構成する複数の第1高屈折率部と、前記第1高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第1低屈折率部とを有し、前記第1高屈折率部の並ぶ方向に沿って前記第1高屈折率部と前記第1低屈折率部とが交互に位置する第1格子領域と、

前記第1高屈折率部と同一の材料から構成されて第2サブ波長格子を構成する複数の第2高屈折率部と、前記第2高屈折率部よりも低い屈折率を有する複数の第2低屈折率部とを有し、前記第2高屈折率部の並ぶ方向に沿って前記第2高屈折率部と前記第2低屈折率部とが交互に位置する第2格子領域と、

前記第1格子領域の平均屈折率および前記第2格子領域の平均屈折率の各々よりも低い屈折率をそれぞれが有する第1低屈折率領域、第2低屈折率領域、および、第3低屈折率領域と、を備え、

前記第1格子領域は、当該第1格子領域の厚さ方向に前記第1低屈折率領域と前記第2低屈折率領域とに挟まれ、

前記第2格子領域は、当該第2格子領域の厚さ方向に前記第2低屈折率領域と前記第3低屈折率領域とに挟まれ、

前記第1サブ波長格子の格子周期と前記第2サブ波長格子の格子周期とは、相互に等しい周期であり、

前記第1格子領域における前記複数の第1高屈折率部の体積比率と、前記第2格子領域における前記複数の第2高屈折率部の体積比率とは同一であり、

前記第1格子領域の厚さ方向に沿った方向から見て、

前記第1高屈折率部と前記第2低屈折率部とが重なり、前記第2高屈折率部と前記第1低屈折率部とが重なっている

光学デバイス。

[請求項2]

前記第1低屈折率領域と、前記第1低屈折率部と、前記第2低屈折

率領域のなかで前記第1低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する1つの構造体である第1構造体であり、

前記第3低屈折率領域と、前記第2低屈折率部と、前記第2低屈折率領域のなかで前記第2低屈折率部に隣接する部分とは、相互に連続する1つの構造体である第2構造体である

請求項1に記載の光学デバイス。

[請求項3] 前記第1構造体と前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部の各々との屈折率差は0.2よりも大きく、

前記第2構造体と前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部の各々との屈折率差は0.2よりも大きい

請求項2に記載の光学デバイス。

[請求項4] 前記第1構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第2構造体を構成する材料は、紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、および、熱可塑性樹脂のいずれかであり、

前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部を構成する材料は、無機化合物を含む

請求項2または3に記載の光学デバイス。

[請求項5] 前記第2低屈折率領域は、前記第1高屈折率部および前記第2高屈折率部と同一の材料から構成された第3高屈折率部を有し、

前記第3高屈折率部は、前記第1格子領域の厚さ方向に沿った方向から見て互いに隣り合う前記第1高屈折率部と前記第2高屈折率部との端部間で、前記第2低屈折率領域の厚さ方向に沿って延びている

請求項1～4のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[請求項6] 前記複数の第1高屈折率部、前記複数の第1低屈折率部、前記複数の第2高屈折率部、および、前記複数の第2低屈折率部の各々は、共通する1つの方向に帯状に延びる形状を有している

請求項1～5のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[請求項7] 前記第1格子領域、前記第2格子領域、前記第1低屈折率領域、前記第2低屈折率領域、および、前記第3低屈折率領域から構成される部分が共鳴構造部であり、

前記光学デバイスは、前記共鳴構造部の厚さ方向に沿って並ぶ複数の前記共鳴構造部を備える

請求項1～6のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[請求項8] 前記複数の共鳴構造部の各々が有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期は、前記複数の共鳴構造部において等しい

請求項7に記載の光学デバイス。

[請求項9] 前記複数の共鳴構造部には、第1共鳴構造部と第2共鳴構造部とが含まれ、前記第1共鳴構造部の有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期である第1構造周期と、前記第2共鳴構造部の有する前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期である第2構造周期とは、互いに異なる

請求項7に記載の光学デバイス。

[請求項10] 前記複数の共鳴構造部の各々において、前記複数の第1高屈折率部、前記複数の第1低屈折率部、前記複数の第2高屈折率部、および、前記複数の第2低屈折率部の各々である要素部は、1つの方向に帯状に延びる形状を有し、

前記複数の共鳴構造部には、第1共鳴構造部と第2共鳴構造部とが含まれ、

前記第1共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向と、前記第2共鳴構造部の有する前記要素部の延びる方向とは、互いに異なる

請求項7に記載の光学デバイス。

[請求項11] 前記複数の共鳴構造部の各々において、前記複数の第1高屈折率部、前記複数の第1低屈折率部、前記複数の第2高屈折率部、および、前記複数の第2低屈折率部の各々は、前記複数の共鳴構造部に共通す

る1つの方向に帯状に延びる形状を有する

請求項7に記載の光学デバイス。

[請求項12] 前記光学デバイスにて前記第1格子領域の厚さ方向における最も外側の層を構成する反射防止部を備える

請求項1～11のいずれか一項に記載の光学デバイス。

[請求項13] 前記反射防止部は突起状構造体を含み、
前記第1格子領域の厚さ方向に沿った前記突起状構造体の断面形状が、釣鐘状、円錐状、および、逆漏斗状のいずれかである

請求項12に記載の光学デバイス。

[請求項14] 請求項1～6のいずれか一項に記載の光学デバイスの構成を有する表示要素を備え、表面と裏面とを有する表示体であって、

前記表示体は、複数の前記表示要素を備え、複数の前記表示要素には、第1表示要素と第2表示要素とが含まれ、

前記表面と対向する方向から見て、前記表示体は、前記第1表示要素が位置する第1表示領域と、前記第2表示要素が位置する第2表示領域とを含み、

前記第1表示要素における前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期と、前記第2表示要素における前記第1サブ波長格子および前記第2サブ波長格子の格子周期とは、互いに異なる表示体。

[請求項15] 請求項9に記載の光学デバイスの構成を有する表示要素を備え、表面と裏面とを有する表示体であって、

前記表示体は、複数の前記表示要素を備え、複数の前記表示要素には、第1表示要素と第2表示要素とが含まれ、

前記表面と対向する方向から見て、前記表示体は、前記第1表示要素が位置する第1表示領域と、前記第2表示要素が位置する第2表示領域とを含み、

前記第1表示要素における前記第1構造周期と前記第2構造周期と

の組み合わせと、前記第2表示要素における前記第1構造周期と前記第2構造周期との組み合わせとでは、前記第1構造周期と前記第2構造周期との少なくとも一方が異なる

表示体。

[請求項16] 請求項8に記載の光学デバイスの構成を有する複数の副画素を備えるカラーフィルタであって、

前記複数の副画素には、第1副画素と第2副画素とが含まれ、前記第1副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期と、前記第2副画素が有する前記共鳴構造部における前記格子周期とは、互いに異なる

カラーフィルタ。

[請求項17] 請求項9に記載の光学デバイスの構成を有する複数の副画素を備えるカラーフィルタであって、

前記複数の副画素には、第1副画素と第2副画素とが含まれ、

前記第1副画素における前記第1構造周期と前記第2構造周期との組み合わせと、前記第2副画素における前記第1構造周期と前記第2構造周期との組み合わせとでは、前記第1構造周期と前記第2構造周期との少なくとも一方が異なる

カラーフィルタ。

[請求項18] 入射光を透過する材料から構成される光学デバイスの製造方法であって、

第1低屈折率材料からなる層の表面に、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸構造層を形成する第1工程であって、前記複数の凸部は、サブ波長周期で並び、前記凹部は、前記複数の凸部の並ぶ方向に沿って前記凸部と交互に並び、前記複数の凹部は、前記表面と対向する方向から見て前記複数の凸部の面積と等しい面積を有する、前記第1工程と、

前記第1低屈折率材料よりも高い屈折率を有する高屈折率材料を用

いて、前記凹凸構造層の表面に高屈折率層を形成する第2工程であって、前記高屈折率層は、前記凸部の高さよりも小さい厚さを有し、前記凹部上に位置する第1サブ波長格子と、前記凸部上に位置して前記第1サブ波長格子と同一の格子周期を有する第2サブ波長格子とを含む、前記第2工程と、

前記凹凸構造層と前記高屈折率層とからなる構造体の表面に、前記高屈折率材料よりも低い屈折率を有する第2低屈折率材料からなる埋め込み層を形成することにより、前記構造体が有する凹凸を前記第2サブ波長格子上まで前記第2低屈折率材料で埋める第3工程と、

を含む光学デバイスの製造方法。

[請求項19]

前記第1工程では、前記第1低屈折率材料である樹脂からなる塗工層に凹版を押し付け、前記樹脂を硬化させた後に前記凹版を離型して前記凹版の有する凹凸を前記樹脂に転写することにより、前記凹凸構造層を形成し、

前記第2工程では、前記高屈折率材料として無機化合物を含む材料を用いて、前記高屈折率層を形成し、

前記第3工程では、前記構造体の表面に、前記第2低屈折率材料である樹脂を塗工し、塗工した樹脂を硬化させることにより、前記埋め込み層を形成する

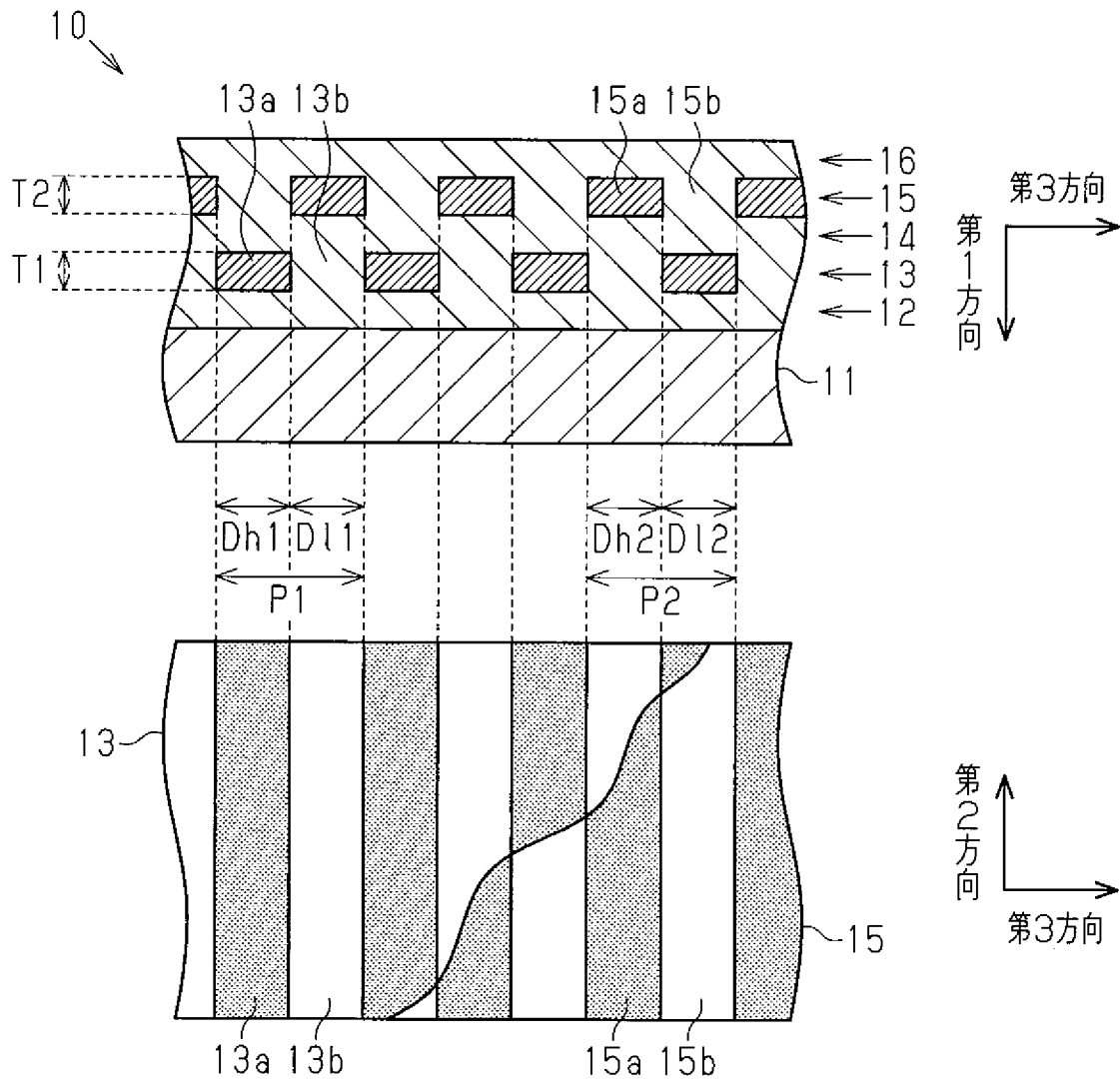
請求項18に記載の光学デバイスの製造方法。

[請求項20]

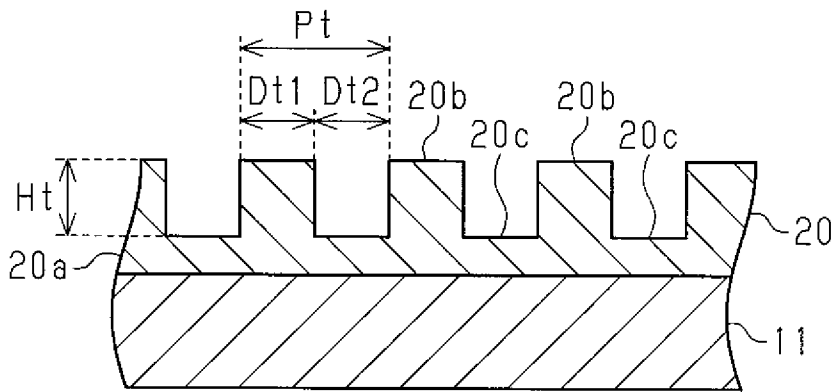
前記第3工程では、2つの前記構造体を、前記高屈折率層同士が向かい合うように対向させ、2つの前記構造体の間の領域を前記第2低屈折率材料で埋めることによって、前記埋め込み層を形成する

請求項18または19に記載の光学デバイスの製造方法。

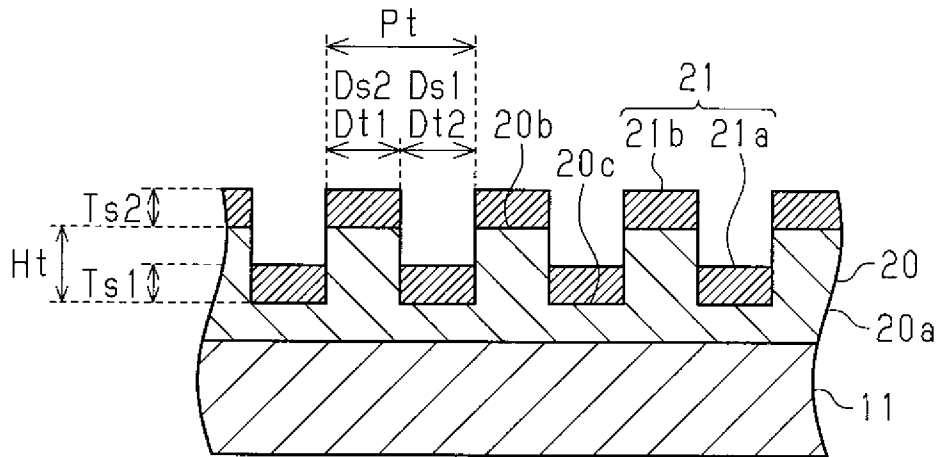
[図1]



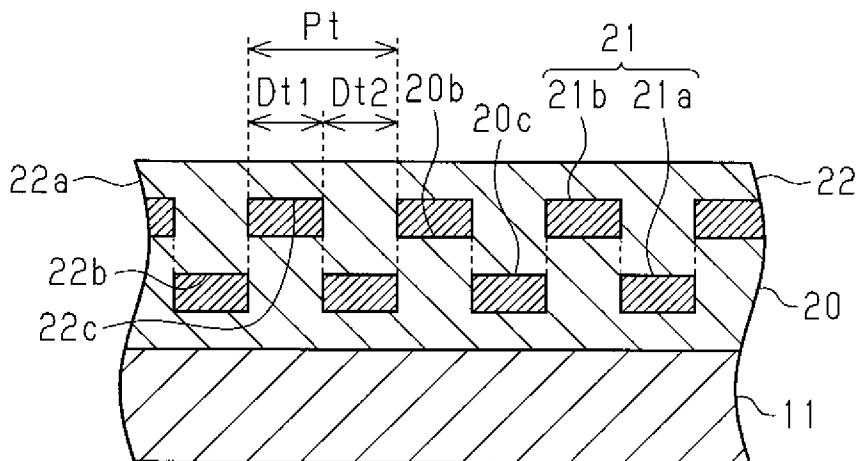
[図2]



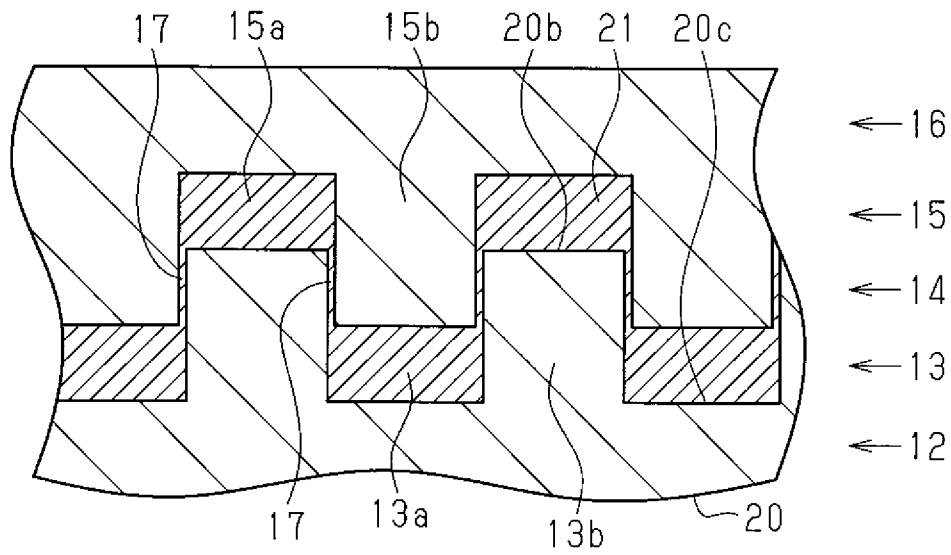
[図3]



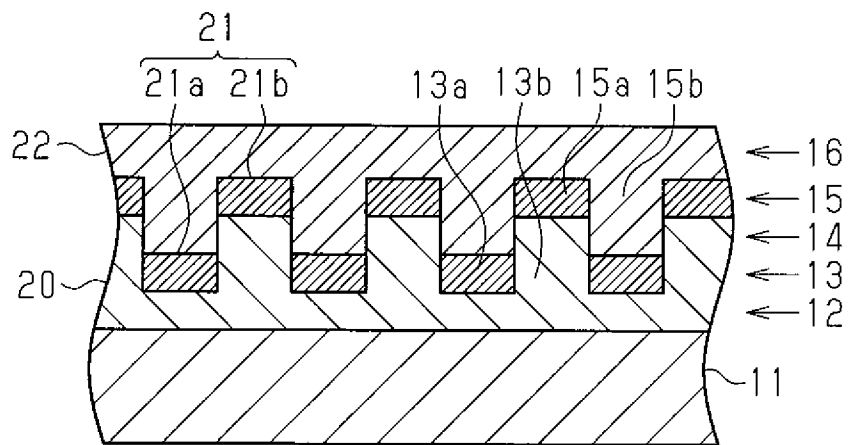
[図4]



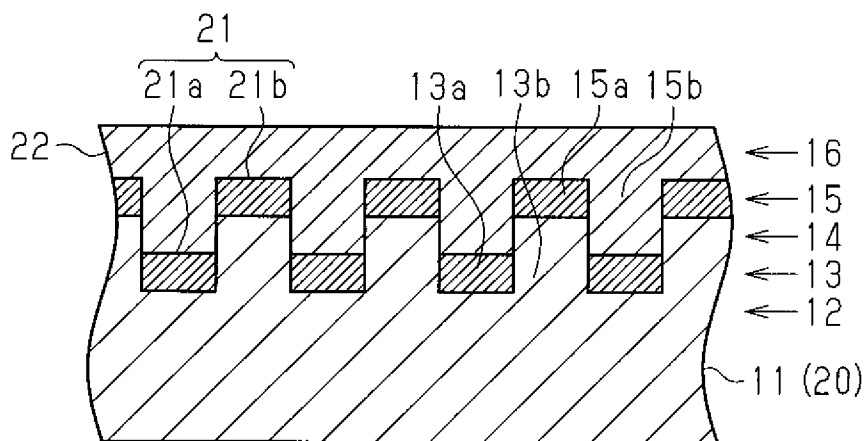
[図5]



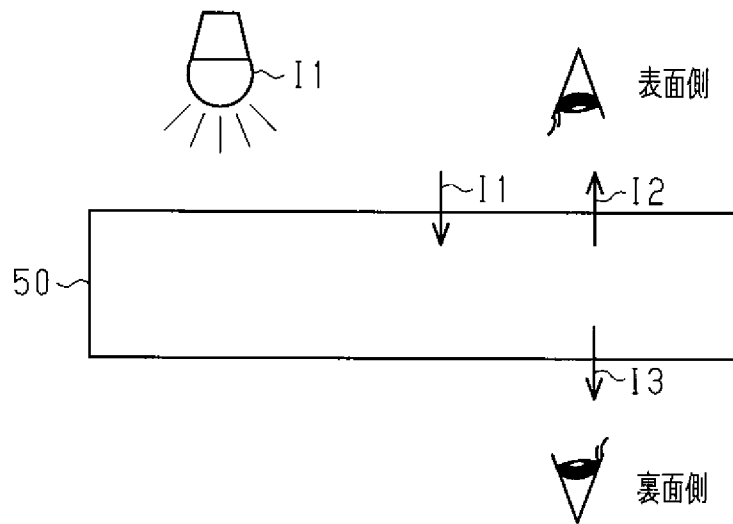
[図6]



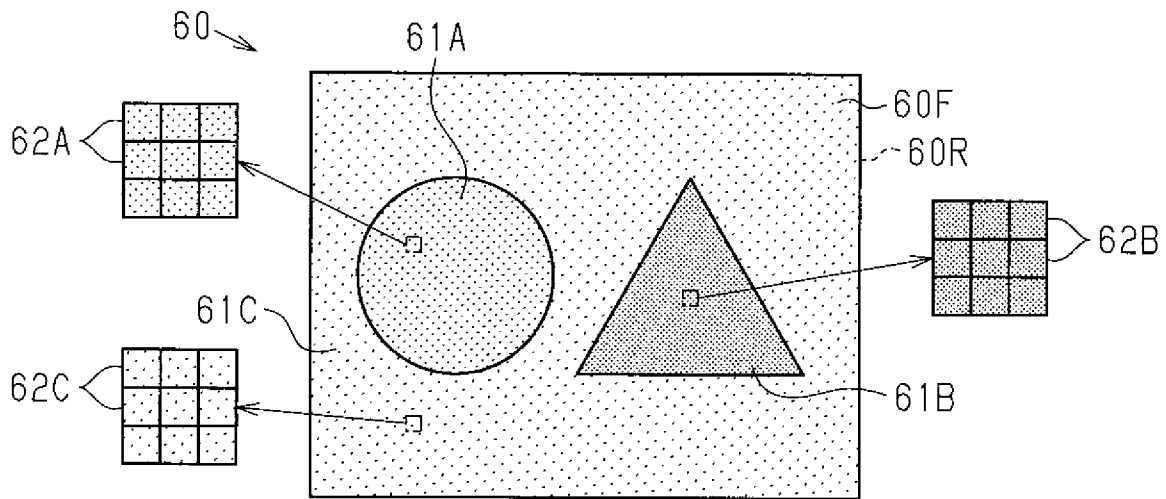
[図7]



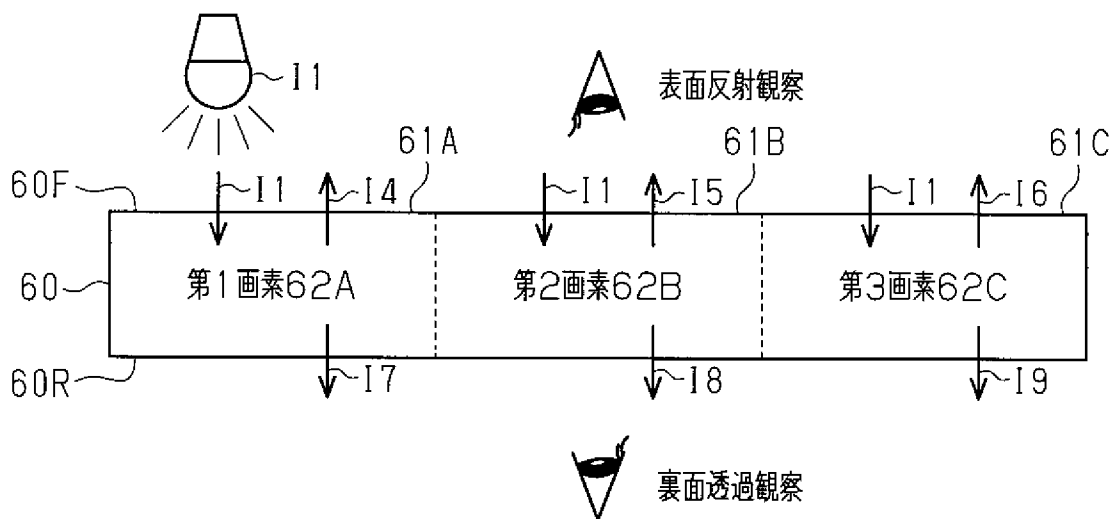
[図8]



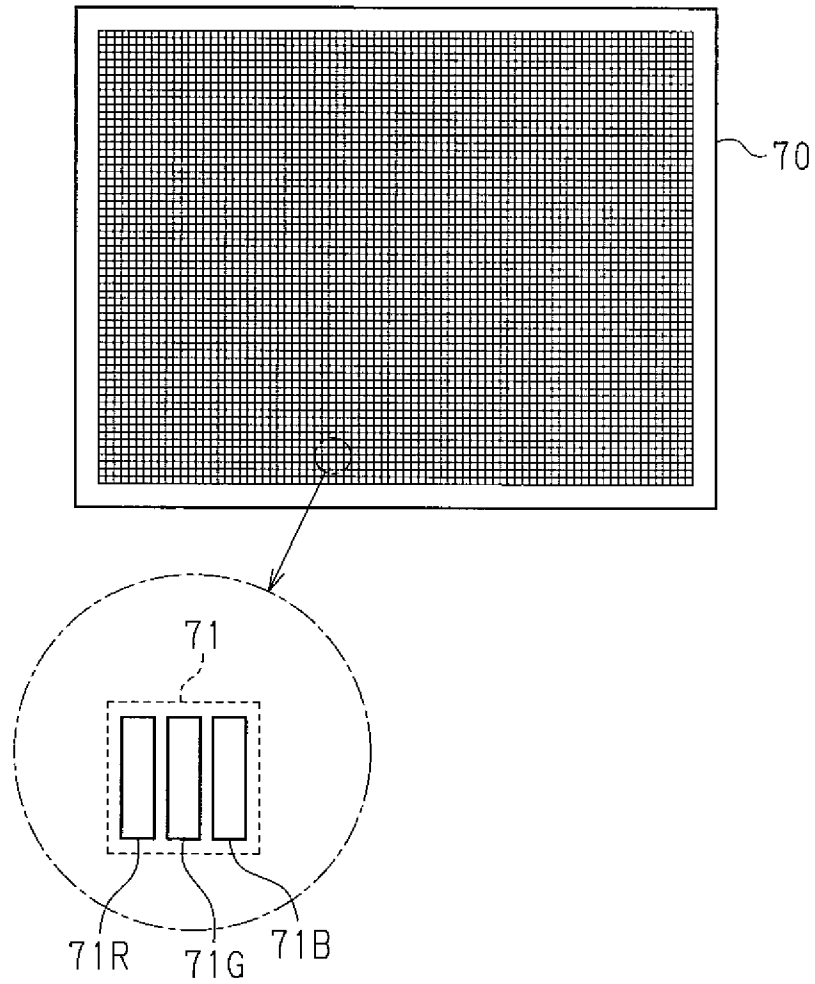
[図9]



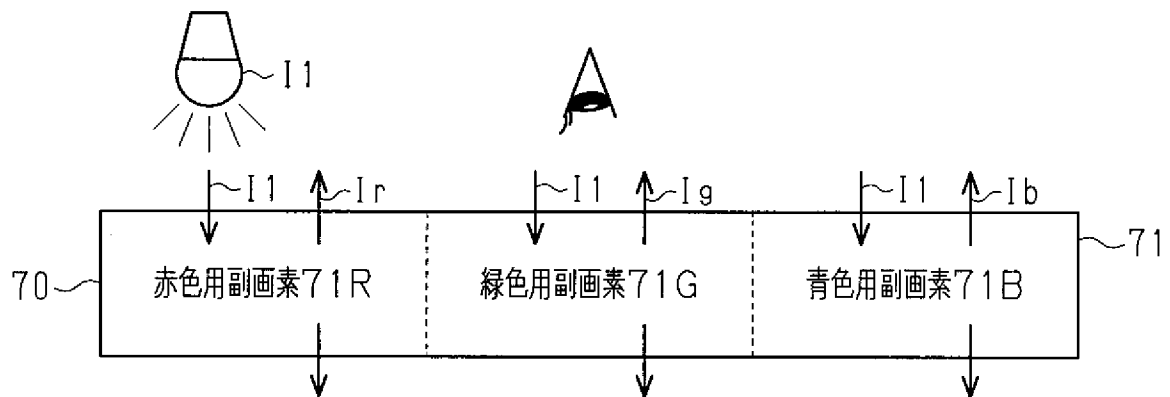
[図10]



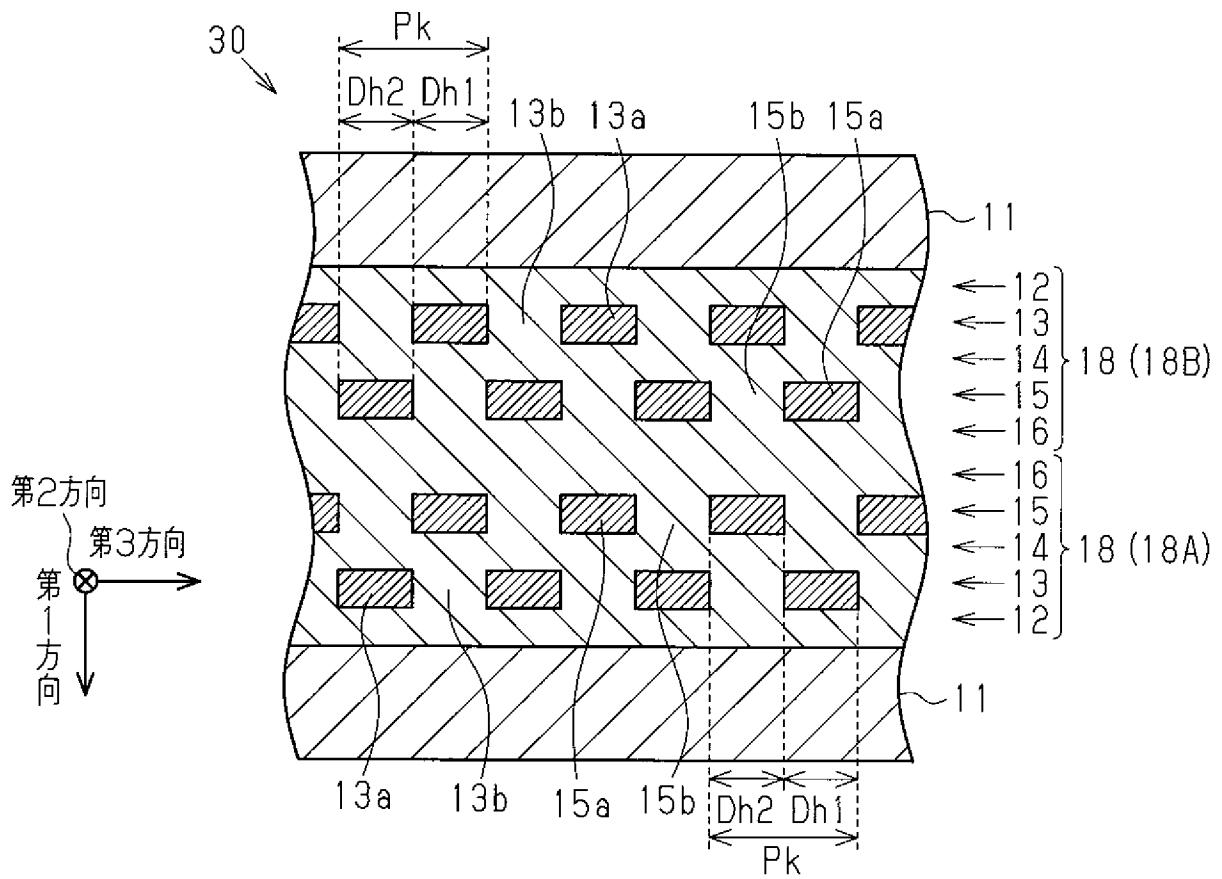
[図11]



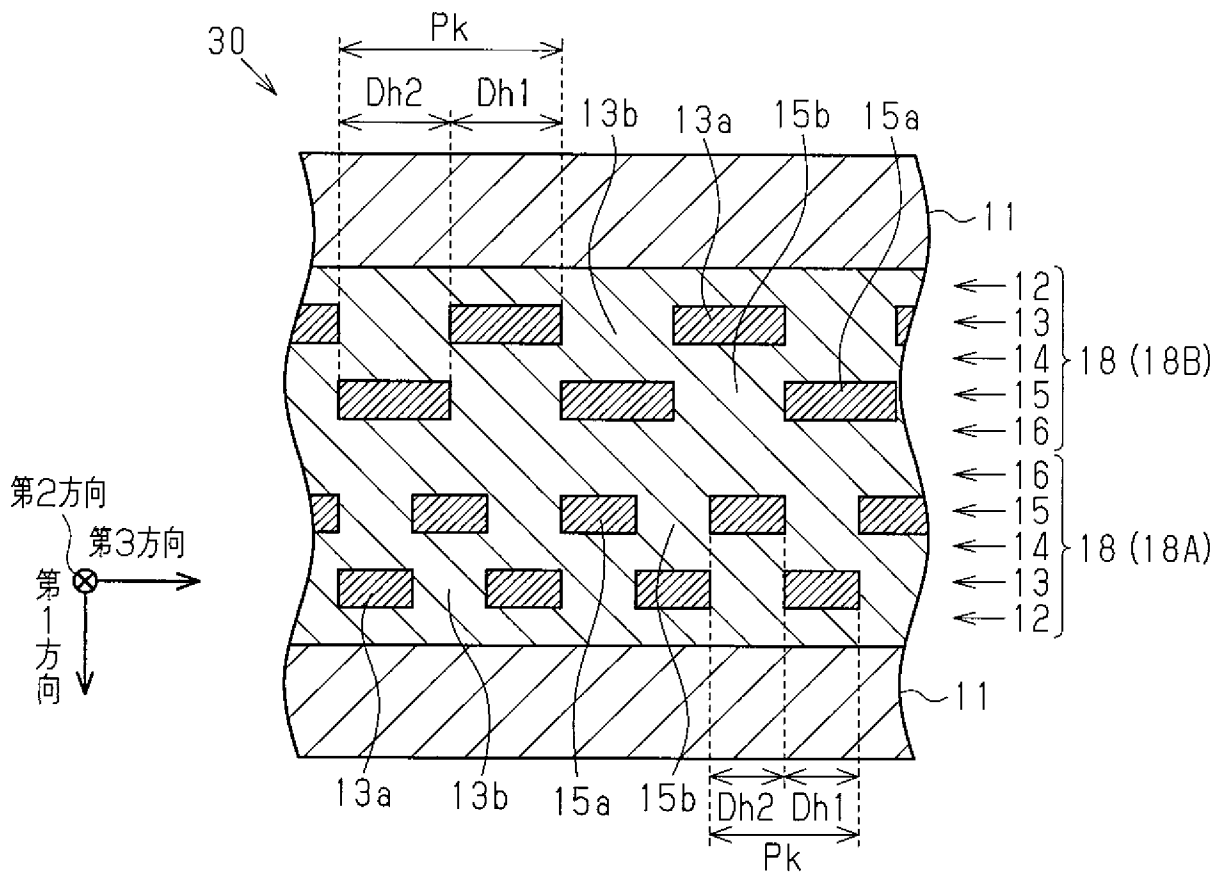
[図12]



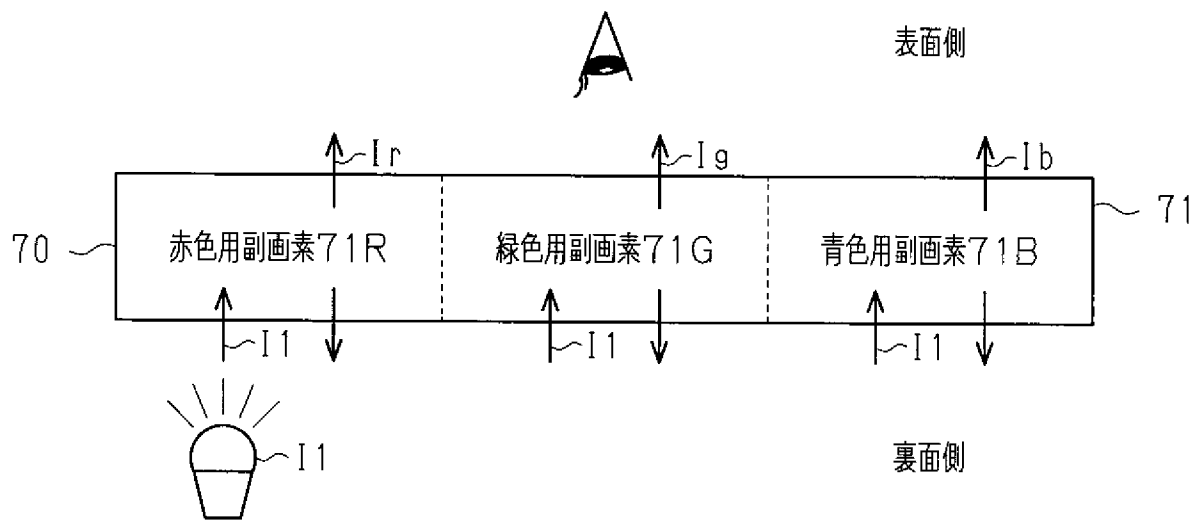
[図13]



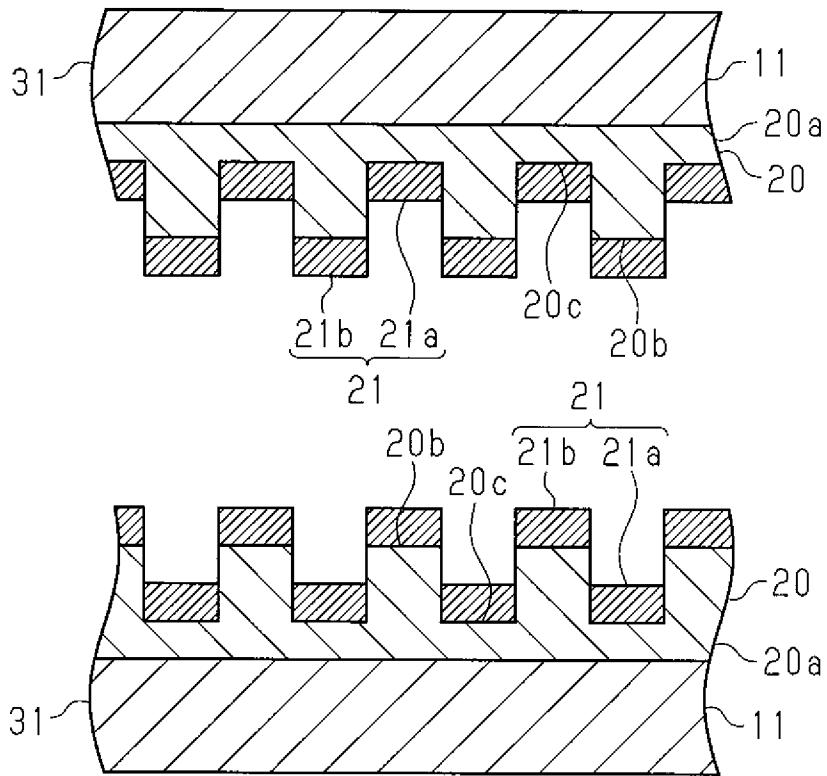
[図14]



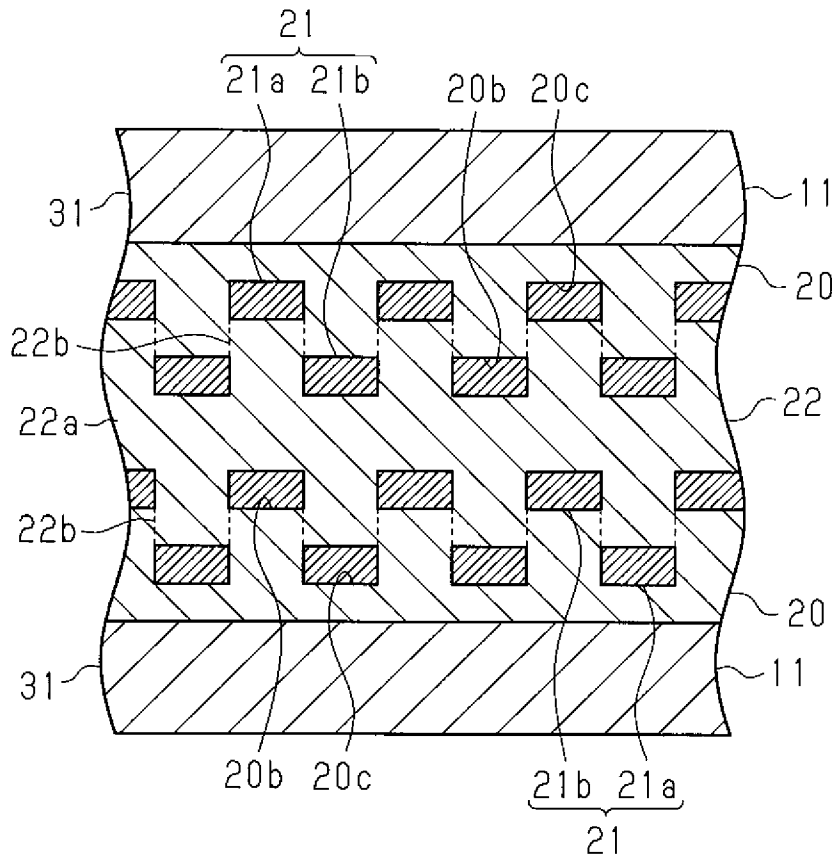
[図15]



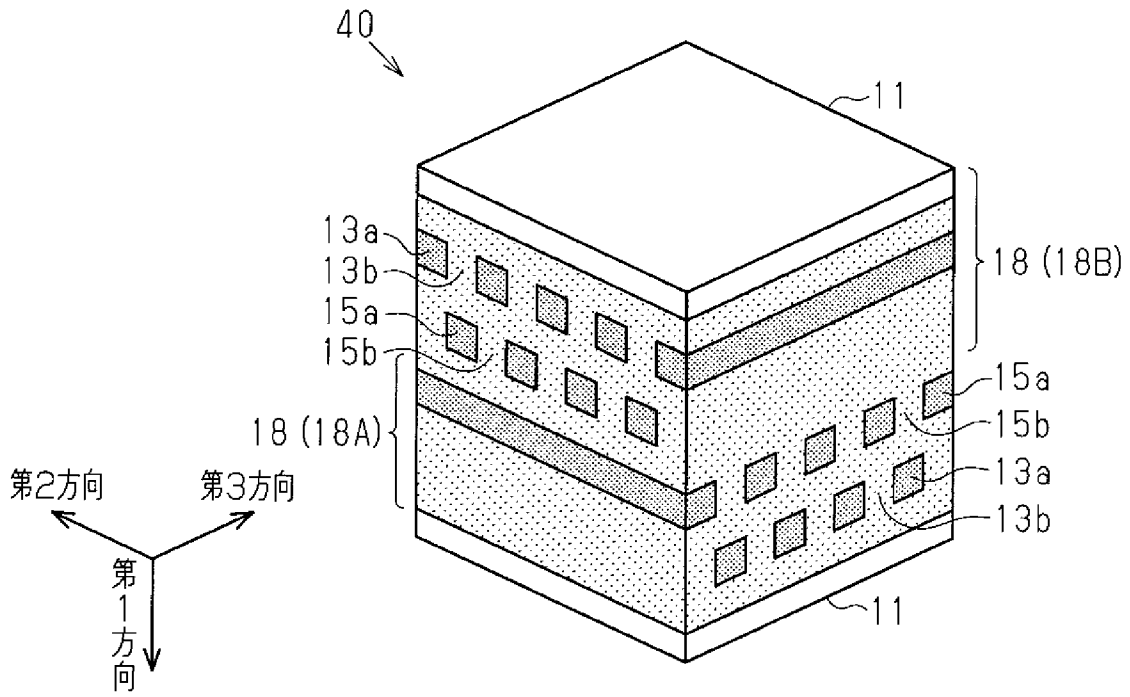
[図16]



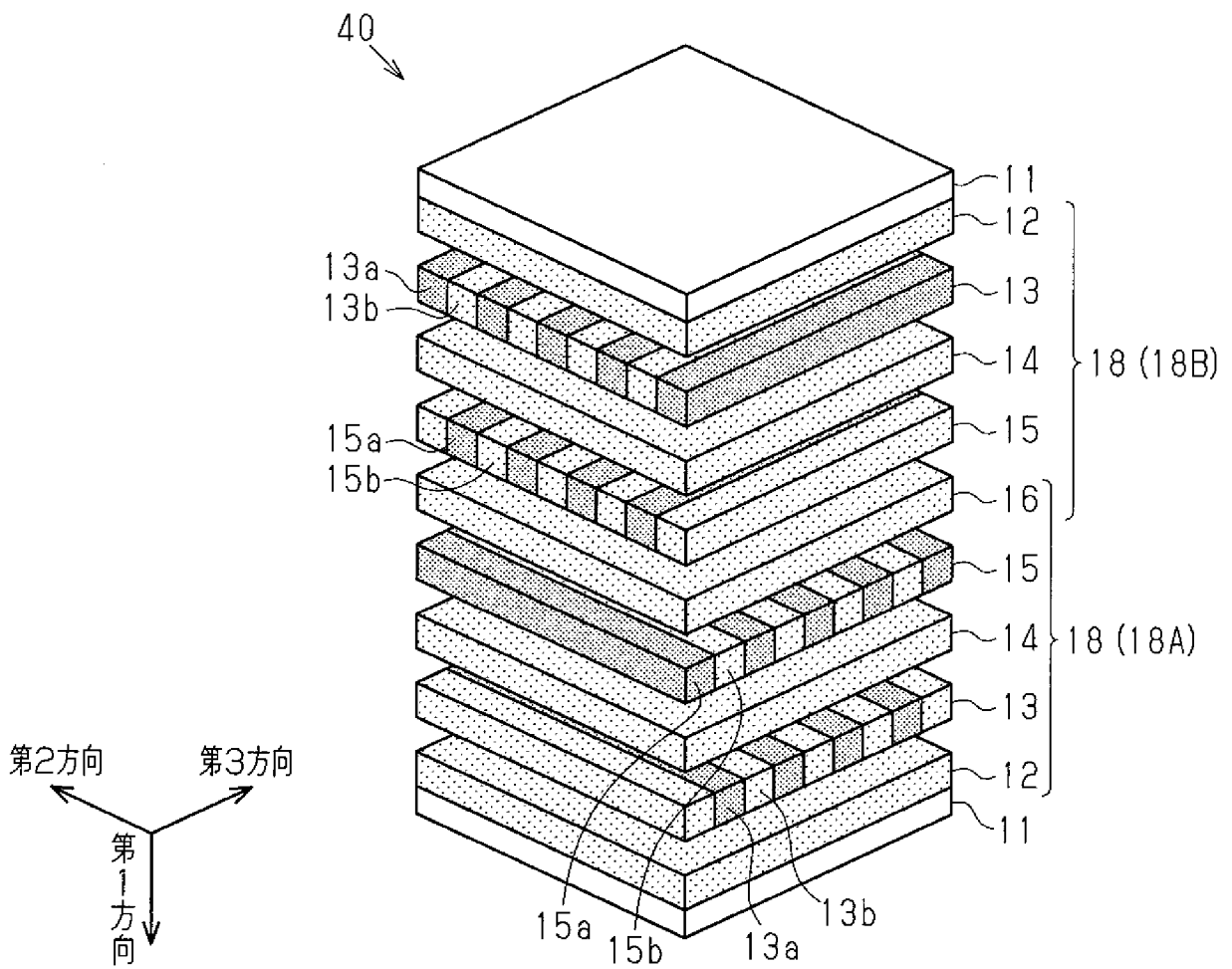
[図17]



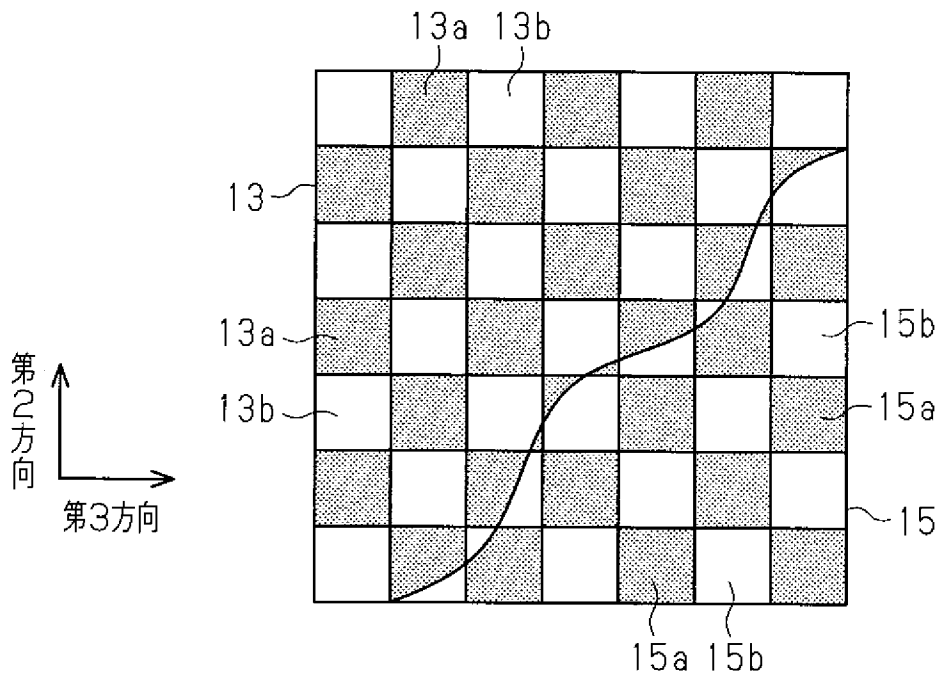
[図18]



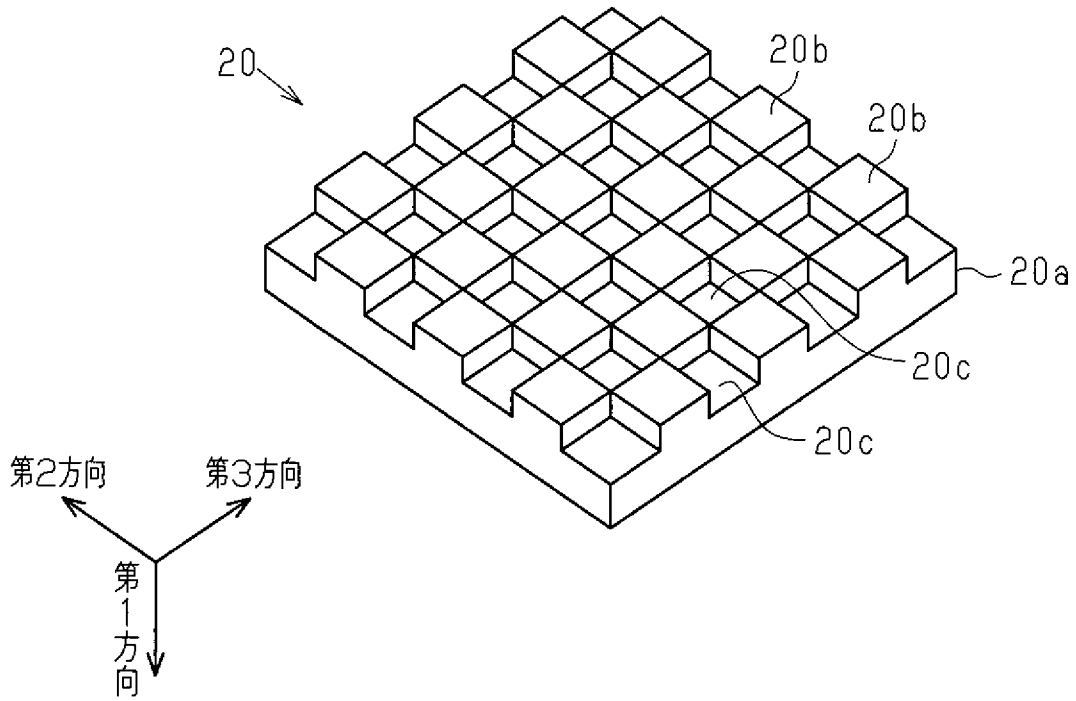
[図19]



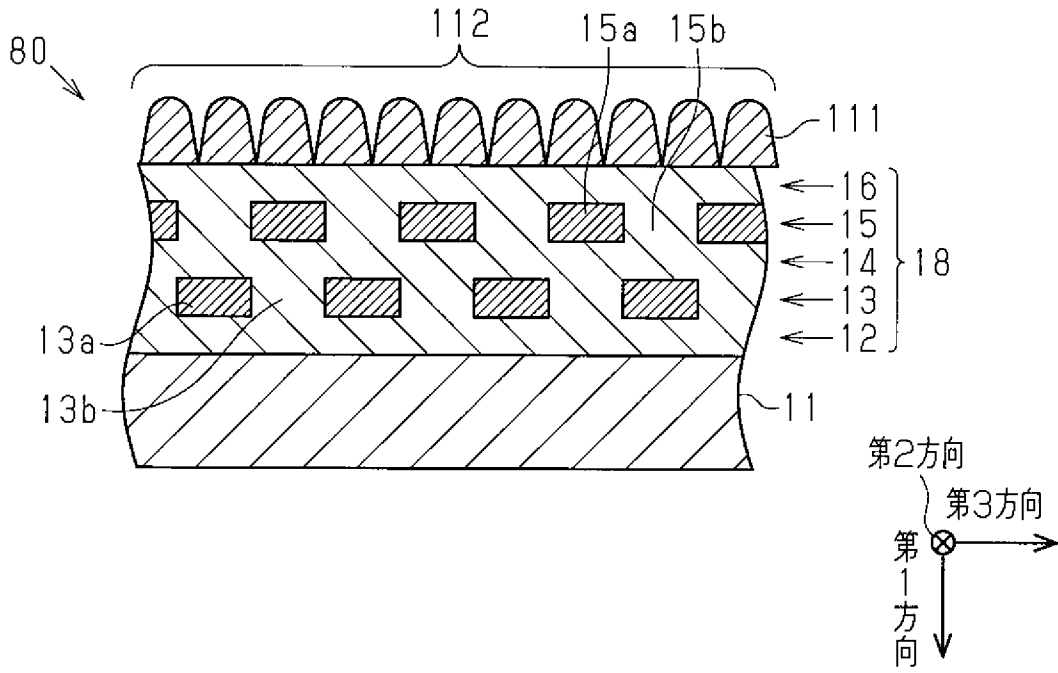
[图20]



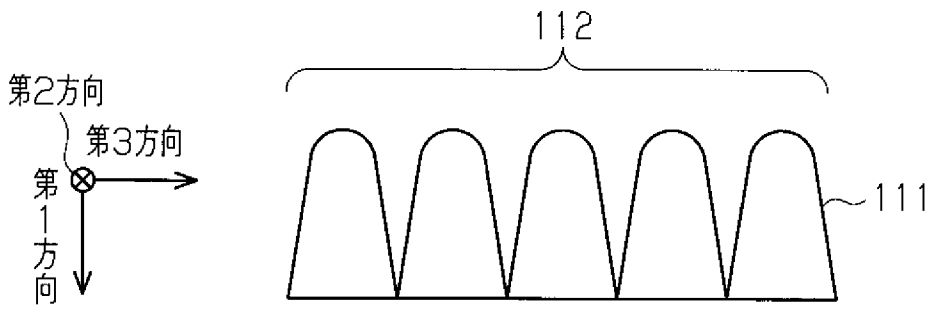
[图21]



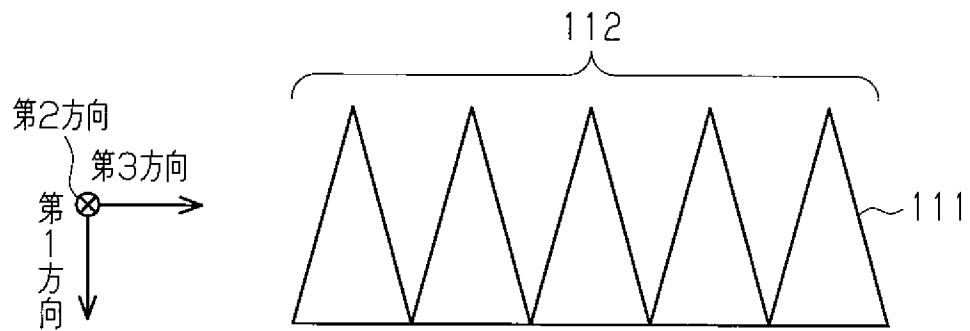
[図22]



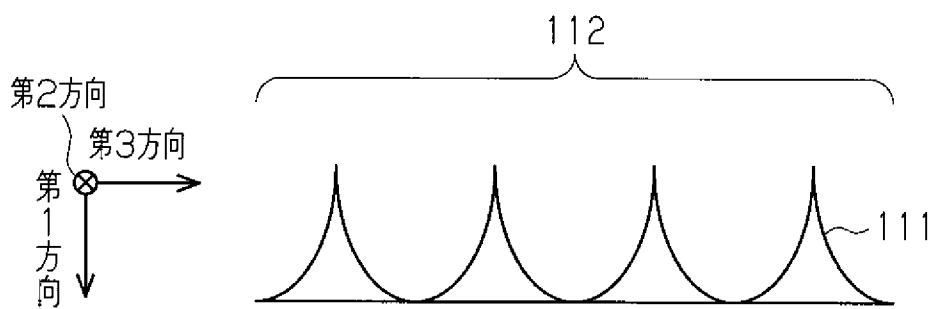
[図23]



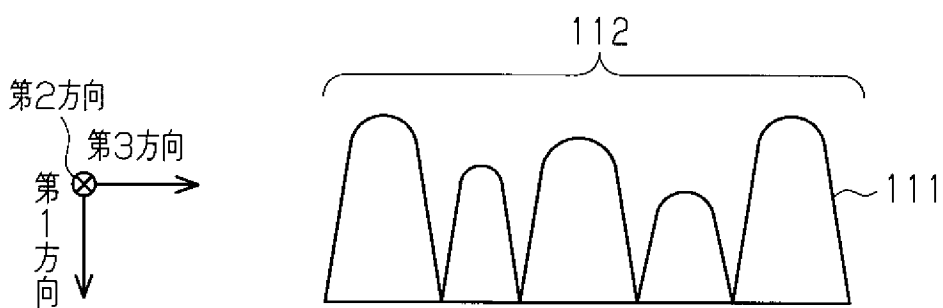
[图24]



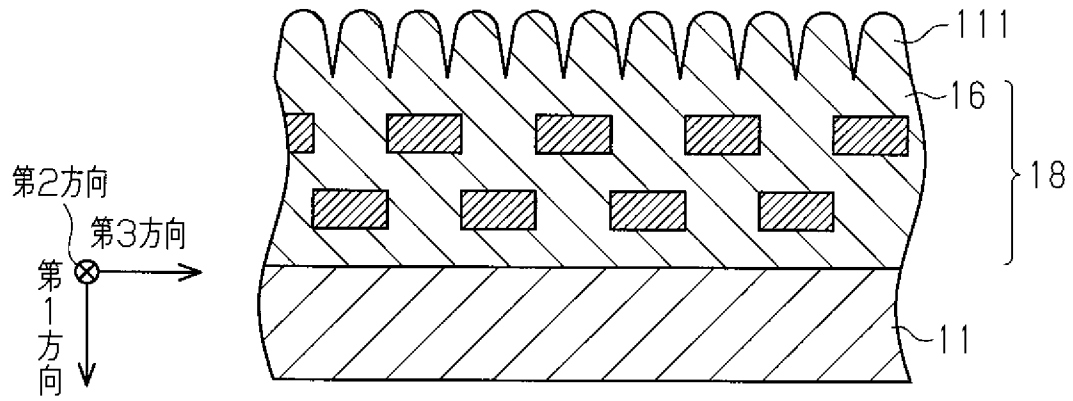
[图25]



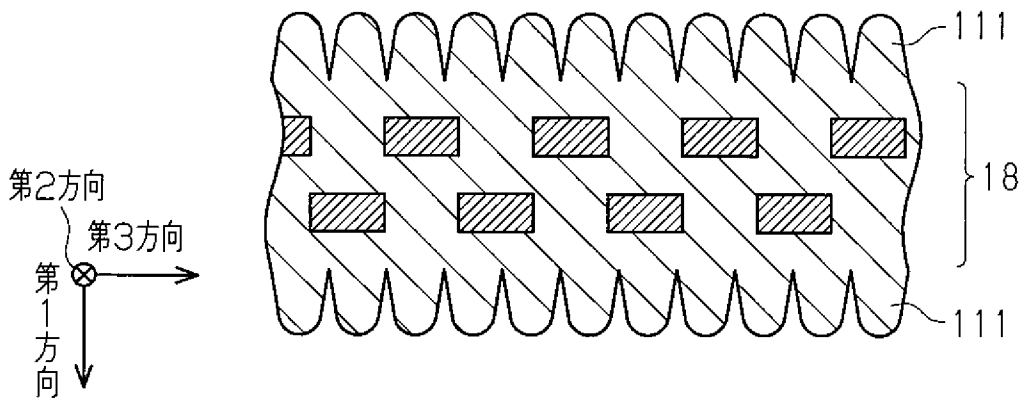
[图26]



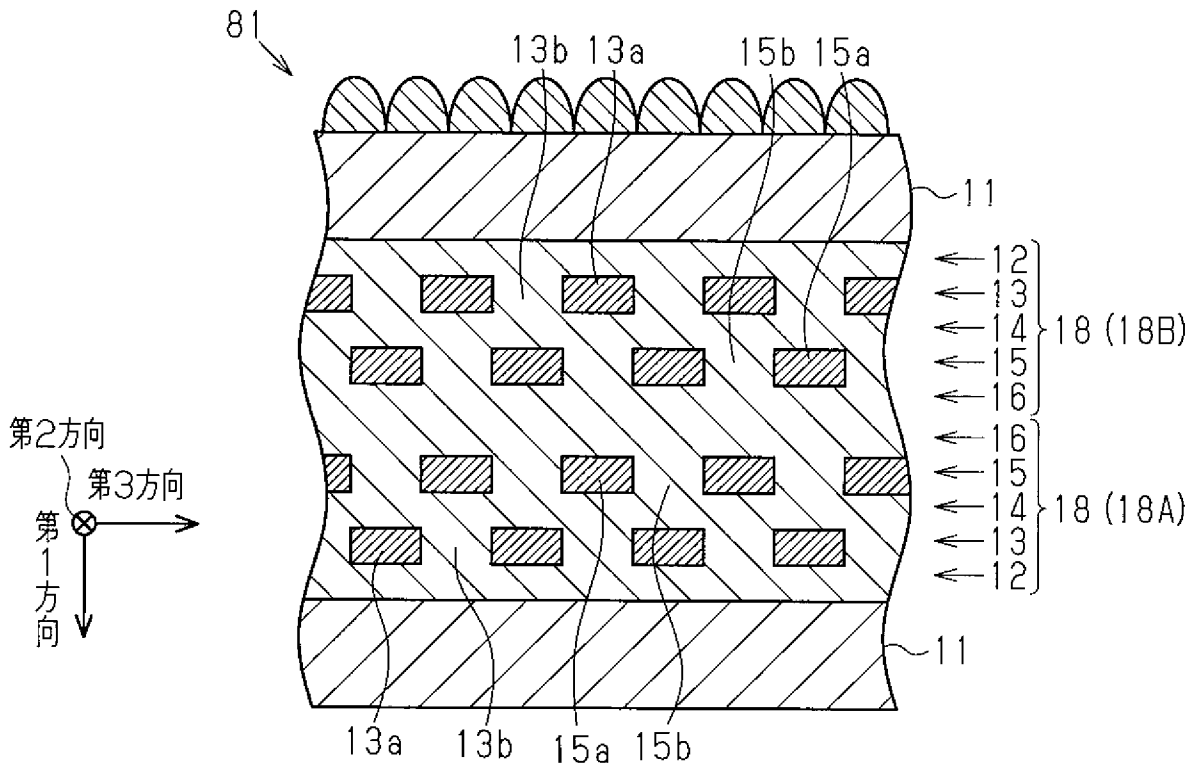
[図27]



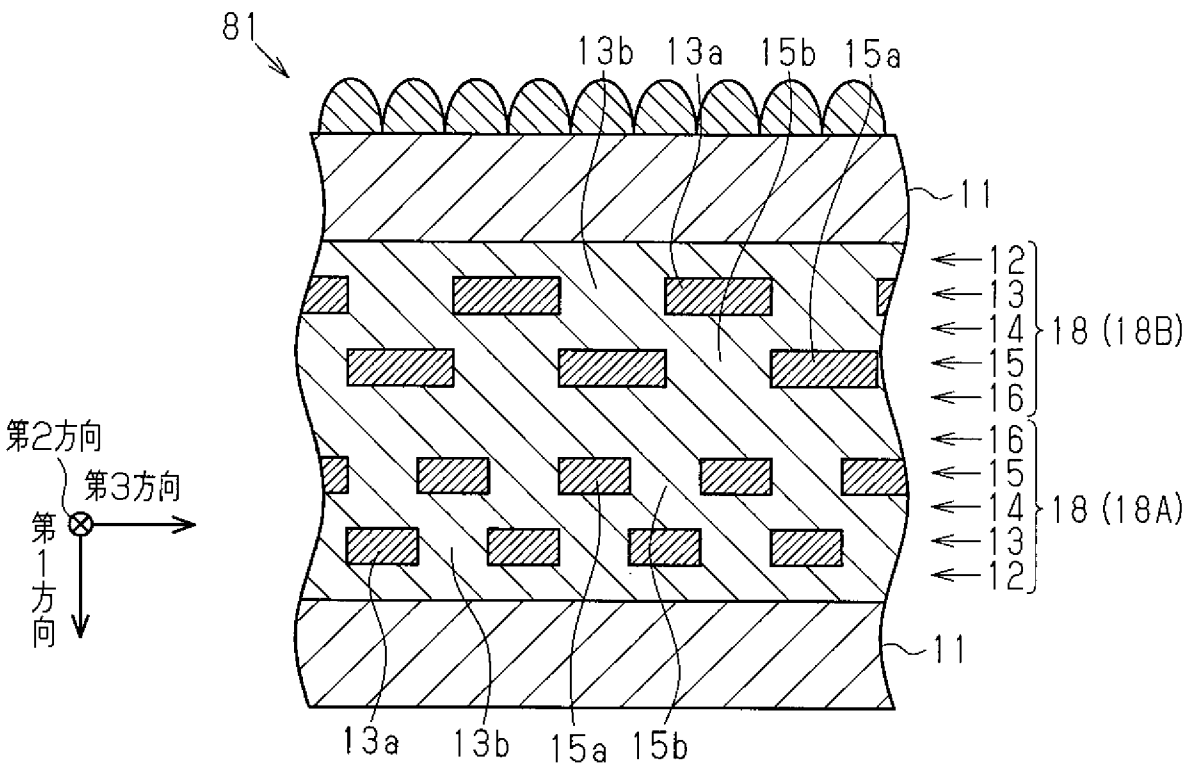
[図28]



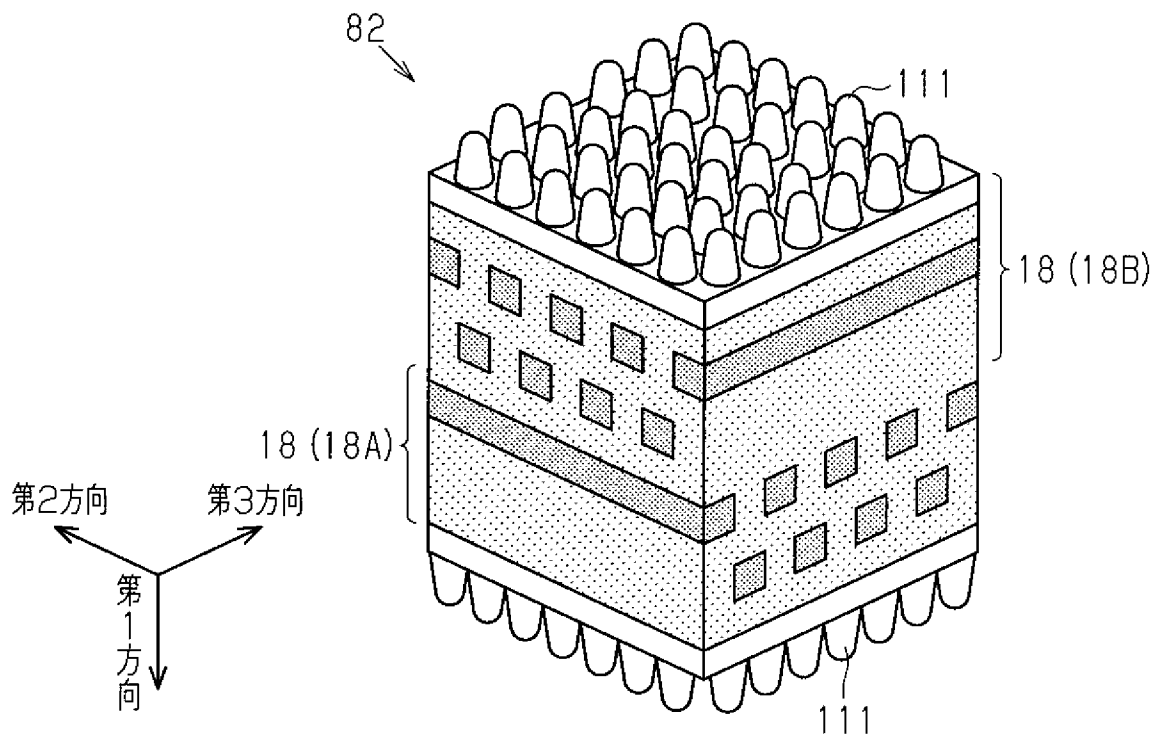
[図29]



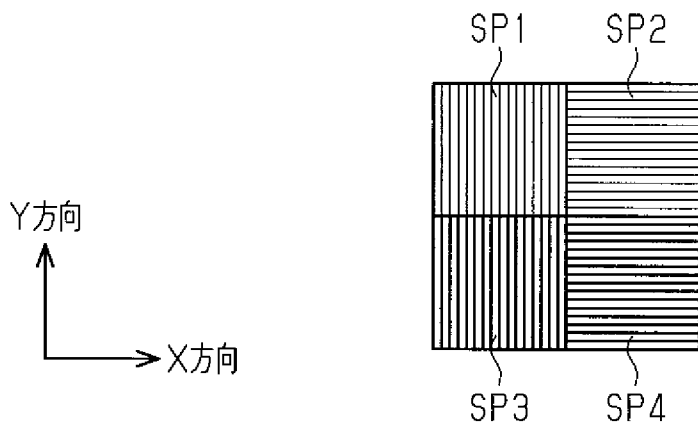
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. G02B5/18 (2006.01) i, B42D25/30 (2014.01) i, B42D25/328 (2014.01) i,
 B42D25/45 (2014.01) i, G02B1/118 (2015.01) i, G02B5/20 (2006.01) i

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)
 Int.Cl. G02B5/18, B42D25/30, B42D25/328, B42D25/45, G02B1/118, G02B5/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model specifications of Japan	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2016/012084 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH) 28 January 2016, pp. 9-12, fig. 1 & JP 2017-522595 A, paragraphs [0029]-[0037], fig. 1 & US 2017/0205547 A1 & EP 3172601 A1 & DE 102014010751 A1 & CA 2951331 A1 & AU 2015294637 A & CN 106574996 A	1-6, 12-13 7-11, 14-20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"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 06 December 2017 (06.12.2017)	Date of mailing of the international search report 19 December 2017 (19.12.2017)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036832

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-538937 A (CSEM CENTRE SUISSE DELECTRONIQUE S.A.) 12 November 2009, paragraphs [0025], [0030], fig. 1, 6 & US 2009/0257126 A1, paragraph [0046] & US 2008/0259455 A1 & US 2011/0317268 A1 & US 2007/0285782 A1 & WO 2007/137438 A1 & EP 1862827 A1 & EP 1998193 A1 & EP 2024447 A1	7-11, 15-17
Y	JP 2014-501399 A (CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES) 20 January 2014, fig. 2-3, paragraphs [0037]-[0038] & US 2013/0301988 A1, paragraphs [0052]-[0053] & WO 2012/093119 A1 & EP 2661649 A1 & FR 2970088 A1	10
Y	JP 2015-194617 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 05 November 2015, paragraphs [0037]-[0042] & WO 2015/151479 A1 & TW 201543084 A	14-17
Y	US 2012/0235399 A1 (LOCHBIHLER, Hans) 20 September 2012, fig. 5-7, paragraphs [0060]-[0067] & WO 2011/066992 A1 & EP 2507656 A1 & DE 102009056933 A1 & CN 102713693 A	18-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B5/18(2006.01)i, B42D25/30(2014.01)i, B42D25/328(2014.01)i, B42D25/45(2014.01)i, G02B1/118(2015.01)i, G02B5/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B5/18, B42D25/30, B42D25/328, B42D25/45, G02B1/118, G02B5/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 2016/012084 A1 (GIESECKE & DEVRIENT GMBH) 2016.01.28, P.9-12, Fig.1 & JP 2017-522595 A, [0029]-[0037], 図1 & US 2017/0205547 A1 & EP 3172601 A1 & DE 102014010751 A1 & CA 2951331 A1 & AU 2015294637 A & CN 106574996 A	1-6, 12-13 7-11, 14-20

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.12.2017	国際調査報告の発送日 19.12.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 井上 徹 電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-538937 A (セエスウエム サントル スイス デレクトロ ニクエ ドウ ミクロテクニク ソシエテ アノニムールシエルシ エ エ デブロップマン) 2009. 11. 12, [0025], [0030], 図 1. 6 & US 2009/0257126 A1, [0046] & US 2008/0259455 A1 & US 2011/0317268 A1 & US 2007/0285782 A1 & WO 2007/137438 A1 & EP 1862827 A1 & EP 1998193 A1 & EP 2024447 A1	7-11, 15-17
Y	JP 2014-501399 A (サントル ナショナル デチュード スパシア ル) 2014. 01. 20, 図 2-3, [0037]-[0038] & US 2013/0301988 A1, [0052]-[0053] & WO 2012/093119 A1 & EP 2661649 A1 & FR 2970088 A1	10
Y	JP 2015-194617 A (凸版印刷株式会社) 2015. 11. 05, [0037]-[0042] & WO 2015/151479 A1 & TW 201543084 A	14-17
Y	US 2012/0235399 A1 (LOCHBIHLER, Hans) 2012. 09. 20, Figs. 5-7, [0060]-[0067] & WO 2011/066992 A1 & EP 2507656 A1 & DE 102009056933 A1 & CN 102713693 A	18-20