

(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
2014 年 11 月 6 日(06.11.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/178398 A1

- (51) 国際特許分類:
F21S 2/00 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
F21V 9/08 (2006.01) H05B 33/02 (2006.01)
F21V 9/16 (2006.01) H05B 33/12 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01) H05B 33/14 (2006.01)
G02F 1/13357 (2006.01) F21Y 101/02 (2006.01)
H01L 33/50 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/061970
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 30 日(30.04.2014)
- (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 2013-095355 2013 年 4 月 30 日(30.04.2013) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 安永 博敏 (YASUNAGA, Hirotoshi). 結城 龍三 (YUKI, Ryuzo). 石田 壮史 (ISHIDA, Takeshi). 門脇 真也 (KADOWAKI, Shinya).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市

北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).

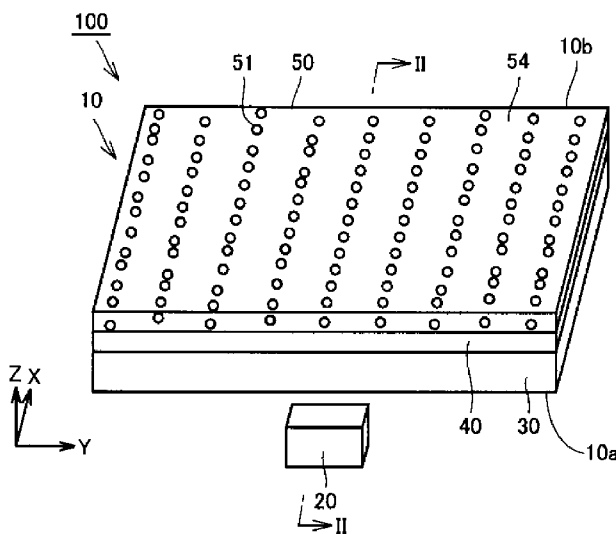
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: LIGHTING DEVICE

(54) 発明の名称: 照明装置

図 1



(57) Abstract: A lighting device (100) is provided with a light source (20) that emits primary light and a wavelength conversion element (10) that converts the wavelength of at least one part of the primary light that is emitted from the light source (20). The wavelength conversion element (10) comprises a fluorescent substance (51) that absorbs at least one part of the primary light that is emitted from the light source (20) and emits secondary light and a fluorescent substance layer (50) comprising a polymer (54) that has refractive index anisotropy. The fluorescent substance (51) has an anisotropic structure that is oriented along a first direction. The polymer (54) comprises a polymer molecule that is oriented along the first direction. The smallest angle that is formed by the direction of the transition dipole moment of the fluorescent substance and the slow axis of the polymer molecule with respect to polarized light that is emitted from the fluorescent substance toward the polymer molecule is 0-45 degrees.

(57) 要約: 照明装置 (100) は、一次光を出射する光源 (20) と、光源 (20) から出射された一次光の少なくとも一部を波長変換する波長変換素子 (10) とを備える。波長変換素子 (10) は、光源 (20) から出射された一次光の少なくとも一部を吸収して二次光を発光する蛍光体 (51) および屈折率異方性を有するポリマー (54) を有する蛍光体層 (50) とを含む。蛍光体 (51) は、第 1 方向に沿って配向する異方構造を有し、ポリマー (54) は、第 1 方向に沿って配向するポリマー分子を有し、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と、蛍光体からポリマー分子に向けて発光された偏光に対するポリマー分子の遅軸軸との成す角度のうちの小さい方の角度が、0 度以上 45 度以下である。

0) から出射された一次光の少なくとも一部を波長変換する波長変換素子 (10) とを備える。波長変換素子 (10) は、光源 (20) から出射された一次光の少なくとも一部を吸収して二次光を発光する蛍光体 (51) および屈折率異方性を有するポリマー (54) を有する蛍光体層 (50) とを含む。蛍光体 (51) は、第 1 方向に沿って配向する異方構造を有し、ポリマー (54) は、第 1 方向に沿って配向するポリマー分子を有し、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と、蛍光体からポリマー分子に向けて発光された偏光に対するポリマー分子の遅軸軸との成す角度のうちの小さい方の角度が、0 度以上 45 度以下である。

WO 2014/178398 A1

明 細 書

発明の名称：照明装置

技術分野

[0001] 本発明は、照明装置に関し、特に、一次光を波長変換することによって得られる二次光を含む光を外部に向けて照射する照明装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、環境への関心が高まってきており、平面ディスプレイ等を含む表示装置、シーリングライト等の照明器具、レーザー装置、およびセンサー等の各種光学システムに組み込まれる照明装置において、冷陰極管、白熱電球等よりも消費電力が小さい光源への移行が進んでいる。特に、LED (Light Emitting Diode) 等の半導体を用いた光源は、小型であり消費電力が小さいため、照明装置用光源として注目されている。

[0003] LEDを光源として用いた照明装置においては、所望の色調を得るためにLEDから出射された一次光を波長変換素子によって波長変換する必要がある。波長変換素子としては、蛍光体を含有する蛍光体層が主として用いられる。

[0004] 波長変換素子を用いた照明装置が開示された文献として、特開2006-244779号公報（特許文献1）がある。また、波長変換素子を用いた液晶表示装置が開示された文献として、特開2001-318370号公報（特許文献2）がある。また、波長変換素子自体が開示された文献として、特開2004-205953号公報（特許文献3）がある。

[0005] 特許文献1に開示された照明装置は、一次光を出射する複数の光源を含む光源ユニットと、複数の光源に対向配置され、一次光の一部を吸収して波長の異なる二次光を発光する波長変換素子とを備える。波長変換素子は、蛍光体を含有する蛍光体層を含み、蛍光体層と複数の光源との間の距離が所定の距離以上となるように蛍光体層が光源ユニットに取り付けられている。

[0006] また、特許文献2に開示された液晶表示装置にあつては、液晶層を挟持す

る一対の基板のうちの一方の基板の主表面に波長変換素子が形成されている。波長変換素子は、赤色蛍光体層、緑色蛍光体層および青色蛍光体層を含む。各蛍光体層には、配向した液晶ポリマーと配向した蛍光体が含まれる。

[0007] このような構成においては、波長変換素子を構成する各蛍光体層に含まれる液晶ポリマーおよび蛍光体が配向されているため、蛍光体から出射される直線偏光の偏光度を高くすることができる。

[0008] また、特許文献3に開示された波長変換素子は、透光性樹脂中に屈折率異方性を有するポリマーと蛍光体とが分散されることにより構成される蛍光体層を備える。当該ポリマーと当該透光性樹脂とは複屈折率が相違し、当該ポリマーが蛍光体層中に所定の方向に配向している。

[0009] このような構成においては、屈折率異方性を有するポリマーが蛍光体層中に所定の方向に配向することにより、蛍光体から発光された二次光を当該ポリマーによって散乱させて所定の振動面を有する直線偏光を効率よく取り出すことができる。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2006-244779号公報

特許文献2：特開2001-318370号公報

特許文献3：特開2004-205953号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 蛍光体層を含む波長変換素子においては、蛍光体層の光変換率が低いため、光損失が大きくなる。そのため、波長変換素子を用いた照明装置においては、蛍光体から発光された二次光を効率的に取り出すことが要求される。

[0012] ここで、特許文献1に記載の構成においては、蛍光体層と複数の光源との間の距離を所定の距離以上とすることにより輝度バラツキ、光量ムラを低減することはできるが、二次光の取り出し効率を向上させることについては十

分に考慮されていない。

[0013] 一方、特許文献2および特許文献3に開示の構成においては、蛍光体の発光方位と液晶ポリマーの配向方向との相関関係については十分に考慮されておらず、蛍光体の配向方向によっては、蛍光体から発光された二次光を十分に取り出せないことが懸念される。

[0014] 本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、二次光の取り出し効率を向上させることができる照明装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明に基づく照明装置は、一次光を波長変換することによって得られる二次光を含む照明光を外部に向けて照射するものであって、一次光を出射する光源と、上記光源から出射された一次光の少なくとも一部を波長変換する波長変換素子とを備える。上記波長変換素子は、一次光が入射される入射面と、上記入射面に対向し二次光を含む照明光を照射する照射面と、上記光源から出射された一次光の少なくとも一部を吸収して二次光を発光する蛍光体および屈折率異方性を有するポリマーを有する蛍光体層とを含む。上記蛍光体は、第1方向に沿って配向する異方構造を有し、上記ポリマーは、上記第1方向に沿って配向するポリマー分子を有する。上記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と、上記蛍光体から上記ポリマー分子に向けて発光された偏光に対する上記ポリマー分子の遅相軸との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上45度以下である。

[0016] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と上記照射面との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上38度以下であることが好ましい。

[0017] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記ポリマーは、液晶ポリマーであることが好ましい。

[0018] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記蛍光体から発光される二次光において、上記第1方向に平行な方向に振動する偏光成分の強度が上記第

- 1 方向に垂直な方向に振動する偏光成分の強度よりも高いことが好ましい。
- [0019] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記蛍光体が二色性を有することが好ましい。
- [0020] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記蛍光体において、上記第 1 方向に平行な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率が、上記第 1 方向に垂直な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率よりも高いことが好ましい。
- [0021] 上記本発明に基づく照明装置の第 1 の態様にあっては、上記光源が、可視光を出射することが好ましい。
- [0022] 上記第 1 の態様にあっては、上記蛍光体は、一次光が上記蛍光体層を透過できる濃度にて上記蛍光層内に分布されていることが好ましい。
- [0023] 上記第 1 の態様にあっては、上記蛍光体層は、第 1 蛍光体を含有する第 1 蛍光体層のみを含むことが好ましい。
- [0024] 上記第 1 の態様にあっては、上記光源は、上記第 1 波長が 390 nm 以上 510 nm 以下である青色の一次光を出射することが好ましく、上記第 1 蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましい。
- [0025] 上記第 1 の態様にあっては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。この場合には、上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体のピーク波長が小さくなることが好ましい。
- [0026] 上記第 1 の態様にあっては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置されることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの 1 つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のうちの残りは、上記蛍光体層のうちの 1 つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。

- [0027] 上記第1の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層を含むことが好ましく、上記光源は、上記第1波長が390nm以上510nm以下である青色の一次光を出射することが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましい。
- [0028] 上記本発明に基づく照明装置の第2の態様にあつては、上記蛍光体は、一次光が上記蛍光体層を透過できない濃度にて上記蛍光体層内に分布されていることが好ましい。
- [0029] 上記第2の態様にあつては、上記波長変換素子は、上記照射面側に第1波長を有する一次光を吸収し、かつ、第2波長を有する二次光を選択的に透過する波長選択透過膜をさらに含むことが好ましい。
- [0030] 上記第2の態様にあつては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。この場合には、上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体のピーク波長が小さくなることが好ましい。
- [0031] 上記第2の態様にあつては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置されることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のうちの残りは、上記蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。さらにこの場合には、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。
- [0032] 上記第2の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましく、上記光源は、上記第1波長が390nm以上510nm以下である青

色の一次光を出射することが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0033] 上記第2の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層と、第3蛍光体を含有する第3蛍光体層とを含むことが好ましく、上記光源は、上記第1波長が390nm以上510nm以下である青色の一次光を出射することが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第3蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0034] 上記本発明に基づく照明装置の第3の態様にあつては、上記光源が、紫外光を出射することが好ましい。

[0035] 上記第3の態様にあつては、上記波長変換素子は、上記照射面側に上記光源から出射される紫外光を吸収する紫外光吸収部材をさらに含むことが好ましい。

[0036] 上記第3の態様にあつては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体のピーク波長が小さくなるが好ましい。

[0037] 上記第3の態様にあつては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置されることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のうちの残りは、上記蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。さらにこの場合には、複数の上記蛍光体層のそ

れぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。
。

[0038] 上記第3の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0039] 上記第3の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層と、第3蛍光体を含有する第3蛍光体層を含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第3蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0040] 上記本発明に基づく照明装置にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と上記第2蛍光体の遷移双極子モーメントの方向との成す角度が45度以上90度以下であることが好ましい。

[0041] 上記本発明に基づく照明装置にあつては、上記蛍光体層は、互いにピーク波長が異なる複数の蛍光体を含有することが好ましい。

[0042] 上記本発明に基づく照明装置は、上記光源から出射された一次光を上記波長変換素子に向けて反射する反射シートをさらに備えることが好ましい。

[0043] 上記本発明に基づく照明装置にあつては、上記波長変換素子は、上記照射面側に上記光源からの一次光を反射し、上記蛍光体から発光される二次光を透過することが可能な誘電体膜をさらに含むことが好ましい。

[0044] 上記本発明に基づく照明装置は、上記光源から出射された一次光を散乱して上記波長変換素子に向けて出射する光学部材をさらに備えることが好まし

い。

[0045] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記波長変換素子は、透光基板と、上記透光基板の表面上に形成された配向膜とをさらに含むことが好ましく、上記蛍光体層のうち少なくとも一部は、上記配向膜上に配置されていることが好ましい。

[0046] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記蛍光体層に含まれる蛍光体は、光配向法、ラビング法および延伸法のいずれかによって上記第1方向に沿って配向されることが好ましい。

[0047] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記波長変換素子は、光源から入射された一次光を拡散して一次光の入射光と異なる方向に照明光を取り出す導光板として用いられることが好ましい。

[0048] 上記本発明に基づく照明装置にあっては、上記波長変換素子は、一次光の色調整を行なう色調整層が形成された透光基板をさらに含むことが好ましい。

[0049] 本発明に基づく液晶表示装置は、上記本発明に基づく照明装置と、上記照明装置に対向して配置される液晶パネルと、上記液晶パネルにおいて上記照明装置との間に配置された偏光板とを備える。上記偏光板の透過軸と上記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向とが平行である。

[0050] 本発明に基づく波長変換素子は、一次光の少なくとも一部を波長変換することによって得られる二次光を含む光を外部に向けて照射するものであり、一次光が入射される入射面と、上記入射面に対向し二次光を含む光を照射する照射面と、一次光の少なくとも一部を吸収して二次光を発光する蛍光体および屈折率異方性を有するポリマーを有する蛍光体層とを備える。上記蛍光体は、第1方向に沿って配向する異方構造を有し、上記ポリマーは、上記第1方向に沿って配向するポリマー分子を有する。上記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と、上記蛍光体から上記ポリマー分子に向けて発光された偏光に対する上記ポリマー分子の遅相軸との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上45度以下である。

- [0051] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と上記照射面との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上38度以下であることが好ましい。
- [0052] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記ポリマーは、液晶ポリマーであることが好ましい。
- [0053] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記蛍光体から発光される二次光において、上記第1方向に平行な方向に振動する偏光成分の強度が上記第1方向に垂直な方向に振動する偏光成分の強度よりも高いことが好ましい。
- [0054] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記蛍光体が二色性を有することが好ましい。
- [0055] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記蛍光体において、上記第1方向に平行な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率が、上記第1方向に垂直な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率よりも高いことが好ましい。
- [0056] 上記本発明に基づく波長変換素子の第1の態様にあっては、一次光が可視光の場合に用いられることが好ましい。
- [0057] 上記第1の態様にあっては、上記蛍光体は、一次光が上記蛍光体層を透過できる濃度にて上記蛍光層内に分布されていることが好ましい。
- [0058] 上記第1の態様にあっては、上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層のみを含むことが好ましい。
- [0059] 上記第1の態様にあっては、一次光の第1波長が390nm以上510nm以下である場合において、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましい。
- [0060] 上記第1の態様にあっては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。この場合には、上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体の

ピーク波長が小さくなることが好ましい。

[0061] 上記第1の態様にあつては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置されることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のうちの残りは、上記蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。さらにこの場合には、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。

[0062] 上記第1の態様にあつては、一次光の第1波長が390nm以上510nm以下である場合において、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましい。

[0063] 上記本発明に基づく波長変換素子の第2の態様にあつては、上記蛍光体は、一次光が上記蛍光体層を透過できない濃度にて上記蛍光体層内に分布されていることが好ましい。

[0064] 上記第2の態様は、上記照射面側に第1波長を有する一次光を吸収し、かつ、第2波長を有する二次光を選択的に透過する波長選択透過膜をさらに備えることが好ましい。

[0065] 上記第2の態様にあつては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。この場合には、上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体のピーク波長が小さくなることが好ましい。

[0066] 上記第2の態様にあつては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置されることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のう

ちの残りは、上記蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。さらにこの場合には、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。

[0067] 上記第2の態様にあつては、一次光の第1波長が390nm以上510nm以下である場合において、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0068] 上記第2の態様にあつては、一次光の第1波長が390nm以上510nm以下である場合において、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層と、第3蛍光体を含有する第3蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第3蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0069] 上記本発明に基づく波長変換素子の第3の態様にあつては、一次光が紫外光の場合に用いられることが好ましい。

[0070] 上記第3の態様は、上記照射面側に上記光源から出射される紫外光を吸収する紫外光吸収部材をさらに備えることが好ましい。

[0071] 上記第3の態様にあつては、上記蛍光体層は、上記入射面側から上記照射面側にかけて並ぶように複数配置されることが好ましく、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。この場合には、上記入射面側から照射面側に向かって上記蛍光体のピーク波長が小さくなることが好ましい。

[0072] 上記第3の態様にあつては、上記蛍光体層は、同一平面上に複数配置され

ることが好ましい。この場合には、複数の上記蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられることが好ましく、複数の上記蛍光体層のうちの残りは、上記蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられることが好ましい。さらにこの場合には、複数の上記蛍光体層のそれぞれに含有される上記蛍光体のピーク波長が互いに異なることが好ましい。

[0073] 上記第3の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して黄色の蛍光を発する黄色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0074] 上記第3の態様にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層と、第3蛍光体を含有する第3蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体が、一次光の一部を吸収して赤色の蛍光を発する赤色蛍光体であることが好ましく、上記第2蛍光体が、一次光の一部を吸収して緑色の蛍光を発する緑色蛍光体であることが好ましく、上記第3蛍光体が、一次光の一部を吸収して青色の蛍光を発する青色蛍光体であることが好ましい。

[0075] 上記本発明に基づく波長変換素子にあつては、複数の上記蛍光体層は、第1蛍光体を含有する第1蛍光体層と、第2蛍光体を含有する第2蛍光体層とを含むことが好ましい。この場合には、上記第1蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と上記第2蛍光体の遷移双極子モーメントの方向との成す角度が45度以上90度以下であることが好ましい。

[0076] 上記本発明に基づく波長変換素子にあつては、上記蛍光体層は、互いにピーク波長が異なる複数の蛍光体を含有することが好ましい。

[0077] 上記本発明に基づく波長変換素子は、一次光を上記入射面に向けて反射する反射シートをさらに備えることが好ましい。

[0078] 上記本発明に基づく波長変換素子は、上記照射面側に光源からの一次光を

反射し、上記蛍光体から発光される二次光を透過することが可能な誘電体膜をさらに備えることが好ましい。

[0079] 上記本発明に基づく波長変換素子は、一次光を散乱して上記入射面に向けて出射する光学部材をさらに備えることが好ましい。

[0080] 上記本発明に基づく波長変換素子は、透光基板と、上記透光基板の表面上に形成された配向膜とをさらに備えることが好ましく、上記蛍光体層のうち少なくとも一部は、上記配向膜上に形成されていることが好ましい。

[0081] 上記本発明に基づく波長変換素子にあっては、上記蛍光体層に含まれる蛍光体は、光配向法、ラビング法および延伸法のいずれかによって上記第1方向に配向されることが好ましい。

[0082] 上記本発明に基づく波長変換素子は、一次光を拡散して一次光の入射光と異なる方向に照明光を取り出す導光板として用いられることが好ましい。

[0083] 上記本発明に基づく波長変換素子は、一次光の色調整を行なう色調整層が形成された透光基板をさらに備えることが好ましい。

[0084] 本発明によれば、二次光の取り出し効率を向上させることができる照明装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0085] [図1]本発明に係る照明装置の概略図である。

[図2]図1に示す照明装置のⅠ－Ⅰ線に沿った模式断面図である。

[図3]図1に示す波長変換素子に含まれる配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と双極子モーメントの方向との関係を示す図である。

[図4]図3に示すⅠV(a)－ⅠV(a)線に沿った模式断面図およびⅠV(b)－ⅠV(b)線に沿った模式断面図である。

[図5]図1に示す波長変換素子に含まれる蛍光体層内の蛍光体とポリマー分子の状態を示す図である。

[図6]図5に示す蛍光体の遷移双極子モーメントの方向とポリマー分子の遅相軸の方向との成す角度を示す図である。

[図7]蛍光体が配向している状態を示す図である。

[図8]配向している状態の各蛍光体の遷移双極子モーメントの方向を示す図である。

[図9]配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と、照明光として取り出し可能な領域とを示す図である。

[図10]図9に示すX-X線に沿った模式断面図である。

[図11]蛍光体の遷移双極子モーメントの方向に垂直な方向と照射面に垂直な方向との成す角度を示す図である。

[図12]図1に示す配向状態における蛍光体から発光される二次光の代表的な進路を示す概略図である。

[図13]蛍光体の配向方向と、配向状態の蛍光体から発光される二次光の偏光方向との関係を示す図である。

[図14]蛍光体の配向方向と、配向状態の蛍光体から発光される二次光の偏光方向との関係を示す図である。

[図15]配向状態の蛍光体から発光され二次光を利用した照明装置の使用例を示す図である。

[図16]比較の形態に係る照明装置の概略図である。

[図17]図16に示す照明装置のX-V1-V1線に沿った模式断面図である。

[図18]図16に示す波長変換素子に含まれる無配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向を示す概略図である。

[図19]図18に示すX-X(a)-X-X(a)線およびX-X(b)-X-X(b)線に沿った模式断面図である。

[図20]蛍光体が配向していない状態を示す図である。

[図21]配向していない状態の各蛍光体の遷移双極子モーメントの方向を示す図である。

[図22]無配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と、照明光として取り出し可能な領域を示す図である。

[図23]図22に示すX-X1-1-X-X1-1線に沿った模式断面図である。

[図24]図 1 6 に示す無配向状態における蛍光体から発光される二次光の代表的な進路を示す概略図である。

[図25]第 1 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図26]第 2 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図27]第 3 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図28]第 4 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図29]第 5 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図30]第 6 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図31]第 7 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図32]第 8 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図33]第 9 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図34]第 1 0 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図35]第 1 1 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図36]第 1 2 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図37]第 1 3 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図38]第 1 4 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図39]第 1 5 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図40]第 1 6 変形例における照明装置の模式平面図である。

[図41]第 1 7 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図42]第 1 8 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図43]第 1 9 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図44]図 4 3 に示す波長変換素子を製造する第 1 の製造方法および第 2 の製造方法を示す図である。

[図45]図 4 3 に示す波長変換素子内を二次光が伝播する様子を示す図である。

[図46]第 2 0 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図47]第 2 1 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図48]第 2 2 変形例における照明装置の模式断面図である。

[図49]第23変形例における照明装置の模式断面図である。

[図50]第24変形例における照明装置の模式断面図である。

[図51]第25変形例における照明装置の模式断面図である。

[図52]第26変形例における照明装置の模式断面図である。

[図53]第27変形例における照明装置の模式断面図である。

[図54]第28変形例における照明装置の模式断面図である。

[図55]第29変形例における照明装置の模式断面図である。

[図56]第30変形例における照明装置の模式断面図である。

[図57]第31変形例における照明装置の模式断面図である。

[図58]第32変形例における照明装置の模式断面図である。

[図59]第33変形例における照明装置の模式断面図である。

[図60]図1に示す照明装置を具備した液晶表示装置の分解斜視図である。

[図61]蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と蛍光体の屈折率との関係を示す図である。

[図62]蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と照射面との成す角度との関係を示す図である。

[図63]蛍光体から発光される二次光の全光束を測定する様子を示す図である。

[図64]二次光の全光束を測定する際における蛍光体の配向方向の方向と偏光板の透過軸の方向との関係を示す図である。

[図65]光源から入射される入射光の光束と、蛍光体から発光される二次光の光束との関係を示す表である。

[図66]図63に示す状態において、蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸とが平行となる場合に蛍光体から発光される二次光および蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸とが垂直となる場合に蛍光体から発光される二次光を示す図である。

[図67]図66に示す状態において、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と平行な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさらに重ねた場

合の二次光を示す図である。

[図68]図66に示す状態において、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と垂直な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさらに重ねた場合の二次光を示す図である。

[図69]正面透過率の測定における偏光板の透過軸の方向と蛍光体の配向方向との関係を示す第1の条件および第2の条件を示す図である。

[図70]正面透過率の測定結果を示す図である。

[図71]蛍光体から発光される二次光の発光強度を測定する様子を示す図である。

[図72]発光強度の測定における偏光板の透過軸の方向と蛍光体の配向方向との関係を示す第3の条件および第4の条件を示す図である。

[図73]発光強度の測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0086] 以下、本発明の実施の形態および変形例について、図を参照して詳細に説明する。なお、以下に示す実施の形態および変形例においては、同一のまたは共通する部分について図中同一の符号を付し、その説明は繰り返さない。

[0087] また、以下に示す実施の形態および変形例について、特に記載がある場合を除き、実施の形態および各々の変形例の特徴部分を本発明の趣旨を逸脱しない範囲において組み合わせることができる。

[0088] (実施の形態)

図1は、本発明の実施の形態に係る照明装置の概略図である。図2は、図1に示す照明装置のⅠ-Ⅰ線に沿った断面模式図である。図1および図2を参照して、本実施の形態に係る照明装置100について説明する。

[0089] 図1および図2に示すように、本実施の形態に係る照明装置100は、一次光を出射する光源20と、波長変換素子10とを備える。波長変換素子10は、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1配向膜40と、第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50とを含む。また、波長変換素子10は、光源20から出

射された一次光が入射される入射面 10a および当該入射面に対向し後述する二次光を含む照明光を照射する照射面 10b とを含む。

[0090] 第 1 蛍光体層 50 は、光源 20 から出射された一次光の一部を吸収して波長の異なる二次光を発光する第 1 蛍光体 51 および屈折率異方性を有するポリマー 54 を含む。第 1 蛍光体 51 は、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体層 50 中において、第 1 主表面と平行な方向（図中 X 軸方向）に沿って一軸配向している。すなわち、第 1 蛍光体 51 は、第 1 方向に沿って配向する異方構造を有する。

[0091] 光源 20 としては、第 1 主表面に垂直な方向である出射方向（図中 Z 軸方向）に青色光を出射するものを採用することができる。当該青色光の波長領域は、390nm 以上 510nm 以下である。青色光の発光強度が最大となるピーク波長は、450nm 程度である。具体的には、光源 20 としては、たとえば 450nm にピーク波長を有し青色光を出射する GaN 系発光ダイオード、ZnO 系発光ダイオード、ダイヤモンド系発光ダイオード等を採用することができる。

[0092] なお、光源 20 として、発光ダイオードを採用する場合を例示して説明したが、これに限定されず、放電管、レーザー光源、無機 EL、有機 EL 等を適宜採用することができる。

[0093] 第 1 透光基板 30 としては、たとえばシリカガラス等のガラス基板、透明フィルムおよび透明樹脂等の透光性を有する部材を採用することができる。第 1 配向膜 40 としては、たとえばポリビニルアルコールやポリイミド等の樹脂膜を採用することができる。

[0094] 第 1 蛍光体層 50 は、屈折率異方性を有するポリマー 54 に第 1 蛍光体を添加することにより構成され、屈折率異方性を有するポリマー 54 としては、たとえば、リアクティブメソゲン等の液晶ポリマーを採用することができる。リアクティブメソゲンとしては、たとえば DIC 社製の UCL-017、メルク社製の RMM34C 等を採用することができる。

[0095] リアクティブメソゲンとは、二個以上の芳香族環等からなる棒状もしくは

板状のメソゲン基と少なくとも一つの重合性官能基からなる化合物である。
二色性蛍光体を配向させるためにはリアクティブメソゲンは棒状のほうが望ましい。

[0096] 第1蛍光体51としては、二色性蛍光体を採用することができる。さらに、第1蛍光体51としては、光源からの一次光を吸収可能であり、発光される二次光の波長が一次光の波長よりも長波長となるものが好ましく、たとえば青色光を吸収して黄色光を二次光として発光する黄色蛍光体を採用することができる。黄色蛍光体の発光する黄色光の波長領域は、570nm以上590nm以下である。黄色光の発光強度が最大となるピーク波長は、580nmである。具体的には、第1蛍光体51としては、Basic Yellow HG、Eosine、Rhodamine 6G等の黄色蛍光体を採用することができる。なお、第1蛍光体51は、これら有機蛍光体に限定されず、無機蛍光体、ナノ結晶体、量子ロッドであってもよい。

[0097] ここで、第1蛍光体51に吸収されなかった光源20の一次光は、波長変換素子10を透過するため、第1蛍光体51の濃度（吸光度）を調整することで、所望の色を有する照明光が得られる。たとえば、光源20からの一次光が蛍光体層50を透過できる濃度にて第1蛍光体51が第1蛍光体層中に分布されている場合には、光源20からの光源色と第1蛍光体51からの発光色とを併せた色を得ることができる。一方、光源20からの一次光が蛍光体50層を透過できない濃度にて第1蛍光体51が第1蛍光体層中に分布されている場合には、第1蛍光体51からの発光色だけを得ることができる。以上のように照明装置から照射される照明光の所望の色に合わせて、屈折率異方性を有するポリマー54に含有される第1蛍光体51の濃度を適宜調整することができる。

[0098] 次に、第1透光基板30に第1配向膜40および第1蛍光体層50を形成する際の具体的な形成方法について説明する。

[0099] まず、第1透光基板30が準備される。次に、塗布法や印刷法が用いられ第1透光基板30の第1主表面上にポリイミド膜が塗布され熱処理が施さ

れた後に、第1主表面と平行な方向にラビング処理が行なわれることにより、第1配向膜40が形成される。ラビング処理により、第1配向膜40表面には、第1主表面と平行な方向（図中X軸方向）に微細な溝が形成される。

[0100] 続いて、塗布法や印刷法が用いられて第1蛍光体51としての黄色蛍光体を所定の重量比で液晶材料（リアクティブメソゲン）に混合した液晶ポリマーが第1配向膜40上に塗布される。その後、当該液晶ポリマーに熱処理や紫外線照射処理等が施されることにより、液晶ポリマーに配向処理が行なわれるとともに第1蛍光体層50が形成される。このとき液晶ポリマーは、第1配向膜40の配向規制力によって微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。これにより、液晶ポリマー内に含有される第1蛍光体51も微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。

[0101] ラビング処理の条件としては、たとえば、ラビング布の第1透光基板への押し込み量を、0.5mmとし、第1透光基板を載置したステージの移動速度を100mm/sとし、ラビング布を巻き付けたローラーの回転数を300rpmとし、ラビング回数を3回とすることができる。

[0102] 図3は、図1に示す波長変換素子に含まれる配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と双極子モーメントの方向との関係を示す図である。図4は、図3に示すI V (a) - I V (a) 線に沿った模式断面図およびI V (b) - I V (b) 線に沿った模式断面図である。図3および図4を参照して、配向状態における第1蛍光体51から発光される二次光について説明する。

[0103] 図3に示すように、DR1方向に配向した配向状態の第1蛍光体51は、領域R1に示すように双極子状に発光する。本実施の形態においては、遷移双極子モーメントの方向（DR1方向）が、第1蛍光体51の配向方向に平行なX軸方向と一致している。

[0104] 図4(a)は、配向状態の第1蛍光体51から発光される二次光のうち、Z軸方向およびX軸方向に平行な面内に含まれる二次光の進行方向および強度を示す概略図である。図4(b)は、配向状態の第1蛍光体51から発光

される二次光のうち、Z軸方向に平行でありY軸方向に平行な面内に含まれる二次光の進行方向および強度を示す概略図である。ここで、図4（a）、（b）に示す様々な方向へ向かう矢印の向きは光の進行方向を表しており、様々な方向へ向かう矢印の長さは光の強度を表している。

[0105] 図4（a）に示すように、配向状態の第1蛍光体51は、Z軸方向およびX軸方向に平行な面内において、出射方向（図中Z軸方向）に双極子状に発光する。この際、双極子状に発光された二次光は、第1配向膜40が形成されている平面と発光方向とのなす角を θ とした場合において $\sin^2 \theta$ の強度分布を有する。また、図4（b）に示すように、配向状態の第1蛍光体51は、Z軸方向に平行でありY軸方向に平行な面内において、配向方向（DR1方向）の周方向に等方に発光する。

[0106] このように、第1蛍光体51から発光される二次光においては、配向方向に沿った方向（DR1方向）においては発光量が少なく、配向方向と垂直である出射方向（図中Z軸方向）においては発光量が多くなる。すなわち、配向状態における第1蛍光体51から発光される二次光は出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。

[0107] 図5は、図1に示す波長変換素子に含まれる蛍光体層内の蛍光体とポリマー分子の状態を示す図である。図6は、図5に示す蛍光体の遷移双極子モーメントの方向とポリマー分子の遅相軸の方向との成す角度を示す図である。図7は、蛍光体が配向している状態を示す図である。図8は、配向している状態の各蛍光体の遷移双極子モーメントの方向を示す図である。図5ないし図8を参照して、配向状態の蛍光体に含まれる蛍光体からの発光について説明する。

[0108] 図5に示すように、第1蛍光体51は蛍光体52によって構成されており、屈折率異方性を有するポリマー54は、ポリマー分子53によって構成されている。蛍光体52は、二色性を有する。蛍光体層50内の蛍光体52およびポリマー分子53は、長軸A4、A2および短軸A3、A1を含む棒形状を有する。配向状態においては、蛍光体52の長軸A4および屈折率異

方性を有するポリマー分子53の長軸A2がX軸方向に沿って延在するとともに、蛍光体52の短軸A3および屈折率異方性を有するポリマー分子53の短軸A1がZ軸方向に沿って延在した状態で、蛍光体52およびポリマー分子53がY軸方向に並んで配列する。これにより、遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)とポリマー分子53の長軸A2が平行になる。

[0109] ここで、双極子モーメントは、振動方向に発光しにくい性質を有するため、蛍光体52からは、L1、L2、L3、L4のように双極子モーメントの方向(DR1方向)に垂直な方向に二次光が発光される。このような二次光は、蛍光体51内を伝播しながら複数のポリマー分子53に徐々に散乱されて散乱光L5、L6のように照射面から外部へ取り出される。

[0110] L3、L4のような二次光は、X-Y面内方向に水平な偏光であり、上述のように遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)とポリマー分子53の長軸A2の方向が平行になることにより、配向されたポリマー分子53の長軸方向に平行な偏光となる。すなわち、蛍光体51内の伝播光の偏光軸と、ポリマー分子53の遅相軸(長軸A2)とが平行となる。この結果、蛍光体52から発光された二次光は、ポリマー分子53によって強く散乱されることになる。

[0111] 配向状態の第1蛍光体51にあっては、ほぼ全ての遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)とポリマー分子53の遅相軸(長軸A2)とが平行となるように、蛍光体52およびポリマー分子53が配向されているため、上記のように蛍光体51内のあらゆるところで、伝播光が効率よく散乱される。これにより、二次光の取り出し効率が向上する。

[0112] なお、上記においては、遷移双極子モーメントの方向とポリマー分子53の遅相軸とが平行になる場合を例示したがこれに限定されない。図6に示すように、図5に示すY軸方向に沿って見た場合に、遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)とポリマー分子の遅相軸(長軸A2)との成す角度のうち小さい方の角度を θ_1 とすると、 $0^\circ \leq \theta_1 \leq 45^\circ$ の条件が満たされればよい。これにより、蛍光体52から発光された偏光に対してポリマー分子

53の散乱強度が大きくなるため、第1蛍光体層50内で反射されながら端面に伝播していた伝播光を照射面側に取り出すことができる。この結果、二次光の取り出し効率が向上する。

[0113] 図7に示すように、複数の蛍光体52がX軸方向に沿って配向する場合には、図8に示すように、それぞれの遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)もX軸方向に対して平行になる。これにより、配向した蛍光体52が集合した第1蛍光体51は、全体として上述のように双極子状に発光する。

[0114] この結果、図7に示すように、第1蛍光体層50に向けて光源から出射された一次光L7によって励起された第1蛍光体51から発光された二次光L8は、蛍光体51の配向方向に平行な偏光成分を有する光として波長変換素子10の照射面側から外部に向けて照射される。

[0115] 図9は、配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と、照明光として取り出し可能な領域とを示す図である。図10は、図9に示すX-X線に沿った模式断面図である。図9および図10を参照して、配向状態の蛍光体51から取り出し可能な二次光について説明する。

[0116] 図9に示すように、母線C1、C2を含み、Z軸の上方に底面を有する円錐形状の領域R2において、配向状態の第1蛍光体51から発光される二次光を照明光として取り出すことができる。図10に示すように、Z軸方向に沿った断面で見た場合にあっては、母線C1、C2の内側に位置する領域R3に発光された二次光を照明光として取り出すことができる。一方、母線C1、C2の外側に位置する領域R4に発光された二次光は、照明光として取り出すことができない。

[0117] ここで、配向状態の第1蛍光体51から発光される双極子状の二次光においては、X軸方向に沿って発光される二次光の割合が低く、発光領域R1(図9参照)に対して領域R3が占める割合が高くなるため、二次光が出射方向(Z軸方向)に集光されることになる。これにより、二次光の取り出し効率が向上する。

[0118] なお、上記においては、遷移双極子モーメントの方向(DR1方向)がX

軸と平行である場合を例示したがこれに限定されない。

[0119] 図 1 1 は、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向に垂直な方向と照射面に垂直な方向との成す角度を示す図である。図 1 1 を参照して、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向（DR1 方向）に垂直な方向 B 1 と照射面に垂直な方向 B 2 との成す角度のうち小さい方の角度について説明する。

[0120] 図 1 1 に示すように、遷移双極子モーメントの方向に垂直な方向 B 1 と、波長変換素子 1 0 の照射面 1 0 b に垂直な方向 B 2 との成す角度のうち小さい方の角度、すなわち、遷移双極子モーメントの方向と照射面 1 0 b との成す角度のうち小さい方の角度を $\theta 2$ とした場合に、 $0 \text{ 度} \leq \theta 2 \leq 38 \text{ 度}$ の条件が満たされればよい。

[0121] このようにすることで、蛍光体 5 1 から発光される二次光は、主として遷移双極子モーメントに対して垂直な方向となり、後述する臨界角度以下で照射面に入射される二次光の割合が増加することによって蛍光体層 5 0 および第 1 透光基板 3 0 内で反射されながら端面から照射される二次光を低減させることができる。この結果、二次光の取り出し効率が向上する。なお、その検証についてのシミュレーション結果については後述する。

[0122] 図 1 2 は、図 1 に示す第 1 蛍光体から発光される二次光の代表的な進路について示す概略図である。図 1 2 を参照して、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光の代表的な進路について説明する。

[0123] 上述のように、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光は、出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有し、かつ、特定の偏光成分を有する。このため、図 1 2 に示すように、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光のうち出射方向側に向けて発光される光の大部分は、第 1 蛍光体層 5 0 の屈折率と外部（空気層）の屈折率とによって規定される臨界角以下の角度で第 1 蛍光体層 5 0 と外部（空気層）との界面に入射される。これら臨界角以下で入射された光は、外部（空気層）に向けて照射される。

[0124] 一方、臨界角よりも大きい角度で第 1 蛍光体層 5 0 と外部（空気層）との界面に入射された二次光は、第 1 蛍光体層 5 0 と外部（空気層）との界面に

において全反射され、第1蛍光体層50の端面または第1透光基板30の端面から照射される。これら第1蛍光体層50の端面または第1透光基板30の端面から照射される二次光は、照明装置100の発光には寄与しないため、光損失となる。なお、全反射された二次光の進路の詳細については後述する比較の形態において説明する。

[0125] ここで、外部（空気層）の屈折率は約1.0であり、第1蛍光体層50の屈折率を約1.6に設定した場合においては、第1蛍光体層50と外部（空気層）との界面における臨界角は約39度となる。

[0126] 次に、一次光と二次光との加法混色について説明する。光源20から出射された青色の一次光は、主として第1透光基板30に向けて出射され、第1透光基板30および第1配向膜40を透過し、第1蛍光体層50に到達する。第1蛍光体層50の内部においては、一次光のうち、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51に照射された光が当該第1蛍光体51によって吸収されて二次光である黄色光に変換されて主として外部に向けて（図中Z軸方向）発光され、当該第1蛍光体51に照射されなかった光が変換されることなく一次光として青色光のまま第1蛍光体層50を透過する。

[0127] これにより、光源20から出射され第1蛍光体層50を透過した青色の一次光に、第1蛍光体51から発光された黄色の二次光が加法混色されることとなり、白色光が照明光として外部に向けて照射されることになる。

[0128] 図13および図14は、蛍光体の配向方向と、配向状態の蛍光体から発光される二次光の偏光方向との関係を示す図である。図13および図14を参照して、蛍光体の配向方向と配向状態の蛍光体から発光される二次光の偏光方向との関係について説明する。

[0129] 図13に示すように、第1蛍光体51がX軸方向に沿って配向する場合には、第1蛍光体51から発光される二次光においては、L9、L10、L11に示すようなX軸方向と平行な偏光の割合が増加する。

[0130] また、図14に示すように、第1蛍光体51がY軸方向に沿って配向する場合には、第1蛍光体51から発光される二次光においては、L12、L1

3、L 1 4 に示すようなY軸方向と平行な偏光の割合が増加する。

[0131] このように第1蛍光体51が配向している場合には、第1蛍光体51の配向方向に垂直な偏光に対して第1蛍光体51の配向方向に平行な偏光の割合が極めて高くなる。したがって、第1蛍光体51の配向方向を制御することにより、所定方向の配向方向に平行な偏光を得ることができる。また、第1蛍光体51から発光される二次光において、配向方向に平行な方向に振動する偏光成分の強度が配向方向に垂直な方向に振動する偏光成分の強度よりも高くなる。さらには、第1蛍光体において、配向方向に平行な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率が、配向方向に垂直な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率よりも高くなる。このような配向状態の第1蛍光体51の発光および吸光に関する偏光依存性に関する検証実験については後述することとする。

[0132] 図15は、配向状態の蛍光体から発光され二次光を利用した照明装置の使用例を示す図である。図15を参照して、配向状態の蛍光体から発光され二次光を利用した照明装置の使用例を説明する。

[0133] 図15に示すように、本使用例においては、デスクスタンド等の照明装置として、本実施の形態に係る照明装置100が使用される場合を例示する。上述のように、第1蛍光体51の配向方向を制御することにより、特定方向の偏光を得ることができる。たとえば、照明装置100からの照明光L15の偏光方向がP波となるように第1蛍光体51の配向方向を制御することができる。P波は、本やPCディスプレイ等の対象物101に反射にくい性質を有するため、使用者102の目に入る反射光を低減させることができる。これにより、反射グレアが抑制され、結果として照明光の照度を損なわずに対象物101が見えやすくなる。

[0134] また、天井照明器具として本実施の形態に係る照明装置100を用いた場合であっても、たとえば室内に配置された液晶表示装置の表面にて入射される光の反射を低減させることができ、反射グレアの発生を抑制することができる。さらに、本実施の形態に係る照明装置100は、レーザー装置、およ

びセンサー等の各種光学システムにも採用した場合であっても同様の効果が得られる。

[0135] 以上のように、実施の形態に係る照明装置 100 においては、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 およびポリマー分子 53 が第 1 主表面と平行な方向に配向した状態となるため、蛍光体 52 から発光された偏光に対してポリマー分子 53 の散乱強度が大きくなる。これにより、二次光を照射面側に効率よく取り出すことができるとともに、二次光を出射方向（Z 軸方向）に集光することができる。このため、出射方向に発光される二次光の大部分が、第 1 蛍光体層 50 の屈折率と外部（空気層）の屈折率とによって規定される臨界角以下の角度で第 1 蛍光体層 50 と外部（空気層）との界面に入射する。その結果、出射方向に出射される二次光の大部分が外部に照射されることになり、二次光の取り出し効率が向上する。また、二次光の取り出し効率が向上することにより、一次光に加法混色されて外部に照射される照明光の光量が増加して、照明装置 100 の輝度が向上する。

[0136] なお、本実施の形態においては、光源 20 が青色に対応する波長を有する可視光を出射する場合を例示して説明したが、これに限定されず、光源 20 としては、たとえば紫外域の波長や、緑色に対応する波長等の可視光領域の波長を有する光を出射するもの等を適宜選択することができる。また、光源 20 から出射される一次光の色に合わせ、第 1 蛍光体 51 の種類も適宜選択することもできる。

[0137] また、本実施の形態においては、波長変換素子 10 は、照射面 10b 側に第 1 波長を有する一次光を吸収し、かつ、第 2 波長を有する二次光を選択的に透過する波長選択透過膜をさらに含んでもよい。これにより、所望の色を有する第 1 蛍光体から発光された二次光のみによって構成される照明光を容易に取り出すことができる。

[0138] さらに、本実施の形態においては、光源 20 と波長変換素子 10 との間に、もしくは、波長変換素子 10 の照射面 10b 側にプリズムシートや拡散シート等の光学部材をさらに設けてもよい。

[0139] (比較の形態)

図 1 6 は、比較の形態に係る照明装置の概略図である。図 1 7 は、図 1 6 に示す照明装置の X V I I - X V I I 線に沿った模式断面図である。図 1 6 および図 1 7 を参照して比較の形態に係る照明装置 2 0 0 について説明する。

[0140] 図 1 6 および図 1 7 に示すように、比較の形態に係る照明装置 2 0 0 は、実施の形態に係る照明装置 1 0 0 と比較した場合に、第 1 透光基板 2 3 0 上に第 1 蛍光体層 2 5 0 が形成されており、第 1 蛍光体層 2 5 0 に含有される第 1 蛍光体 2 5 1 が配向していない点において相違する。

[0141] 具体的には、比較の形態に係る照明装置 2 0 0 は、一次光を照射する光源 2 2 0 と、波長変換素子 2 1 0 とを備える。波長変換素子 2 1 0 は、光源 2 2 0 に対向配置された第 1 透光基板 2 3 0 と、第 1 透光基板 2 3 0 の第 1 主表面上に形成された第 1 蛍光体層 2 5 0 とを含む。第 1 蛍光体層 2 5 0 は、光源 2 2 0 から出射された一次光の一部を吸収して波長の異なる二次光を発光する第 1 蛍光体 2 5 1 および屈折率異方性を有するポリマー 2 5 4 を含む。第 1 蛍光体 2 5 1 は、第 1 蛍光体層 2 5 0 内において無配向状態であり不規則に並んでいる。

[0142] 図 1 8 は、図 1 6 に示す波長変換素子に含まれる無配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向を示す概略図である。図 1 9 は、図 1 8 に示す X I X (a) - X I X (a) 線および X I X (b) - X I X (b) 線に沿った模式断面図である。図 1 8 および図 1 9 を参照して、無配向状態における第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光について説明する。

[0143] 図 1 8 に示すように、無配向状態の第 1 蛍光体 2 5 1 は、領域 R 5 に示すように球状に等方発光する。

[0144] 図 1 9 (a) は、無配向状態の第 1 蛍光体 2 5 1 から発光される二次光のうち、Z 軸方向および X 軸方向に平行な面内に含まれる二次光の進路および強度を示す概略図である。図 1 9 (b) は、無配向状態の第 1 蛍光体 2 5 1 の発光のうち、Z 軸方向に平行であり Y 軸方向に平行な面内に含まれる二次

光の進路および強度を示す概略図である。ここで、図 19 (a)、(b) に示す様々な方向へ向かう矢印の向きは、光の進行方向を表しており、様々な方向へ向かう矢印の長さは、光の強度を表している。

[0145] 図 19 (a) に示すように、無配向状態の第 1 蛍光体 251 は、Z 軸方向および X 軸方向に平行な面内において等方に発光する。また、図 19 (b) に示すように、無配向状態の第 1 蛍光体 251 は、Z 軸方向に平行であり Y 軸方向に平行な面内においても等方に発光する。

[0146] 図 20 は、蛍光体が配向していない状態を示す図である。図 21 は、配向していない状態の各蛍光体の遷移双極子モーメントの方向を示す図である。図 20 および図 21 を参照して、無配向状態の第 1 蛍光体 251 に含まれる蛍光体 252 からの発光について説明する。

[0147] 図 20 および図 21 に示すように、第 1 蛍光体 251 が無配向状態である場合においては、第 1 蛍光体 251 に含まれる複数の蛍光体 252 は、不規則に並んでいる。このため、複数の蛍光体 252 の各双極子モーメントの方向 (DR2 方向) も不規則となる。これにより、無配向状態の蛍光体 252 が集合した第 1 蛍光体 251 は、全体として平均化されて等方に発光する。

[0148] この結果、蛍光体層 250 に向けて光源から出射された一次光 L15 によって励起された第 1 蛍光体 251 から発光された二次光 L16 は、無偏光状態で波長変換素子 10 の照射面側から外部に向けて照射される。

[0149] 図 22 は、無配向状態の蛍光体から発光される二次光の発光方向と、照明光として取り出し可能な領域とを示す図である。図 23 は、図 22 に示す X-X' -X-X' 線に沿った模式断面図である。図 22 および図 23 を参照して、無配向状態の蛍光体 251 から取り出し可能な二次光について説明する。

[0150] 図 22 に示すように、母線 C1、C2 を含み、Z 軸の上方に底面を有する円錐形状の領域 R2 において、無配向状態の第 1 蛍光体 251 から発光される二次光を照明光として取り出すことができる。

[0151] 図 23 に示すように、Z 軸方向に沿った断面で見た場合にあっては、母線

C 1、C 2の内側に位置する領域 R 6に発光された二次光を照明光として取り出すことができる。一方、母線 C 1、C 2の外側に位置する領域 R 7に発光された二次光は、照明光として取り出すことができない。

[0152] ここで、無配向状態の第 1 蛍光体 2 5 1 から等方に発光される球状の二次光においては、X 軸方向に沿って発光される二次光の割合が高く、発光領域 R 5（図 2 2 参照）に対して R 6 領域が占める割合が低くなるため、照明装置 2 0 0 の照明には寄与しない光の量が多くなる。これにより、二次光の取り出し効率が低下する。

[0153] 図 2 4 は、図 1 6 に示す無配向状態の蛍光体から発光される二次光の代表的な進路を示す概略図である。図 2 4 を参照して、第 1 蛍光体 2 5 1 から発光される二次光の代表的な進路について説明する。上述のように第 1 蛍光体 2 5 1 から発光される二次光は、指向性を有せずに等方性を有する。このため、図 2 4 に示すように、第 1 蛍光体 2 5 1 から発光される二次光のうち出射方向側に向けて発光される光の大部分は、第 1 蛍光体層 2 5 0 の屈折率と外部（空気層）の屈折率とによって規定される臨界角よりも大きい角度で第 1 蛍光体層 2 5 0 と外部（空気層）との界面に入射されることになる。

[0154] これら臨界角よりも大きい角度で入射された二次光は、第 1 蛍光体層 2 5 0 と外部（空気層）との界面において全反射される。この全反射された二次光の一部は、第 1 蛍光体層 2 5 0 の端面から外部に向けて出射される。また、全反射された二次光のその他の一部は、第 1 蛍光体層 2 5 0 内に戻り、第 1 透光基板 2 3 0 内に侵入する。

[0155] ここで、第 1 透光基板 2 3 0 の屈折率（約 1.4）は、第 1 透光基板 2 3 0 と光源 2 0 との間に位置する外部（空気層）の屈折率（約 1.0）よりも小さい。このため、第 1 透光基板 2 3 0 内に侵入した光のうち第 1 透光基板 2 3 0 の屈折率と当該外部（空気層）の屈折率とによって規定される臨界角よりも大きい角度で第 1 透光基板 2 3 0 と当該外部（空気層）との界面に入射された二次光は、当該界面において全反射されることになる。当該界面において全反射された二次光は、第 1 蛍光体層 2 5 0 に侵入し第 1 蛍光体層 2

50の端面から外部に向けて照射される。

[0156] このように、第1蛍光体251から発光された二次光の大部分は、第1蛍光体層250と外部（空気層）との界面、および、第1透光基板230と光源20との間に位置する外部（空気層）と、第1透光基板230との界面において全反射しながら第1蛍光体層250内および第1透光基板230内を伝播していき、第1蛍光体層250の端面または第1透光基板230の端面から照射される。第1透光基板230の端面または第1蛍光体層250の端面から照射された二次光は、照明装置200の照明光に寄与しないため、光損失となる。

[0157] 一方、第1蛍光体251から発光される二次光のうち臨界角以下の角度で、第1蛍光体層250と外部（空気層）との界面に入射された光は、当該界面を介して外部（空気層）に照射される。この外部（空気層）に照射された二次光（黄色光）と、第1蛍光体に吸収されずに第1蛍光体層50を透過した一次光（青色光）とが加法混色されることとなり、白色光が外部に向けて照射される。

[0158] 以上のように、比較の形態における照明装置200においても白色光が照明光として照射されるが、蛍光体251から発光される二次光が等方性を有するため、当該二次光のうち第1蛍光体層250の屈折率と外部（空気層）の屈折率とによって規定される臨界角よりも大きい角度で第1蛍光体層250と外部（空気層）との界面に入射する光の割合が多くなる。これにより、第1蛍光体層250の端面および第1透光基板230の端面から出射され照明装置200の照明には寄与しない光の量が多くなる。

[0159] （比較の形態と比較した実施の形態の効果）

以上のように、実施の形態に係る照明装置100では、第1配向膜40によって、第1蛍光体51が一軸配向した状態であるため、蛍光体52から発光された偏光を効率よく照射面10b側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51から発光される二次光を効率よく照射面10b側から取り出すことができる。

[0160] このため、上述のように第1蛍光体層50と外部（空気層）の界面に臨界角以下で入射される二次光の量が多くなり、比較の形態に係る照明装置200と比較した場合に、第1蛍光体層50と外部（空気層）の界面から外部（空気層）に照射される二次光の量が多くなるとともに、第1蛍光体層50の端面および第1透光基板30の端面から照射され照明装置100の照明に寄与しない光の量が少なくなる。

[0161] したがって、二次光の取り出し効率を向上させることが可能となり、照明光として外部に照射される光量を増加させて輝度を向上させることができる。また、実施の形態に係る照明装置100においては、第1蛍光体の配向方向（配向方向）に平行な方向に偏光成分を有する偏光が照射されるため、たとえば液晶表示装置のバックライトとして使用する場合には、偏光方向を調整することで、光の利用効率が向上する。

[0162] （第1変形例）

図25は、第1変形例における照明装置の模式断面図である。図25を参照して、第1変形例における照明装置100Aについて説明する。

[0163] 図25に示すように、本変形例における照明装置100Aは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、光源20の構成が相違する。具体的には、本変形例における照明装置100Aは、所定の間隔を隔てて平面的に配列する複数の光源20を備える。

[0164] このような構成においては、第1透光基板30の面積が増加した場合においても光源20を平面的に配列することにより所定の光量を維持することが可能となる。また、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体52から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51から発光される二次光は、出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置100Aにおいても、実施の形態に係る照明装置100とほぼ同様の効果が得られる。

[0165] （第2変形例）

図 2 6 は、第 2 変形例における照明装置の模式断面図である。図 2 6 を参照して、本変形例における照明装置 1 0 0 B について説明する。

[0166] 図 2 6 に示すように、本変形例における照明装置 1 0 0 B は、実施の形態に係る照明装置 1 0 0 と比較した場合に、光源 2 0 B の構成が相違する。具体的には、本変形例における照明装置 1 0 0 B は、放電管で構成された光源 2 0 B を備える。光源 2 0 B としては、たとえば青色に発光する蛍光体を有する放電管を採用することができる。

[0167] このような構成においては、LED 光源と比較して安価な放電管を用いているため、比較的広い範囲に対して照明する場合において、照明装置の製造コストを低減させることができる。また、第 1 配向膜 4 0 によって第 1 蛍光体 5 1 が第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体 5 2 から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光は、出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置 1 0 0 B においても、実施の形態に係る照明装置 1 0 0 とほぼ同様の効果が得られる。

[0168] （第 3 変形例）

図 2 7 は、第 3 変形例における照明装置の模式断面図である。図 2 7 を参照して、本形例における照明装置 1 0 0 C について説明する。

[0169] 図 2 7 に示すように、本変形例における照明装置 1 0 0 C は、実施の形態に係る照明装置 1 0 0 と比較した場合に、第 1 蛍光体層 5 0 が光源 2 0 を向くように第 1 透光基板 3 0 が配置されている点において相違する。

[0170] このような構成においても、第 1 配向膜 4 0 によって第 1 蛍光体 5 1 が第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体 5 2 から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光は、出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置 1 0 0 C においても、実施の形態に係る照明装置 1 0 0 とほぼ同様の効果が

得られる。

[0171] 以下、第4変形例ないし第9変形例においては、蛍光体層が、同一平面上に複数配置され、複数の蛍光体層のうちの1つは、隙間が形成されるように設けられ、かつ、複数の蛍光体層のうちの残りは、蛍光体層のうちの1つに形成された隙間を充填するように設けられる場合について説明する。この場合において、複数の蛍光体層のそれぞれに含有される蛍光体のピーク波長は互いに異なることが好ましい。

[0172] (第4変形例)

図28は、第4変形例における照明装置の概略図である。図28を参照して、本変形例における照明装置100Dについて説明する。

[0173] 図28に示すように、本実施の形態に係る照明装置100Dは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、第1配向膜40上に形成される蛍光体層の構成が相違する。

[0174] 具体的には、本実施の形態に係る照明装置100Dは、光源20と、波長変換素子10Dとを備える。波長変換素子10Dは、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1配向膜40と、第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50および第2蛍光体層70とを含む。また、波長変換素子10Dは、光源20から出射された一次光が入射される入射面10aおよび当該入射面に対向し後述する二次光を含む照明光を照射する照射面10bとを含む。

[0175] 第1蛍光体層50は第1蛍光体51を含有しており、第2蛍光体層70は第2蛍光体71を含有している。第1蛍光体層50は、X軸方向に沿って延在し互いに離間して並行して設けられた複数の部分を含んでいる。第2蛍光体層70は、隣り合う第1蛍光体層50の上記部分の間の隙間を充填するように複数形成されている。また、第1蛍光体51は、第1配向膜40によって第1蛍光体層50中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第2蛍光体71は、第1配向膜によって第2蛍光体層70中において第1主表面と平行な方向に一軸配向している。第1蛍光体51および第2蛍光体

71は、第1配向膜40によって同一方向（図中X軸方向）に配向している。

[0176] 第1蛍光体51および第2蛍光体71は、光源20から出射された一次光の一部を吸収して、一次光と波長の異なる二次光を発光する。第1蛍光体51の発光する二次光のピーク波長と第2蛍光体71の発光する二次光のピーク波長はそれぞれ異なる。

[0177] 第1蛍光体層50および第2蛍光体層70は、屈折率異方性を有するポリマーに第1蛍光体51および第2蛍光体71を添加することにより構成される。屈折率異方性を有するポリマーとしては、たとえば、リアクティブメソゲン等の液晶ポリマーを採用することができる。リアクティブメソゲンとしては、たとえばDIC社製のUCL-017、メルク社製のRMM34C等を採用することができる。

[0178] 第1蛍光体51としては、二色性蛍光体を採用することができ、たとえば、青色光を吸収して緑色光を二次光として発光する緑色蛍光体を採用することができる。緑色蛍光体の発光する緑色光の波長領域は、460nm以上580nm以下である。緑色光の発光強度が最大となるピーク波長は、520nmである。具体的には、第1蛍光体51として、Brilliant sulfonated flavine FF、Thioflavine等を採用することができる。

[0179] 一方、第2蛍光体71としては、二色性蛍光体を採用することができ、たとえば、青色光を吸収して赤色光を二次光として発光する赤色蛍光体を採用することができる。赤色蛍光体の発光する赤色光の波長領域は、530nm以上690nm以下である。赤色光の発光強度が最大となるピーク波長は、610nmである。具体的には、第2蛍光体71としては、Rhodamine B等の赤色蛍光体を採用することができる。なお、第1蛍光体51および第2蛍光体71は、上述のような有機蛍光体に限定されず、無機蛍光体、ナノ結晶体、量子ロッドであってもよい。

[0180] 続いて、第1配向膜40上に第1蛍光体層50および第2蛍光体層70を形成する際の具体的な形成方法について説明する。なお、第1配向膜40を

第1透光基板30の第1主表面上に形成する方法としては、実施の形態と同様の方法が採用でき、第1配向膜40の表面には、第1主表面に平行な方向（図中X軸方向）に沿って微細な溝が形成されている。

[0181] 第1配向膜40の表面に微細な溝が形成された状態において、塗布法や印刷法が用いられて、第1蛍光体51としての緑色蛍光体を所定の重量比で液晶材料（リアクティブメソゲン）に混合した液晶ポリマーが第1配向膜40上に塗布される。その後、当該液晶ポリマーに熱処理や紫外線照射処理等が施されることにより、当該液晶ポリマーに配向処理が行なわれる。このとき液晶ポリマーは、第1配向膜40の配向規制力によって微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。これにより、液晶ポリマー内に含有される第1蛍光体51としての緑色蛍光体も微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。

[0182] 次に、フォトリソグラフィ法、ウェットエッチング法、ドライエッチング法などの既存のパターニング方法が用いられて当該液晶ポリマーが所定の形状にパターニングされることにより、互いに離間して並行に配列された複数の上記部分を含む第1蛍光体層50が第1配向膜40上に形成される。

[0183] 続いて、塗布法や印刷法が用いられて、第2蛍光体71としての赤色蛍光体を所定の重量比で液晶材料（リアクティブメソゲン）を混合した液晶ポリマーが第1蛍光体層50上および第1配向膜40上に塗布される。その後、当該液晶ポリマーに熱処理や紫外線照射処理等が施されることにより、当該液晶ポリマーに配向処理が行われる。このとき当該液晶ポリマーは、第1配向膜40の配向規制力によって微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。これにより、当該液晶ポリマー内に含有される第2蛍光体71としての赤色蛍光体も微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。

[0184] 次に、フォトリソグラフィ法、ウェットエッチング法、ドライエッチング法などの既存のパターニング方法が適宜選択して用いられ、当該液晶ポリマーが、第1蛍光体層50が露出するように所定の形状にパターニングされる

ことにより、複数の第2蛍光体層70が隣り合う第1蛍光体層50の上記部分の間の隙間を充填するように第1配向膜40上に形成される。

[0185] このような方法を用いることにより、第1蛍光体51および第2蛍光体71を配向させた状態で第1蛍光体層50および複数の第2蛍光体層70を第1配向膜40上に形成することができる。

[0186] 次に、一次光と二次光との加法混色について説明する。光源20から出射された青色の一次光は、主として第1透光基板30に向けて照射され、第1透光基板30および第1配向膜40を通過し、第1蛍光体層50および第2蛍光体層70に到達する。

[0187] 第1蛍光体層50の内部においては、一次光のうち、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51に照射された光が、当該第1蛍光体51によって吸収されて二次光である緑色光に変換されて主として外部に向けて（図中Z軸方向に沿って）発光され、当該第1蛍光体51に照射されなかった光が、変換されることなく一次光として青色光のまま第1蛍光体層50を透過する。

[0188] 一方、第2蛍光体層70の内部においては、一次光のうち、第1配向膜によって配向された第2蛍光体71に照射された光が、当該第2蛍光体71によって吸収されて二次光である赤色光に変換されて主として外部に向けて（図中Z軸方向に沿って）発光され、当該第2蛍光体71に照射されなかった光が、変換されることなく一次光として青色光のまま第2蛍光体層70を透過する。

[0189] これにより、光源20から出射され第1蛍光体層50および第2蛍光体層70を透過した青色の一次光に、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51から発光された緑色の二次光および第1配向膜40によって配向している第2蛍光体71から発光された赤色の二次光が加法混色されることとなり、白色光が照明光として外部に向けて照射されることになる。

[0190] 以上のような構成とすることにより、本実施の形態における照明装置100Dにおいては、第1配向膜40上で第1蛍光体51および第2蛍光体71

が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。この結果、本実施の形態に係る照明装置100Dにおいては、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光を効率よく第1蛍光体層50および第2蛍光体層70から外部（空気層）に向けて取り出すことができ、そのため一次光と二次光とを加法混色した照明光の光量が向上するとともに輝度が向上する。

[0191] （第5変形例）

図29は、第5変形例における照明装置の模式断面図である。図29を参照して、本変形例における照明装置100Eについて説明する。

[0192] 図29に示すように、本変形例における照明装置100Eは、第4変形例における照明装置100Dと比較した場合に、光源の構成が相違する。具体的には、本変形例における照明装置100Eは、複数の第1蛍光体層50および複数の第2蛍光体層70のそれぞれに対応する位置に配置された複数の光源20を含有する光源群20Eを備える。

[0193] このような構成においても、第1蛍光体51および第2蛍光体71が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置100Eにおいても、第4変形例における照明装置100Dとほぼ同様の効果が得られる。また、各光源20の照度を調整することにより、照明装置100Eからの照明光の色調を調整することができる。

[0194] （第6変形例）

図30は、第6変形例における照明装置の模式平面図である。図30を参照して、本変形例における照明装置100Fについて説明する。

[0195] 図30に示すように、本変形例における照明装置100Fは、第4変形例

における照明装置 100D と比較した場合に、波長変換素子 10F における第 1 蛍光体層 50 および第 2 蛍光体層 70 の配列が相違する。具体的には、本変形例における照明装置 100F においては、第 1 蛍光体層 50 は、互いに離間して千鳥状に設けられた複数の部分を含み、第 2 蛍光体層 70 は、隣り合う第 1 蛍光体層 50 の上記部分の間の隙間を充填するように複数形成されている。

[0196] また、第 1 蛍光体層 50 に含有される第 1 蛍光体 51 は、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体層 50 中において第 1 主表面と平行な方向に一軸配向しており、第 2 蛍光体層 70 に含有される第 2 蛍光体 71 は、第 1 配向膜 40 によって第 2 蛍光体層 70 中において第 1 主表面と平行な方向に一軸配向している。第 1 蛍光体 51 および第 2 蛍光体 71 は、第 1 配向膜 40 によって同一方向（図中 X 軸方向）に配向している。

[0197] このような構成においても、第 1 蛍光体 51 および第 2 蛍光体 71 が第 1 主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第 1 蛍光体 51 および第 2 蛍光体 71 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置 100F においても、第 4 変形例における照明装置 100D とほぼ同様の効果が得られる。

[0198] （第 7 変形例）

図 31 は、第 7 変形例における照明装置の模式平面図である。図 31 を参照して、第 7 変形例における照明装置 100G について説明する。

[0199] 図 31 に示すように、第 7 変形例における照明装置 100G は、第 4 変形例における照明装置 100D と比較した場合に、波長変換素子 10G における第 1 蛍光体層 50 と第 2 蛍光体層 70 の配列が相違する。具体的には、本変形例における照明装置 100G において、第 1 蛍光体層 50 は、千鳥状に配列された複数の円柱状の隙間が形成されるように設けられており、第 2 蛍光体層 70 は第 1 蛍光体層 50 に形成された上記複数の円柱状の隙間を充填

するように複数形成されている。

[0200] また、第1蛍光体層50に含有される第1蛍光体51は、第1配向膜40によって第1蛍光体層50中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第2蛍光体層70に含有される第2蛍光体71は、第1配向膜40によって第2蛍光体層70中において第1主表面と平行な方向に一軸配向している。第1蛍光体51および第2蛍光体71は、第1配向膜40によって同一方向（図中X軸方向）に配向している。

[0201] このような構成においても、第1蛍光体51および第2蛍光体71が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置100Gにおいても、第4変形例における照明装置100Dとほぼ同様の効果が得られる。

[0202] （第8変形例）

図32は、第8変形例における照明装置の模式平面図である。図32を参照して、第8変形例における照明装置100Hについて説明する。

[0203] 図32に示すように、第8変形例における照明装置100Hは、第4変形例における照明装置100Dと比較した場合に、波長変換素子10Hにおける蛍光体層の構成が相違し、特に第3蛍光体91を含有する第3蛍光体層90が形成されている点において相違する。

[0204] 第3蛍光体としては、二色性蛍光体を採用することができ、たとえば、一次光を吸収して青色光を二次光として発光する青色蛍光体を採用することができる。青色蛍光体の発光する青色光の波長領域は、390nm以上510nm以下である。青色光の発光強度が最大となるピーク波長は、450nm程度である。具体的には、第3蛍光体としては、ビス（トリアジニルアミノ）スチルベンジスルホン酸誘導体、BBOT等の有機蛍光体を採用することができる。なお、第3蛍光体91は、これら有機蛍光体に限定されず、無機蛍光

体、ナノ結晶体、量子ロッドであってもよい。

[0205] 具体的には、第1蛍光体層50は、X軸方向に沿って延在し、互いに離間してY軸方向に沿って並行に設けられた複数の部分を含んでいる。第2蛍光体層70は、上記部分の一方側へ隣接して、隣り合う第1蛍光体層50の上記部分の間の隙間の一部を充填するように複数形成されている。第3蛍光体層90は、第1蛍光体層50の上記複数の部分と上記複数の形成された第2蛍光体層70との間の隙間を充填するように複数の形成されている。

[0206] また、第1蛍光体層50に含有される第1蛍光体51は、第1配向膜40によって第1蛍光体層50中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第2蛍光体層70に含有される第2蛍光体71は、第1配向膜40によって第2蛍光体層70中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第3蛍光体層90に含有される第3蛍光体91は、第1配向膜40によって第3蛍光体層90中において第1主表面と平行な方向に一軸配向している。第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91は、第1配向膜40によって同一方向（図中X軸方向）に配向している。また、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91のそれぞれが発する二次光のピーク波長は互いに異なる。

[0207] このような構成においても、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置100Hにおいても、第4変形例における照明装置100Dとほぼ同様の効果が得られる。さらには、蛍光体層を増加させることで、より容易に所望の色調を得ることができる。

[0208] （第9変形例）

図33は、第9変形例における照明装置の模式平面図である。図33を参照して、本変形例における照明装置100Iについて説明する。

[0209] 図33に示すように、本変形例における照明装置100Iは、第4変形例における照明装置100Dと比較した場合に、蛍光体層の構成が相違し、特に第3蛍光体91を含有する第3蛍光体層90が形成されている点において相違する。

[0210] 具体的には、第1蛍光体層50は、互いに離間して島状に設けられた複数の部分を含んでいる。第2蛍光体層70は、Y軸方向に沿って隣り合う第1蛍光体層50の上記部分の隙間を充填するように複数形成されている。第3蛍光体層90は、X軸方向に沿って隣り合う第1蛍光体層50の上記部分の間の隙間およびX軸方向に沿って隣り合う第2蛍光体層70の間の隙間を充填するように複数形成されている。

[0211] また、第1蛍光体層50に含有される第1蛍光体51は、第1配向膜40によって第1蛍光体層50中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第2蛍光体層70に含有される第2蛍光体71は、第1配向膜40によって第2蛍光体層70中において第1主表面と平行な方向に一軸配向しており、第3蛍光体層90に含有される第3蛍光体91は、第1配向膜40によって第3蛍光体層90中において第1主表面と平行な方向に一軸配向している。第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91は、第1配向膜40によって同一方向（図中X軸方向）に配向している。また、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91のそれぞれが発する二次光のピーク波長は互いに異なる。

[0212] このような構成においても、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91から発光される二次光が出射方向（図中X軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置100Iにおいても、第4変形例における照明装置100Dとほぼ同様の効果が得られる。さらには、蛍光体層を増加させることで、より容易に所望の色調を得ることができる。

[0213] なお、第4変形例ないし第9変形例においては、2種類または3種類の蛍光体層が形成された場合を例示して説明したが、これに限定されず、4種類以上の蛍光体層が形成されていてもよい。また、各蛍光体層の配置、形状、大きさ等については、第4変形例ないし第9変形例における蛍光体層の配置、形状、大きさ等に限定されず、所望の色調に合わせて適宜変更することができる。

[0214] 以下、第10変形例ないし第12変形例においては、前記蛍光体層が、入射面側から照射面側にかけて並ぶように複数配置され、複数の蛍光体層のそれぞれに含有される蛍光体のピーク波長が互いに異なる場合について説明する。なお、この場合には、入射面側から照射面側に向かって蛍光体のピーク波長が小さくなることが好ましい。

[0215] このような構成とすることで、励起エネルギーの大きい蛍光体（例えば青色）で発光した二次光が、励起エネルギーの小さい蛍光体（例えば赤色）に吸収されることを防止することができるため、発光効率の低下を防止しつつ所望の色バランスを容易に得ることができる。

[0216] （第10変形例）

図34は、第10変形例における照明装置の模式断面図である。図34を参照して、本変形例における照明装置100Jについて説明する。

[0217] 図34に示すように、本変形例における照明装置100Jは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、さらに第2配向膜60および第2蛍光体層70を備えている点において相違する。

[0218] 具体的には、本変形例における照明装置100Jは、光源20と、波長変換素子10Jとを備える。波長変換素子10Jは、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面に形成された第1配向膜40と、第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1蛍光体層50上に形成された第2配向膜60と、第2配向膜60上に形成された第2蛍光体層70とを含む。また、波長変換素子10Jは、光源20から出射された一次光が入射される入射面10aおよび当該入射面に対向し後述す

る二次光を含む照明光を照射する照射面 10b とを含む。

[0219] 第 1 蛍光体層 50 は、第 1 蛍光体 51 を含有しており、第 2 蛍光体層 70 は、第 2 蛍光体 71 を含有している。第 1 蛍光体 51 は、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体層 50 中において第 1 主表面に平行な方向（図中 X 軸方向）に一軸配向しており、第 2 蛍光体 71 は、第 2 配向膜 60 によって第 2 蛍光体層 70 中において第 1 主表面と平行な方向（図中 X 軸方向）に一軸配向している。

[0220] 第 1 蛍光体 51 としては、上述した緑色蛍光体を採用することができ、第 2 蛍光体 71 としては、上述した赤色蛍光体を採用することができる。第 2 配向膜 60 としては、たとえば、ポリビニルアルコールやポリイミド等の樹脂膜を採用することができる。第 2 蛍光体層 70 は、屈折率異方性を有するポリマーに第 2 蛍光体 71 を添加することにより構成され、屈折率異方性を有するポリマー 54 としては、たとえば、リアクティブメソゲン等の液晶ポリマーを採用することができる。リアクティブメソゲンとしては、たとえば D I C 社製の U C L - 0 1 7、メルク社製の R M M 3 4 C 等を採用することができる。

[0221] 次に、照明装置 100J を構成する第 2 配向膜 60 および第 2 蛍光体層の形成方法について説明する。なお、第 1 配向膜 40 および第 1 蛍光体層 50 の形成方法としては、実施の形態の場合と同様の形成方法を採用することができる。

[0222] 第 1 配向膜 40 上に第 1 蛍光体層 50 が形成された状態において、塗布法や印刷法が用いられて、ポリイミド膜が第 1 蛍光体層 50 上に塗布され熱処理が施された後に、第 1 主表面に平行な方向（図中 X 軸方向）にラビング処理が行われることにより、第 2 配向膜 60 が形成される。ラビング処理により、第 2 配向膜 60 表面には、第 1 主表面に平行な方向（図中 X 軸方向）に沿って微細な溝が形成される。

[0223] 続いて、塗布法や印刷法が用いられ、第 2 蛍光体 71 としての赤色蛍光体を所定の重量比で液晶材料（リアクティブメソゲン）に混合した液晶ポリマ

一が第2配向膜60上に塗布される。その後、当該液晶ポリマーに熱処理または紫外線照射処理等が施されることにより、液晶ポリマーの配向処理が行なわれるとともに第2蛍光体層70が形成される。このとき液晶ポリマーは、第2配向膜60の配向規制力によって微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。これにより、液晶ポリマー内に含有される第2蛍光体71としての赤色蛍光体も微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。

[0224] 次に、一次光と二次光との加法混色について説明する。光源20から出射された青色の一次光は、主として第1透光基板30に向けて照射され、第1透光基板30および第1配向膜40を透過し、第1蛍光体層50に到達する。第1蛍光体層50の内部においては、一次光のうち、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51に照射された光が、当該第1蛍光体51によって吸収されて二次光である緑色光に変換されて主として第2配向膜60および第2蛍光体層70に向けて発光され、当該第1蛍光体51に照射されなかった光が、変換されることなく一次光として青色光のまま第1蛍光体層50を透過する。

[0225] また、第2蛍光体層70の内部においては、第1蛍光体層50および第2配向膜60を透過し第2蛍光体層70に到達した一次光のうち、第2配向膜60によって配向している第2蛍光体71に照射された光が、当該第2蛍光体71によって吸収されて二次光である赤色光に変換されて主として照明装置100Jの外部に発光され、当該第2蛍光体71に照射されなかった光が、波長変換されることなく一次光として青色光のまま第2蛍光体層70を透過して外部に至る。

[0226] また、第2蛍光体層70の内部においては、第2蛍光体層70に照射された二次光のうち、第2配向膜によって配向している第2蛍光体71に照射された光が、当該第2蛍光体71によって吸収されて二次光である赤色光に変換されて主として照明装置100Jの外部に発光され、第2蛍光体71に照射されなかった光が、変換されることなく二次光としての緑色光のまま当該

第2蛍光体層70を透過して照明装置100Jの外部に至る。

[0227] これにより、光源20から出射され第1蛍光体層50および第2蛍光体層70を透過した青色の一次光に、第1蛍光体51から発光され第2蛍光体層70を透過した緑色の二次光および第2蛍光体71から発光された赤色の二次光が加法混色されることとなり、白色光が照明光として外部に向けて照射されることになる。

[0228] 以上のような構成とすることにより、本変形例における照明装置100Jにおいては、第1蛍光体51が第1配向膜40によって配向しており、第2蛍光体71が第2配向膜60によって第1主面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。この結果、本変形例における照明装置100Jにおいては、第1蛍光体51から発光される緑色二次光および第2蛍光体71から発光される赤色二次光を効率よく外部に取り出すことができ、そのため一次光と二次光とを加法混色した照明光の光量が向上するとともに輝度が向上する。

[0229] （第11変形例）

図35は、第11変形例における照明装置の模式断面図である。図35を参照して、本変形例における照明装置100Kについて説明する。

[0230] 図35に示すように、本変形例における照明装置100Kは、第10変形例における照明装置100Jと比較した場合に、第1蛍光体層50と第2配向膜60との間に第2透光基板80を備える点において相違する。

[0231] 具体的には、本変形例における照明装置100Kは、光源20と、波長変換素子10Kとを備える。波長変換素子10Kは、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1配向膜40と、第1蛍光体51を含み第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1透光基板30に重ねて配置される第2透光基板80と、第2透光基板80の第1主表面上に形成された第2配向膜60と、第2蛍光

体 7 1 を含み第 2 配向膜 6 0 上に形成された第 2 蛍光体層 7 0 とを含む。また、波長変換素子 1 0 K は、光源 2 0 から出射された一次光が入射される入射面 1 0 a および当該入射面に対向し後述する二次光を含む照明光を照射する照射面 1 0 b とを含む。

[0232] 第 2 透光基板 8 0 は、出射方向において第 1 透光基板 3 0 に対して光源 2 0 と反対側に配置され、かつ、第 2 透光基板 8 0 が第 1 蛍光体層 5 0 上に位置するように第 1 透光基板 3 0 と重ねて配置される。

[0233] 第 2 透光基板 8 0 としては、たとえばシリカガラス等のガラス基板や透明フィルムおよび透明樹脂等の透光性を有する部材を採用することができる。

[0234] なお、第 2 配向膜 6 0 および第 2 蛍光体層 7 0 の形成方法としては、実施の形態と同様の形成方法を採用することができ、第 2 透光基板 8 0 上に第 2 配向膜 6 0 が形成され、第 2 配向膜 6 0 上に第 2 蛍光体層 7 0 が形成される。

[0235] 以上のような構成とすることにより、本変形例における照明装置 1 0 0 K においては、第 1 蛍光体 5 1 が第 1 配向膜 4 0 によって第 1 主表面と平行な方向に一軸配向し、第 2 蛍光体 7 1 が第 2 配向膜 6 0 によって第 1 主表面と平行な方向に一軸配向する。このため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第 1 蛍光体 5 1 および第 2 蛍光体 7 1 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。この結果、本変形例における照明装置 1 0 0 K においても変形例 1 0 における照明装置 1 0 0 J とほぼ同様の効果を得ることができる。また第 2 透光基板 8 0 を備えた構成とすることで成膜が容易になるとともに、異なる製造ラインを用いて、第 1 透光基板 3 0 に成膜するのと同時に第 2 透光基板 8 0 に成膜することが可能となり、製造時間を短縮することができる。

[0236] なお、本変形例においては、第 2 透光基板 8 0 が第 1 蛍光体層 5 0 上に位置するように第 2 透光基板 8 0 が第 1 透光基板 3 0 に重ねて配置される場合を例示して説明したが、第 1 蛍光体層 5 0 上に第 2 蛍光体層 7 0 が位置する

ように第2透光基板80が第1透光基板30に重ねて配置されてもよい。すなわち、第2透光基板80は、出射方向において第1透光基板30に対して光源20と反対側に配置され、かつ、光源20側から第1蛍光体層50、第2蛍光体層70の順に並ぶように第1透光基板30と重ねて配置されてもよい。

[0237] (第12変形例)

図36は、第12変形例における照明装置の模式断面図である。図36を参照して、本変形例における照明装置100Lについて説明する。

[0238] 本変形例における照明装置100Lは、変形例10における照明装置100Jと比較した場合に、波長変換素子10Lにおける第1蛍光体51と第2蛍光体71の配向方向が異なる点が相違する。具体的には、本変形例における第1蛍光体51の配向方向と第2蛍光体71の配向方向が直交する。より具体的には、第1蛍光体51はDR3方向(X軸方向)に一軸配向し、第2蛍光体71はDR4方向(Y軸方向)に一軸配向している。すなわち、第1蛍光体51の遷移双極子モーメントの方向がDR3方向に平行であり、第2蛍光体71の遷移双極子モーメントの方向がDR4方向に平行である。

[0239] 以上のような構成とすることにより、本変形例における照明装置100Lにおいては、第1蛍光体51が第1配向膜40によってDR3方向に一軸配向しており、第2蛍光体71が第2配向膜60によってDR4方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光は出射方向に沿った発光強度が強い指向性を有する。この結果、本変形例における照明装置100Lにおいても変形例10における照明装置100Jとほぼ同様の効果を得ることができる。

[0240] なお、第1蛍光体51および第2蛍光体71の配向方向は、ラビング法を用いる場合においては、ラビング方向を調整することにより適宜変更することができる。

[0241] 上記の方法によりラビング方向(配向方向)を調整する場合にあっては、

たとえば、第1蛍光体51の配向方向と第2蛍光体71の配向方向が成す角度、すなわち、第1蛍光体の遷移双極子モーメントの方向（DR3方向）と第2蛍光体の遷移双極子モーメントの方向（DR4方向）との成す角度が、45度以上135度以下となることが好ましく、90度となることがより好ましい。

[0242] 第1蛍光体の遷移双極子モーメントの方向（DR3方向）と第2蛍光体の遷移双極子モーメントの方向（DR4方向）との成す角度が、45度以上135度以下となるように調整することにより、無偏光状態の一次光を出射する光源20が用いられた場合であっても、第1蛍光体51および第2蛍光体71蛍光体の両方が効率よく無偏光状態の一次光を吸収し、偏光状態の二次光を発光させることができる。

[0243] また、上述した第10変形例ないし第12変形例においては、蛍光体層として第1蛍光体層50および第2蛍光体層70が出射方向において光源20から順に並ぶように配置される場合を例示して説明したが、これに限定されず、さらに異なる蛍光体層が配置されていてもよく、3種類以上の蛍光体層が出射方向において光源20から順に並ぶように配置されていてもよい。またこの場合においては、複数の蛍光体層に含有される蛍光体のそれぞれが発する二次光のピーク波長が互いに異なることが好ましい。

[0244] なお、第4変形例ないし第12変形例においては、第1蛍光体51が緑色光を発光する緑色蛍光体である場合、第2蛍光体71が赤色光を発光する赤色蛍光体である場合、第3蛍光体91が使用される際には第3蛍光体91が青色光を発光する青色蛍光体である場合を例示して説明したが、これに限定されず、光源20から出射される一次光の波長にあわせて蛍光体の種類を適宜調整することができる。また、一次光の発光強度と、各蛍光体から発光される二次光の発光強度とを適宜調整することで、所望の色調を得ることができる。

[0245] 以下、第13変形例においては、蛍光体層が、互いにピーク波長が異なる複数の蛍光体を含有する場合について説明する。

[0246] (第13変形例)

図37は、第13変形例における照明装置の模式断面図である。図37を参照して、本変形例における照明装置100Mについて説明する。

[0247] 図37に示すように、本変形例における照明装置100Mは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、波長変換素子10Mにおける第1蛍光体層50が第1蛍光体51および第2蛍光体71を含有する点において相違する。

[0248] 第1蛍光体51および第2蛍光体71は、第1配向膜40によって第1蛍光体層50中において第1主表面に平行な方向（図中X軸方向）に一軸配向している。第1蛍光体51および第2蛍光体71は、光源20から出射された一次光の一部を吸収して、一次光と波長の異なる二次光を発光する。第1蛍光体51の発光する二次光のピーク波長と第2蛍光体71の発光する二次光のピーク波長はそれぞれ異なる。

[0249] 第1蛍光体51としては、上述した緑色蛍光体を採用することができ、第2蛍光体71としては、上述した赤色蛍光体を採用することができる。第1蛍光体層50は、屈折率異方性を有するポリマーに第1蛍光体51および第2蛍光体71を添加することにより構成される。屈折率異方性を有するポリマーとしては、リアクティブメソゲン等の液晶ポリマーを採用することができる。

[0250] このような第1蛍光体層50を形成する際には、まず、塗布法や印刷法が用いられて第1蛍光体51としての緑色蛍光体および第2蛍光体71としての赤色蛍光体を所定の重量比で液晶材料（リアクティブメソゲン）に混合した液晶ポリマーが第1配向膜40上に塗布される。その後、当該液晶ポリマーに熱処理や紫外線照射処理等が施されることにより、液晶ポリマーに配向処理が行なわれるとともに第1蛍光体層50が形成される。このとき液晶ポリマーは、第1配向膜40の配向規制力によって微細な溝が延びる方向（図中X軸方向）に沿って配向する。これにより、液晶ポリマー内に含有される第1蛍光体51および第2蛍光体71も微細な溝が延びる方向（図中X軸方

向)に沿って配向する。

[0251] 以上のような構成とすることにより、本変形例における照明装置100Mにおいては、第1配向膜40上で第1蛍光体51および第2蛍光体71が第1主表面に平行な方向に一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光が出射方向(図中Z軸方向)に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。この結果、本変形例における照明装置100Mにおいては、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光を効率よく第1蛍光体層50から外部(空気層)に向けて取り出すことができ、そのため一次光と二次光とを加法混色した照明光の光量が向上するとともに輝度が向上する。

[0252] 以下、第14変形例ないし第18変形例においては、光源が、紫外光を出射する場合について説明する。

[0253] (第14変形例)

図38は、第14変形例における照明装置の模式平面図である。図38を参照して、本変形例における照明装置100Nについて説明する。

[0254] 図38に示すように、本変形例における照明装置100Nは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、反射シート21が設けられている点および光源の構成が相違する。具体的には、本変形例における照明装置100Nは、所定の間隔を隔てて平面的に配列する複数の光源20Uおよび光源20Uから出射された一次光を波長変換素子10に向けて反射する反射シート21を備える。

[0255] 光源20Uは、紫外光を出射する光源である。このため、波長変換素子10の照射面から照射される照明光の色調に寄与する光の全てが、第1蛍光体51から発光された二次光によって構成される。この結果、配向特性がほぼ一致するため、視野角による色変化の発生を抑制することができる。

[0256] このような構成においても、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光され

た偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51から発光される二次光は、出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置100Nにおいても、実施の形態に係る照明装置100とほぼ同様の効果が得られる。

[0257] （第15変形例）

図39は、第15変形例における照明装置の模式平面図である。図39を参照して、本変形例における照明装置1000について説明する。

[0258] 図39に示すように、本変形例における照明装置1000は、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、反射シート21と光学部材としての導光板22とが設けられている点および光源20Uの配置が相違する。具体的には、本変形例における照明装置1000は、波長変換素子10に対向して配置される導光板22、導光板22の端面側に配置された光源20Uおよび導光板22に対して波長変換素子10と反対側に配置される反射シート21とを備える。

[0259] 光源20Uは、紫外光を出射する光源であり、導光板22の端面に向けて一次光を出射する。導光板22は、光源20Uから出射された一次光を波長変換素子10に向けて出射する。反射シート21は、導光板22から反射シート21側に出射された一次光を再度導光板22に向けて反射させる。

[0260] 光源20Uは、紫外光を出射する光源である。このため、波長変換素子10Nの照射面から照射される照明光の色調に寄与する光の全てが、第1蛍光体51から発光された二次光によって構成される。この結果、配向特性がほぼ一致するため、視野角による色変化の発生を抑制することができる。

[0261] このような構成においても、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51から発光される二次光は、出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置100

〇〇においても、実施の形態に係る照明装置１００とほぼ同様の効果が得られる。

[0262] (第１６変形例)

図４０は、第１６変形例における照明装置の模式平面図である。図４０を参照して、本変形例における照明装置１００Ｐについて説明する。

[0263] 図４０に示すように、本変形例における照明装置１００Ｐは、実施の形態に係る照明装置１００と比較した場合に、光源２０Ｐが面発光光源で構成されている点および光源２０Ｐの下部に反射シート２１が設けられている点において相違する。

[0264] 光源２０Ｐは、紫外光を出射する面発光光源であり、光源２０Ｐの発光面側と反対側の裏面側に反射シート２１を有する。これにより、波長変換素子１０に向けて効率よく発光面側から一次光を出射することができる。

[0265] 光源２０Ｐは、紫外光を出射する光源である。このため波長変換素子１０の照射面から照射される照明光の色調に寄与する光の全てが、第１蛍光体５１から発光された二次光によって構成される。この結果、配向特性がほぼ一致するため、視野角による色変化の発生を抑制することができる。

[0266] このような構成においても、第１配向膜４０によって第１蛍光体５１が第１主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第１蛍光体５１から発光される二次光は、出射方向（図中Ｚ軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置１００Ｐにおいても、実施の形態に係る照明装置１００とほぼ同様の効果が得られる。

[0267] なお、第１４変形例および第１６変形例における照明装置１００Ｎ、１００Ｐにあっては、光源２０Ｕおよび光源２０Ｐと、波長変換素子１０との間に、第１５変形例における１００〇にあっては、導光板２２と波長変換素子１０との間に、プリズムシートや拡散シート等の光源から出射された一次光を散乱して波長変換素子に向けて出射する光学部材をさらに備えていてもよ

い。また上記の光学部材は、第14変形例ないし第16変形例における波長変換素子10の上方に配置されていてもよい。

[0268] また、第14変形例ないし第16変形例においては、光源が一次光として紫外光を出射する場合を例示して説明したが、これに限定されず、光源が一次光として可視光を出射してもよい。この場合には、光源から出射される一次光の波長に合わせて第1蛍光体の種類を適宜選択することができる。このような構成においても上記の光学部材を上述同様の態様で配置することができる。

[0269] (第17変形例)

図41は、第17変形例における照明装置の模式断面図である。図41を参照して、本変形例における照明装置100Qについて説明する。

[0270] 図41に示すように、本変形例における照明装置100Qは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、波長変換素子10Qが第2配向膜60および第2蛍光体層70をさらに含む点において相違し、第10変形例における照明装置100Jとほぼ同様の構成である。

[0271] ここで光源20Uは、紫外光を出射する光源である。また、第1蛍光体51としては、上述の黄色蛍光体を採用することができる。第2蛍光体としては、たとえば、紫外光を吸収して青色光を二次光として発光する青色蛍光体を採用することができる。青色蛍光体の発光する青色光の波長領域は、390nm以上510nm以下である。青色光の発光強度が最大となるピーク波長は、450nm程度である。具体的には、青色蛍光体としては、ビス(トリアジニルアミノ)スチルベンジスルホン酸誘導体、BBOT等の有機蛍光体を採用することができる。

[0272] このような構成においても光源20Uは、紫外光を出射する光源であるため、波長変換素子10Qの照射面から照射される照明光の色調に寄与する光の全てが、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光された二次光によって構成される。

[0273] 具体的には、光源20Uから出射された一次光としての紫外光は、主とし

て第1透光基板30に向けて照射され、第1透光基板30および第1配向膜40を透過し、第1蛍光体層50に到達する。第1蛍光体層50の内部においては、一次光のうち、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51に照射された光が、当該第1蛍光体51によって吸収されて二次光である黄色光に変換されて主として第2配向膜60および第2蛍光体層70に向けて発光され、当該第1蛍光体51に照射されなかった光が、変換されることなく一次光として紫外光のまま第1蛍光体層50を透過する。

[0274] また、第2蛍光体層70の内部においては、第1蛍光体層50および第2配向膜60を透過し第2蛍光体層70に到達した一次光のうち、第2配向膜60によって配向している第2蛍光体71に照射された光が、当該第2蛍光体71によって吸収されて二次光である青色光に変換されて主として照明装置100Jの外部に発光され、当該第2蛍光体71に照射されなかった光が、波長変換されることなく一次光として紫外光のまま第2蛍光体層70を透過して外部に至る。

[0275] また、第2蛍光体層70の内部においては、第2蛍光体層70に照射された第1蛍光体から発光された二次光（黄色光）は、励起エネルギーが大きい第2蛍光体71に吸収されることなく、第2蛍光体層70を透過して外部に至る。

[0276] これにより、第1蛍光体51から発光され第2蛍光体層70を透過した黄色の二次光および第2蛍光体71から発光された青色の二次光が加法混色されることとなり、白色光が照明光として外部に向けて照射されることになる。

[0277] このような構成においても、第1蛍光体51が第1配向膜40によって一軸配向しており、第2蛍光体71が第2配向膜60によって一軸配向しているため蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51および第2蛍光体71から発光される二次光は、出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置100Qにおいても、実施の形

態に係る照明装置 100 とほぼ同様の効果が得られる。

[0278] (第 18 変形例)

図 42 は、第 18 変形例における照明装置の模式断面図である。図 42 を参照して、本変形例における照明装置 100R について説明する。

[0279] 図 42 に示すように、本変形例における照明装置 100R は、第 17 変形例における照明装置 100Q と比較した場合に、波長変換素子 10R において第 2 蛍光体層 70 上に第 3 配向膜 61 が形成されており、第 3 配向膜 61 上に第 3 蛍光体層 90 が形成されている点において相違し、その他の構成については、ほぼ同様である。

[0280] 第 3 蛍光体層 90 は、第 3 蛍光体 91 を含有している。第 3 蛍光体 91 は、第 3 配向膜によって第 3 蛍光体層中において、第 1 蛍光体 51 および第 2 蛍光体 71 と同様に X 軸方向に沿って一軸配向している。

[0281] ここで光源 20U は、紫外光を出射する光源である。また、第 1 蛍光体 51 としては、上述の赤色蛍光体を採用することができる。第 2 蛍光体 71 としては、上述の緑色蛍光体を採用することができる。第 3 蛍光体 91 としては、上述の青色蛍光体を採用することができる。

[0282] このような構成においても光源 20U は、紫外光を出射する光源であるため、波長変換素子 10R の照射面から照射される照明光の色調に寄与する光の全てが、第 1 蛍光体 51、第 2 蛍光体 71 および第 3 蛍光体 91 から発光された二次光によって構成される。

[0283] 具体的には、光源 20U から出射された一次光としての紫外光は、主として第 1 透光基板 30 に向けて照射され、第 1 透光基板 30 および第 1 配向膜 40 を透過し、第 1 蛍光体層 50 に到達する。

[0284] 第 1 蛍光体層 50 に到達した一次光のうち、第 1 蛍光体 51 に照射されなかった光が、変換されることなく一次光として紫外光のまま第 1 蛍光体層 50 を透過する。一方、第 1 蛍光体層に到達した一次光のうち、第 1 配向膜 40 によって配向している第 1 蛍光体 51 に照射された光が、当該第 1 蛍光体 51 によって吸収されて二次光である赤色光に変換されて、励起エネルギー

が大きい第2蛍光体および第3蛍光体に吸収されることなく、第2蛍光体層70および第3蛍光体層90を透過して主として照明装置100Rの外部に至る。

[0285] また、第1蛍光体層50および第2配向膜60を透過し第2蛍光体層70に到達した一次光のうち、第2蛍光体71に照射されなかった光は、波長変換されることなく一次光として紫外光のまま第2蛍光体層70および第3配向膜61を透過して第3蛍光体層90に至る。一方、第2蛍光体層70に到達した一次光のうち、一次光の第2配向膜60によって配向している第2蛍光体71に照射された光は、第2蛍光体71によって吸収されて二次光である緑色光に変換されて、励起エネルギーが大きい第3蛍光体91に吸収されることなく、第3蛍光体層90を透過して主として照明装置100Rの外部に至る。

[0286] また、第1蛍光体層50、第2配向膜60、第2蛍光体層70および第3配向膜61を透過し第3蛍光体層90に到達した一次光のうち、第3蛍光体91に照射されなかった光が波長変換されることなく、一次光として紫外光のまま第3蛍光体層90を透過して外部に至る。一方、第3蛍光体層90に到達した一次光のうち、第3配向膜61によって配向している第3蛍光体91に照射された光は、第3蛍光体91によって吸収されて二次光である青色光に変換されて、主として照明装置100Rの外部に至る。

[0287] これにより、第1蛍光体51から発光された赤色の二次光、第2蛍光体71から発光された緑色の二次光および第3蛍光体91から発光された青色の二次光が加法混色されることとなり、白色光が照明光として外部に向けて照射されることになる。

[0288] このような構成においても、第1蛍光体51が第1配向膜40によって一軸配向しており、第2蛍光体71が第2配向膜60によって一軸配向しており、第3蛍光体91が第3配向膜61によって一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51、第2蛍光体71および第3蛍光体91から発光される二次

光は、出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することになる。したがって、本変形例における照明装置100Rにおいても第17変形例における照明装置100Qとほぼ同様の効果が得られる。

[0289] また、第14変形例ないし第18変形例においては、波長変換素子10, 10Q, 10Rの照射面に紫外光を吸収するとともに可視光線を透過する紫外光吸収部材、または、紫外光を反射させるとともに可視光線を透過する誘電体膜が設けられることが好ましい。紫外光吸収部材としては、たとえばZnO薄膜を、誘電体膜としては、たとえばSiO₂薄膜、TiO薄膜等をスパッタリングすることにより作成することができる。紫外光吸収部材または誘電体膜を設ける代わりに、第1蛍光体、第2蛍光体、第3蛍光体等の蛍光体層に含有される蛍光体の密度を調整することにより、照射面から照射される一次光としての紫外光を低減させてもよい。

[0290] （第19変形例）

図43は、第19変形例における照明装置の模式断面図である。図44は、図43に示す波長変換素子を製造する第1の製造方法および第2の製造方法を示す図である。図43および図44を参照して本変形例における照明装置100Sについて説明する。

[0291] 図43に示すように、本変形例における照明装置100Sは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、波長変換素子10Sの構成が相違する。具体的には、波長変換素子10Sは、単層の第1蛍光体層50によって構成されている。また、波長変換素子10Sは、光源20から出射された一次光が入射される入射面10aおよび当該入射面に対向し後述する二次光を含む照明光を照射する照射面10bとを含む。

[0292] 第1蛍光体層50は、第1蛍光体51を含んでいる。第1蛍光体51は、第1蛍光体層50中においてX軸方向に沿って一軸配向している。このような単層の第1蛍光体層50は以下の製造方法にて製造することが可能である。

[0293] 図44（a）は、波長変換素子10Sを製造する第1の製造方法を示す図

である。図44(a)に示すように、波長変換素子10Sを製造する第1の製造方法においては、実施の形態に係る波長変換素子10から第1蛍光体層50のみを剥離する。ラビング法にて第1蛍光体を配向させる場合には、第1配向膜の厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下となることが好ましい。

[0294] 第1蛍光体層50が溶解せずに第1配向膜40が溶解可能な溶媒を準備し、当該溶媒に波長変換素子10を浸漬させることにより、第1蛍光体層50のみを取り出すことができる。たとえば、ポリビニルアルコールは湯水に可溶性を有するため、第1配向膜40がポリビニルアルコールである場合には、波長変換素子10を湯水に所定の時間浸漬させることにより第1配向膜40を溶解させることができる。この結果、第1蛍光体層50が第1配向膜40から分離する。

[0295] 図44(b)は、波長変換素子10Sを製造する第2の製造方法を示す図である。図44(b)に示すように、波長変換素子10Sを製造する第2の製造方法においては、液晶ポリマーフィルム50Aを所定の第1蛍光体51が含有された蛍光体溶液に浸漬し、その後所定の溶液中において浸漬後の液晶ポリマーフィルムを延伸する。これにより、所定の方向に第1蛍光体が一軸配向した単層の第1蛍光体層50を製造することができる。なお、ポリビニルアルコールフィルムを用いた場合であっても第1蛍光体51を一軸配向させることができる。延伸法にて、第1蛍光体を配向させる場合には、第1蛍光体層の厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $2000\mu\text{m}$ 以下となることが好ましい。

[0296] その際、蛍光体溶液に液晶ポリマーフィルムを約1分間浸漬させることが好ましく、浸漬後の液晶ポリマーフィルムを40度の純水中で延伸することが好ましい。また、延伸倍率は、3倍程度とすることが好ましい。

[0297] 図45は、図43に示す波長変換素子内を二次光が伝播する様子を示す図である。図45を参照して、本変形例における波長変換素子10S（第1蛍光体層50）内を二次光が伝播する様子について説明する。

[0298] 図45に示すように、臨界角度より大きい角度で照射面に入射された二次

光は、当該照射面にて、照射面と反対側の下面に向けて反射される。下面に向けて反射された二次光は、当該下面にて照射面に向けて反射される。このように、第1蛍光体51から発光された二次光は、照射面および下面にて反射を繰り返しながら波長変換素子10S内を伝播する。

[0299] 一方、第1蛍光体層の下層に第1透光基板がある場合には、照射面にて下面に向けて反射された二次光は、第1透光基板に侵入する。第1透光基板に侵入した二次光は、第1透光基板の下面にて第1蛍光体層に向けて反射される。第1蛍光体層に向けて反射された二次光は、再び第1蛍光体層に侵入し、照射面に向けて進行する。このように、第1蛍光体から発光された二次光は、第1蛍光体層の照射面および第1透光基板の下面にて反射を繰り返しながら波長変換素子内を伝播する。

[0300] このため、本変形例のように、単層の第1蛍光体層50のみを二次光が伝播する場合は、二次光の蛍光体層内を移動する距離が長くなり、二次光が蛍光体層内のポリマー分子によって散乱されやすくなる。この結果、小さな発光面積であっても二次光の取り出し効率が向上する。

[0301] また、本変形例においても、第1蛍光体51が一軸配向しているため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第1蛍光体51から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有することとなる。したがって、本変形例における照明装置100Sにおいても、実施の形態に係る照明装置100とほぼ同様の効果が得られる。

[0302] 以下、第20変形例においては、波長変換素子が、光源から入射された一次光を拡散して一次光の入射光と異なる方向に照明光を取り出す導光板として用いられる場合について説明する。

[0303] （第20変形例）

図46は、第20変形例における照明装置の模式断面図である。図46を参照して、本変形例における照明装置100Tについて説明する。

[0304] 本変形例における照明装置100Tは、実施の形態に係る照明装置100

と比較した場合に、波長変換素子 10T が導光板として用いられる点において相違する。具体的には、本変形例における照明装置 100T は、導光板としての波長変換素子 10T、波長変換素子 10T の端面側に配置される光源 20 および波長変換素子 10T に対向して配置される反射シート 21 を備える。また、波長変換素子 10T は、光源 20 から出射された一次光が入射される入射面 10a および当該入射面に対向し後述する二次光を含む照明光を照射する照射面 10b とを含む。

[0305] 波長変換素子 10T は、所定の方に軸配向した第 1 蛍光体 51 が含有される第 1 蛍光体層 50 によって構成されている。また、波長変換素子 10T は、光源から入射された一次光を拡散して一次光の入射光と異なる方向に照明光を取り出すことができるように所定の形状に加工されている。

[0306] このような構成とすることにより、第 1 蛍光体 51 の配向方向と平行な偏光成分を有する光を導光板としての波長変換素子 10S から取り出すことができる。このため、液晶表示装置等の表示装置に当該照明装置 100T を採用することにより、偏光発光が可能となり、液晶表示パネル等の偏光特性を用いた表示素子の光利用率を向上させることができる。さらには、拡散シートなどの光学シートを削減でき、上記の表示装置の薄型化が可能となる。

[0307] (第 21 変形例)

図 47 は、第 21 変形例における照明装置の模式断面図である。図 47 を参照して、本変形例における照明装置 100U について説明する。

[0308] 本変形例における照明装置 100U は、実施の形態に係る照明装置 100 と比較した場合に、光源が発光素子によって構成されている点および波長変換素子 10U が発光装置の一部として用いられる点において相違する。

[0309] 本変形例における照明装置 100U は、所定の電極に接続された発光素子 31、発光素子 31 を囲むように基板 34 上に設けられた略円筒形の枠体 32、枠体 32 内を充填するように設けられた波長変換素子 10U および波長変換素子 10U を枠体 32 内に封止する封止樹脂 33 を備える。

[0310] 波長変換素子 10U は、所定の方に軸配向した第 1 蛍光体 51 が含有

される第1蛍光体層50によって構成されている。また、波長変換素子10Uは、枠体32に充填されるように所定の形状に加工されている。

[0311] このような構成とすることにより、第1蛍光体51の配向方向と平行な偏光成分を有する光を導光板としての波長変換素子10Uから取り出すことができる。このため、液晶表示装置等の表示装置に当該照明装置100Uを採用することにより、偏光発光が可能となり、液晶表示パネル等の偏光特性を用いた表示素子の光利用率を向上させることができる。

[0312] 以下、第22変形例ないし第33変形例においては、波長変換素子が、少なくとも一次光の色調整を行なう色調整層が形成された透光基板を含む場合について説明する。

[0313] (第22変形例)

図48は、第22変形例における照明装置の模式断面図である。図48を参照して、本変形例における照明装置100Vについて説明する。

[0314] 図48に示すように、本変形例における照明装置100Vは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、波長変換素子10Vの構成が相違する。波長変換素子10Vは、第2透光基板80上に形成された一次光および二次光の色調整を行なう第1色調整層81をさらに含む。第1色調整層81は、出射方向において光源20側から第1蛍光体層50、第1色調整層81の順に並ぶように配置されている。

[0315] 具体的には、本変形例における照明装置100Vにおいては、第2透光基板80が、出射方向（図中Z軸方向）において第1透光基板30に対して光源20と反対側に配置され、かつ、第2透光基板80の第1主表面上に形成された第1色調整層81が、第1蛍光体層50上に位置するように第1透光基板30に重ねて配置される。

[0316] 第1蛍光体51としては、上述の緑色蛍光体を採用することができる。第1色調整層81としては、たとえばシアン色のカラーフィルタを採用することができる。また、シアン色のカラーフィルタは既知の方法で第2透光基板80の第1主表面上に形成される。

[0317] このような構成においては、光源 20 から出射された青色の一次光は、主として第 1 透光基板 30 に向けて照射され、第 1 透光基板 30 および第 1 配向膜 40 を通過し、第 1 蛍光体層 50 に到達する。第 1 蛍光体層 50 の内部においては、一次光のうち、第 1 配向膜 40 によって配向している第 1 蛍光体 51 に照射された光が当該第 1 蛍光体 51 によって吸収されて二次光である緑色光に変換されて主として第 1 色調整層 81 に向けて発光され、当該第 1 蛍光体 51 に照射されなかった光が変換されることなく一次光として青色光のまま第 1 蛍光体層 50 を透過する。

[0318] 第 1 蛍光体層 50 を透過した一次光（青色光）と、当該第 1 蛍光体 51 から第 1 色調整層 81 に向けて発光された二次光（緑色光）とが加法混色されてほぼシアン色に構成される。そして、このほぼシアン色の光が、第 1 色調整層 81、第 2 透光基板 80 を順に透過し、外部に照射される。ほぼシアン色の光が第 1 色調整層 81 を透過するとき、第 1 色調整層 81 は特定の波長のみを透過させ、色調の微調整を行なう。

[0319] 以上のような構成とすることにより、本変形例における照明装置 100V においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。この結果、本変形例における照明装置 100V においては、実施の形態に係る照明装置 100 と同様に、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光の取り出し効率を向上させることができるとともに、一次光と二次光とを加法混色した照明光の光量を向上させることにより輝度を向上させることができる。さらに、本変形例における照明装置 100V においては、第 1 色調整層 81 を備えているため、容易に所望の色調を得ることができる。

[0320] （第 23 変形例）

図 49 は、第 23 変形例における照明装置の模式断面図である。図 49 を

参照して、本変形例における照明装置 100W について説明する。

[0321] 図 49 に示すように、本変形例における照明装置 100W は、変形例 22 における照明装置 100V と比較した場合に、波長変換素子 10W の構成が相違する。具体的には、波長変換素子 10W においては、第 2 透光基板 80 が第 1 蛍光体層 50 上に位置するように、第 2 透光基板 80 が第 1 透光基板 30 に重ねて配置されている。

[0322] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができ、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、第 1 色調整層 81 を透過することになる。したがって、本変形例における照明装置 100W においても、変形例 22 における照明装置 100V とほぼ同様の効果が得られる。

[0323] （第 24 変形例）

図 50 は、第 24 変形例における照明装置の模式断面図である。図 50 を参照して、本変形例における照明装置 100X について説明する。

[0324] 図 50 に示すように、本変形例における照明装置 100X は、変形例 22 における照明装置 100V と比較した場合に、波長変換素子 10X の構成が相違する。波長変換素子 10X は第 2 透光基板 80 を有さず、第 1 透光基板 30 の第 1 主表面と反対側に位置する第 2 主表面上に第 1 色調整層 81 が形成されている。なお、第 1 色調整層 81 は既知の方法で第 1 透光基板 30 の第 2 主表面上に形成される。

[0325] より具体的には、本変形例における照明装置 100X は、光源 20 と、波長変換素子 10X とを備える。波長変換素子 10X は、光源 20 に対向配置された第 1 透光基板 30 と、第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成された第 1 配向膜 40 と、第 1 蛍光体 51 を含み第 1 配向膜 40 上に形成された第 1 蛍光体層 50 と、第 1 透光基板 30 の第 2 主表面に形成された第 1 色調整

層 8 1 とを含む。第 1 透光基板 3 0 は、第 1 蛍光体層が光源 2 0 を向くように配置されている。

[0326] なお、第 1 色調整層は、第 1 透光基板 3 0 の第 1 主表面側に第 1 配向膜 4 0 および第 1 蛍光体層 5 0 が形成された後に第 1 透光基板 3 0 の第 2 主表面側に形成されてもよいし、第 1 透光基板 3 0 の第 1 主表面上に第 1 配向膜 4 0 および第 1 蛍光体層 5 0 が形成される前に、第 1 透光基板 3 0 の第 2 主表面上に形成されてもよい。

[0327] このような構成においても、第 1 配向膜 4 0 によって第 1 蛍光体 5 1 が第 1 透光基板 3 0 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、第 1 色調整層 8 1 を透過することになる。したがって、本変形例における照明装置 1 0 0 X においても、変形例 2 2 における照明装置 1 0 0 V とほぼ同様の効果が得られる。

[0328] （第 2 5 変形例）

図 5 1 は、第 2 5 変形例における照明装置の模式断面図である。図 5 1 を参照して、第 8 1 変形例における照明装置 1 0 0 Y について説明する。

[0329] 図 5 1 に示すように、第 8 1 変形例における照明装置 1 0 0 Y は、第 2 2 変形例における照明装置 1 0 0 V と比較した場合に、波長変換素子 1 0 Y の構成が相違する。波長変換素子 1 0 Y は第 2 透光基板 8 0 を有さず、第 1 蛍光体層 5 0 上に第 1 色調整層 8 1 が形成されている。なお、第 1 色調整層 8 1 は、既知の方法で第 1 蛍光体層 5 0 上に形成される。

[0330] このような構成においても、第 1 配向膜 4 0 によって第 1 蛍光体 5 1 が第 1 透光基板 3 0 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、第 1 蛍光体 5 1 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有するとともに、一次光と二次光とが加法混色された光が、第 1 色調整層 8 1 を透過することになる。したがって、本変形例に

おける照明装置 100Y においても、第 22 変形例における照明装置 100V とほぼ同様の効果が得られる。

[0331] (第 26 変形例)

図 52 は、第 26 変形例における照明装置の模式断面図である。図 52 を参照して、本変形例における照明装置 100Z について説明する。

[0332] 図 52 に示すように、第 26 変形例における照明装置 100Z は、第 22 変形例における照明装置 100V と比較した場合に、波長変換素子 10Z の構成が相違する。波長変換素子 10Z は、第 2 透光基板 80 を有さず、第 1 透光基板 30 と第 1 配向膜 40 との間に第 1 色調整層 81 が形成されており、第 1 蛍光体層 50 が光源 20 に向くように第 1 透光基板が配置されている。

[0333] 具体的には、本変形例に係る照明装置 100Z は、光源 20 と、波長変換素子 10Z とを備える。波長変換素子 10Z は、第 1 透光基板 30 と、第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成された第 1 色調整層 81 と、第 1 色調整層 81 上に形成された第 1 配向膜 40 と、第 1 蛍光体 51 を含み第 1 配向膜 40 上に形成された第 1 蛍光体層 50 とを含む。第 1 蛍光体層 50 が光源 20 を向くように、第 1 透光基板 30 が配置されている。なお、第 1 色調整層 81 は既知の方法で第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成され、第 1 配向膜 40 は上述の方法で、第 1 色調整層 81 上に形成される。

[0334] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、第 1 色調整層 81 を透過することになる。したがって、本変形例における照明装置 100Z においても、第 22 変形例における照明装置 100V とほぼ同様の効果が得られる。

[0335] なお、第 22 変形例ないし第 26 変形例においては、照明装置 100 に対

して、第1蛍光体層50よりも出射方向側に第1色調整層81をさらに備える場合を例示して説明したが、これに限定されず、実施の形態に係る照明装置および第1変形例ないし第2変形例における照明装置に対しても上述の構成を適応させることができる。

[0336] (第27変形例)

図53は、第27変形例における照明装置の模式断面図である。図53を参照して、本変形例における照明装置100AAについて説明する。

[0337] 図53に示すように、本変形例における照明装置100AAは、実施の形態に係る照明装置100と比較した場合に、波長変換素子10AAの構成が相違する。波長変換素子10AAは、一次光および二次光の色調整を行なう第1色調整層81が形成された第2透光基板80と、一次光の色調整を行なう第2色調整層82が形成された第3透光基板83とをさらに含む。

[0338] 具体的には、本変形例における照明装置100AAは、光源20と、波長変換素子10AAとを備える。波長変換素子10AAは、光源20に対向配置される第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1配向膜40と、第1蛍光体51を含み第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1透光基板30に重ねて配置される第2透光基板80と、第2透光基板80の第1主表面上に形成された第1色調整層81と、第1透光基板30に重ねて配置される第3透光基板83と、第3透光基板83の主表面上に形成された第2色調整層82とを含む。

[0339] 第2透光基板80は、出射方向（図中Z軸方向）において第1透光基板30に対して光源と反対側に位置するように配置され、かつ、第1色調整層81が第1蛍光体層50上に位置するように第1透光基板30に重ねて配置されている。

[0340] 第3透光基板83は、出射方向（図中Z軸方向）において第1透光基板30に対して光源20側に配置され、かつ、第2色調整層82が第1透光基板30と第3透光基板83との間に位置するように第1透光基板30と重ねて配置されている。

[0341] 第1色調整層81としては、たとえばシアン色のカラーフィルタを採用することができる。また、第1色調整層81は、既知の方法で第2透光基板80に形成される。第2色調整層82としては、たとえば青色のカラーフィルタを採用することができる。なお、第2色調整層82は、既知の方法で第3透光基板83に形成される。また、第1蛍光体51としては、上述の緑色蛍光体が用いられる。

[0342] このような構成においては、光源20から出射された青色の一次光は、主として第3透光基板83に向けて照射され、第3透光基板83を透過し、第2色調整層82に到達する。第2色調整層82は、特定波長を有する一次光のみを透過させる。特定波長のみを有する青色一次光は、第1透光基板30、第1配向膜40を順に透過し、第1蛍光体層50に到達する。第1蛍光体層50に到達した特定波長のみを有する青色一次光のうち、第1配向膜40によって配向している第1蛍光体51に吸収されずに第1蛍光体層50を透過した一次光（青色光）と、当該第1蛍光体51に吸収され第1色調整層81に向けて発光された二次光（緑色光）とが加法混色されてほぼシアン色に構成される。このほぼシアン色の光は、第1色調整層81、第2透光基板80を順に透過し、外部に照射される。ほぼシアン色の光が第1色調整層81を透過するときに、第1色調整層81は特定の波長のみを透過させ、色調の微調整を行なう。

[0343] 第2色調整層82は特定の波長を透過させることができるため、予め第1蛍光体51の吸収効率が高い波長に合わせて第2色調整層82を選定することで、第1蛍光体51の吸収効率を高めることが可能となる。

[0344] このような構成においても、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1透光基板30の第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第1蛍光体51から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第1色調整層81を透過す

ることになる。したがって、本変形例における照明装置 100AA においても、実施の形態に係る照明装置 100 とほぼ同様の効果が得られるとともに、容易に色調を調整することができる。加えて、第 2 色調整層 82 を第 1 蛍光体層 50 よりも光源 20 側に備えた構成とすることで、吸収効率の高い特定波長を有する一次光のみが第 1 蛍光体層 50 に到達することとなるため、第 1 蛍光体 51 の吸収効率を高めることができる。

[0345] (第 28 変形例)

図 54 は、第 28 変形例における照明装置の模式断面図である。図 54 を参照して、本変形例における照明装置 100AB について説明する。

[0346] 図 54 に示すように、本変形例における照明装置 100AB は、第 27 変形例における照明装置 100AA と比較した場合に、波長変換素子 10AB の構成が相違する。波長変換素子 10AB にあっては、第 2 色調整層 82 が光源に向くように、第 3 透光基板 83 が第 1 透光基板 30 に重ねて配置されている。

[0347] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第 1 色調整層 81 を透過することになる。さらに、光源 20 から照射された一次光は、第 2 色調整層 82 によって、第 1 蛍光体 51 の吸収効率が高い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置 100AB においても、第 27 変形例における照明装置 100AA とほぼ同様の効果が得られる。

[0348] (第 29 変形例)

図 55 は、第 29 変形例における照明装置の模式断面図である。図 55 を参照して、第 14 変形例における照明装置 100AC について説明する。

[0349] 図 55 に示すように、本変形例における照明装置 100AC は、第 27 変

形例における照明装置 100AA と比較した場合に、波長変換素子 10AC の構成が相違する。波長変換素子 10AC においては、第 1 色調整層 81 が、第 2 透光基板 80 に形成されておらず、第 1 透光基板 30 と第 1 配向膜 40 との間に形成されており、第 1 蛍光体層 50 が第 2 色調整層 82 上に位置するように、第 1 透光基板 30 が第 3 透光基板 83 に重ねて配置されている。

[0350] 具体的には、本変形例における照明装置 100AC は、光源 20 と、波長変換素子 10AC とを備える。波長変換素子 10AC は、光源 20 に対向配置された第 1 透光基板 30 と、第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成された第 1 色調整層 81 と、第 1 色調整層 81 上に形成された第 1 配向膜 40 と、第 1 蛍光体 51 を含み第 1 配向膜 40 上に形成された第 1 蛍光体層 50 と、第 1 透光基板 30 と重ねて配置される第 3 透光基板 83 と、第 3 透光基板 83 の第 1 主表面上に形成された第 2 色調整層 82 とを含む。

[0351] 第 1 透光基板 30 は、光源 20 側から第 1 蛍光体層 50、第 1 色調整層 81 の順に並ぶように（第 1 蛍光体層 50 が光源 20 に向くように）光源 20 に対向して配置される。第 3 透光基板 83 は、出射方向（図中 Z 軸方向）において第 1 透光基板 30 に対して光源 20 側に配置され、かつ、第 2 色調整層 82 が第 1 蛍光体層 50 と第 3 透光基板 83 との間に位置するように第 1 透光基板 30 と重ねて配置される。

[0352] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第 1 色調整層 81 を透過することになる。さらに、光源 20 から照射された一次光は、第 2 色調整層 82 によって、第 1 蛍光体 51 の吸収効率が低い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置 100AC においても、第

27変形例における照明装置100AAとほぼ同様の効果が得られる。

[0353] (第30変形例)

図56は、第30変形例における照明装置の模式断面図である。図56を参照して、本変形例における照明装置100ADについて説明する。

[0354] 図56に示すように、本変形例における照明装置100ADは、第27変形例における照明装置100AAと比較した場合に、波長変換素子10ADの構成が相違する。波長変換素子10ADにおいては、第1色調整層81が、第2透光基板80に形成されておらず、第1透光基板30と第1配向膜40との間に形成されており、第1蛍光体層50が第3透光基板83上に位置するように、第1透光基板30が第3透光基板83に重ねて配置されている。

[0355] 具体的には、本変形例における照明装置100ADは、光源20と、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1色調整層81と、第1色調整層81上に形成された第1配向膜40と、第1蛍光体51を含み第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1透光基板30と重ねて配置される第3透光基板83と、第3透光基板83の第1主表面上に形成された第2色調整層82とを含む。

[0356] 第1透光基板30は、光源20側から第1蛍光体層50、第1色調整層81の順に並ぶように（第1蛍光体層50が光源20に向くように）光源20に対向して配置される。第3透光基板83は、出射方向（図中Z軸方向）において第1透光基板30に対して光源20側に配置され、かつ、第2色調整層82が光源20を向くように第1透光基板30と重ねて配置される。

[0357] このような構成においても、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1透光基板30の第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第1蛍光体51から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第1色調整層81を透過

することになる。さらに、光源 20 から照射された一次光は、第 2 色調整層 82 によって、第 1 蛍光体 51 の吸収効率が高い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置 100AD においても、第 27 変形例における照明装置 100AA とほぼ同様の効果が得られる。

[0358] (第 31 変形例)

図 57 は、第 31 変形例における照明装置の模式断面図である。図 57 を参照して、本変形例における照明装置 100AE について説明する。

[0359] 図 57 に示すように、本変形例における照明装置 100AE は、第 27 変形例における照明装置 100AA と比較した場合に、波長変換素子 10AE の構成が相違する。波長変換素子 10AE においては、第 2 色調整層 82 が、第 3 透光基板 83 に形成されておらず、第 1 透光基板 30 と第 1 配向膜 40 との間に形成されている。

[0360] 具体的には、本変形例に係る照明装置 100AE は、光源 20 と、波長変換素子 10AE とを備える。波長変換素子 10AE は、光源 20 に対向配置された第 1 透光基板 30 と、第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成された第 2 色調整層 82 と、第 2 色調整層 82 上に形成された第 1 配向膜 40 と、第 1 蛍光体 51 を含み第 1 配向膜 40 上に形成された第 1 蛍光体層 50 と、第 1 透光基板 30 に重ねて配置される第 2 透光基板 80 と、第 2 透光基板 80 の第 1 主表面上に形成された第 1 色調整層 81 とを含む。

[0361] 第 2 透光基板 80 は、出射方向（図中 Z 軸方向）において第 1 透光基板 30 に対して光源 20 と反対側に位置するように配置され、かつ、第 1 色調整層 81 が第 1 蛍光体層 50 上に位置するように第 1 透光基板 30 に重ねて配置されている。なお、第 2 色調整層 82 は、既知の方法で第 1 透光基板 30 の第 1 主表面上に形成され、第 1 配向膜 40 は上述の方法により第 2 色調整層 82 上に形成される。

[0362] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることがで

きる。このため、第1蛍光体51から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第1色調整層81を透過することになる。さらに、光源20から照射された一次光は、第2色調整層82によって、第1蛍光体51の吸収効率が高い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置100AEにおいても、第27変形例における照明装置100AAとほぼ同様の効果が得られる。

[0363] （第32変形例）

図58は、第32変形例における照明装置の模式断面図である。図58を参照して、本変形例における照明装置100AFについて説明する。

[0364] 図58に示すように、本変形例における照明装置100AFは、第27変形例における照明装置100AAと比較した場合に、波長変換素子10AFの構成が相違する。波長変換素子AFにあっては、第2色調整層82が、第3透光基板83に形成されておらず、第1透光基板30の第2主表面上に形成されている。

[0365] 具体的には、本変形例に係る照明装置100AFは、光源20と、波長変換素子10AFとを備える。波長変換素子10AFは、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1配向膜40と、第1蛍光体51を含み、第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1透光基板30の第1主表面と反対側に位置する第2主表面上に形成された第2色調整層82と、第1透光基板30に重ねて配置される第2透光基板80と、第2透光基板80の第1主表面上に形成された第1色調整層81とを含む。

[0366] 第1透光基板30は、第2色調整層82が光源20に向くように配置されている。第2透光基板80は、出射方向（図中Z軸方向）において第1透光基板30に対して光源20と反対側に位置するように配置され、かつ、第1色調整層81が第1蛍光体層50上に位置するように第1透光基板30に重ねて配置されている。なお、第2色調整層82は既知の方法で第1透光基板

30の第2主表面上に形成される。

[0367] このような構成においても、第1配向膜40によって第1蛍光体51が第1透光基板30の第1主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第1蛍光体51から発光される二次光が出射方向（図中Z軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第1色調整層81を透過することになる。さらに、光源20から照射された一次光は、第2色調整層82によって、第1蛍光体51の吸収効率が高い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置100AFにおいても、第27変形例における照明装置100AAとほぼ同様の効果が得られる。

[0368] （第33変形例）

図59は、第33変形例における照明装置の模式断面図である。図59を参照して、本変形例における照明装置100AGについて説明する。

[0369] 図59に示すように、本変形例における照明装置100AGは、第27変形例における照明装置100AAと比較した場合において、波長変換素子10AGの構成が相違する。波長変換素子10AGにおいては、第1色調整層81が、第2透光基板80に形成されておらず、第1透光基板30と第1配向膜40との間に形成されており、第2色調整層82が、第3透光基板83に形成されておらず、第1蛍光体層50上に形成されており、第2色調整層82が光源20を向くように第1透光基板30が配置されている。

[0370] 具体的には、本変形例に係る照明装置100AGは、光源20と、波長変換素子10AGとを備える。波長変換素子10AGは、光源20に対向配置された第1透光基板30と、第1透光基板30の第1主表面上に形成された第1色調整層81と、第1色調整層81上に形成された第1配向膜40と、第1蛍光体51を含み第1配向膜40上に形成された第1蛍光体層50と、第1蛍光体層50上に形成された第2色調整層82とを含む。

[0371] 第1透光基板30は、第2色調整層82が、出射方向（図中Z軸方向）に

において光源 20、第 2 色調整層 82、第 1 蛍光体層 50 の順に並ぶように（第 2 色調整層 82 が光源 20 を向くように）配置される。なお、第 2 色調整層 82 は、既知の方法で第 1 蛍光体層 50 上に形成される。

[0372] このような構成においても、第 1 配向膜 40 によって第 1 蛍光体 51 が第 1 透光基板 30 の第 1 主表面に平行な方向に一軸配向した状態であるため、蛍光体から発光された偏光を効率よく照射面側に向けて散乱させることができる。このため、第 1 蛍光体 51 から発光される二次光が出射方向（図中 Z 軸方向）に沿った発光強度が強い指向性を有する。また、一次光と二次光とが加法混色された光が、特定波長のみを透過させる第 1 色調整層 81 を透過することになる。さらに、光源 20 から照射された一次光は、第 2 色調整層 82 によって、第 1 蛍光体 51 の吸収効率が高い特定波長のみを有することになる。したがって、本変形例における照明装置 100AG においても、第 27 変形例における照明装置 100AA とほぼ同様の効果が得られる。

[0373] なお、第 27 変形例ないし第 33 変形例においては、第 1 色調整層 81 が第 1 蛍光体層 50 に対して光源側と反対側に備えられるとともに、第 2 色調整層 82 が出射方向において、光源 20、第 2 色調整層 82、第 1 蛍光体層 50 の順に並ぶように構成された場合を例示して説明したが、第 1 色調整層 81 を備えず、第 2 色調整層 82 が出射方向において、光源 20、第 2 色調整層 82、第 1 蛍光体層 50 の順に並ぶように構成されていてもよい。

[0374] また、第 27 変形例ないし第 33 変形例においては、さらに別途透光基板を有する構成であってもよく、第 1 透光基板 30 と光源 20 との間、第 1 透光基板 30 と第 2 透光基板 80 との間等の光源から照明光を照射する外部（空気層）との間において適宜、透光基板を配置することができる。

[0375] なお、上述した第 22 変形例ないし第 26 変形例においては、第 1 蛍光体 51 が緑色発光体であり、第 1 色調整層 81 がシアン色のカラーフィルタである場合、第 27 変形例ないし第 33 変形例においては、第 1 色調整層 81 がシアン色のカラーフィルタであり、第 2 色調整層 82 が青色のカラーフィルタである場合を例示して説明したが、これに限定されず、光源 20 から出

射される一次光の色に対応させて第1蛍光体51、第1色調整層81および第2色調整層82を適宜選択することにより、所望の色調を得ることができる。なお、第1色調整層81および第2色調整層82としては、顔料を含む着色層にて構成されたカラーフィルタ、バンドパスフィルタあるいはフォトリソグラフィにて構成されたカラーフィルタを採用することができる。

[0376] 図60は、図1に示す照明装置を具備した液晶表示装置の分解斜視図である。図60を参照して、図1に示す照明装置を具備した液晶表示装置300について説明する。

[0377] 液晶表示装置300は、照明装置100、偏光板302、303および液晶表示パネル301を備える。照明装置100はバックライトとして使用され、照明装置100において第1蛍光体51はX軸方向に一軸配向している。偏光板302は、DR3方向に透過軸を有し、偏光板302の透過軸と第1蛍光体の配向方向（X軸方向）が重なるように液晶表示パネル301と照明装置100との間に配置される。偏光板303は、DR4方向に透過軸を有し、偏光板303の透過軸と偏光板302の透過軸とが交差するように、液晶表示パネル301の上方に配置される。液晶表示パネル301は、液晶を挟持するように互いに貼り合わされたTFT基板およびCF基板によって構成される。

[0378] このような構成とすることにより、X軸方向に平行な偏光成分が増加した二次光が、効率よく偏光板302を透過するため、バックライトの光の利用効率を高くすることができる。

[0379] （実験例）

以下に、第1蛍光体層中に一軸配向する第1蛍光体から発光される二次光の取り出し効率および偏光特性について、シミュレーションおよび実験結果に基づいて説明する。

[0380] 実施例S1として、第1透光基板上に第1配向膜を形成しラビング処理を行ない、第1配向膜上に第1蛍光体を含有する液晶ポリマーをスピンコーティングすることにより第1蛍光体を所定の方

波長変換素子を準備した。実施例 1 における波長変換素子は、実施の形態に係る照明装置に用いられる波長変換素子 10 に相当する。

[0381] 一方、比較例 S 2 として、第 1 透光基板上に第 1 蛍光体を含有する液晶ポリマーをスピニングすることにより、第 1 蛍光体がランダムに配向する無配向状態の波長変換素子を準備した。比較例 S 2 における波長変換素子は、比較の形態における波長変換素子 210 に対応する。

[0382] 実施例 S 1 および比較例 S 2 における波長変換素子を製造する際において、液晶ポリマーとしては、メルク社製のリアクティブメソゲン RMM34C を使用し、第 1 蛍光体としては、上述の緑色蛍光体を使用した。

[0383] 図 6 1 は、蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と蛍光体の屈折率との関係を示す図である。図 6 1 を参照して蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と蛍光体の屈折率の関係について説明する。

[0384] 図 6 1 に示すように、蛍光体の屈折率を変化させて配向状態の蛍光体および無配向状態の蛍光体からの二次光の取り出し効率の理論計算したところ、配向状態の蛍光体からの二次光の取り出し効率は、蛍光体の屈折率のいずれの値においても、無配向状態の蛍光体からの取り出し効率を上回る結果となった。なお、配向状態の蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と照射面との成す角度 θ_2 は 0 度となるように設定した。

[0385] 図 6 2 は、蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と照射面とのなす角度との関係を示す図である。図 6 2 を参照して、蛍光体から発光される二次光の取り出し効率と、蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と照射面との成す角度 θ_2 との関係について説明する。

[0386] 図 6 2 に示すように、配向状態における蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と照射面とのなす角度 θ_2 を変化した場合の配向状態の蛍光体からの二次光の取り出し効率を算出したところ、 θ_2 が 0 度以上 38 度以下の範囲において、配向状態の蛍光体からの二次光の取り出し効率が、無配向状態の蛍光体からの取り出し効率を上回る結果となった。

[0387] なお、無配向状態の蛍光体においては、遷移双極子モーメントの方向はランダムに向いているため、無配向状態の二次光は等方に発光される。このため、無配向状態における二次光の取り出し効率は、一定の値を示す結果となる。また、二次光の取り出し効率を理論計算する際には、光線追跡シミュレーションを用いた。

[0388] 図63は、蛍光体から発光される二次光の全光束を測定する様子を示す図である。図64は、二次光の全光束を測定する際における蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸の方向との関係を示す図である。図65は、光源から入射される入射光の光束と、蛍光体から発光される二次光の光束との関係を示す表である。図63ないし図65を参照して、配向状態における蛍光体の取り出し効率の向上について説明する。

[0389] 図63に示すように、実施例S1および比較例S2における波長変換素子と光源20との間に偏光板302を配置し、第1蛍光体に特定方向の偏光を入射して、第1蛍光体から発光される二次光の出射全光束量を光度計にて測定した。また、光源20の入射全光束量についても光度計にて測定し、実施例S1（配向状態）と比較例S2（無配向状態）との入射全光束量に対する出射全光束量を比較した。なお、二次光の出射全光束量とは、蛍光体からの発光成分の全光束を指し、入射光の抜け成分は含まない。また、光源20としては、ピーク波長が450nmの青色光源を使用した。

[0390] 図64に示すように、二次光の出射全光束量を測定する際には、偏光板302の透過軸（DR3）と、実施例S1における第1蛍光体の配向方向（DR1方向）とを平行にした。

[0391] 図65に示すように、配向状態における実施例S1においては、無配向状態における比較例S2と比較して、入射全光束量に対する出射全光束量が、増加して略1.45倍の値を示した。

[0392] 以上より、第1蛍光体を一軸配向させることにより、無配向状態の場合と比較して、一次光から発光される二次光の取り出し効率が向上することが実験的にも確認することができた。

[0393] 図66ないし図68は、第1蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸とを変化させた場合の二次光を示す図である。図66ないし図68を参照して、配向状態の第1蛍光体から発光される二次光の偏光特性を定性的に評価した場合の結果について説明する。

[0394] 図66(a)は、蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸とが平行となる場合に蛍光体から発光される二次光を示す図であり、図66(b)は、蛍光体の配向方向と偏光板の透過軸とが垂直となる場合に蛍光体から発光される二次光を示す図である。

[0395] 図66(a)に示すように、蛍光体の配向方向(D R 1方向)と偏光板の透過軸(D R 3)とが平行となる場合には、光源からの一次光(青色光)を配向状態の蛍光体がほぼ吸収し、吸収されなかった一部の一次光と蛍光体から発光された二次光(緑色光)が加法混色されてほぼ緑色の照明光が得られた。特に、照明光の中央に位置する領域R 1 1においては、輝度の明るい緑色が得られ、領域R 1 1の周囲に位置する領域R 1 2においては、R 1 1と比較して若干輝度の低い緑色が得られた。

[0396] 図66(b)に示すように、蛍光体の配向方向(D R 1方向)と偏光板の透過軸(D R 3)とが垂直となる場合には、配向状態の蛍光体における光源からの一次光(青色光)の吸収率が低下して、吸収されなかった一次光の割合が増加した。この結果、割合が増加した一次光と、蛍光体から発光された二次光(緑色光)が加法混色されて青みを帯びた緑色の照明光が得られた。特に、照明光の中央に位置する領域R 1 3においては、やや輝度の低い青みを帯びた緑色が得られ、領域R 1 3の周囲に位置する領域R 1 4においては、青色光が得られた。

[0397] 図67(a)は、図66(a)に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と平行な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさらに重ねた場合の二次光を示す図である。図67(b)は、図66(b)に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と平行な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさらに重ねた場合の二次光を示す図で

ある。

[0398] 図67(a)に示すように、図66(a)に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板302の透過軸(DR3)と平行な透過軸(DR4)を有する偏光板303を波長変換層の上層にさらに重ねた場合には、二次光は配向方向(DR1方向)とほぼ平行に偏光しているため、偏光板303の透過軸(DR4)と二次光の偏光方向とがほぼ平行になる。このため、二次光は、偏光板303をほぼ透過する。また、蛍光体に吸収されなかった一次光も、下層に位置する偏光板によって偏光板303の透過軸(DR4)と同方向に偏光しているため、偏光板303を透過する。

[0399] この結果、図66(a)に示す状態と比較してあまり輝度が低下することなく、一次光と二次光が加法混色された明るい緑色の照明光が得られた。特に、照明光の中央に位置する領域R11においては、輝度の明るい緑色が得られ、領域R11の周囲に位置する領域R12においては、領域R11と比較して若干輝度の低い緑色が得られた。

[0400] 図67(b)に示すように、図66(b)に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板302の透過軸(DR3)と平行な透過軸(DR4)を有する偏光板303を波長変換層の上層にさらに重ねた場合には、二次光は配向方向(DR1方向)とほぼ平行に偏光しているため、偏光板303の透過軸(DR4)と二次光の偏光方向とがほぼ垂直になる。このため、二次光の大部分は、偏光板303を透過することができない。一方、蛍光体に吸収されなかった一次光は、下層に位置する偏光板302によって偏光板303との透過軸(DR4)と平行な方向に偏光しているため、偏光板303を透過する。

[0401] この結果、図66(b)に示す状態と比較して大部分の二次光が一次光に加法混色されず、輝度が低下した青色の照明光が得られた。すなわち、照明光の全領域を示す領域R15において、青色光が得られた。

[0402] 図68(a)は、図66(a)に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と垂直な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさ

らに重ねた場合の二次光を示す図である。図 6 8 (b) は、図 6 6 (b) に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板の透過軸と垂直な透過軸を有する偏光板を波長変換層の上層にさらに重ねた場合の二次光を示す図である。

[0403] 図 6 8 (a) に示すように、図 6 6 (a) に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板 3 0 2 の透過軸 (D R 3) と垂直な透過軸 (D R 4) を有する偏光板 3 0 3 を波長変換層の上層にさらに重ねた場合には、二次光は配向方向 (D R 1 方向) とほぼ平行に偏光しているため、偏光板 3 0 3 の透過軸 (D R 4) と二次光の偏光方向とがほぼ垂直になる。このため、二次光の一部が、偏光板 3 0 3 を透過する。一方、蛍光体に吸収されなかった一次光は、下層に位置する偏光板 3 0 2 によって偏光板 3 0 3 の透過軸 (D R 4) と垂直方向に偏光しているため、偏光板 3 0 3 を透過することができない。

[0404] この結果、図 6 6 (a) に示す状態と比較して、二次光に加法混色される一次光の割合が減少し、輝度が低下した緑色の照明光が得られた。すなわち、照明光の全領域を示す領域 R 1 1 において、緑色光が得られた。

[0405] 図 6 8 (b) に示すように、図 6 6 (b) に示す状態に、波長変換素子の下層に位置する偏光板 3 0 2 の透過軸 (D R 3) と垂直な透過軸 (D R 4) を有する偏光板 3 0 3 を波長変換層の上層にさらに重ねた場合には、二次光は配向方向 (D R 1 方向) とほぼ平行に偏光しているため、偏光板 3 0 3 の透過軸 (D R 4) と二次光の偏光方向とがほぼ平行になる。このため、二次光の大部分が、偏光板 3 0 3 を透過する。一方、蛍光体に吸収されなかった一次光は、下層に位置する偏光板 3 0 2 によって偏光板 3 0 3 の透過軸と垂直方向に偏光しているため、偏光板 3 0 3 を透過することができない。

[0406] この結果、図 6 6 (b) に示す状態と比較して、二次光に加法混色される一次光の割合が減少し、輝度が低下した緑色の照明光が得られた。すなわち、照明光の全領域を示す領域 R 1 5 において、緑色光が得られた。また、図 6 8 (a) の状態と比較して偏光板 3 0 3 を透過する二次光の割合が増加す

るため、図 6 8 (a) の状態よりも明るい緑色の照明光が得られた。

[0407] 以上より、配向状態の第 1 蛍光体は、入射される一次光の偏光成分によってその吸収率が変化するとともに、配向状態の第 1 蛍光体から発光される二次光は、その配向方向によって偏光方向が変化することが実験的にも確認された。より具体的には、入射される一次光の偏光方向と第 1 蛍光体の配向方向が一致する場合に吸収率が上昇し、配向状態の第 1 蛍光体から発光される二次光は、配向方向に平行な偏光成分を多く含まれることが実験的にも確認された。

[0408] 以下、配向状態の第 1 蛍光体から発光される二次光の偏光特性を定量的に評価した場合の結果について説明する。

[0409] 図 6 9 は、正面透過率の測定における偏光板の透過軸の方向と蛍光体の配向方向との関係を示す第 1 の条件および第 2 の条件を示す図である。図 7 0 は、正面透過率の測定結果を示す図である。図 6 9 および図 7 0 を参照して、配向状態の蛍光体における吸光特性の偏光依存性について説明する。

[0410] 配向状態の蛍光体における吸光特性の偏光依存性を確認するために、図 6 3 に示すように、実施例 S 1 および比較例 S 2 における波長変換素子を配置し、自然光および偏光を各波長変換素子に入射させて光度計にて正面透過率を測定した。

[0411] 実施例 S 1 における波長変換素子においては、図 6 9 に示すように第 1 の条件および第 2 の条件にて正面透過率を測定した。

[0412] 図 6 9 (a) は、正面透過率の測定における偏光板の透過軸の方向と実施例における蛍光体の配向方向との関係を示す第 1 の条件を示す図である。図 6 9 (a) に示すように、第 1 の条件においては、偏光板 3 0 2 の透過軸と配向状態の蛍光体の配向方向とが平行になるように偏光板 3 0 2 と実施例 S 1 における波長変換素子を配置した。この状態を図 7 0 において Parallel と表記する。

[0413] 図 6 9 (b) は、正面透過率の測定における偏光板の透過軸の方向と実施例における蛍光体の配向方向との関係を示す第 2 の条件を示す図である。図

69 (b) に示すように、第2の条件においては、偏光板302の透過軸と配向状態の蛍光体の配向方向とが直交するように偏光板302と実施例S1における波長変換素子を配置した。この状態を図70においてCrossと表記する。

[0414] 図70に示すように、無配向状態の比較例S2においては、吸光特性に偏光依存性が確認できず、配向状態の実施例S1においては、吸光特性に偏光依存性が確認された。より具体的には、配向状態の実施例S1においては、蛍光体の配向方向と配向に振動する偏光成分の吸収率が最も高く、配向方向と面内方向にて垂直に振動する偏光成分の吸収率が最も低い結果となった。

[0415] 以上より、配向状態の第1蛍光体は、入射される一次光の偏光成分によってその吸収率が変化し、入射される一次光の偏光方向と第1蛍光体の配向方向が一致する場合に吸収率が上昇することが実験的にも確認された。

[0416] 図71は、蛍光体から発光される二次光の発光強度を測定する様子を示す図である。図72は、発光強度の測定における偏光板の透過軸の方向と蛍光体の配向方向との関係を示す第3の条件および第4の条件を示す図である。図73は、発光強度の測定結果を示す図である。図71ないし図73を参照して、配向状態の蛍光体から発光される二次光の偏光特性について説明する。

[0417] 図71に示すように、実施例S1における波長変換素子の下層に偏光板302を配置し、実施例S1における波長変換素子の上層に偏光板303を配置した状態で発光強度を測定した。また、光源20としては、ピーク波長が450nmの青色光源を使用した。また、緑色光の発光強度が最大となるピーク波長520nmにおいてその発光強度を測定した。

[0418] 図72(a)は、発光強度の測定における偏光板の透過軸の方向と実施例における蛍光体の配向方向との関係を示す第3の条件を示す図である。図72(a)に示すように、第3の条件においては、偏光板302の透過軸、配向状態の蛍光体の配向方向、および偏光板303の透過軸が平行になるように、偏光板302、実施例S1における波長変換素子および偏光板303を

配置した。この状態を図 7 3 においてParallelと表記する。

[0419] 図 7 2 (b) は、発光強度の測定における偏光板の透過軸の方向と配向状態の蛍光体の配向方向との関係を示す第 4 の条件を示す図である。図 7 2 (b) に示すように、第 4 の条件においては、偏光板 3 0 2 の透過軸と配向状態の蛍光体の配向方向とが平行になり、偏光板 3 0 3 の透過軸と偏光板 3 0 2 の透過軸および配向状態の蛍光体の配向方向とが、直交するように、偏光板 3 0 2、実施例 S 1 における波長変換素子および偏光板 3 0 3 を配置した。この状態を図 7 3 においてCrossと表記する。

[0420] 図 7 3 に示すように、配向状態の蛍光体から発光された二次光は、配向方向と平行な方向に振動する偏光成分が主であり、配向方向と面内方向にて垂直に振動する偏光成分は、相対的に強度が低くなった。

[0421] また、Parallelの状態における発光強度の値は、Crossの状態における発光強度の値の約 5.67 倍の値を示した。

[0422] 以上より、第 1 蛍光体を一軸配向させることにより、配向状態の第 1 蛍光体から発光される二次光は、配向方向に平行な偏光を有することが実験的にも確認された。

[0423] なお、実施の形態、第 1 変形例ないし第 3 3 変形例においては、ラビング法によって蛍光体層に含有される蛍光体を一軸配向させる場合を例示して説明したが、これに限定されず、スピンコート法、光配向法、電場印加法、磁場印加法等によって、第 1 蛍光体を一軸配向させることができる。この場合において、配向条件を適宜調整することにより、配向方向を適宜調整することができる。

[0424] また、上述の配向膜は必須の構成ではなく、延伸法によって形成された単層の蛍光体層を適宜配置または組み合わせた構成を実施の形態、第 1 変形例ないし第 3 3 変形例に適用させることができる。たとえば、第 1 0 変形例ないし第 1 2 変形例、第 1 7 変形例および第 1 8 変形例においては、配向膜によって所定の方に蛍光体を配向させた蛍光体層を積層させる場合を例示して説明したがこれに限定されず、延伸法を用いて所定の蛍光体を配向させた

蛍光体層を適宜貼り付けて積層させてもよい。

[0425] また、実施の形態、第1変形例ないし第33変形例においては、蛍光体層に含有される蛍光体が一軸配向する場合を例示して説明したが、蛍光体に代替して、燐光などを放射する燐光材料が一軸配向していてもよい。この場合においても上述同様の方法を使用することで、燐光材料を所定の方角に一軸配向させることができる。

[0426] 以上、本発明の実施の形態および変形例について説明したが、今回開示された実施の形態および変形例はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

符号の説明

[0427] 10 波長変換素子、20 光源、21 反射シート、22 導光板、30 第1透光基板、31 発光素子、32 枠体、33 封止樹脂、34 基板、40 第1配向膜、50 第1蛍光体層、51 第1蛍光体、52 蛍光体、53 ポリマー分子、54 ポリマー、60 第2配向膜、61 第3配向膜、70 第2蛍光体層、71 第2蛍光体、80 第2透光基板、81 第1色調整層、82 第2色調整層、83 第3透光基板、90 第3蛍光体層、91 第3蛍光体、100 照明装置、101 対象物、102 使用者、200 照明装置、210 波長変換素子、220 光源、230 第1透光基板、250 第1蛍光体層、251 第1蛍光体、254 ポリマー、300 液晶表示装置、301 液晶表示パネル、302、303 偏光板。

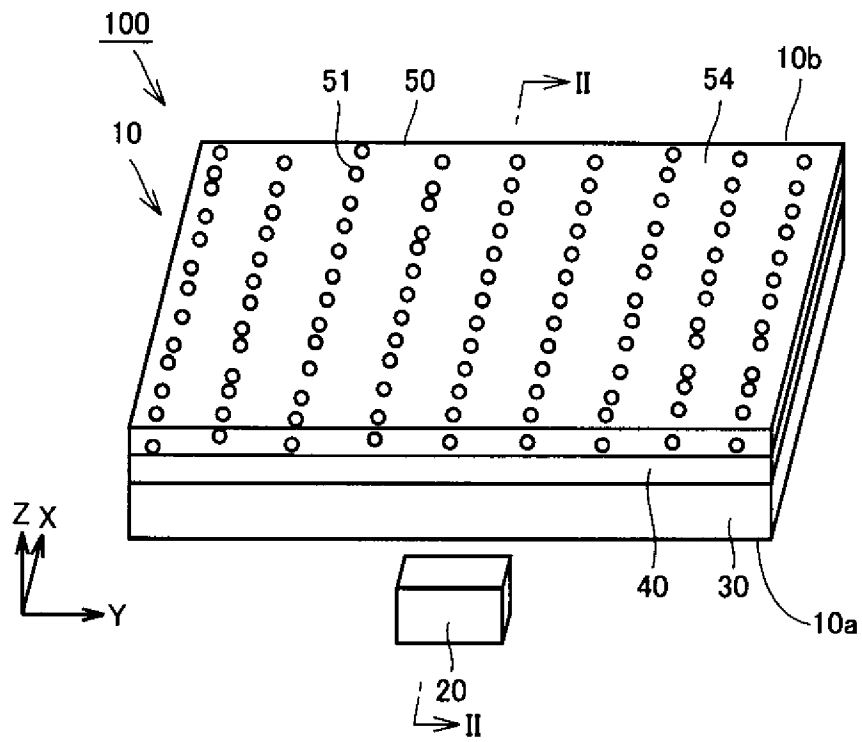
請求の範囲

- [請求項1] 一次光を波長変換することによって得られる二次光を含む照明光を外部に向けて照射する照明装置であって、
- 一次光を出射する光源と、
- 前記光源から出射された一次光の少なくとも一部を波長変換する波長変換素子とを備え、
- 前記波長変換素子は、一次光が入射される入射面と、前記入射面に対向し二次光を含む照明光を照射する照射面と、前記光源から出射された一次光の少なくとも一部を吸収して二次光を発光する蛍光体および屈折率異方性を有するポリマーを有する蛍光体層とを含み、
- 前記蛍光体は、第1方向に沿って配向する異方構造を有し、
- 前記ポリマーは、前記第1方向に沿って配向するポリマー分子を有し、
- 前記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と、前記蛍光体から前記ポリマー分子に向けて発光された偏光に対する前記ポリマー分子の遅相軸との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上45度以下である、照明装置。
- [請求項2] 前記蛍光体の遷移双極子モーメントの方向と前記照射面との成す角度のうちの小さい方の角度が、0度以上38度以下である、請求項1に記載の照明装置。
- [請求項3] 前記ポリマーは、液晶ポリマーである、請求項1または2に記載の照明装置。
- [請求項4] 前記蛍光体から発光される二次光において、前記第1方向に平行な方向に振動する偏光成分の強度が前記第1方向に垂直な方向に振動する偏光成分の強度よりも高い、請求項1から3のいずれか1項に記載の照明装置。
- [請求項5] 前記蛍光体において、前記第1方向に平行な方向に振動する一次光の偏光成分の吸収率が、前記第1方向に垂直な方向に振動する一次光

の偏光成分の吸収率よりも高い、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

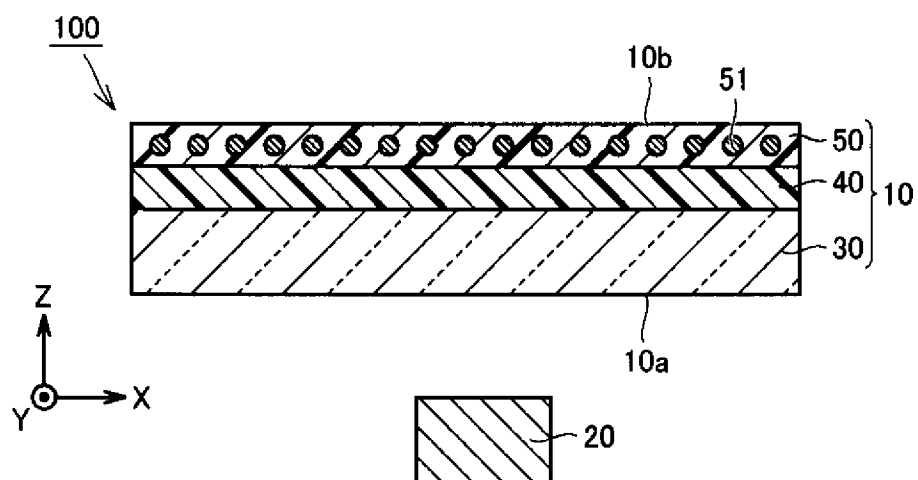
[図1]

図1



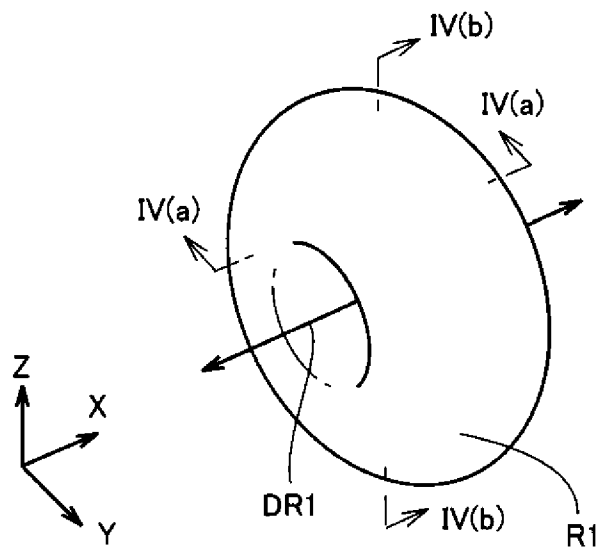
[図2]

図2



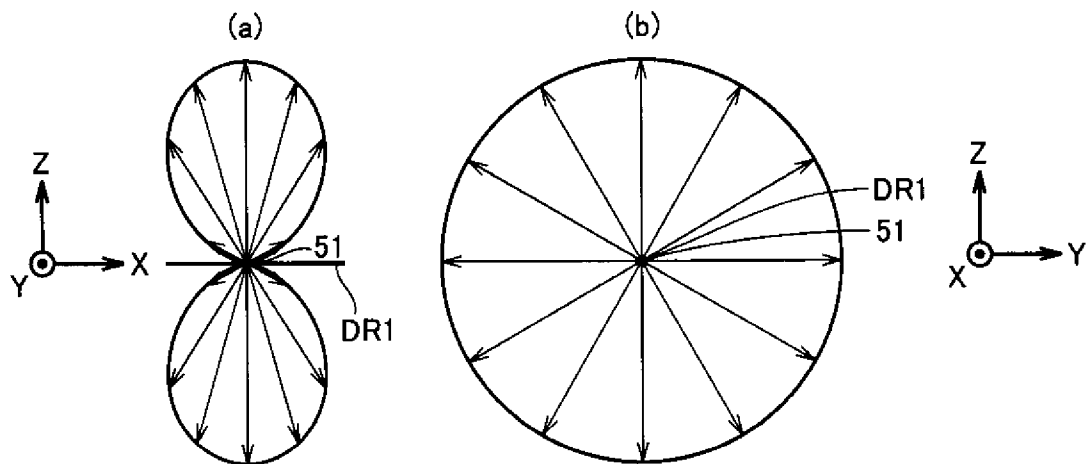
[図3]

図3



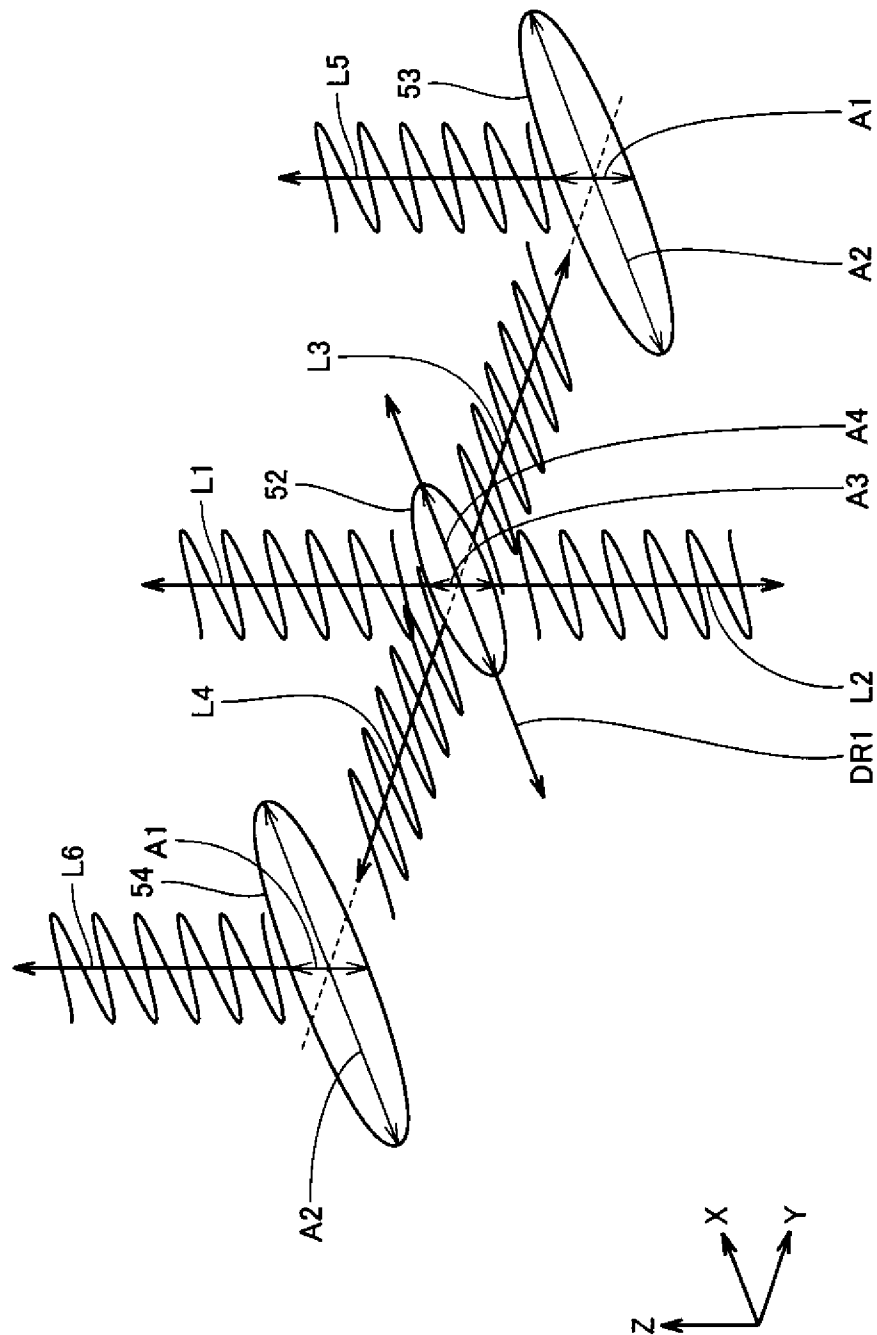
[図4]

図4



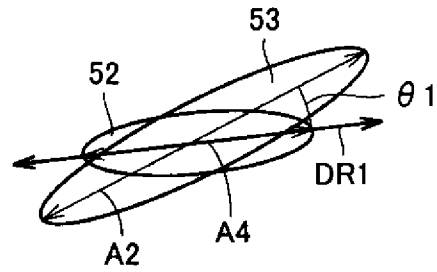
[図5]

図5



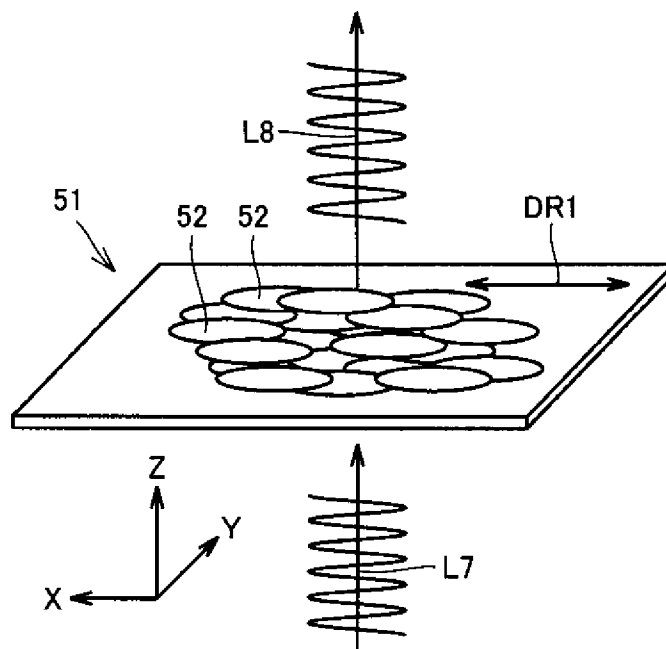
[図6]

図6



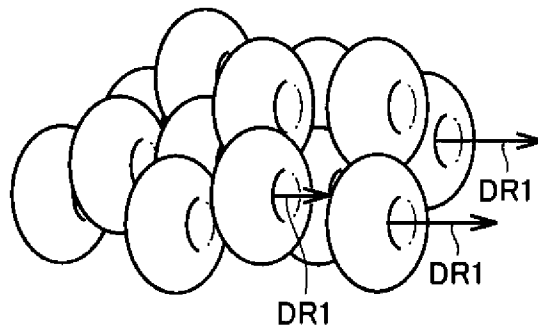
[図7]

図7



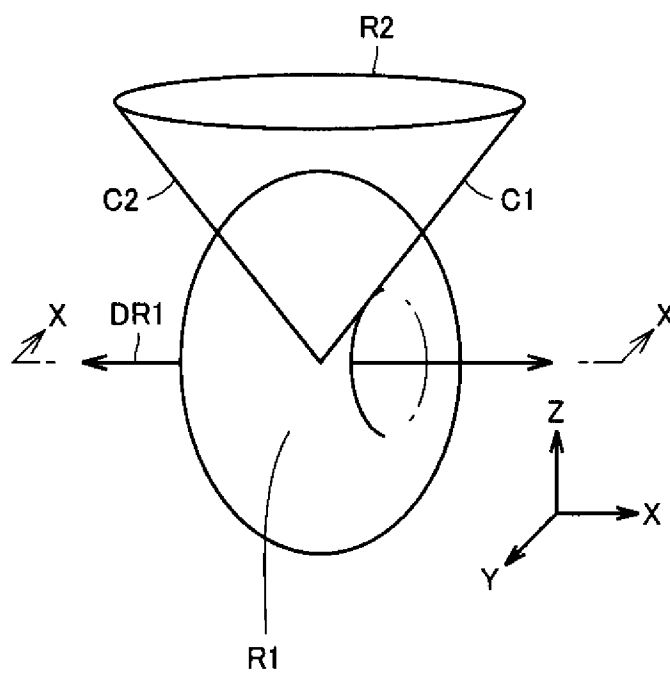
[図8]

図8



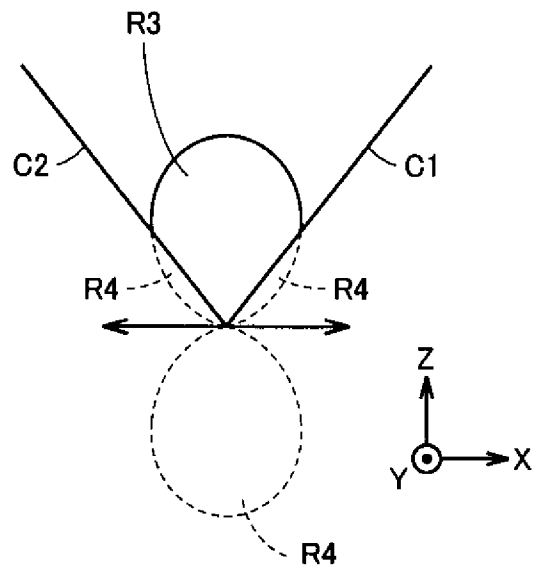
[図9]

図9



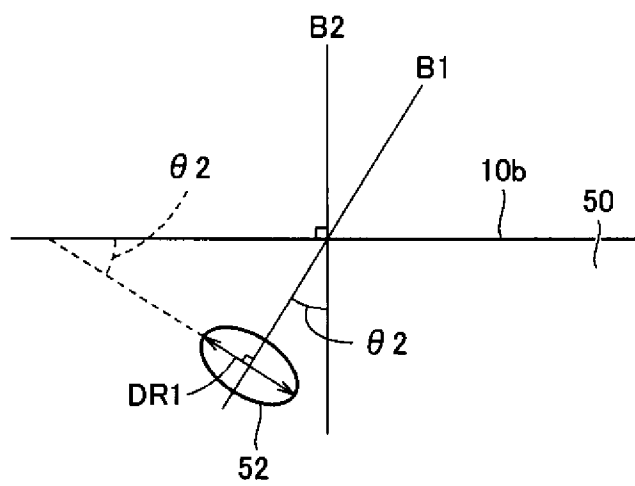
[図10]

図10



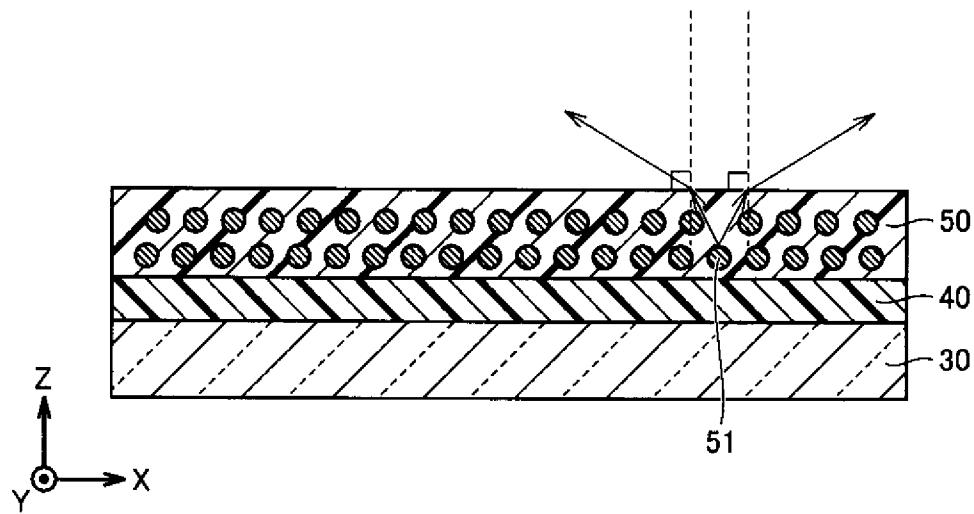
[図11]

図11



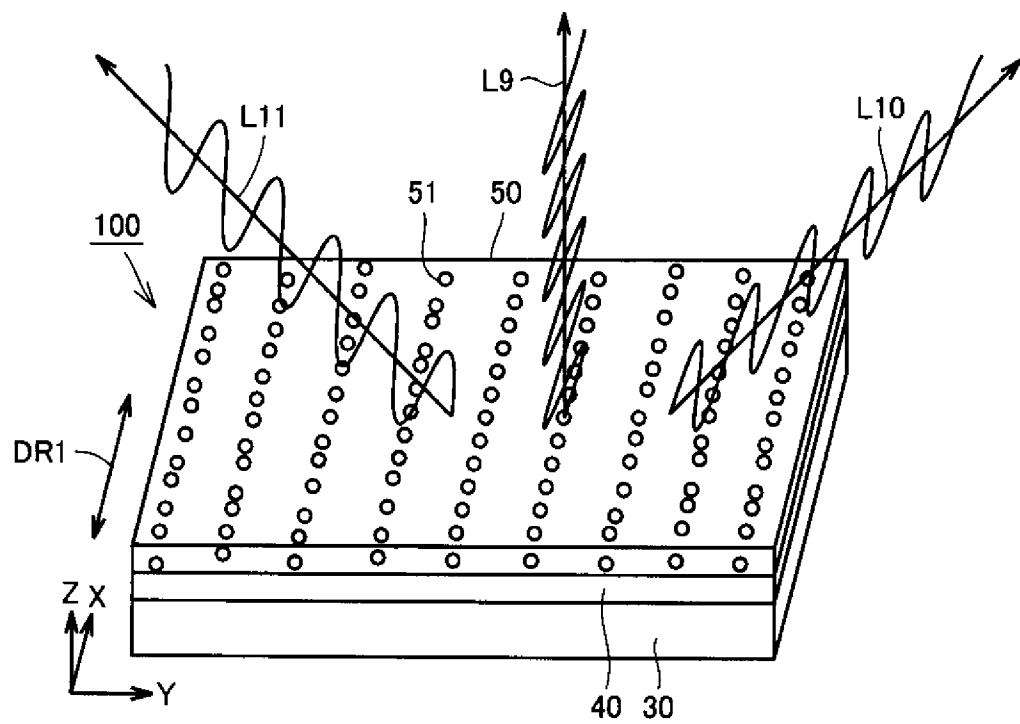
[図12]

図12



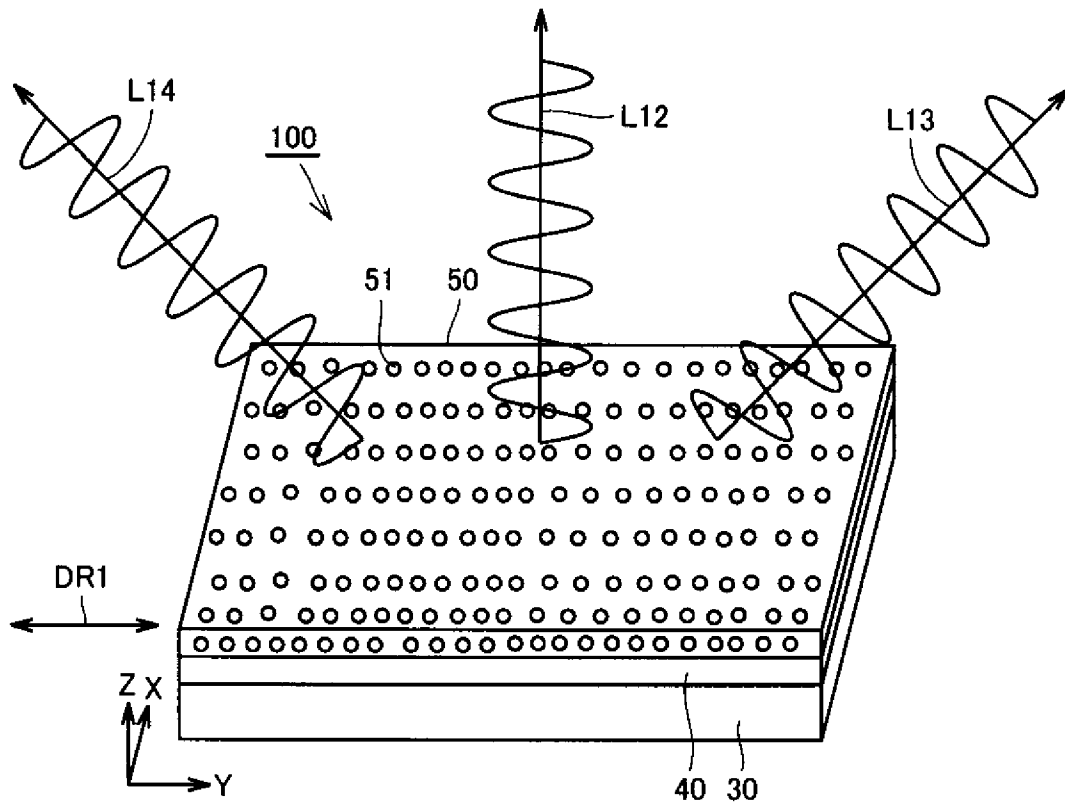
[図13]

図13



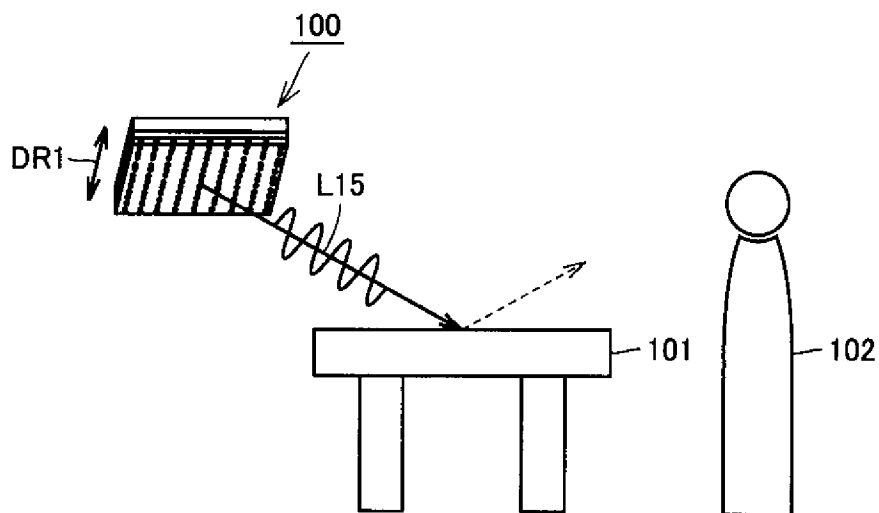
[図14]

図14



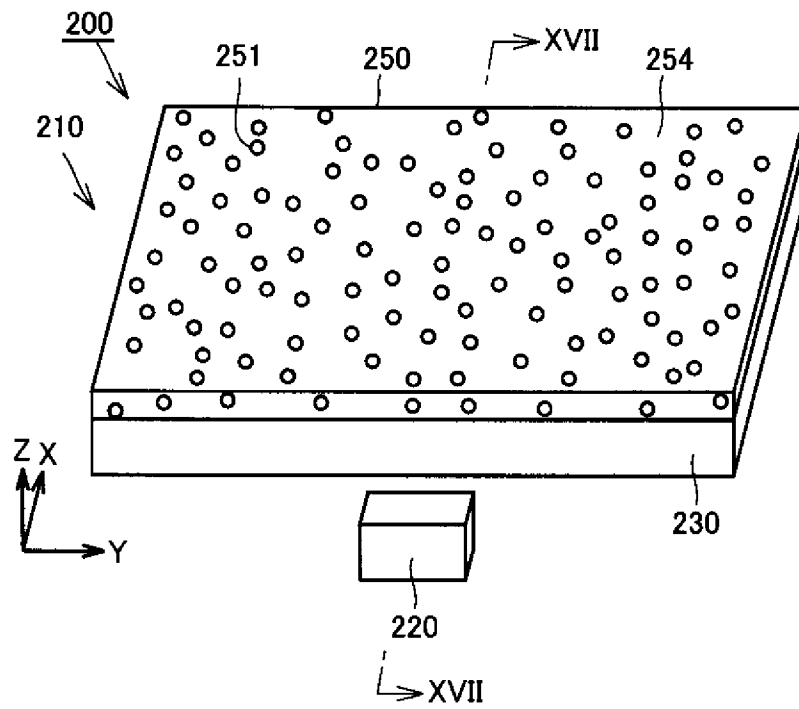
[図15]

図15



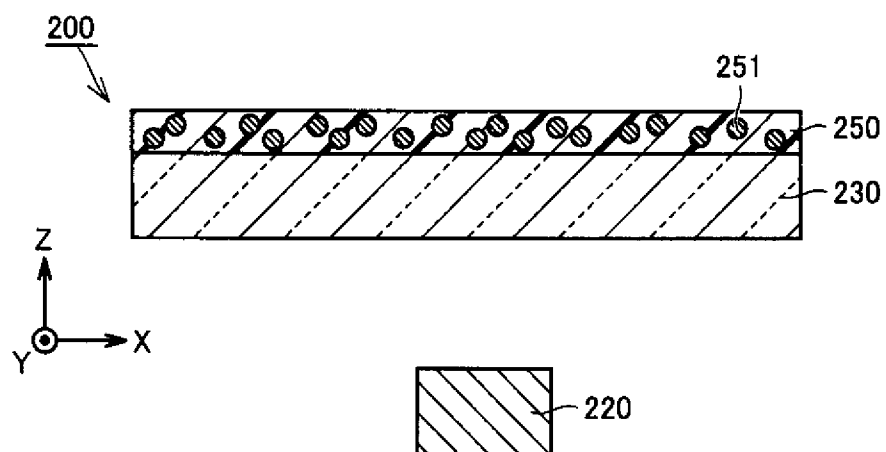
[図16]

図16



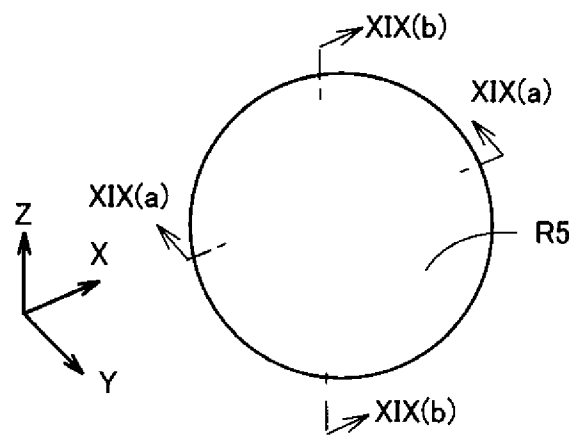
[図17]

図17



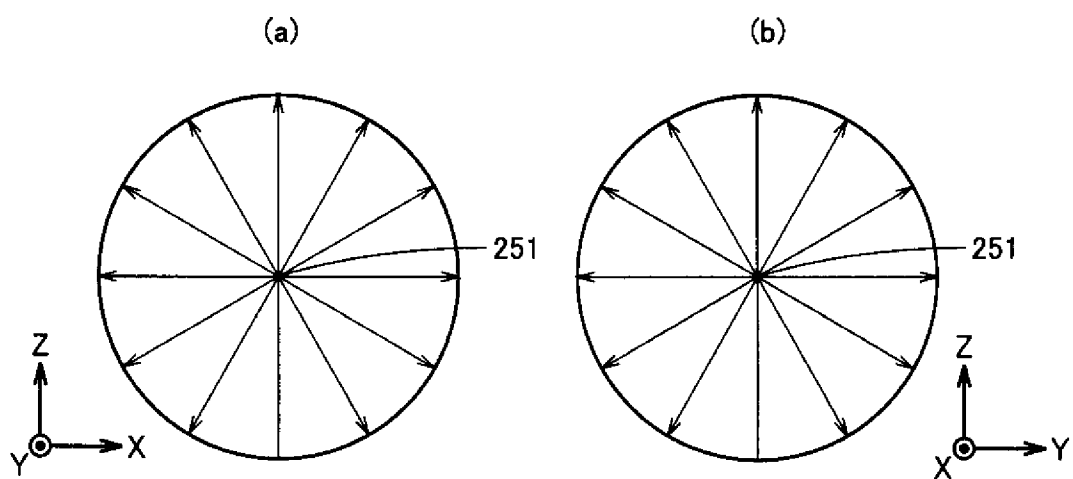
[図18]

図18



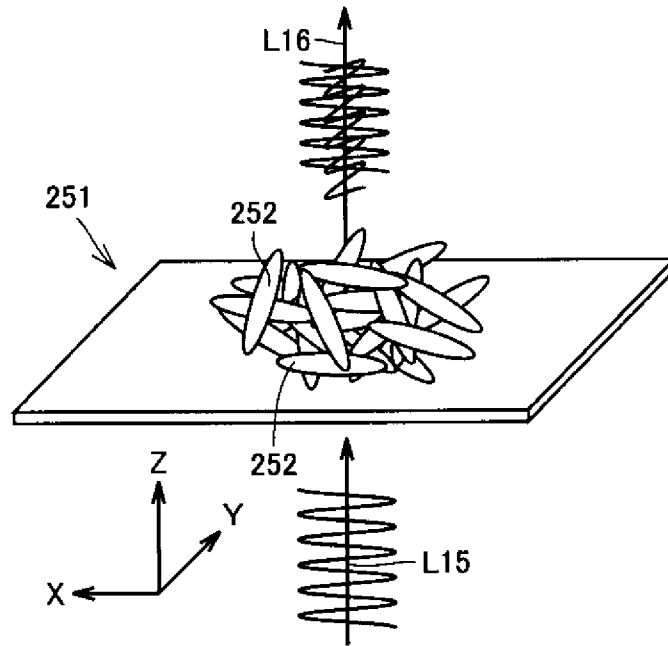
[図19]

図19



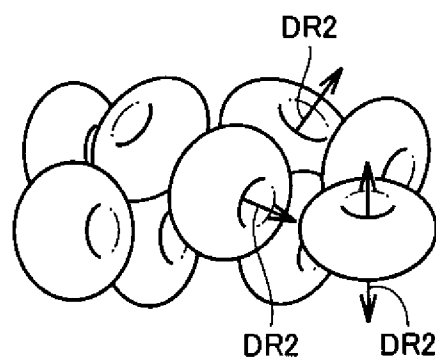
[図20]

図20



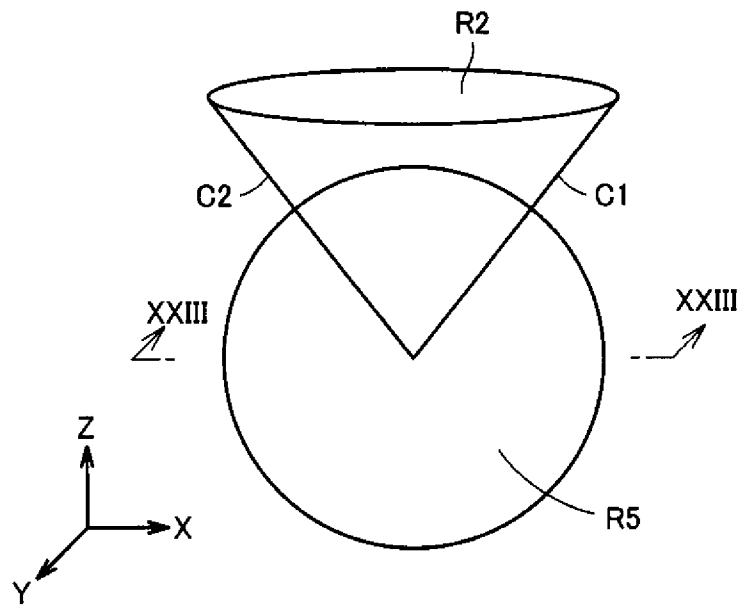
[図21]

図21



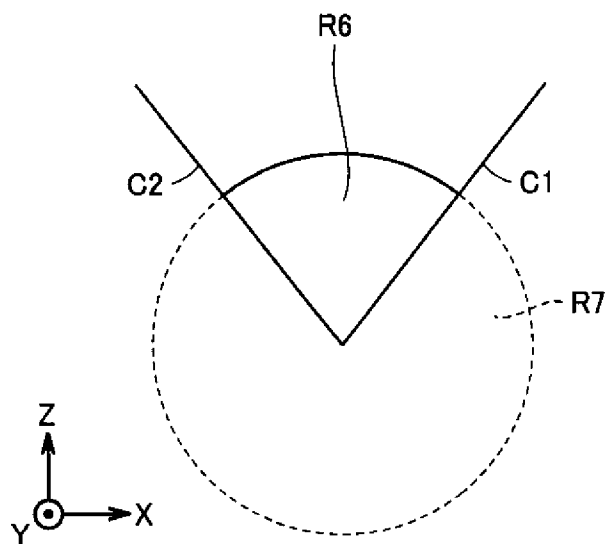
[図22]

図22



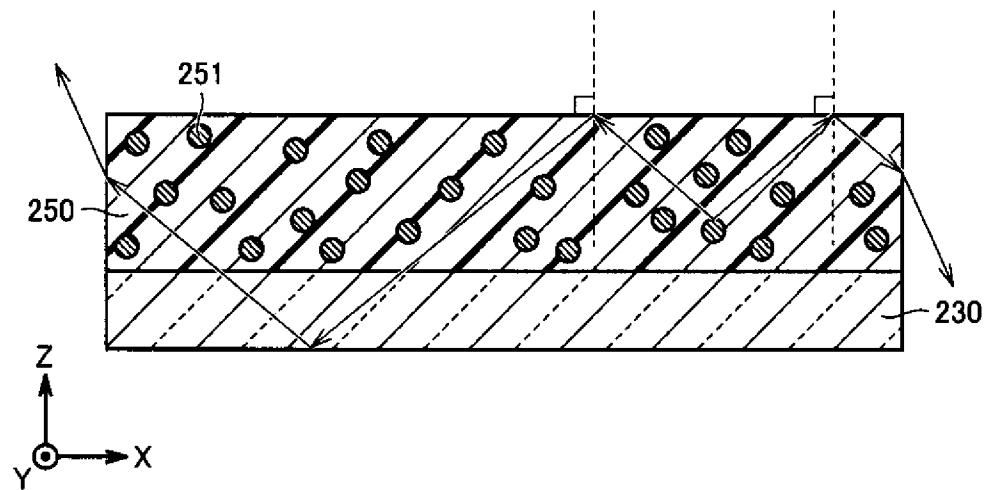
[図23]

図23



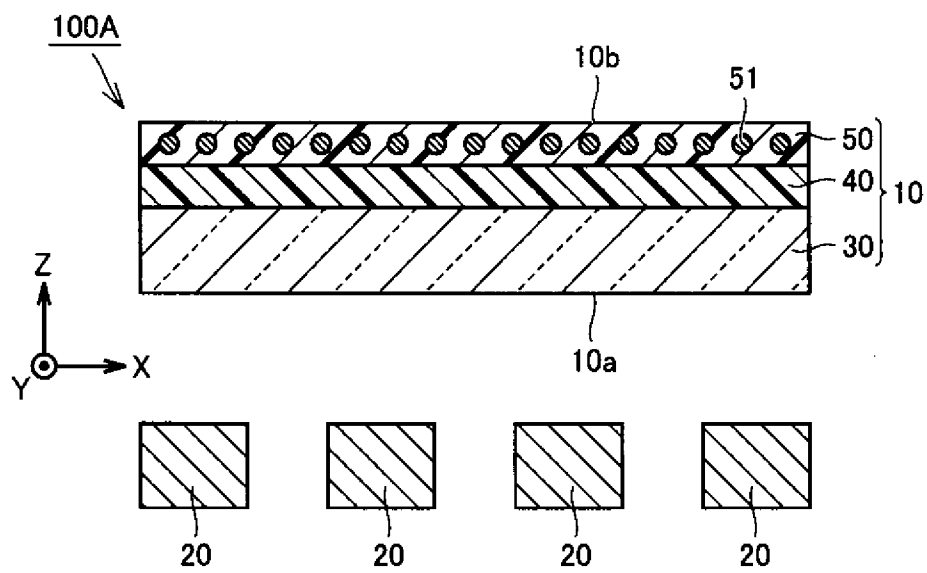
[図24]

図24



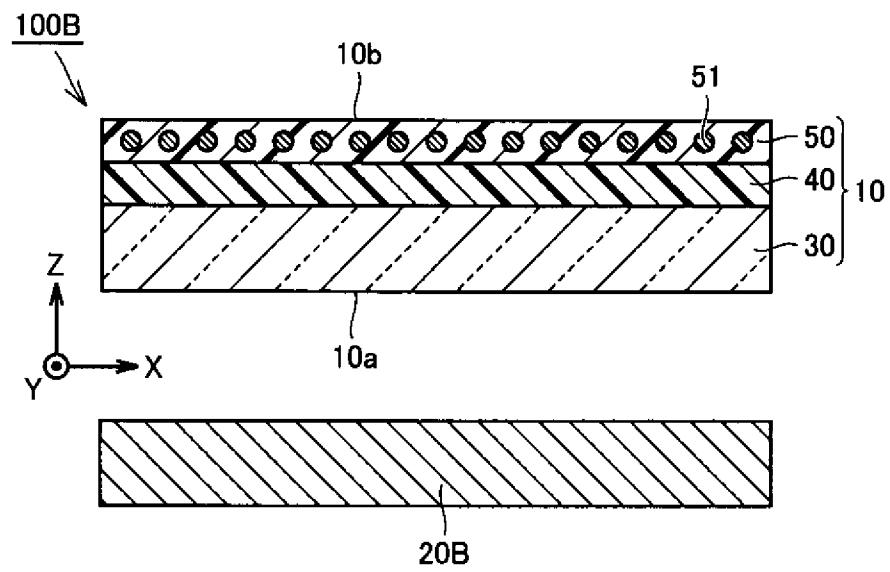
[図25]

図25



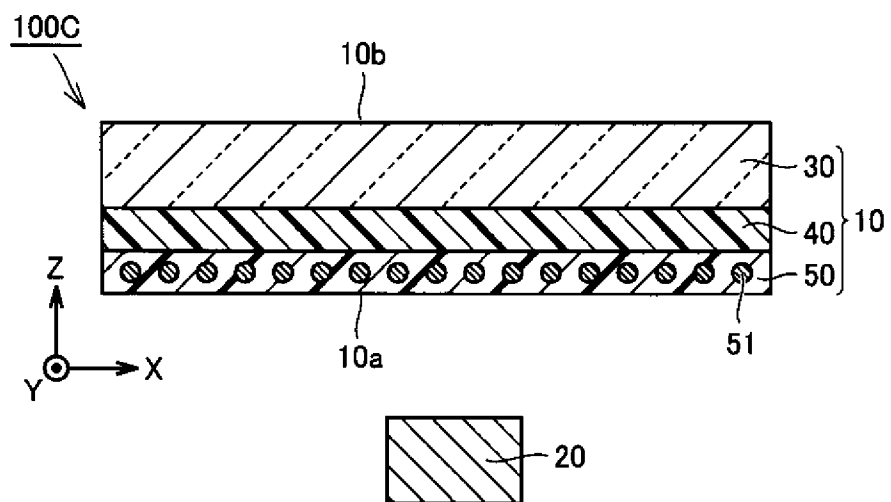
[図26]

図26



[図27]

図27



[図28]

图 28

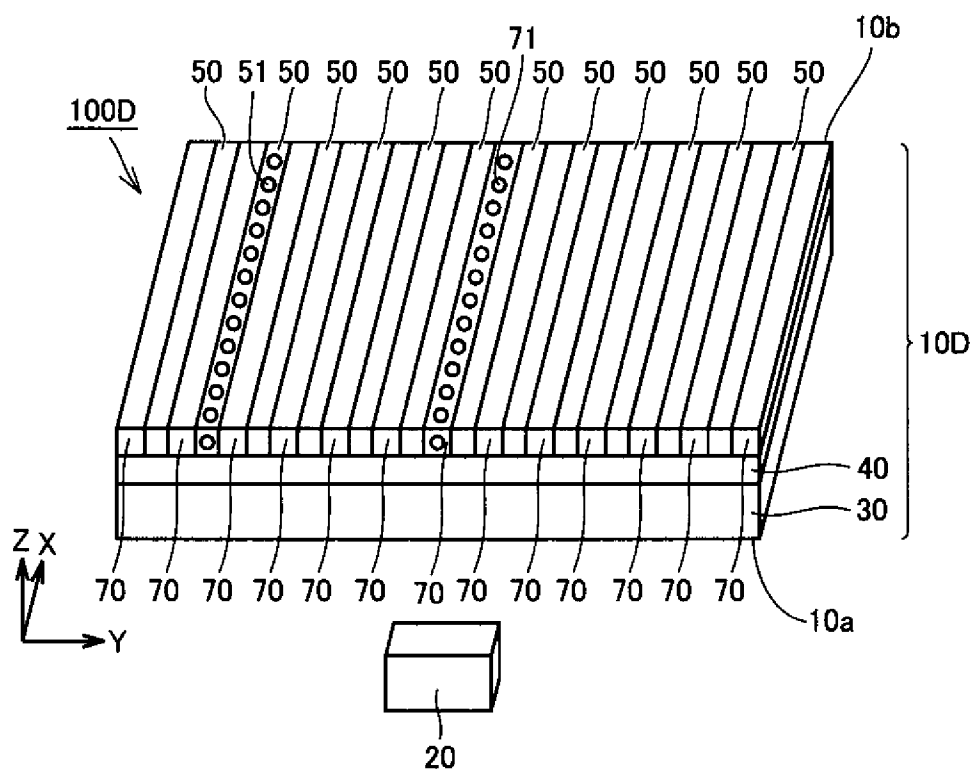
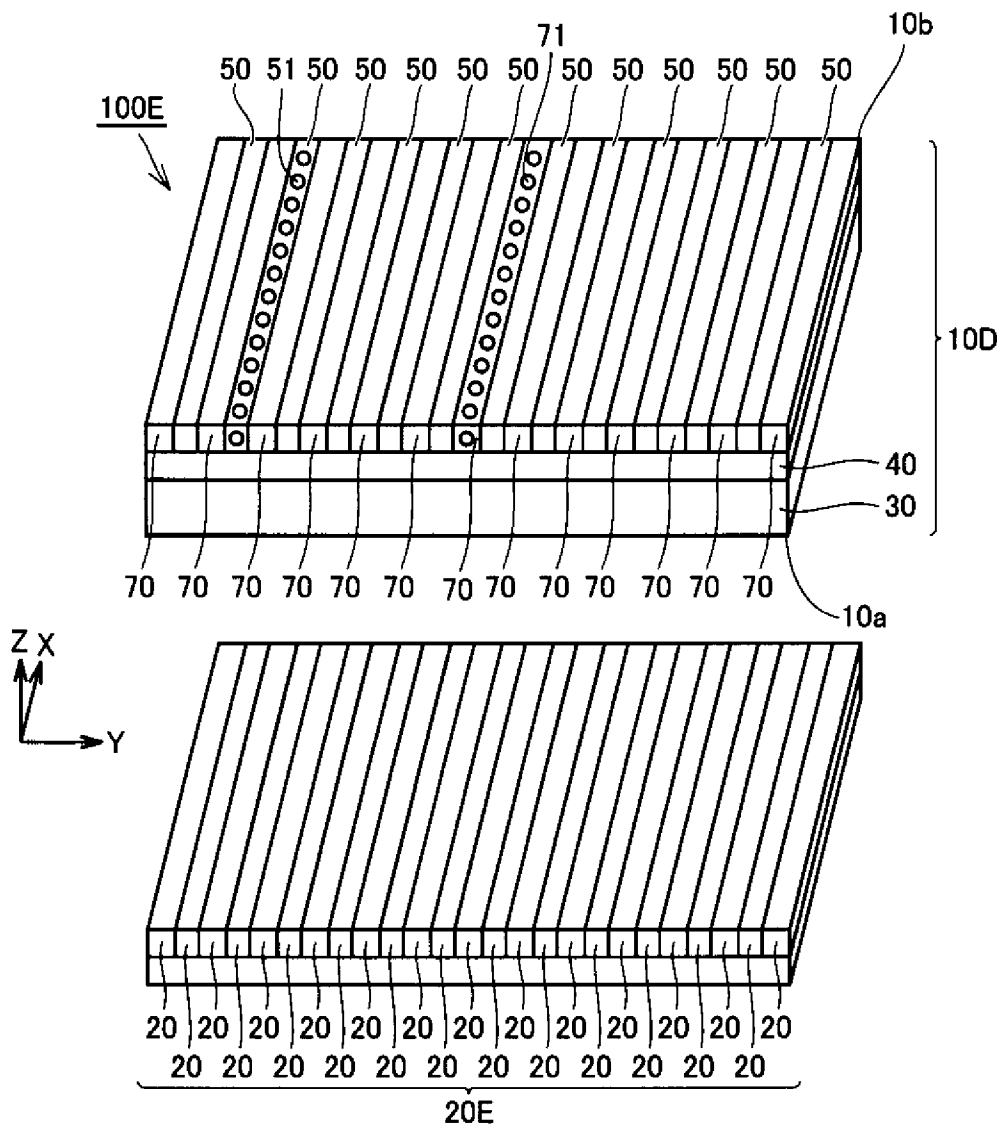
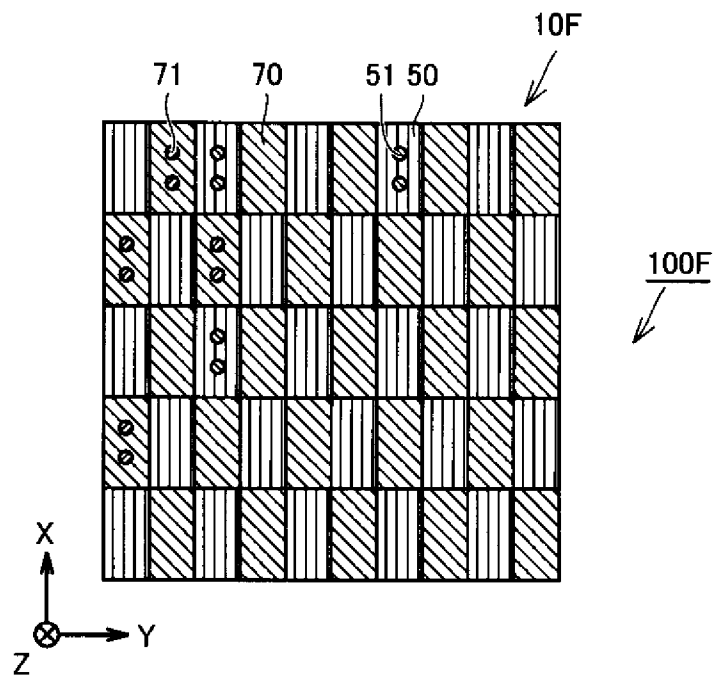


图 29



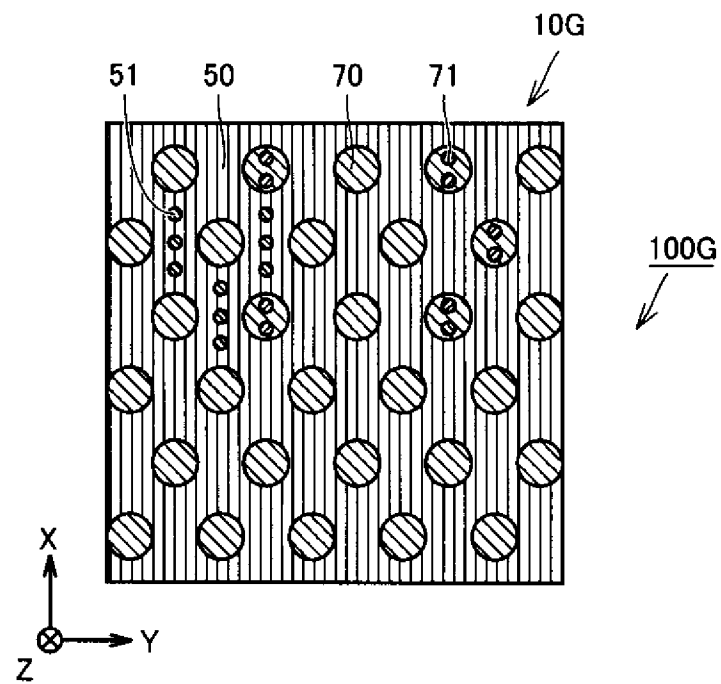
[図30]

図30



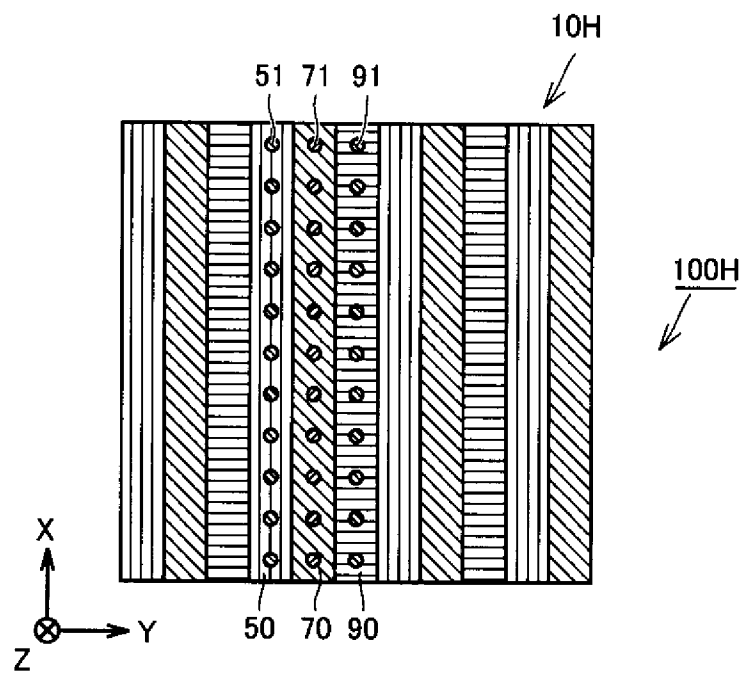
[図31]

図31



[図32]

図32



[図33]

図33

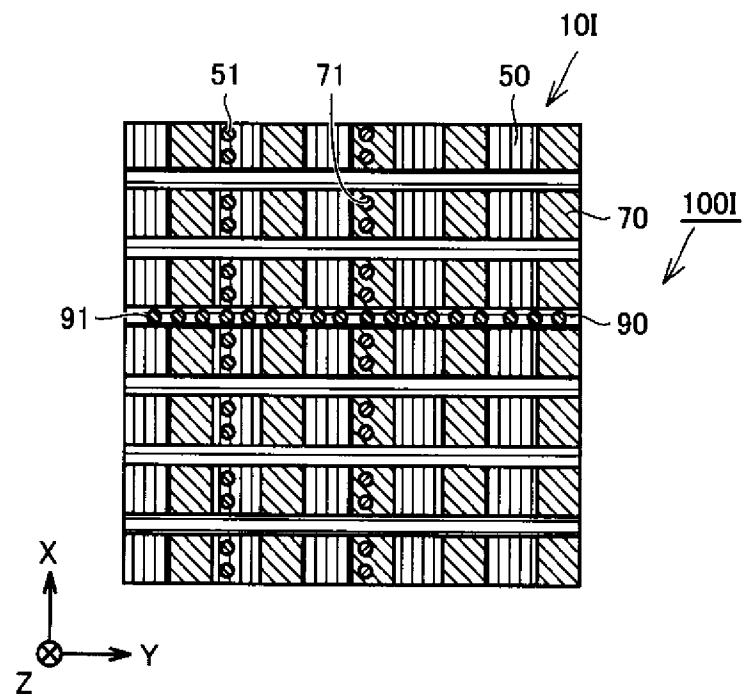


图 34

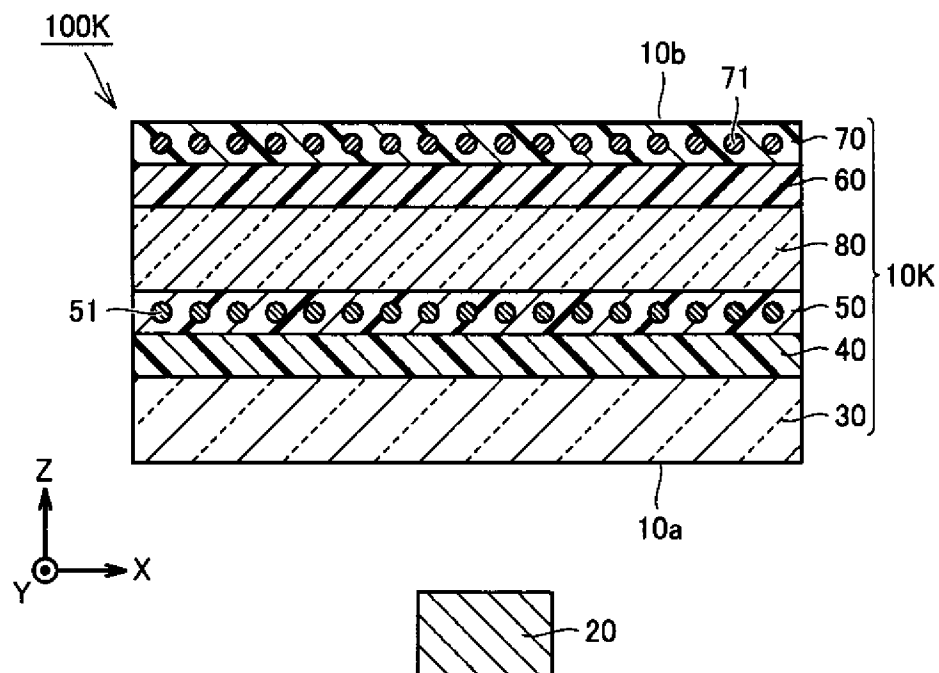
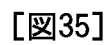
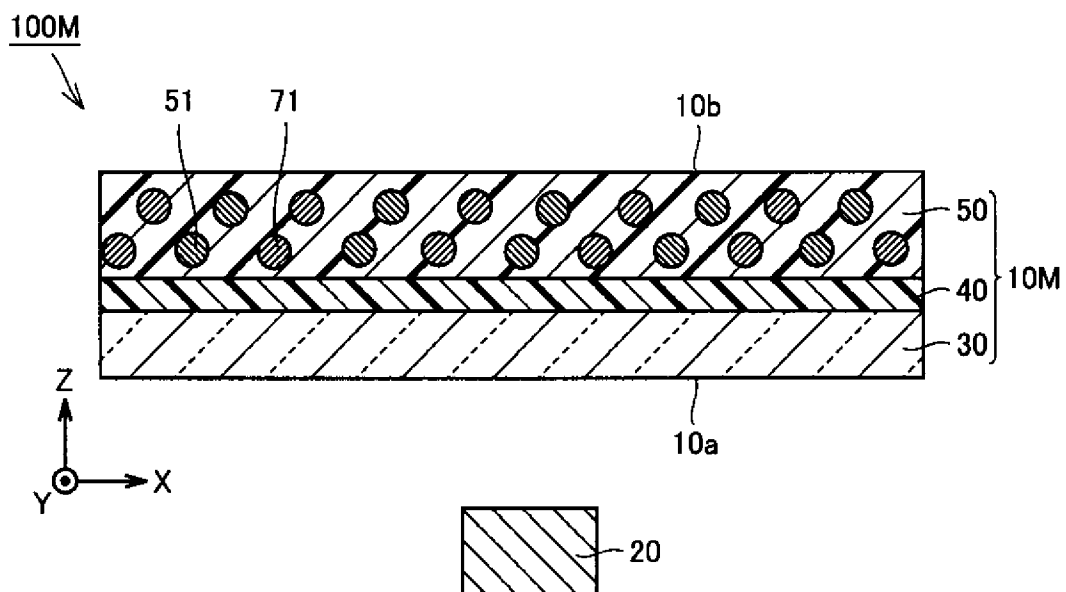
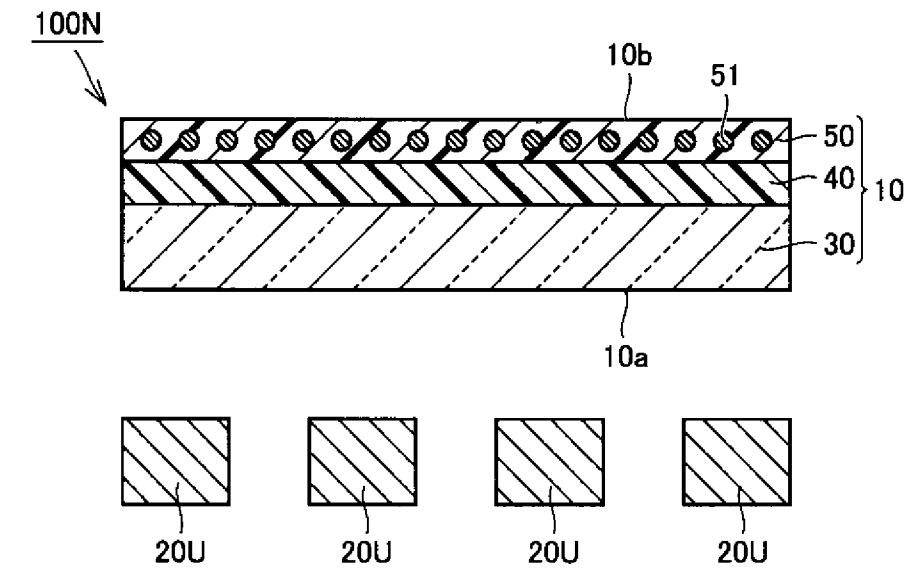


图 36



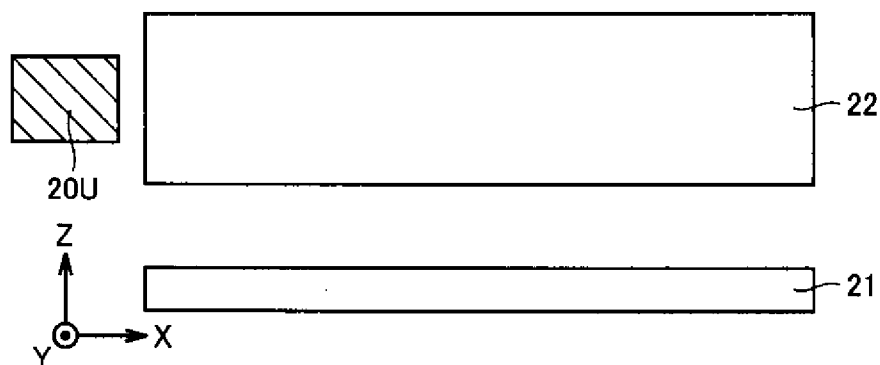
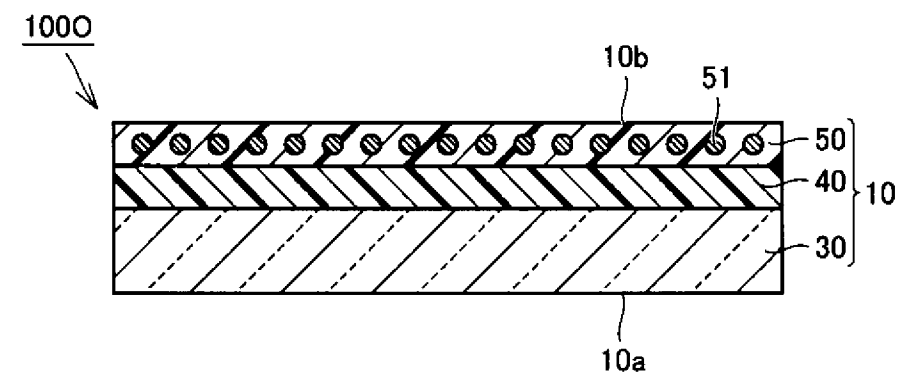
[図38]

図38



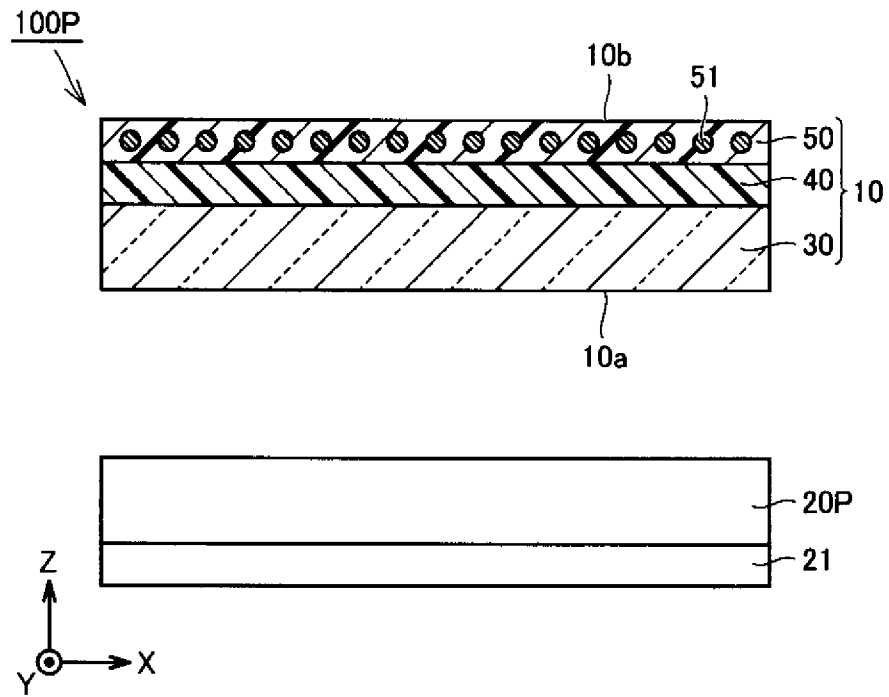
[図39]

図39



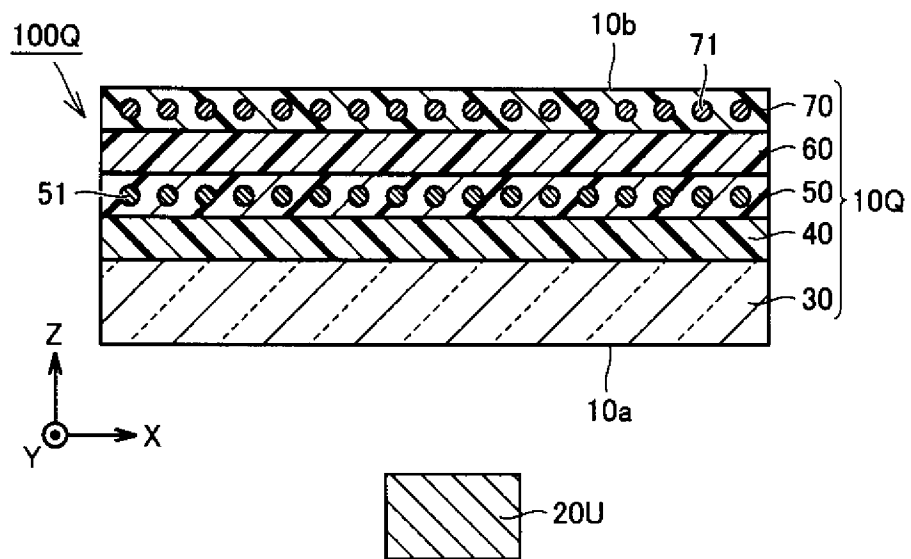
[図40]

図40



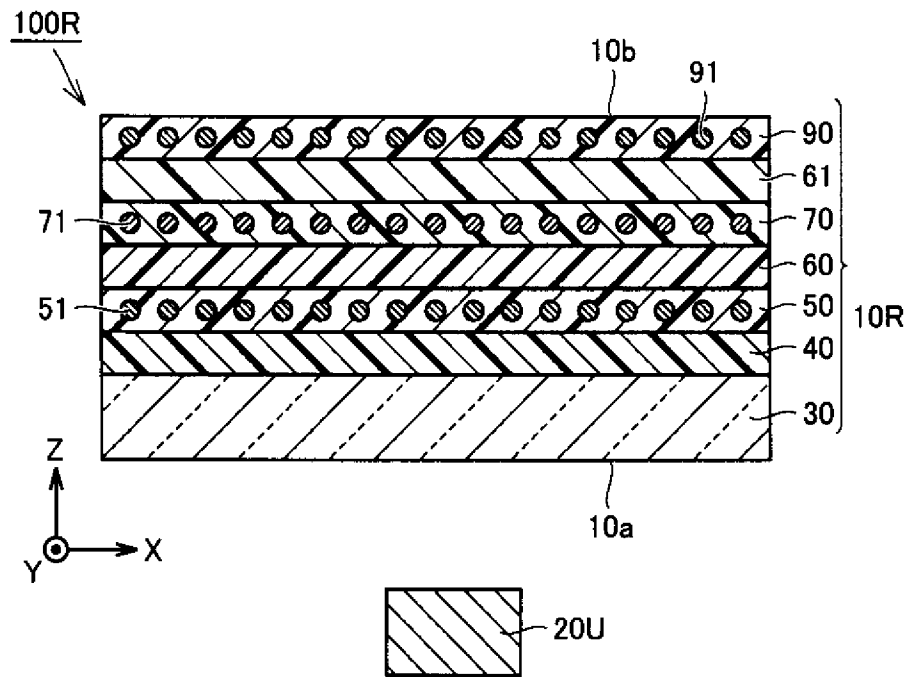
[図41]

図41



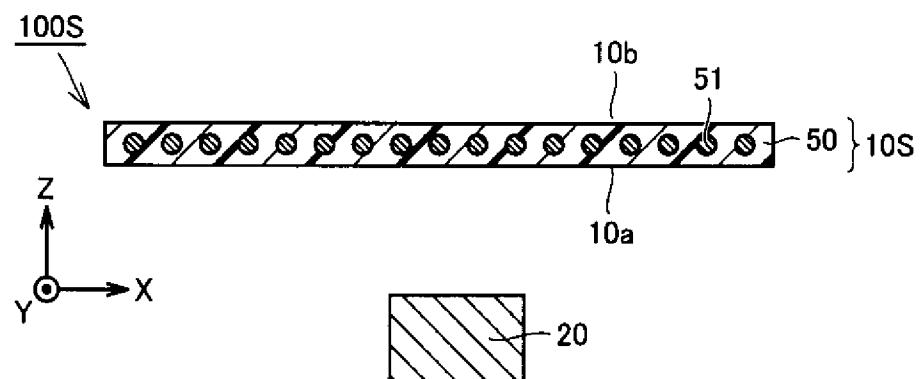
[図42]

図42



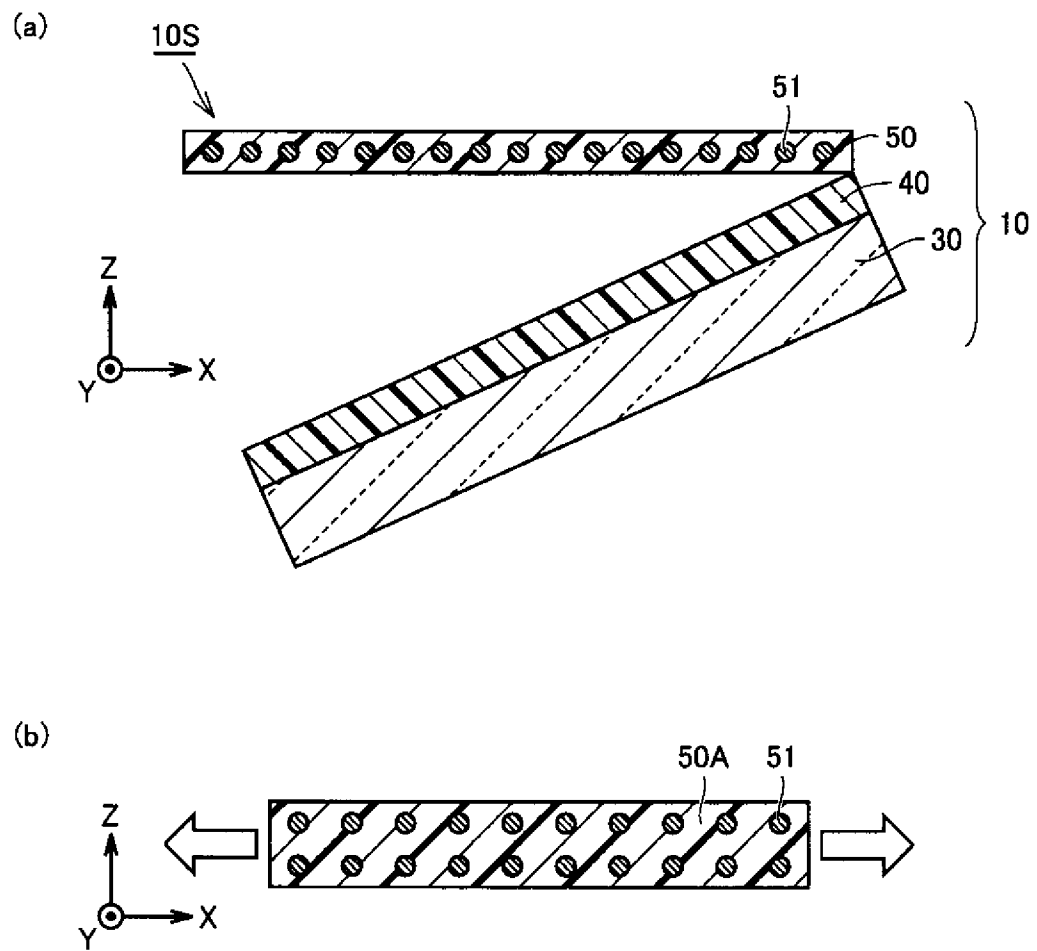
[図43]

図43



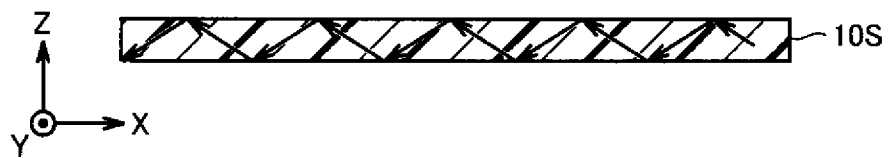
[図44]

図44



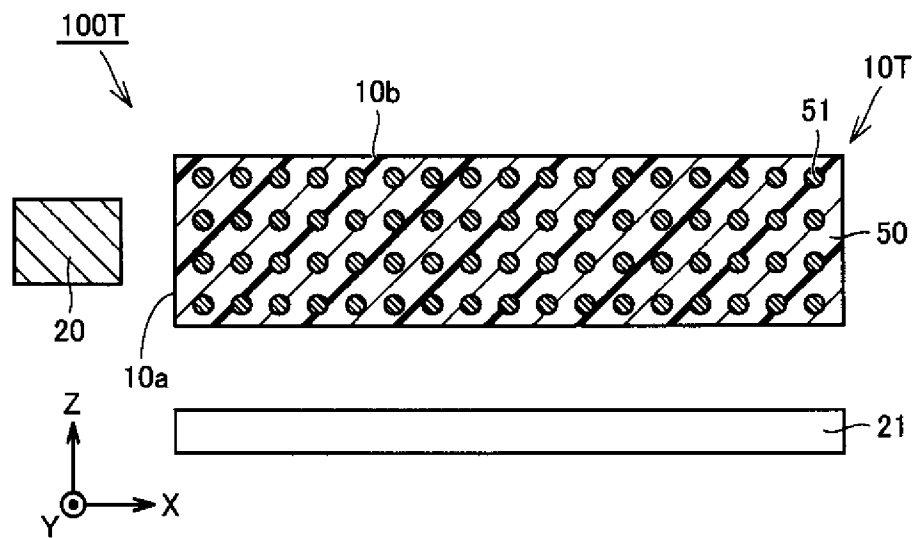
[図45]

図45



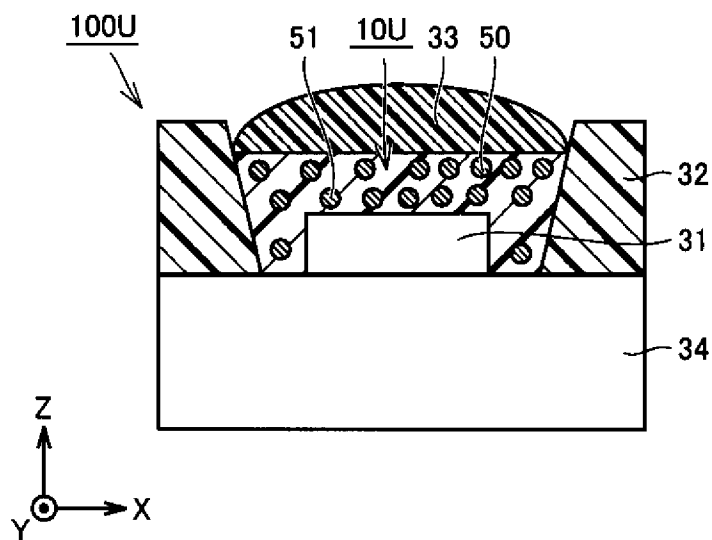
[図46]

図46



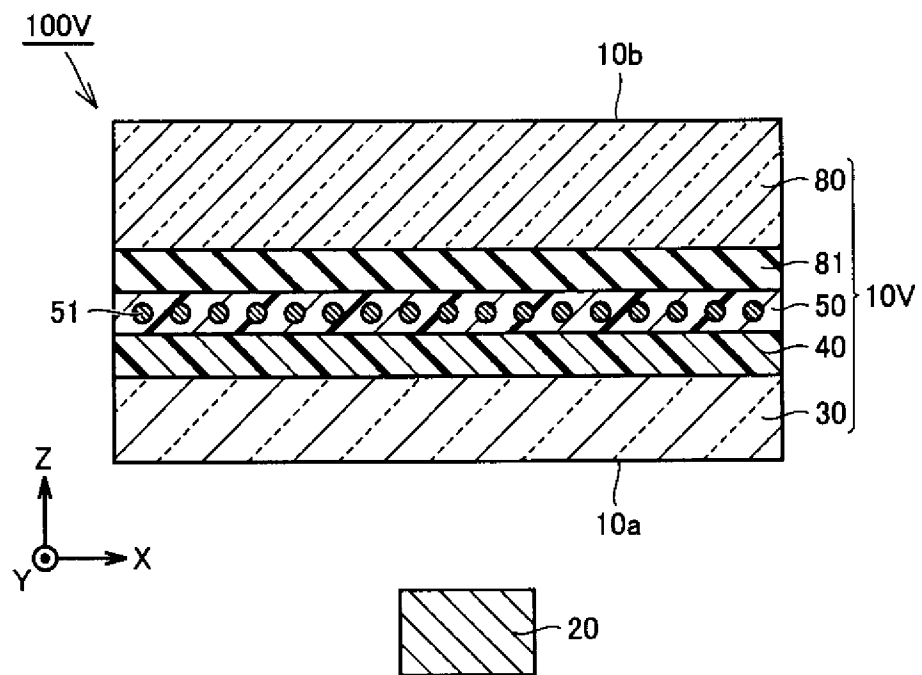
[図47]

図47



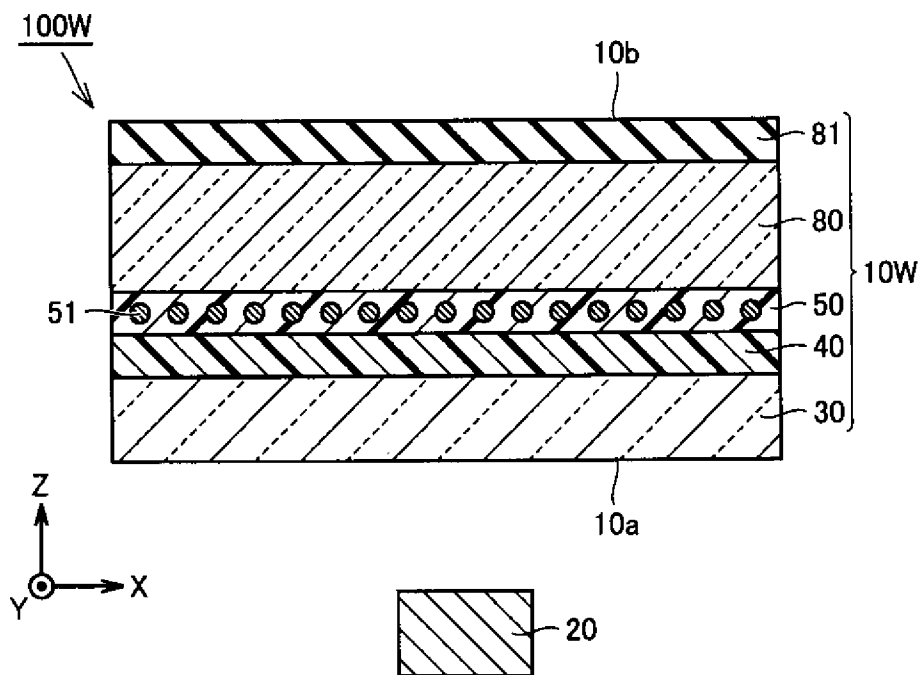
[図48]

図48



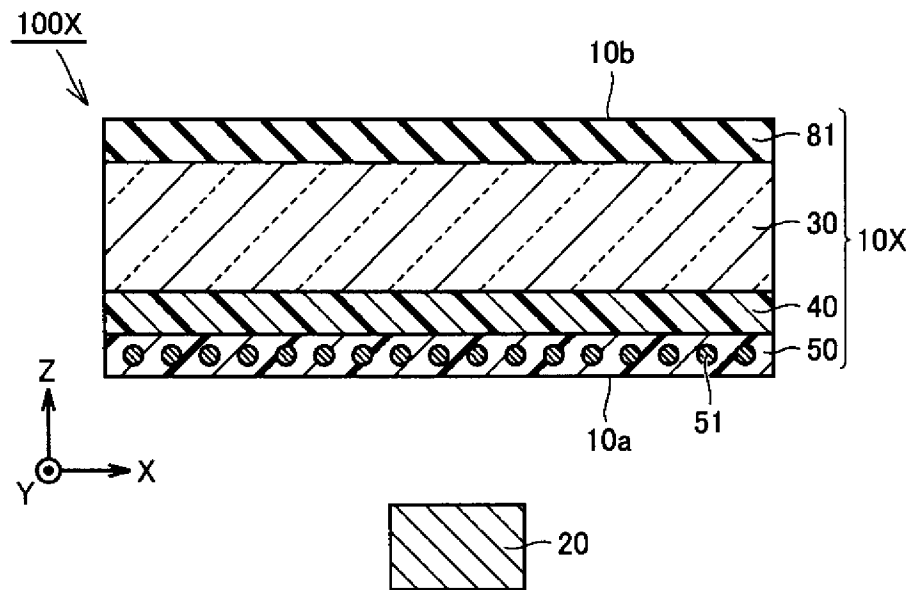
[図49]

図49



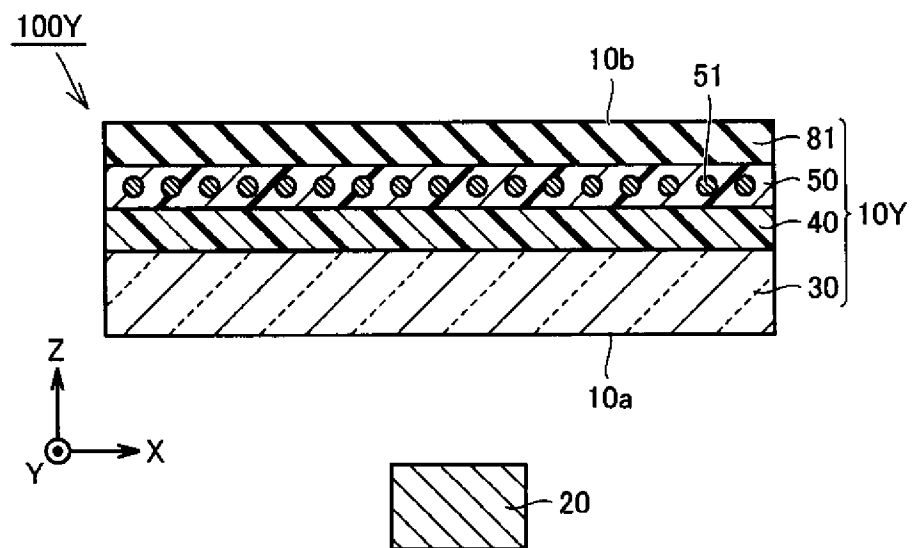
[図50]

図50



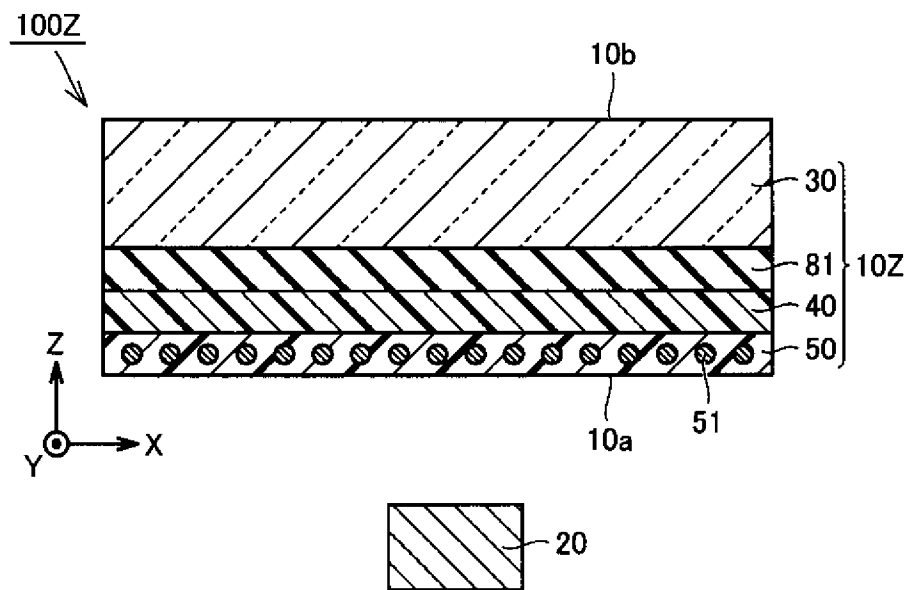
[図51]

図51



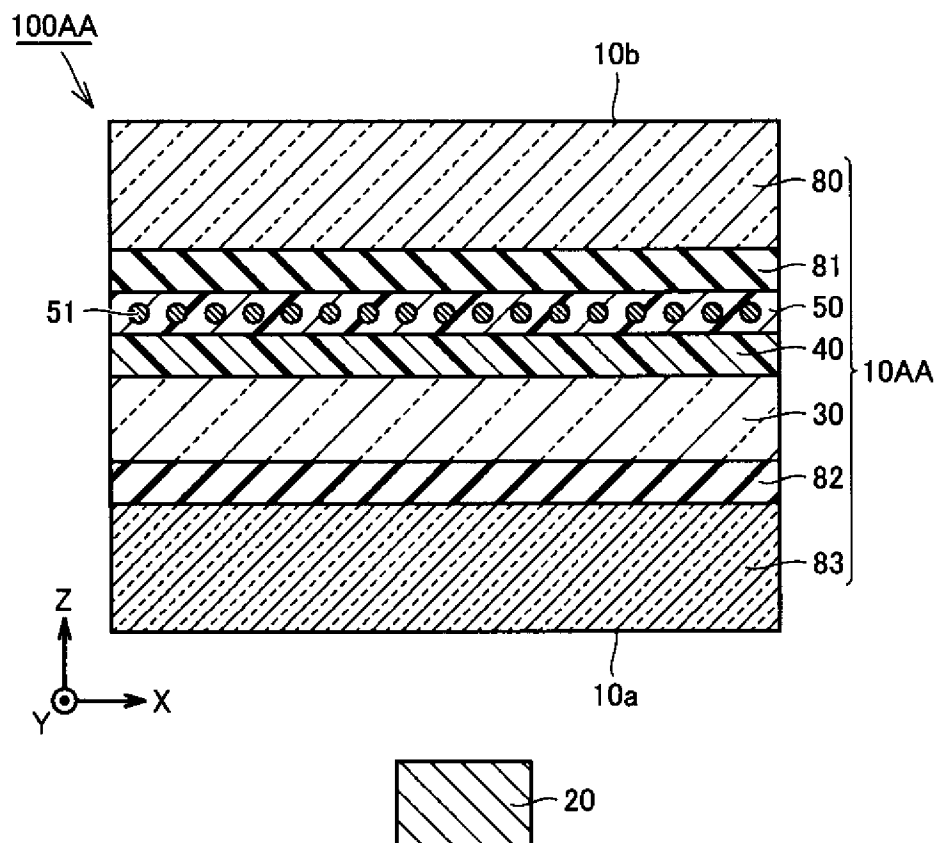
[図52]

図52



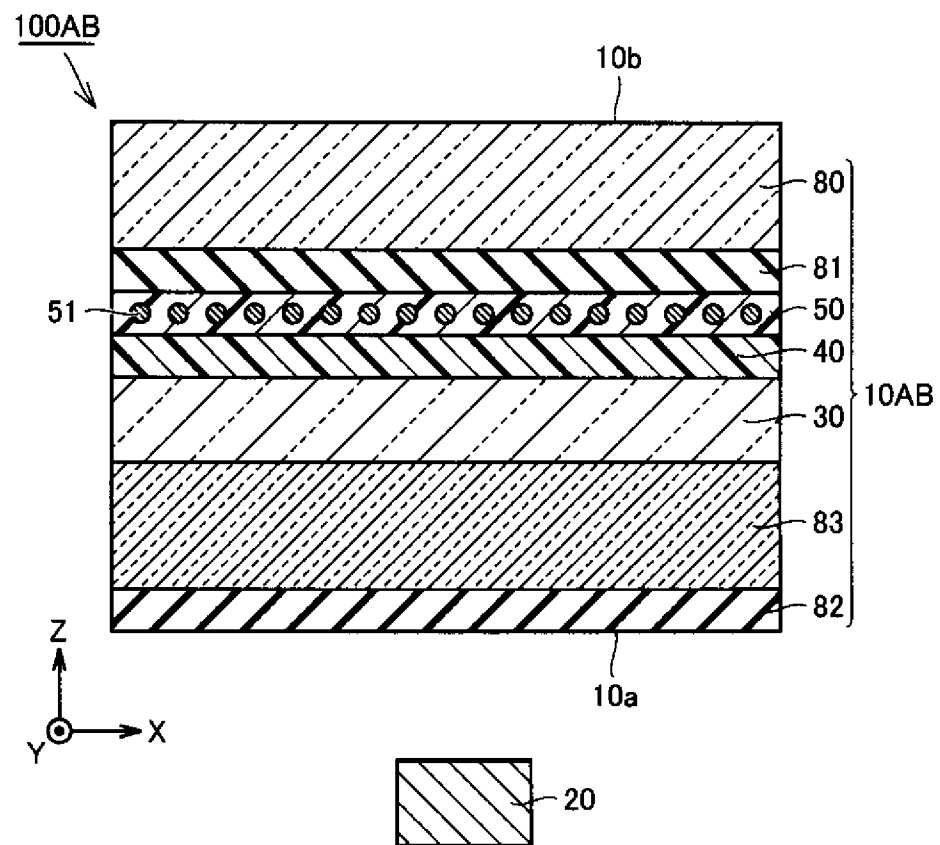
[図53]

図53



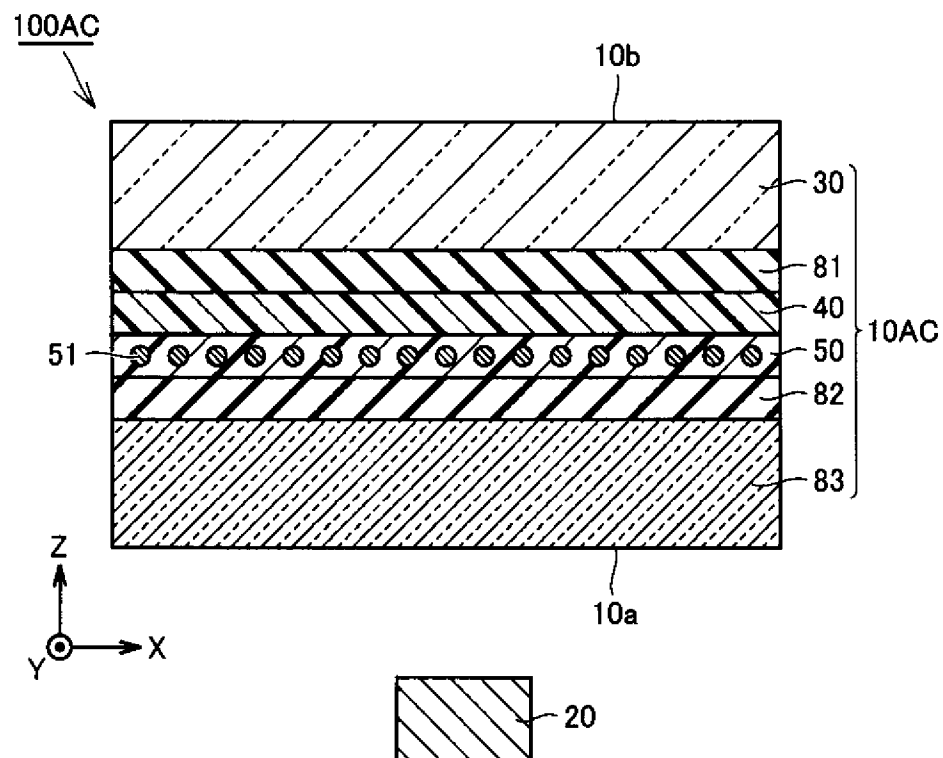
[図54]

図54



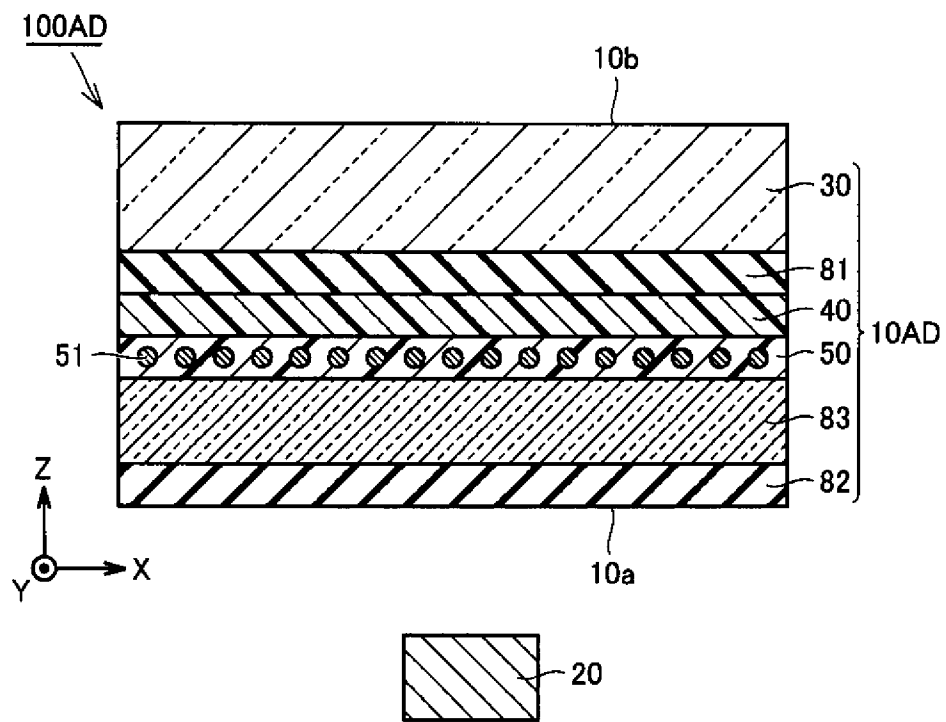
[図55]

図55



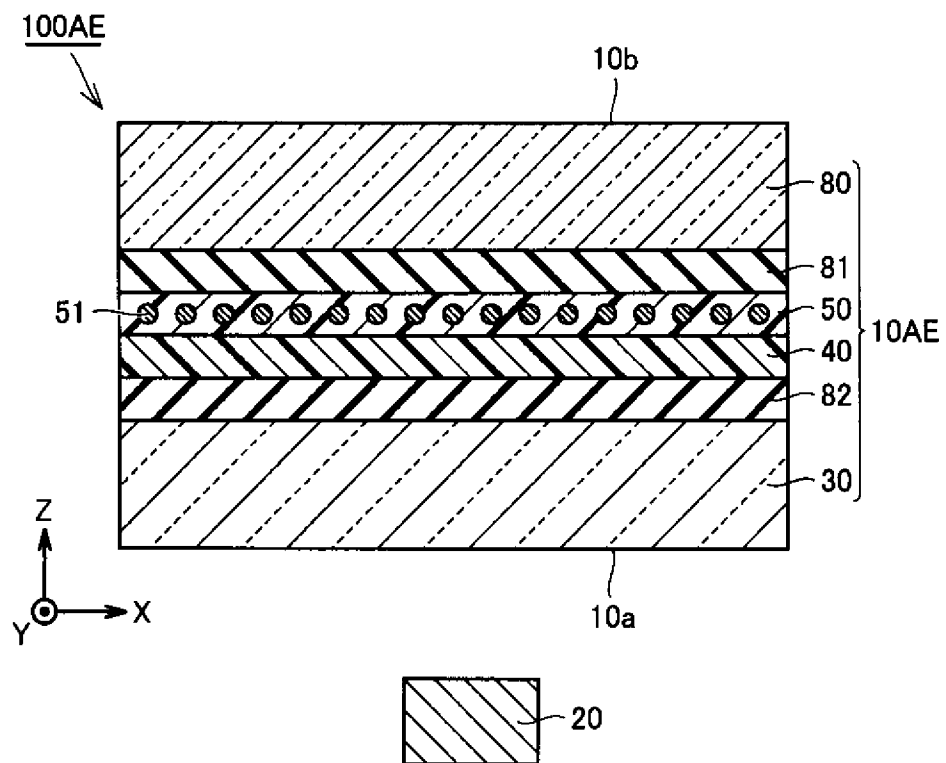
[図56]

図56



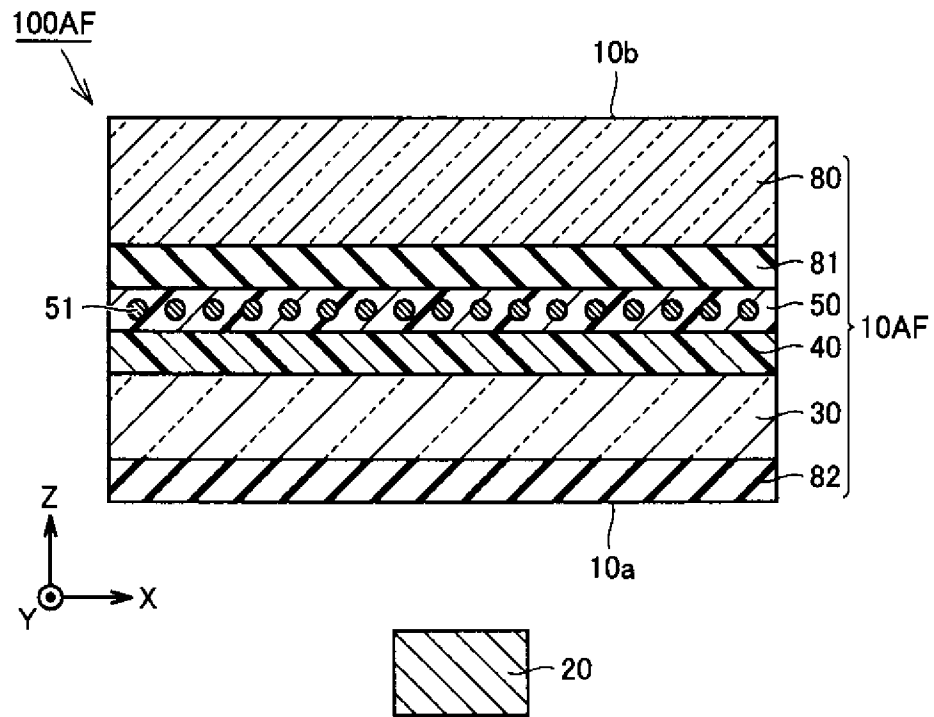
[図57]

図57



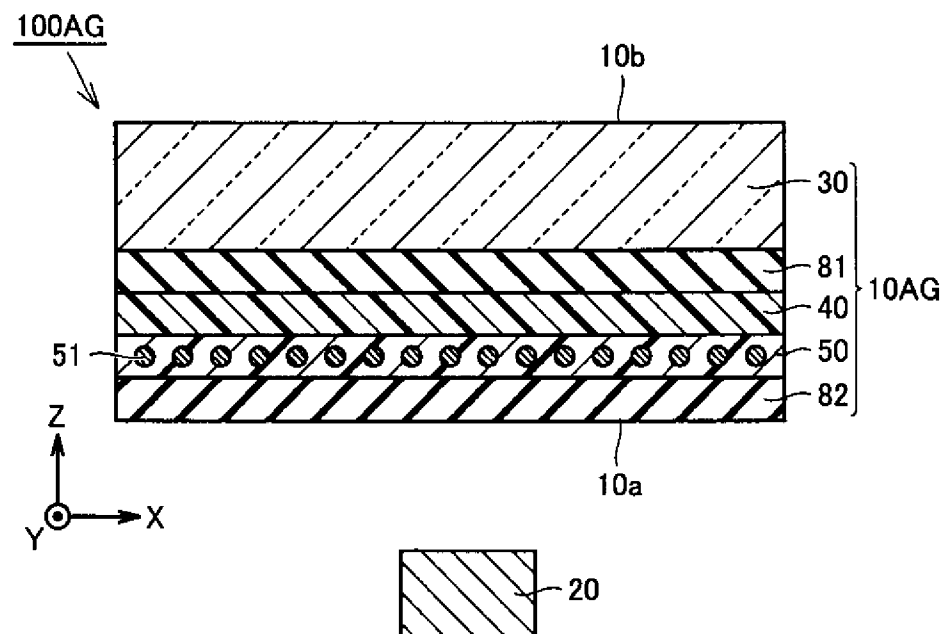
[図58]

図58



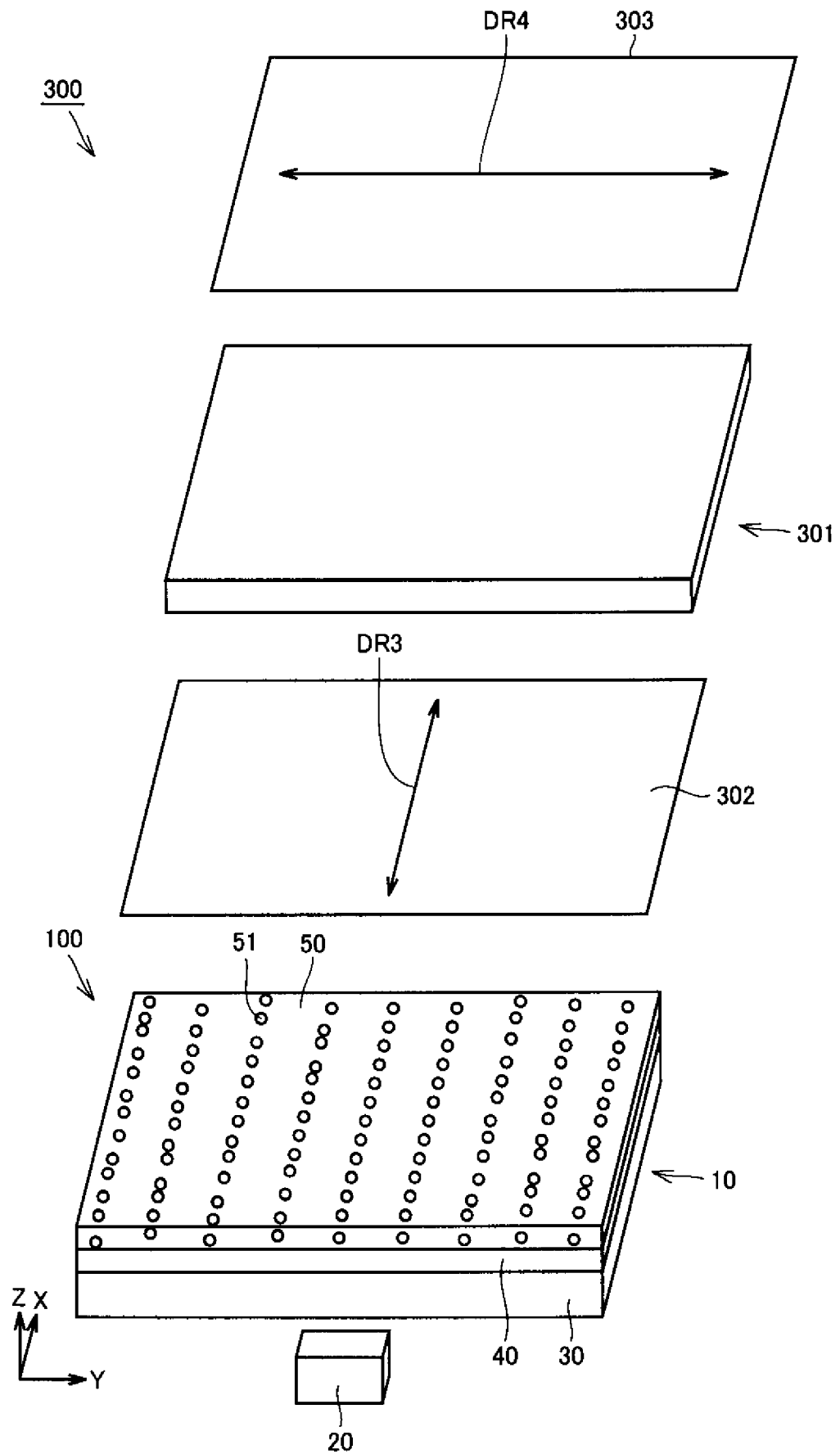
[図59]

図59



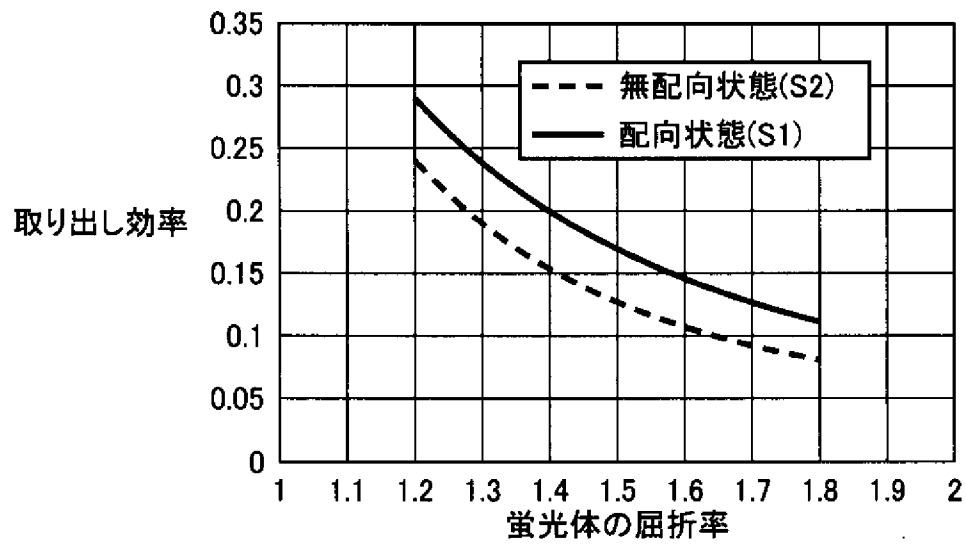
[図60]

図60



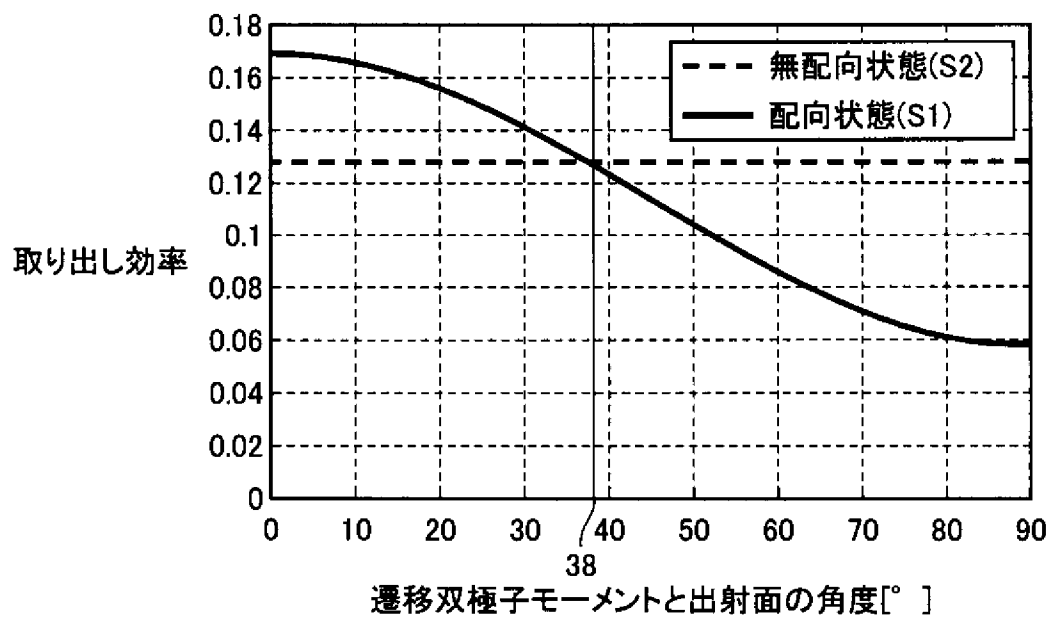
[図61]

図61



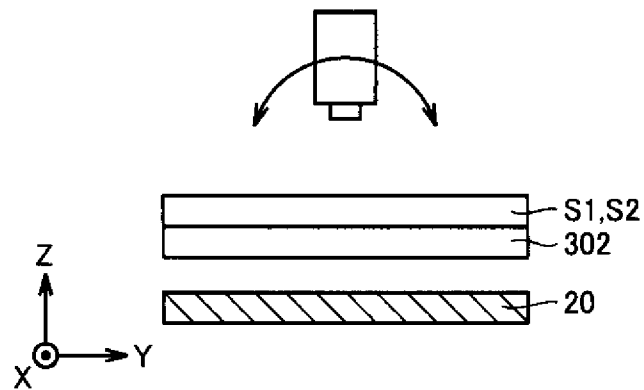
[図62]

図62



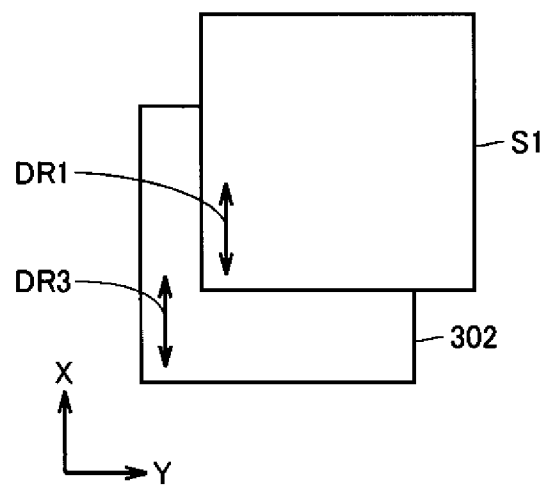
[図63]

図63



[図64]

図64



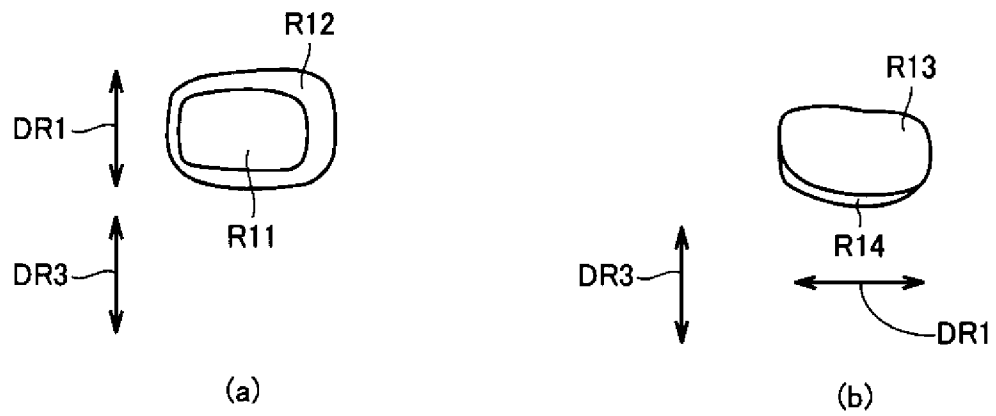
[図65]

図65

試料S	無配向状態(S2)	配向状態(S1)
出射全光束/入射全光束	0.098	0.142

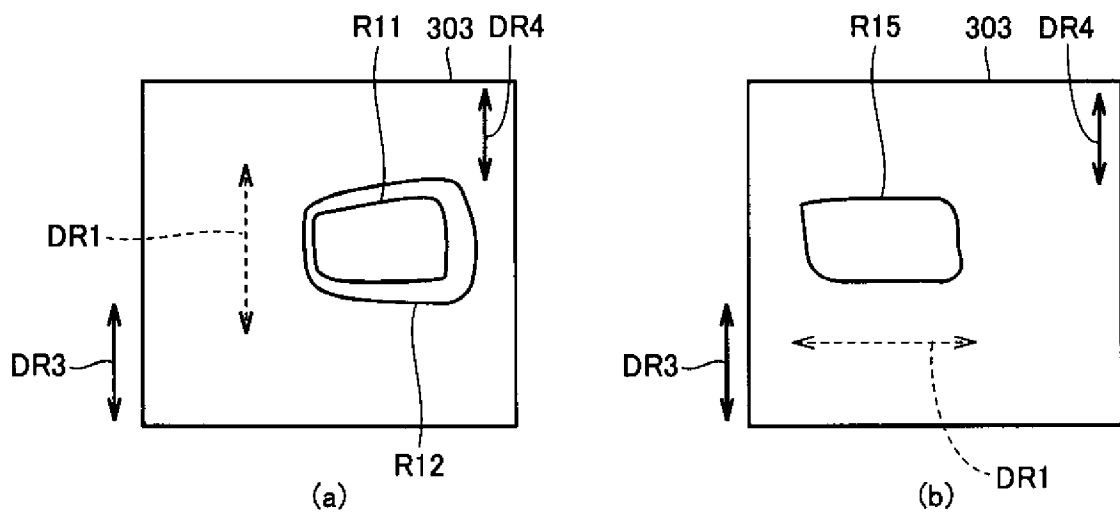
[図66]

図66



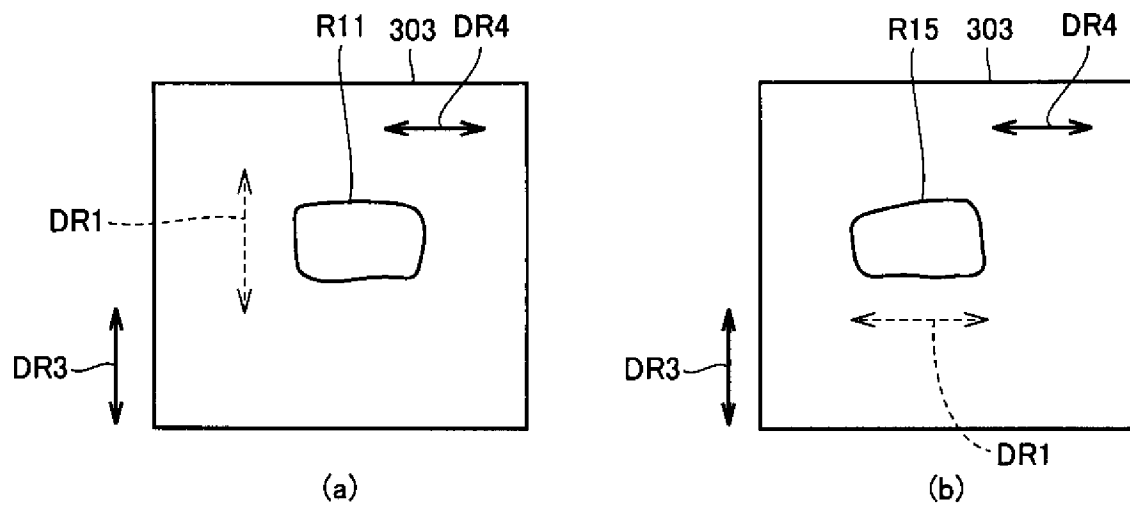
[図67]

図67



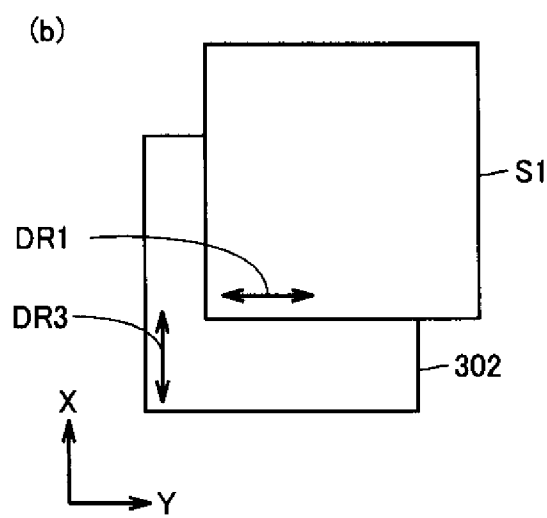
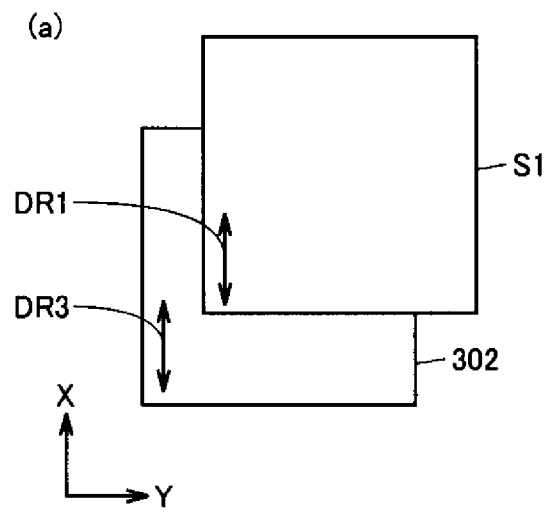
[図68]

図68



[図69]

図69



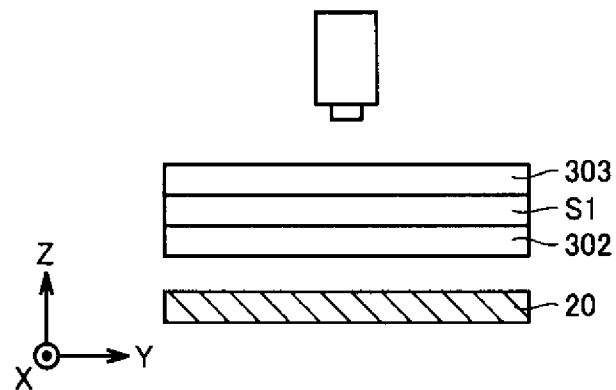
[図70]

図70

試料S	無配向状態(S2)		配向状態(S1)		
入光の偏光状態	自然光	偏光	自然光	Parallel	Cross
光吸収率(青色光)	0.860	0.860	0.733	0.948	0.518

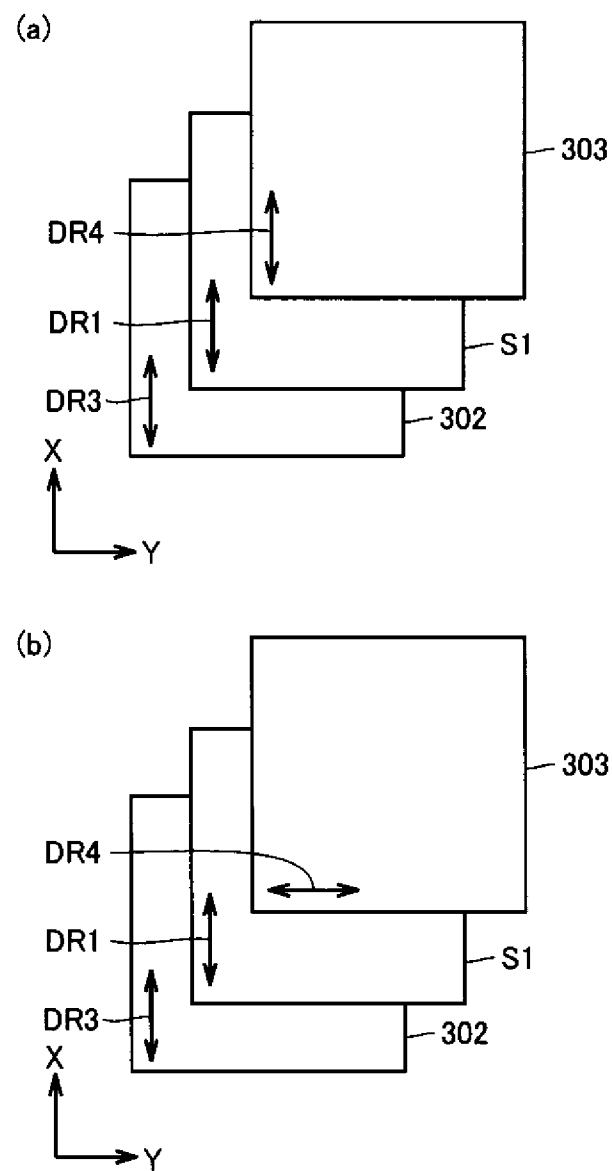
[図71]

図71



[図72]

図72



[図73]

図73

試料S	配向状態(S1)	
	Parallel	Cross
発光の偏光状態		
発光強度(@520nm)(mW/sr/nm)	0.00085	0.00015
Parallel/Cross	5.667	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F21S2/00(2006.01)i, F21V9/08(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i, H01L33/50(2010.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i, H05B33/14(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)

F21S2/00, F21V9/08, F21V9/16, G02B5/30, G02F1/13357, H01L33/50, H01L51/50, H05B33/02, H05B33/12, H05B33/14, F21Y101/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2013/046130 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.), 04 April 2013 (04.04.2013), page 6, line 30 to page 8, line 7; page 9, line 28 to page 11, line 3; fig. 1, 2, 6 to 7 (Family: none)	1-4 5
Y A	WO 2013/042705 A1 (Sharp Corp.), 28 March 2013 (28.03.2013), paragraphs [0102] to [0117]; fig. 10 to 11 (Family: none)	5 1-4
A	JP 2001-264756 A (Seiko Epson Corp.), 26 September 2001 (26.09.2001), abstract; paragraphs [0004], [0020] to [0022]; fig. 2 (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "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

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 June, 2014 (12.06.14)

Date of mailing of the international search report
24 June, 2014 (24.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061970

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
(International Patent Classification (IPC))

F21Y101/02(2006.01)n

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F21S2/00(2006.01)i, F21V9/08(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i, H01L33/50(2010.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)i, H05B33/12(2006.01)i, H05B33/14(2006.01)i, F21Y101/02(2006.01)n

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（I P C））

Int.Cl. F21S2/00, F21V9/08, F21V9/16, G02B5/30, G02F1/13357, H01L33/50, H01L51/50, H05B33/02, H05B33/12, H05B33/14, F21Y101/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 2013/046130 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 2013.04.04, 第6ページ第30行-第8ページ第7行, 第9ページ第28行-第11ページ第3行, 図1, 2, 6-7 (ファミリーなし)	1-4 5
Y A	WO 2013/042705 A1 (シャープ株式会社) 2013.03.28, 段落 [0102] - [0117], 図10-11 (ファミリーなし)	5 1-4

☒ 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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

太田 良隆

3 X

3 2 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 1

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
A	JP 2001-264756 A (セイコーエプソン株式会社) 2001. 09. 26, 要約, 段落【0004】 , 【0020】 - 【0022】 , 図 2 (ファミリーなし)	1-5