

(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
2023年9月21日(21.09.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/176509 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 5/20 (2006.01) C09K 11/08 (2006.01)
B23K 26/38 (2014.01) C09K 11/66 (2006.01)
C09K 11/00 (2006.01) C09K 11/70 (2006.01)
C09K 11/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/008034

(22) 国際出願日: 2023年3月3日(03.03.2023)

(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 2022-043592 2022年3月18日(18.03.2022) JP
特願 2022-107776 2022年7月4日(04.07.2022) JP
特願 2023-005794 2023年1月18日(18.01.2023) JP

(71) 出願人: 日亜化学工業株式会社 (NICHIA CORPORATION) [JP/JP]; 〒7748601 徳島県

阿南市上中町岡491番地100 Tokushima (JP).

(72) 発明者: 有川 拓馬 (ARIKAWA, Takuma); 〒7748601 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP). 藏本 雅史(KURAMOTO, Masafumi); 〒7748601 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP). 若木 貴功(WAKAKI, Takayoshi); 〒7748601 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP).

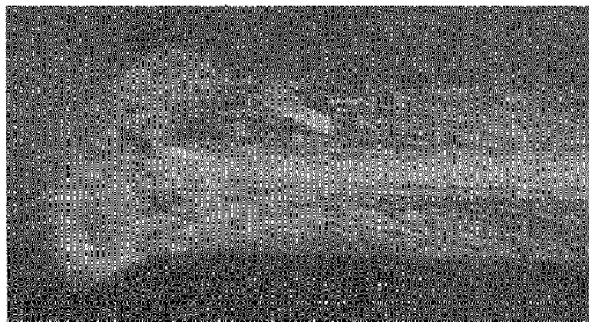
(74) 代理人: 山尾 憲人, 外(YAMAO, Norihito et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号 大阪梅田ツインタワーズ・ノース 青山特許事務所 Osaka (JP).

(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,

(54) Title: WAVELENGTH CONVERSION MEMBER AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 波長変換部材及びその製造方法

[図7]



(57) Abstract: The present invention provides a wavelength conversion member that suppresses discoloration from the end portion thereof. The wavelength conversion member includes a laminate comprising a wavelength conversion layer containing quantum dots and two barrier layers laminated on one principal surface and the other principal surface of the wavelength conversion layer, respectively. In the wavelength conversion member, the barrier layers have a first modification part at least on a portion of the end surfaces thereof, the wavelength conversion layer has a second modification part at least on a portion of the end surface thereof, and at least a portion of the second modification part is exposed together with the barrier layers on the end surface of the laminate.

(57) 要約: 端部からの退色が抑制される波長変換部材が提供される。量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層体を含む波長変換部材である。バリア層は、その端面の少なくとも一部に第1改質部を有し、波長変換層は、その端面の少なくとも一部に第2改質部を有し、積層体の端面において、第2改質部の少なくとも一部がバリア層と共に露出する波長変換部材である。

[続葉有]

WO 2023/176509 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 波長変換部材及びその製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、波長変換部材及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 液晶表示装置等の画像表示装置の分野では、色再現性の向上を意図して、入射光の波長を変換して射出する量子ドットを利用することが提案されている。例えば、国際公開第2016/039079号では、量子ドットを含む機能層及び2つのガスバリアフィルムを有する機能層積層体と、その端面を覆う端面保護層と、を有する機能性積層フィルムが提案されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 量子ドットを含むシート状の波長変換部材では、経時的に端部から退色が進行する場合があった。本開示の一態様は、端部からの退色が抑制される波長変換部材及びその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0004] 第一態様は、量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層体を含む波長変換部材である。バリア層は、その端面の少なくとも一部に第1改質部を有し、波長変換層は、その端面の少なくとも一部に第2改質部を有する。波長変換部材では、第2改質部の少なくとも一部が、積層体の端面において露出している。

[0005] 第二態様は、量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層シートを準備することと、積層シートの主面に交差するレーザー光の照射により、積層シートを切断して個片化した積層体を得ることと、を含む波長変換部材の製造方法である。レーザー光の照射は、レーザー光の周波数が5 k H

z 以上 30 kHz 以下であり、走査速度が 50 mm/s 以上 100 mm/s 以下であり、レーザー光出力が 3.4 W 以上 100 W 以下である。

発明の効果

[0006] 本開示の一態様によれば、端部からの退色が抑制される波長変換部材及びその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]参考例1に係るナノ粒子前駆体のX線回折パターンの一例である。

[図2]参考例1に係る量子ドットの透過型電子顕微鏡像の一例である。

[図3]積層体の端部の一態様を示す模式断面図である。

[図4]比較例1に係る波長変換部材の裁断機による切断面の反射電子像の一例である。

[図5]実施例3に係る波長変換部材のレーザー光による切断面の反射電子像の一例である。

[図6]比較例1に係る波長変換部材の裁断機による端部の断面の蛍光顕微鏡像の一例である。

[図7]実施例3に係る波長変換部材のレーザー光による端部の断面の蛍光顕微鏡像の一例である。

[図8]波長変換部材の一態様を示す模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0008] 本明細書において「工程」との語は、独立した工程だけではなく、他の工程と明確に区別できない場合であってもその工程の所期の目的が達成されれば、本用語に含まれる。また組成物中の各成分の含有量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。さらに本明細書に記載される数値範囲の上限及び下限は、数値範囲として例示された数値をそれぞれ任意に選択して組み合わせることが可能である。本明細書において、色名と色度座標との関係、光の波長範囲と単色光の色名との関係等は、JIS Z 8110に従う。蛍光体の半値幅は、発光材料の発光スペクトルにおいて、最大発光

強度に対して発光強度が50%となる発光スペクトルの波長幅（半値全幅；FWHM）を意味する。本明細書において、「シート」、「フィルム」、「層」等の用語は、呼称の違いのみに基づいて、互いから区別されるものではない。したがって、例えば、「フィルム」及び「層」は、シートとも呼ばれるような部材も含む意味で用いられ、また「シート」及び「層」はフィルムとも呼ばれ得るような部材も含む意味で用いられる。本明細書において「層」との語には、当該層が存在する領域を観察したときに、当該領域の全体に形成されている場合に加え、当該領域の一部にのみ形成されている場合も含まれる。また「積層」との語は、層を積み重ねることを示し、2以上の層が結合されていてもよく、2以上の層が着脱可能であってもよい。また、本明細書において、波長変換層、バリア層等の用語は、切断前と切断後で同じ用語を用いることがある。なお、各図面が示す部材の大きさ、位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。また、本明細書において、層、膜などの部分が他の部分の「上に」又は「上部に」とあるとする場合、これは他の部分の「直上」にある場合だけでなく、その中間にまた他の部分がある場合も含む。さらに「上に」配置されるとは、上側だけでなく下側に配置される場合も含む。以下、本発明の実施形態を詳細に説明する。ただし、以下に示す実施形態は、本発明の技術思想を具体化するための、波長変換部材及びその製造方法を例示するものであって、本発明は、以下に示す波長変換部材及びその製造方法に限定されない。

[0009] 波長変換部材

波長変換部材は、量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層体を含む。バリア層は、その端面の少なくとも一部に第1改質部を有し、

波長変換層は、その端面の少なくとも一部に第2改質部を有する。波長変換部材を構成する積層体では、第2改質部の少なくとも一部が、積層体の端面において露出している。波長変換部材は、積層体と、積層体の端面を被覆して配置される端面被覆層と、を備えていてもよい。

[0010] 2つのバリア層と波長変換層とを備える積層体の端面に、第1改質部と第2改質部とが、例えばレーザー光の照射によってそれぞれ形成されていることで、波長変換部材の端部からの経時的な退色が抑制される。これは、例えば、第2改質部の少なくとも一部が積層体の端面において露出するような条件で、レーザー光が照射されることで、水分等の侵入を十分に抑制できる第1改質部と第2改質部とが形成されるためと考えることができる。また、第1改質部がバリア層と波長変換層の界面を被覆し、界面からの外部環境の影響が抑制されるためと考えることができる。

[0011] 積層体は、2つの対向する主面と、主面の外縁を積層方向に包囲する端面と、を有している。対向する主面はそれぞれバリア層の主面に対応する。積層体の端面は、主面の外縁に沿って配置され、主面と交差する面から構成される。積層体の端面は、例えば積層体の主面に略直交していてもよい。また、積層体の主面の外縁は、平面状の4つの端面で包囲されてもよく、少なくとも1つの曲面状の端面を含む端面で包囲されていてもよい。

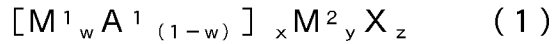
[0012] 波長変換層は、量子ドットを含む。量子ドットとは、数nmから数十nm程度の粒子径を有する半導体結晶粒子である。物質のサイズをナノメートルオーダーまで小さくすると、物質内に電子が限られた状態でしか存在できなくなる。そのため、電子状態が離散的となり、粒子サイズによってバンドギャップが変化する。量子ドットは光を吸収して、そのバンドギャップエネルギーに相当する波長の光を放出する。そのため、粒子サイズ、結晶組成等を制御することにより、量子ドットの発光波長を制御することができ、量子ドットは波長変換物質として機能する。波長変換層に含まれる量子ドットの粒径は、例えば、50nm以下であってよい。量子ドットの粒径は、好ましくは1nm以上20nm以下、1.6nm以上8nm以下、又は2nm以上7

、5 nm以下であってよい。

[0013] ここで量子ドットを構成する半導体ナノ粒子の粒径は、透過型電子顕微鏡（TEM）画像で観察される粒子の外周の任意の二点を結ぶ線分であって、当該粒子の中心を通過する線分のうち、最も長いものを指す。半導体ナノ粒子の平均粒径は、TEM画像で観察される、粒径を計測可能な半導体ナノ粒子について、それぞれ粒径を測定し、それらの粒径の算術平均値を意味する。

[0014] 半導体ナノ粒子がロッド状の形状を有するものである場合には、短軸の長さを粒径とみなす。ここで、ロッド状の形状の粒子とは、長軸を含む面を観察したときに、一方向に長い長方形状を含む四角形状（断面は、円、楕円、又は多角形状を有する）、楕円形状、又は多角形状（例えば鉛筆のような形状）等として観察されるものであって、短軸の長さに対する長軸の長さの比が1.2より大きいものを指す。ロッド状の形状の粒子について、長軸の長さは、楕円形状の場合には、粒子の外周の任意の二点を結ぶ線分のうち、最も長いものを指し、四角形状又は多角形状の場合、外周を規定する辺の中で最も長い辺に平行であり、かつ粒子の外周の任意の二点を結ぶ線分のうち、最も長いものを指す。短軸の長さは、外周の任意の二点を結ぶ線分のうち、前記長軸の長さを規定する線分に直交し、かつ最も長さの長い線分をいう。半導体ナノ粒子の平均粒径は、具体的には、50000倍以上150000倍以下のTEM像で観察される、すべての計測可能な半導体ナノ粒子について粒径を測定し、それらの粒径の算術平均とする。ここで、「計測可能な」粒子は、TEM像において粒子全体の輪郭が観察できるものである。したがって、TEM像において、その一部が撮像範囲に含まれておらず、「切れて」いるような粒子は計測可能なものではない。1つのTEM像に含まれるナノ粒子が合計100点以上である場合には、1つのTEM像を用いて平均粒径を求める。1つのTEM像に含まれるナノ粒子の数が少ない場合には、撮像場所を変更して、TEM像をさらに得、2つ以上のTEM像に含まれる100点以上の粒子について粒径を測定して平均粒径を求める。

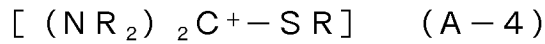
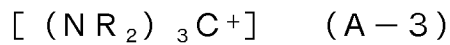
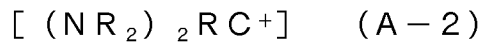
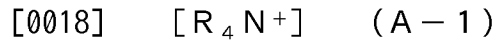
[0015] 量子ドットとして具体的には、例えば、ペロブスカイト系量子ドット、カルコパイライト系量子ドット、リン化インジウム（InP）系量子ドット等が挙げられる。ペロブスカイト系量子ドットは、例えば下記式（1）で表される化合物を含んでよい。



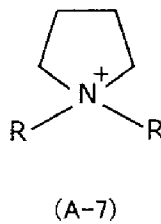
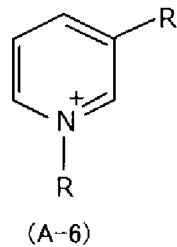
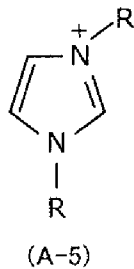
[0016] 前記式（1）中、 M^1 は、Cs、Rb、K、Na及びLiからなる群から選択される少なくとも1種を含む第1元素を示す。 A^1 は、アンモニウムイオン、ホルムアミジニウムイオン、グアニジニウムイオン、イミダゾリウムイオン、ピリジニウムイオン、ピロリジニウムイオン及びプロトン化チオウレイイオンからなる群から選択される少なくとも1種を含む非金属カチオンを示す。 M^2 は、Ge、Sn、Pb、Sb及びBiからなる群から選択される少なくとも1種を含む第2元素を示す。 X は、塩化物イオン、臭化物イオン、ヨウ化物イオン、シアン化物イオン、チオシアネート、イソチオシアネート及びスルフィドからなる群から選択される少なくとも1種を含むアニオン又は配位子を示す。 x は1以上4以下の数であり、 y は1以上2以下の数であり、 z は3以上9以下の数であり、 w は0以上1以下の数である。前記式（1）において、第1元素 M^1 及び非金属カチオン A^1 の両方を含む場合、第1元素 M^1 及び非金属カチオン A^1 は共に、配位子を構成する原子団を表す。

[0017] アンモニウムイオンは、例えば下記式（A-1）で表されてよい。ホルムアミジニウムイオンは、例えば下記式（A-2）で表されてよい。グアニジニウムイオンは、例えば下記式（A-3）で表されてよい。プロトン化チオウレイイオンは、例えば下記式（A-4）で表されてよい。イミダゾリウムイオンは、例えば下記式（A-5）で表されてよい。ピリジニウムイオンは、例えば下記式（A-6）で表されてよい。ピロリジニウムイオンは、例えば下記式（A-7）で表されてよい。非金属カチオンを表す各式中、 R は、互いに独立して、水素原子、炭素数1から4のアルキル基、フェニル基、ベンジル基、ハロゲン原子及び擬ハロゲンからなる群から選択される少なくとも1種を表す。各式中の任意の2つの R は互いに連結して炭素数3から6の

含窒素脂肪族環を形成してもよい。



[0019] [化1]



[0020] 前記式(1)で表される組成を有する化合物を含むペロブスカイト系量子ドットは、光源からの光照射によって緑色光又は赤色光を発する。ペロブスカイト系量子ドットは、緑色光に関しては、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源、好ましくは発光ピーク波長が例えば380nm以上500nm以下の範囲内である光源からの光照射によって、475nm以上560nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する光を発してよい。緑色光を発光するペロブスカイト系量子ドットの発光ピーク波長は、好ましくは510nm以上560nm以下、520nm以上560nm以下、又は525nm以上535nm以下の範囲内であってよい。また、赤色光に関しては、発光ピーク波長が例えば320nm以上545nm以下の範囲内である光源、好ましくは発光ピーク波長が例えば320nm以上450nm以下の範囲内である光源からの光照射によって、600nm以上680nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する光を発してよい。赤色光を発光するペロブスカイト系量子ドットの発光ピーク波長は、好ましくは610nm以上670nm以下、620nm以上660nm以下、又は625nm以上635nm以下の範囲内であってよい。また、ペロブスカイト系量

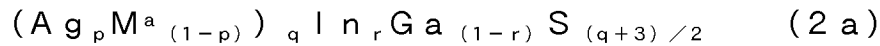
子ドットの発光スペクトルにおける半値幅は、例えば35 nm以下であってよく、好ましくは30 nm以下、又は25 nm以下であってよい。ペロブスカイト系量子ドットは、発光スペクトルにおいてバンド端発光を示してもよい。

[0021] カルコパイライト系量子ドットの第1態様は、例えば、銀（Ag）、インジウム（In）、ガリウム（Ga）及び硫黄（S）を含む第1半導体を含み、その表面には、Ga及びSを含む第2半導体が配置されて構成されている。第2半導体は、さらにAgを含んでいてよい。第1半導体は、Ag、In、Ga及びSを含むカルコパイライト型構造を有する半導体であってよい。カルコパイライト系量子ドットの第1態様では、第1半導体を含む粒子の表面に、第2半導体を含む付着物が配置されていてよく、第2半導体を含む付着物が第1半導体を含む粒子を被覆していてもよい。さらに、カルコパイライト系量子ドットは、例えば、第1半導体を含む粒子をコアとし、第2半導体を含む付着物をシェルとして、コアの表面にシェルが配置されるコアシェル構造を有していてもよい。第1態様のカルコパイライト系量子ドットの詳細については、例えば特開2018-044142号公報、国際公開第2022/191032号等の記載を参照することができる。

[0022] 第1半導体は、少なくともAgを含み、その一部が置換されて銅（Cu）、金（Au）及びアルカリ金属（以下、M^aと記すことがある）の少なくとも1種をさらに含んでいてもよく、実質的にAgから構成されていてよい。ここで「実質的に」とは、AgとAg以外のAgを置換する元素の総原子数に対するAg以外のAgを置換する元素の原子数の割合が、例えば10%以下であり、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。また、第1半導体は、実質的にAg及びアルカリ金属を構成元素としていてもよい。ここで「実質的に」とは、Ag、アルカリ金属並びにAg及びアルカリ金属以外のAgを置換する元素の総原子数に対するAg及びアルカリ金属以外のAgを置換する元素の原子数の割合が、例えば10%以下であり、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。なお、ア

ルカリ金属には、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、ルビジウム (Rb) 及びセシウム (Cs) が含まれる。

[0023] 第1半導体は、例えば、以下の式 (2a) で表される組成を有してよい。



ここで、p、q及びrは、 $0 < p \leq 1$ 、 $0.20 < q \leq 1.2$ 、 $0 < r < 1$ を満たす。M^aはアルカリ金属を示す。

[0024] カルコパイライト系量子ドットの第1態様においては、表面に第2半導体が配置されていてもよい。第2半導体は、第1半導体よりバンドギャップエネルギーが大きい半導体を含んでいてよい。第2半導体は、実質的にGa及びSからなる半導体であってよい。また、第2半導体は、実質的にAg、Ga及びSからなる半導体であってよい。ここで「実質的に」とは、Ga及びSを含む半導体、又は、Ag、Ga及びSを含む半導体に含まれるすべての元素の原子数の合計を100%としたときに、Ga及びS以外、又は、Ag、Ga及びS以外の元素の原子数の割合が、例えば10%以下、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。

[0025] 第1態様のカルコパイライト系量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源からの光照射により、475nm以上560nm以下の波長範囲（例えば、緑色）に発光ピーク波長を有するバンド端発光を示してもよく、発光ピーク波長は好ましくは510nm以上550nm以下、515nm以上545nm以下、又は525nm以上535nm以下の範囲内であってよい。また、第1態様のカルコパイライト系量子ドットは、その発光スペクトルにおける半値幅が、例えば、45nm以下であってよく、好ましくは40nm以下、35nm以下、又は30nm以下であってよい。半値幅は例えば、15nm以上であってよい。

[0026] カルコパイライト系量子ドットの第2態様は、例えば、銅 (Cu)、銀 (Ag)、インジウム (In)、ガリウム (Ga) 及び硫黄 (S) を含む第3半導体を含み、その表面には、Ga及びSを含む第4半導体が配置されて構

成されていてよい。第4半導体は、さらにAgを含んでいてよい。第3半導体は、Cu、Ag、In、Ga及びSを含むカルコパイライト型構造を有する半導体であってよい。カルコパイライト系量子ドットの第2態様では、第3半導体を含む粒子の表面に、第4半導体を含む付着物が配置されていてよく、第4半導体を含む付着物が第3半導体を含む粒子を被覆していてもよい。さらに、カルコパイライト系量子ドットは、例えば、第3半導体を含む粒子をコアとし、第4半導体を含む付着物をシェルとして、コアの表面にシェルが配置されるコアシェル構造を有していてもよい。第2態様のカルコパイライト系量子ドットの詳細については、例えば国際公開2020/162622号、国際公開第2023/013361号等の記載を参照することができる。

[0027] 第3半導体は、少なくともAgとCuを含み、その一部が置換されて金（Au）及びアルカリ金属（M^a）を含んでいてもよい。第3半導体は、実質的にAg、Cu及びアルカリ金属を構成元素としていてもよい。ここで「実質的に」とは、Ag、Cu及びアルカリ金属、並びにAg、Cu及びアルカリ金属以外の元素の総原子数に対するAg、Cu及びアルカリ金属以外の元素の原子数の割合が、例えば10%以下であり、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。

[0028] 第3半導体は、例えば、以下の式（2b）で表される組成を有していてもよい。

$$(Ag_s Cu_{(1-s)})_t In_u Ga_{(1-u)} S_{(t+3)/2} \quad (2b)$$

ここで、s、t及びuは、 $0 < s < 1$ 、 $0.20 < t \leq 1.2$ 、 $0 < u < 1$ を満たす。

[0029] カルコパイライト系量子ドットの第2態様においては、表面に第4半導体が配置されていてよい。第4半導体は、第3半導体よりバンドギャップエネルギーが大きい半導体を含んでいてよい。第4半導体は、実質的にGa及びSからなる半導体であってよい。また、第4半導体は、実質的にAg、Ga及びSからなる半導体であってよい。ここで「実質的に」とは、Ga及び

Sを含む半導体、又は、Ag、Ga及びSを含む半導体に含まれるすべての元素の原子数の合計を100%としたときに、Ga及びS以外、又は、Ag、Ga及びS以外の元素の原子数の割合が、例えば10%以下、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。

[0030] 第2態様のカルコパイライト系量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源からの光照射により、600nm以上680nm以下の波長範囲（例えば、赤色）に発光ピーク波長を有するバンド端発光を示してもよく、発光ピーク波長は好ましくは610nm以上670nm以下、620nm以上660nm以下、又は625nm以上635nm以下の範囲内であってよい。また、第2態様のカルコパイライト系量子ドットは、その発光スペクトルにおける半値幅が、例えば、70nm以下であってよく、好ましくは65nm以下、60nm以下、又は30nm以下であってよい。半値幅は例えば、15nm以上であってよい。

[0031] カルコパイライト系量子ドットの第3態様は、例えば、銀（Ag）、ガリウム（Ga）及びセレン（Se）を含む第5半導体を含み、その表面には、亜鉛（Zn）及びS（硫黄）を含む第6半導体が配置されて構成されている。第5半導体は、少なくともAg、Ga及びSeを含み、その一部が置換されてインジウム（In）及び硫黄（S）を含んでいてもよい。また、第6半導体は、Ga及びSeの少なくとも一方をさらに含んでいてよい。第5半導体は、Ag、Ga及びSeを含むカルコパイライト型構造を有する半導体であってよい。カルコパイライト系量子ドットの第3態様では、第5半導体を含む粒子の表面に、第6半導体を含む付着物が配置されていてよく、第6半導体を含む付着物が第5半導体を含む粒子を被覆していてもよい。さらに、カルコパイライト系量子ドットは、例えば、第5半導体を含む粒子をコアとし、第6半導体を含む付着物をシェルとして、コアの表面にシェルが配置されるコアシェル構造を有していてもよい。第3態様のカルコパイライト系量子ドットの詳細については、例えば国際公開第2021/039290号等の記載を参照することができる。

[0032] 第5半導体は、少なくともAg、Ga及びSeを含み、その一部が置換されてインジウム（In）及び硫黄（S）を含んでいてもよい。

[0033] 第5半導体は、例えば、以下の式（2c）で表される組成を有していてもよい。



ここで、 x 及び y は、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ を満たす。

[0034] カルコパイライト系量子ドットの第3態様においては、表面に第6半導体が配置されていてもよい。第6半導体は、第5半導体よりバンドギャップエネルギーが大きい半導体を含んでいてもよい。第6半導体は、実質的にZn及びSからなる半導体であってよい。ここで「実質的に」とは、Zn及びSを含む半導体に含まれるすべての元素の原子数の合計を100%としたときに、Zn及びS以外の元素の原子数の割合が、例えば10%以下、好ましくは5%以下、より好ましくは1%以下であることを示す。

[0035] 第3態様のカルコパイライト系量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源からの光照射によって、600nm以上680nm以下の波長範囲（例えば、赤色）に発光ピーク波長を有するバンド端発光を示してもよく、発光ピーク波長は好ましくは610nm以上670nm以下、又は625nm以上635nm以下の範囲内であってよい。また、第3態様のカルコパイライト系量子ドットは、その発光スペクトルにおける半値幅が、例えば、50nm以下であってよく、好ましくは40nm以下、又は30nm以下であってよい。半値幅は例えば、15nm以上であってよい。

[0036] リン化インジウム（InP）系量子ドットは、III-V族半導体を含む半導体ナノ粒子の一形態である。III-V族半導体としては、例えばAlN、AlP、AlAs、AlSb、GaAs、GaP、GaN、GaSb、InN、InAs、InP、InSb、TiN、TiP、TiAs、TiSb等を挙げることができる。

[0037] III-V族系量子ドットは、III-V族半導体を含む半導体ナノ粒子の表面

に、半導体ナノ粒子を構成するIII-V族半導体とは異なる第7半導体を含む付着物が配置されていてよく、第7半導体を含む付着物がIII-V族半導体を含む粒子を被覆していてもよい。さらに、III-V族系量子ドットは、例えば、III-V族半導体を含む粒子をコアとし、第7半導体を含む付着物をシェルとして、コアの表面にシェルが配置されるコアシェル構造を有していてもよい。第7半導体はIII-V族半導体よりもバンドギャップエネルギーの大きい半導体であってよい。III-V族半導体と第7半導体の組み合わせとしては、例えば、 InP/ZnS 、 GaP/ZnS 、 InN/GaN 、 InP/CdSSe 、 InP/ZnSeTe 、 InGaP/ZnSe 、 InGaP/ZnS 、 InP/ZnSTe 、 $\text{InGaP}/\text{ZnSTe}$ 、 $\text{InGaP}/\text{ZnSSe}$ 等が挙げられる。

[0038] III-V族半導体（例えば、リン化インジウム系）量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上500nm以下の範囲内である光源からの光照射によって緑色光又は赤色光を発してよい。緑色光を発するIII-V族半導体量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源、好ましくは発光ピーク波長が例えば380nm以上500nm以下の範囲内である光源からの光照射によって、475nm以上580nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有するバンド端発光を示してしてよい。発光ピーク波長は、好ましくは510nm以上570nm以下、520nm以上560nm以下、又は525nm以上535nm以下の範囲内にあってよい。また、赤色光を発するIII-V族半導体量子ドットは、発光ピーク波長が例えば380nm以上545nm以下の範囲内である光源からの光照射により、600nm以上680nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有するバンド端発光を示してもよい。発光ピーク波長は好ましくは610nm以上670nm以下、620nm以上660nm以下、又は625nm以上635nm以下の範囲内であってよい。また、III-V族半導体量子ドットは、その発光スペクトルにおける半値幅が、例えば、70nm以下であってよく、好ましくは65nm以下、60nm以下、又は30nm以下であってよ

い。半値幅は例えば、15 nm以上であってよい。

[0039] 量子ドットは、必要に応じてペロブスカイト系量子ドット、カルコパイライト系量子ドット及びリン化インジウム系量子ドット以外の他の量子ドットを含んでいてもよい。他の量子ドットとしては、Ⅲ-Ⅴ族半導体、Ⅳ-Ⅴ族半導体、Ⅳ族半導体からなる群より選択される少なくとも1種を含む粒子が挙げられる。

[0040] Ⅲ-Ⅴ族半導体の具体例としては、CdSe、CdTe、CdS、ZnS、ZnSe、ZnTe、ZnO、HgS、HgSe、HgTe、CdSeS、CdSeTe、CdSTe、ZnSeS、ZnSeTe、ZnSTe、HgSeS、HgSeTe、HgSte、CdZnS、CdZnSe、CdZnTe、CdHgS、CdHgSe、CdHgTe、HgZnS、HgZnSe、HgZnTe、CdZnSeS、CdZnSeTe、CdZnSTe、CdHgSeS、CdHgSeTe、CdHgSTe、HgZnSeS、HgZnSeTe、HgZnSTe等が挙げられる。Ⅳ-Ⅴ族半導体の具体例としては、SnS、SnSe、SnTe、PbS、PbSe、PbTe、SnSeS、SnSeTe、SnSTe、PbSeS、PbSeTe、PbSTe、SnPbS、SnPbSe、SnPbTe、SnPbSSe、SnPbSeTe、SnPbSTe等が挙げられる。Ⅳ族半導体の具体例としては、Si、Ge、SiC、SiGe等が挙げられる。

[0041] 量子ドットは、その表面に表面修飾剤が配置されていてもよい。表面修飾剤の具体例としては、炭素数2以上20以下のアミノアルコール；イオン性表面修飾剤；ノニオン性表面修飾剤；炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含窒素化合物；炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含硫黄化合物；炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含酸素化合物；炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含リン化合物；第2族元素、第12族元素及び第13族元素からなる群から選択される少なくとも1種を含むハロゲン化物等を挙げることができる。表面修飾剤は、1種単独でも、異なる2種

以上のものを組み合わせて用いてもよい。

[0042] 表面修飾剤として用いられるアミノアルコールは、アミノ基及びアルコール性水酸基を有し、炭素数2以上20以下の炭化水素基を含む化合物であればよい。アミノアルコールの炭素数は、好ましくは10以下、より好ましくは6以下である。アミノアルコールを構成する炭化水素基は、直鎖状、分岐鎖状又は環状のアルカン、アルケン、アルキン等の炭化水素に由来してよい。炭化水素に由来するとは、炭化水素から少なくとも2つの水素原子を取り除いて炭化水素基が構成されることを意味する。アミノアルコールとして具体的には、アミノエタノール、アミノプロパノール、アミノブタノール、アミノペンタノール、アミノヘキサノール、アミノオクタノール等を挙げることができる。例えば、半導体ナノ粒子表面にアミノアルコールのアミノ基が結合し、その反対側である粒子最表面に水酸基が露出することで半導体ナノ粒子の極性に変化が生じ、アルコール系溶媒（例えば、メタノール、エタノール、プロパノール、ブタノール等）への分散性が向上する。

[0043] 表面修飾剤として用いられるイオン性表面修飾剤としては、分子内にイオン性官能基を有する含窒素化合物、含硫黄化合物、含酸素化合物等が挙げられる。イオン性官能基はカチオン性、アニオン性のいずれであってもよく、少なくともカチオン性基を有することが好ましい。表面修飾剤の具体例及び表面修飾の方法は、例えばChemistry Letters, Vol. 45, pp 898-900, 2016の記載を参照することができる。

[0044] イオン性表面修飾剤は、例えば、3級又は4級アルキルアミノ基を有する含硫黄化合物であってよい。アルキルアミノ基のアルキル基の炭素数は、例えば1以上4以下であってよい。また、含硫黄化合物は、炭素数2以上20以下のアルキル又はアルケニルチオールであってよい。イオン性表面修飾剤として具体的には、ジメチルアミノエタンチオールのハロゲン化水素塩、トリメチルアンモニウムエタンチオールのハロゲン塩、ジメチルアミノブタンチオールのハロゲン化水素塩、トリメチルアンモニウムブタンチオールのハロゲン塩等が挙げられる。

- [0045] 表面修飾剤として用いられるノニオン性表面修飾剤としては、例えば、アルキレングリコール単位、アルキレングリコールモノアルキルエーテル単位等を含むノニオン性官能基を有する、含窒素化合物、含硫黄化合物、含酸素化合物等が挙げられる。アルキレングリコール単位におけるアルキレン基の炭素数は、例えば、2以上8以下であってよく、好ましくは2以上4以下である。またアルキレングリコール単位の繰り返し数は、例えば1以上20以下であってよく、好ましくは2以上10以下である。ノニオン性表面修飾剤を構成する含窒素化合物はアミノ基を有してよく、含硫黄化合物はチオール基を有してよく、含酸素化合物は水酸基を有してよい。ノニオン性表面修飾剤の具体例としては、メトキシトリエチレンオキシエタンチオール、メトキシヘキサエチレンオキシエタンチオール等が挙げられる。
- [0046] 炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含窒素化合物としてはアミン類、アミド類等が挙げられる。炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含硫黄化合物としてはチオール類等が挙げられる。炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含酸素化合物としてはカルボン酸類、アルコール類、エーテル類、アルデヒド類、ケトン類などが挙げられる。炭素数4以上20以下の炭化水素基を有する含リン化合物としては、例えば、トリアルキルホスフィン、トリアリールホスフィン、トリアルキルホスフィンオキシド、トリアリールホスフィンオキシド等が挙げられる。
- [0047] 第2族元素、第12族元素及び第13族元素からなる群から選択される少なくとも1種を含むハロゲン化物としては、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化亜鉛、塩化カドミウム、塩化アルミニウム、塩化ガリウム等が挙げられる。
- [0048] 波長変換層に含まれる量子ドットは、475nm以上560nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有する第1量子ドット及び600nm以上680nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有する第2量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。量子ドットは、第1量子ドットの少なくとも1種及び第2量子ドットの少なくとも1種を含んでいても

よい。第1量子ドットは、例えばペロブスカイト系量子ドット、リン化インジウム系量子ドット及び第1態様のカルコパイライト系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。好ましくは、第1量子ドットは、ペロブスカイト系量子ドット及び第1態様のカルコパイライト系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。また第2量子ドットは、例えばペロブスカイト系量子ドット、第2態様のカルコパイライト系量子ドット及びリン化インジウム系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。好ましくは、第2量子ドットは、第2態様のカルコパイライト系量子ドット及びリン化インジウム系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。波長変換層が、第1量子ドットと第2量子ドットを含むことで、波長変換層に例えば420nm以上460nm以下の波長を有する青色光が照射されると、第1量子ドット及び第2量子ドットからそれぞれ緑色光及び赤色光が射出される。その結果、第1量子ドット及び第2量子ドットから射出される緑色光及び赤色光と、波長変換層を透過する青色光の混色により、白色光が得られる。

[0049] 積層体を構成する波長変換層は1層であってもよく、2層以上であってもよい。例えば、波長変換層が2層である場合は、一方の波長変換層が第1量子ドットを含み、他方の波長変換層が第2量子ドットを含んでいてよい。波長変換層は、例えば、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットと赤色光を発するカルコパイライト系量子ドットとを含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットと赤色光を発するリン化インジウム系量子ドットとを含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットと赤色光を発するリン化インジウム系量子ドットとを含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットと赤色光を発するカルコパイライト系量子ドットとを含んでいてよい。また、波長変換層は、例えば、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するカルコパイライト系量子ドットを含む

層と、を含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するリン化インジウム系量子ドットを含む層と、を含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するリン化インジウム系量子ドットを含む層と、を含んでいてよい。波長変換層は、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するカルコパイライト系量子ドットを含む層と、を含んでいてよい。

[0050] 波長変換層は、量子ドットに加えて必要に応じて量子ドット以外の発光材料として蛍光体の少なくとも1種を含んでいてもよい。蛍光体としては例えば、アルミニウムガーネット等のガーネット系蛍光体を用いることができる。ガーネット系蛍光体としては、セリウムで賦活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体、セリウムで賦活されたルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体が挙げられる。ガーネット系蛍光体の他に、ユウロピウム及び／又はクロムで賦活された窒素含有アルミノ珪酸カルシウム系蛍光体、ユウロピウムで賦活されたシリケート系蛍光体、 β -SiAlON系蛍光体、CASN系又はSCASN系等の窒化物系蛍光体、 $L_nSi_3N_{11}$ 系又は $L_nSiAlON$ 系等の希土類窒化物系蛍光体、 $BaSi_2O_2N_2:Eu$ 系又は $Ba_3Si_6O_{12}N_2:Eu$ 系等の酸窒化物系蛍光体、CaS系、 $SrGa_2S_4$ 系、ZnS系等の硫化物系蛍光体、クロロシリケート系蛍光体、 $SrLiAl_3N_4:Eu$ 蛍光体、 $SrMg_3SiN_4:Eu$ 蛍光体、マンガンを賦活されたフッ化物錯体蛍光体としての $K_2SiF_6:Mn$ 蛍光体及び $K_2(Si, Al)F_6:Mn$ 蛍光体（例えば、 $K_2Si_{0.99}Al_{0.01}F_{5.99}:Mn$ ）などを用いることができる。本明細書において、蛍光体の組成を表す式中、カンマ（,）で区切られて記載されている複数の元素は、これらの複数の元素のうち少なくとも1種の元素を組成中に含有することを意味する。また、蛍光体の組成を表す式中、コロンの（:）の前は母体結晶を表し、コロンの（:）の後は賦活元素を表す。

[0051] 波長変換層は、例えば、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットと

赤色光を発するマンガンを賦活されたフッ化物錯体蛍光体とを含んでいてよく、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットと赤色光を発するマンガンを賦活されたフッ化物錯体蛍光体とを含んでいてよい。また、波長変換層は、緑色光を発するカルコパイライト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するマンガンを賦活されたフッ化物錯体蛍光体を含む層と、を含んでいてよい。さらに波長変換層は、緑色光を発するペロブスカイト系量子ドットを含む層と、赤色光を発するマンガンを賦活されたフッ化物錯体蛍光体を含む層と、を含んでいてよい。

[0052] 波長変換層は、量子ドットに加えて硬化樹脂を含んでいてもよい。硬化樹脂は、後述する光硬化性組成物の硬化物であってよい。波長変換層に含まれる量子ドットの含有率は、硬化樹脂の全量に対して、例えば、0.01質量%以上1.0質量%以下であってよく、好ましくは0.05質量%以上0.5質量%以下、又は0.1質量%以上0.5質量%以下であってよい。量子ドットの含有率が0.01質量%以上であると、光を照射する際に十分な発光強度が得られる傾向にあり、量子ドットの含有率が1.0質量%以下であると、量子ドットの凝集が抑えられ、色ムラが抑制される傾向にある。

[0053] 硬化樹脂を形成する光硬化性組成物は、例えば（メタ）アクリル化合物を含んでいてよい。（メタ）アクリル化合物は、1分子中に1個の（メタ）アクリロイル基を有する単官能（メタ）アクリル化合物であってもよく、1分子中に2個以上の（メタ）アクリロイル基を有する多官能（メタ）アクリル化合物であってもよい。（メタ）アクリル化合物としては、1種類を単独で用いてもよく、2種類以上を併用してもよく、単官能（メタ）アクリル化合物及び多官能（メタ）アクリル化合物を併用してもよい。ここで（メタ）アクリル化合物とは、アクリル化合物、メタクリル化合物及びこれらの混合物を包含し、類似の表記においても同様である。

[0054] 単官能（メタ）アクリル化合物の具体例としては、（メタ）アクリル酸；メチル（メタ）アクリレート、ブチル（メタ）アクリレート、イソブチル（メタ）アクリレート、2-エチルヘキシル（メタ）アクリレート、イソノニ

ル（メタ）アクリレート、オクチル（メタ）アクリレート、ラウリル（メタ）アクリレート、ステアリル（メタ）アクリレート等のアルキル基の炭素数が1から18であるアルキル（メタ）アクリレート；ベンジル（メタ）アクリレート、フェノキシエチル（メタ）アクリレート等の芳香環を有する（メタ）アクリレート化合物；N，N－ジメチルアミノエチル（メタ）アクリレート等のアミノアルキル（メタ）アクリレート；シクロヘキシル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート、イソボルニル（メタ）アクリレート、メチレンオキシド付加シクロデカトリエン（メタ）アクリレート等の脂環式基を有する（メタ）アクリレート化合物；（メタ）アクリロイルモルホリン等の複素環基を有する（メタ）アクリレート化合物；ヘプタデカフルオロデシル（メタ）アクリレート等のフッ化アルキル（メタ）アクリレート；2－ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、3－ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、4－ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート等の水酸基を有する（メタ）アクリレート化合物；2－（2－（メタ）アクリロイルオキシエチルオキシ）エチルイソシアネート、2－（メタ）アクリロイルオキシエチルイソシアネート等のイソシアネート基を有する（メタ）アクリレート化合物；（メタ）アクリルアミド、N，N－ジメチル（メタ）アクリルアミド、N－イソプロピル（メタ）アクリルアミド、N，N－ジメチルアミノプロピル（メタ）アクリルアミド、N，N－ジエチル（メタ）アクリルアミド、2－ヒドロキシエチル（メタ）アクリルアミド等の（メタ）アクリルアミド化合物；などが挙げられる。

[0055] 多官能（メタ）アクリル化合物としては、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性の点からは、分子内に2個から4個の（メタ）アクリロイル基を有する化合物であることが好ましく、分子内に3個の（メタ）アクリロイル基を有する化合物であることがより好ましい。

[0056] 多官能（メタ）アクリル化合物の具体例としては、1，4－ブタンジオールジ（メタ）アクリレート、1，6－ヘキサンジオールジ（メタ）アクリレート、1，9－ノナンジオールジ（メタ）アクリレート等のアルキレングリ

コールジ（メタ）アクリレート；トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、トリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレートトリ（メタ）アクリレート等のトリ（メタ）アクリレート化合物；トリメチロールプロパントトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート等のテトラ（メタ）アクリレート化合物；などが挙げられる。

[0057] （メタ）アクリル化合物としては、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性をより向上させる点からは、脂環式基を有する単官能（メタ）アクリレート化合物を含んでいてもよく、イソボルニル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート等を含んでいてもよく、好ましくはイソボルニル（メタ）アクリレートを含んでいてもよい。

[0058] 光硬化性組成物中の（メタ）アクリル化合物の含有率は、光硬化性組成物の全量に対して、例えば、10質量%以上50質量%以下であってもよく、好ましくは15質量%以上45質量%以下、又は20質量%以上40質量%以下であってもよい。（メタ）アクリル化合物の含有率が10質量%以上であると、光硬化性組成物の保存安定性及び硬化物の密着性がより向上する傾向にあり、（メタ）アクリル化合物の含有率が50質量%以下であると、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性がより向上する傾向にある。

[0059] 光硬化性組成物は、例えば（メタ）アリル化合物を含んでいてよい。（メタ）アリル化合物は、1分子中に1個の（メタ）アリル基を有する単官能（メタ）アリル化合物であってもよく、1分子中に2個以上の（メタ）アリル基を有する多官能（メタ）アリル化合物であってもよい。（メタ）アリル化合物としては、1種類を単独で用いてもよく、2種類以上を併用してもよく、単官能（メタ）アリル化合物及び多官能（メタ）アリル化合物を併用してもよい。硬化物の密着性をより向上させる点からは、（メタ）アリル化合物は、多官能（メタ）アリル化合物を含むことが好ましい。（メタ）アリル化合物の全量に対する多官能（メタ）アリル化合物の割合は、例えば、80質量%以上であってよく、好ましくは90質量%以上、又は100質量%であってよい。

- [0060] 単官能（メタ）アリル化合物の具体例としては、（メタ）アリルアセテート、（メタ）アリルプロピオネート、（メタ）アリルベンゾエート、（メタ）アリルフェニルアセテート、（メタ）アリルフェノキシアセテート、（メタ）アリルメチルエーテル、（メタ）アリルグリシジルエーテル等が挙げられる。
- [0061] 多官能（メタ）アリル化合物としては、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性の点からは、分子内に2から4の（メタ）アリル基を有する化合物であることが好ましく、分子内に3の（メタ）アリル基を有する化合物であることがより好ましい。
- [0062] 多官能（メタ）アリル化合物の具体例としては、シクロヘキサンジカルボン酸ジ（メタ）アリル、ジ（メタ）アリルマレエート、ジ（メタ）アリルアジペート、ジ（メタ）アリルフタレート、ジ（メタ）アリルイソフタレート、ジ（メタ）アリルテレフタレート、グリセリンジ（メタ）アリルエーテル、トリメチロールプロパンジ（メタ）アリルエーテル、ペンタエリスリトールジ（メタ）アリルエーテル、1, 3-ジ（メタ）アリル-5-グリシジリソシアヌレート、トリ（メタ）アリルシアヌレート、トリ（メタ）アリルイソシアヌレート、トリ（メタ）アリルトリメリテート、テトラ（メタ）アリルピロメリテート、1, 3, 4, 6-テトラ（メタ）アリルグリコールウリル、1, 3, 4, 6-テトラ（メタ）アリル-3a-メチルグリコールウリル、1, 3, 4, 6-テトラ（メタ）アリル-3a, 6a-ジメチルグリコールウリル等が挙げられる。中でも、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性の点から、トリ（メタ）アリルシアヌレート、トリ（メタ）アリルイソシアヌレート、ジ（メタ）アリルフタレート、ジ（メタ）アリルイソフタレート、ジ（メタ）アリルテレフタレート及びシクロヘキサンジカルボン酸ジ（メタ）アリルからなる群から選択される少なくとも1種を含むことが好ましく、トリ（メタ）アリルイソシアヌレートがより好ましい。
- [0063] 硬化性組成物中の（メタ）アリル化合物の含有率は、硬化性組成物の全量に対して、例えば1質量%以上30質量%以下であってよく、好ましくは5

質量%以上20質量%以下、又は10質量%以上15質量%以下であってよい。(メタ)アリル化合物の含有率が1質量%以上であると、硬化物の耐熱性及び耐湿熱性がより向上する傾向にあり、(メタ)アリル化合物の含有率が30質量%以下であると、硬化物の密着性がより向上する傾向にある。

[0064] 光硬化性組成物は、アルキレンオキシ基及び重合性反応基を有するアルキレンオキシ基含有化合物を含むことが好ましい。これにより、粘度が高い硬化性組成物を調製しやすい傾向にあり、各成分の混合物を攪拌して樹脂成分と分散質のエマルジョンである硬化性組成物を準備する際、凝集による分散質の合一が抑制される傾向にある。この結果、分散質の高い分散性が維持され、波長変換部材の発光強度に優れる傾向にある。

[0065] アルキレンオキシ基含有化合物は、エステル基を有することが好ましい。これにより、変性シリコン等の分散質の分散性が高まる傾向にある。アルキレンオキシ基含有化合物は、エステル基を1個以上有していればよく、2個以上有していることが好ましい。

[0066] アルキレンオキシ基含有化合物は、重合性反応基を2個以上有することが好ましく、重合性反応基を2個有することがより好ましい。重合性反応基を2個以上有することにより、硬化物の密着性、耐熱性、及び耐湿熱性をより向上させることができる傾向にある。重合性反応基としては、エチレン性二重結合を有する官能基が挙げられ、より具体的には、(メタ)アクリロイル基等が挙げられる。

[0067] アルキレンオキシ基としては、アルキレンオキシ基含有化合物の粘度を高くすることにより高粘度の硬化性組成物をより調製しやすい点から、炭素数が2からのアルキレンオキシ基が好ましく、炭素数が2又は3のアルキレンオキシ基がより好ましく、炭素数が2のアルキレンオキシ基がさらに好ましい。アルキレンオキシ基含有化合物は、1種のアルキレンオキシ基を有していてもよく、2種以上のアルキレンオキシ基を有していてもよい。

[0068] アルキレンオキシ基含有化合物は、複数個のアルキレンオキシ基を含むポリアルキレンオキシ基を有するポリアルキレンオキシ基含有化合物であって

もよい。

[0069] アルキレンオキシ基含有化合物は、2以上30以下のアルキレンオキシ基を有してよく、好ましくは2以上20以下、3以上10以下、又は3以上5以下のアルキレンオキシ基を有してよい。

[0070] アルキレンオキシ基含有化合物は、ビスフェノール構造を有することが好ましい。これにより、耐湿熱性に優れる傾向にある。ビスフェノール構造としては、例えば、ビスフェノールA構造及びビスフェノールF構造が挙げられ、中でも、ビスフェノールA構造が好ましい。

[0071] アルキレンオキシ基含有化合物の具体例としては、ブトキシエチル（メタ）アクリレート等のアルコキシアルキル（メタ）アクリレート；ジエチレングリコールモノエチルエーテル（メタ）アクリレート、トリエチレングリコールモノブチルエーテル（メタ）アクリレート、テトラエチレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、ヘキサエチレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、オクタエチレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、ノナエチレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、ヘプタプロピレングリコールモノメチルエーテル（メタ）アクリレート、テトラエチレングリコールモノエチルエーテル（メタ）アクリレート等のポリアルキレングリコールモノアルキルエーテル（メタ）アクリレート；ヘキサエチレングリコールモノフェニルエーテル（メタ）アクリレート等のポリアルキレングリコールモノアリアルエーテル（メタ）アクリレート；テトラヒドロフルフリル（メタ）アクリレート等の複素環を有する（メタ）アクリレート化合物；トリエチレングリコールモノ（メタ）アクリレート、テトラエチレングリコールモノ（メタ）アクリレート、ヘキサエチレングリコールモノ（メタ）アクリレート、オクタプロピレングリコールモノ（メタ）アクリレート等の水酸基を有する（メタ）アクリレート化合物；グリシジル（メタ）アクリレート等のグリシジル基を有する（メタ）アクリレート化合物；ポリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ポリ

プロピレングリコールジ（メタ）アクリレート等のポリアルキレングリコールジ（メタ）アクリレート；エチレンオキシド付加トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート等のトリ（メタ）アクリレート化合物；エチレンオキシド付加ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート等のテトラ（メタ）アクリレート化合物；エトキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレート、プロポキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレート、プロポキシ化エトキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレート等のビスフェノール型ジ（メタ）アクリレート化合物；などが挙げられる。アルキレンオキシ基含有化合物としては、中でも、エトキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレート、プロポキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレート及びプロポキシ化エトキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレートが好ましく、エトキシ化ビスフェノールA型ジ（メタ）アクリレートがより好ましい。アルキレンオキシ基含有化合物は、1種類を単独で用いてもよく、2種類以上を併用してもよい。

[0072] 光硬化性組成物がアルキレンオキシ基含有化合物を含む場合、光硬化性組成物中のアルキレンオキシ基含有化合物の含有率は、光硬化性組成物の全量に対して、例えば0.5質量%以上10質量%以下であってよく、好ましくは1質量%以上8質量%以下、又は1.5質量%以上5質量%以下であってよい。アルキレンオキシ基含有化合物の含有率が0.5質量%以上であると、光硬化性組成物が高粘度化しやすくなる傾向にあり、アルキレンオキシ基含有化合物の含有率が10質量%以下であると、光硬化性組成物の粘度が高くなり過ぎず、波長変換部材の製造効率に優れる傾向にある。

[0073] 光硬化性組成物は、光重合開始剤の少なくとも1種を含んでいてよい。光重合開始剤としては、例えば、紫外線等の活性エネルギー線の照射によりラジカルを発生する化合物が挙げられる。

[0074] 光重合開始剤の具体例としては、ベンゾフェノン、N，N'－テトラアルキル－4，4'－ジアミノベンゾフェノン、2－ベンジル－2－ジメチルアミノ－1－（4－モルホリノフェニル）－ブタン－1－オン、2－メチル－

1- [4- (メチルチオ) フェニル] -2-モルホリノープロパン-1-オン、4, 4'-ビス (ジメチルアミノ) ベンゾフェノン (「ミヒラーケトン」とも称される)、4, 4'-ビス (ジエチルアミノ) ベンゾフェノン、4-メトキシ-4'-ジメチルアミノベンゾフェノン、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、1- (4-イソプロピルフェニル) 2-ヒドロキシ-2-メチルプロパン-1-オン、1- (4- (2-ヒドロキシエトキシ) -フェニル) -2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン等の芳香族ケトン化合物；アルキルアントラキノン、フェナントレンキノン等のキノン化合物；ベンゾイン、アルキルベンゾイン等のベンゾイン化合物；ベンゾインアルキルエーテル、ベンゾインフェニルエーテル等のベンゾインエーテル化合物；ベンジルジメチルケタール等のベンジル誘導体；2- (o-クロロフェニル) -4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2- (o-クロロフェニル) -4, 5-ジ (m-メトキシフェニル) イミダゾール二量体、2- (o-フルオロフェニル) -4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2- (o-メトキシフェニル) -4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2, 4-ジ (p-メトキシフェニル) -5-フェニルイミダゾール二量体、2- (2, 4-ジメトキシフェニル) -4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体等の2, 4, 5-トリアリールイミダゾール二量体；9-フェニルアクリジン、1, 7- (9, 9'-アクリジニル) ヘプタン等のアクリジン誘導体；1, 2-オクタンジオン1- [4- (フェニルチオ) -2- (O-ベンゾイルオキシム)]、エタノン1- [9-エチル-6- (2-メチルベンゾイル) -9H-カルバゾール-3-イル] -1- (O-アセチルオキシム) 等のオキシムエステル化合物；7-ジエチルアミノ-4-メチルクマリン等のクマリン化合物；2, 4-ジエチルチオキサントン等のチオキサントン化合物；2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキシド、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルフェニルエトキシホスフィンオキシド等のアシルホスフィンオキシド化合物；などが挙げられる。光重合開始剤は

1 種類を単独で用いてもよく、2 種類以上を併用してもよい。

[0075] 光重合開始剤としては、硬化性の点から、アシルホスフィンオキサイド化合物、芳香族ケトン化合物、及びオキシムエステル化合物からなる群より選択される少なくとも1 種が好ましく、アシルホスフィンオキサイド化合物及び芳香族ケトン化合物からなる群より選択される少なくとも1 種がより好ましく、アシルホスフィンオキサイド化合物がさらに好ましい。

[0076] 光硬化性組成物中の光重合開始剤の含有率は、光硬化性組成物の全量に対して、例えば0.1 質量%以上5 質量%以下であってよく、好ましくは0.1 質量%以上3 質量%以下、又は0.5 質量%以上1.5 質量%以下であってよい。光重合開始剤の含有率が0.1 質量%以上であると、光硬化性組成物の感度が充分なものとなる傾向にあり、光重合開始剤の含有率が5 質量%以下であると、光硬化性組成物の色相への影響及び保存安定性の低下が抑えられる傾向にある。

[0077] 硬化性組成物は、液状媒体を含んでいてもよい。液状媒体とは、室温（25℃）において液体の状態の媒体をいう。液状媒体としては、ケトン溶剤、エーテル溶剤、カーボネート溶剤、エステル溶剤、非プロトン性極性溶剤、アルコール溶剤、グリコールモノエーテル溶剤、芳香族炭化水素溶剤、テルペン溶剤、飽和脂肪族モノカルボン酸、不飽和脂肪族モノカルボン酸などが挙げられる。硬化性組成物は、1 種類の液状媒体を単独で含んでいてもよく、2 種類以上の液状媒体を含んでいてもよい。

[0078] 光硬化性組成物が液状媒体を含む場合、光硬化性組成物中の液状媒体の含有率は、光硬化性組成物の全量に対して、例えば、1 質量%以上10 質量%以下であってよく、好ましくは4 質量%以上10 質量%以下、又は4 質量%以上7 質量%以下であってよい。

[0079] 光硬化性組成物は、必要に応じて、重合禁止剤、シランカップリング剤、界面活性剤、密着性付与剤、酸化防止剤等のその他の成分を含んでいてもよい。光硬化性組成物は、その他の成分のそれぞれについて、1 種類を単独で含んでいてもよく、2 種類以上を含んでいてもよい。

- [0080] 光硬化性組成物は、量子ドットを更に含んでいてよい。量子ドットを含む光硬化性組成物は、例えば、量子ドット、（メタ）アクリル化合物、アルキレンオキシ基含有化合物、光重合開始剤及び必要に応じて前述した成分を常法により混合することで調製することができる。量子ドットは、例えば脂環式基を有する単官能（メタ）アクリレート化合物及び液状媒体に分散させた量子ドット分散液の状態で混合することが好ましい。
- [0081] 波長変換層は、量子ドットを含む光硬化性組成物を硬化させることで形成することができる。具体的には、例えば2つのバリア層の間に量子ドットを含む光硬化性組成物を付与し、照射により光硬化性組成物を硬化させて、量子ドットと硬化樹脂とを含む波長変換層を形成することができる。
- [0082] 波長変換層を形成する際に照射する光の波長及び照射量は、光硬化性組成物の組成に応じて適宜設定することができる。一態様では、280 nm以上400 nm以下の波長の紫外線を100 mJ/cm²以上5000 mJ/cm²以下の照射量で照射する。紫外線源としては、低圧水銀灯、中圧水銀灯、高圧水銀灯、超高圧水銀灯、カーボンアーク灯、メタルハライドランプ、キセノンランプ、ケミカルランプ、ブラックライトランプ、マイクロウェーブ励起水銀灯、紫外線発光ダイオード（UV-LED）等が挙げられる。
- [0083] 波長変換層は、互いに対向する2つ主面と主面の外縁を包囲する端面とを有するフィルム状に形成されてよい。波長変換層がフィルム状である場合、端面の高さに対応する波長変換層の平均厚みは、例えば30 μm以上200 μm以下であってよく、好ましくは30 μm以上150 μm以下、又は80 μm以上120 μm以下であってよい。平均厚みが30 μm以上であると、波長変換効率がより向上する傾向にあり、平均厚みが200 μm以下であると、バックライトユニットに適用した場合に、バックライトユニットをより薄型化できる傾向にある。フィルム状の硬化物の平均厚みは、例えば、反射分光膜厚計等を用いて測定した任意の3箇所の厚みの算術平均値として求められる。
- [0084] 波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上には、それぞれバリア層が積

層されて積層体を構成する。バリア層は、量子ドットの発光効率の低下を抑える点から、無機層を有するバリアフィルム等を用いることができる。

[0085] バリア層の平均厚みは、例えば $20\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $20\mu\text{m}$ 以上 $120\mu\text{m}$ 以下、又は $25\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であってよい。平均厚みが $20\mu\text{m}$ 以上であると、バリア性等の機能が十分なものとなる傾向にあり、平均厚みが $150\mu\text{m}$ 以下であると、光透過率の低下が抑えられる傾向にある。バリア層の平均厚みは、フィルム状の波長変換層と同様にして求められる。

[0086] バリア層は、酸素に対するバリア性を有することが好ましい。バリア層の酸素透過率は、例えば $0.5\text{ mL}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{ h} \cdot \text{atm})$ 以下であってよく、好ましくは $0.3\text{ mL}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{ h} \cdot \text{atm})$ 以下、又は $0.1\text{ mL}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{ h} \cdot \text{atm})$ 以下であってよい。バリア層の酸素透過率は、酸素透過率測定装置（例えば、MOC ON社、OX-TRAN）を用いて、温度 23°C かつ相対湿度 65% の条件で測定することができる。

[0087] バリア層を構成する無機層を有するバリアフィルムは、例えば基材フィルムと基材フィルムの少なくとも一方の主面上に設けられる無機層とを有してよい。また例えば、バリア層は、2つの基材フィルムと、2つの基材フィルムの間に配置される無機層を含む積層フィルムであってもよい。基材フィルムの構成材料としては、例えば、ポリエステル（例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート）、セルローストリアセテート、セルロースジアセテート、セルロースアセテートブチレート、ポリアミド、ポリイミド、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリプロピレン、ポリメチルペンテン、ポリ塩化ビニル、ポリビニルアセタール、ポリエーテルケトン、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネート、ポリウレタン等の熱可塑性樹脂が挙げられる。基材フィルムの構成材料としては、好ましくは、ポリエステル、セルローストリアセテートが挙げられる。

[0088] 上記基材フィルムの平均厚みは、例えば $10\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $20\mu\text{m}$ 以上 $125\mu\text{m}$ 以下であってよい。基材フィ

ルムの平均厚みが、 $10\mu\text{m}$ 以上であると、波長変換部材のアッセンブリ、取扱い時における皺、折れの発生が効果的に抑制される。また $150\mu\text{m}$ 以下であれば、画像表示装置の軽量化及び薄膜化に資することができる。

[0089] 基材フィルムは、単一のフィルムから構成されていてもよく、複数のフィルムから構成される積層フィルムであってもよい。このような積層フィルムは、用途に応じて、同種の構成原料のフィルムからなる複数の層から構成されていてもよく、異なる種類の構成原料のフィルムからなる複数の層から構成されていてもよい。

[0090] 無機層は、例えば、酸化物、窒化物、酸窒化物、炭化物等の無機化合物からなる膜であってよい。具体的には、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化インジウムスズ（ITO）等の金属酸化物；窒化アルミニウム等の金属窒化物、炭化アルミニウム等の金属炭化物、酸化ケイ素、酸化窒化ケイ素、酸炭化ケイ素、酸化窒化炭化ケイ素等のケイ素酸化物；窒化ケイ素、窒化炭化ケイ素等のケイ素窒化物；炭化ケイ素等のケイ素炭化物；これらの水素化物などを挙げることができる。無機層は1種の無機化合物から構成されていてもよく、2種以上の無機化合物から構成されていてもよい。

[0091] 無機層の平均厚みは、例えば 10nm 以上 200nm 以下であってよく、好ましくは 10nm 以上 100nm 以下、又は 15nm 以上 75nm 以下であってよい。

[0092] 無機層は、形成材料に応じて公知の方法で形成すればよい。具体的には、CCP-CVD、ICP-CVD等のプラズマCVD法、マグネトロンスパッタリング、反応性スパッタリング等のスパッタリング法、真空蒸着法、気相堆積法などを挙げることができる。

[0093] 積層体を構成するバリア層は、その端面の少なくとも一部に第1改質部を有してよい。第1改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基、カルボニル基等からなる群から選択される少なくとも1種の含酸素官能基（以下、単に官能基ともいう）を有してよい。第1改質部が表面に有する

官能基は例えば、第1改質部の表面における赤外吸収スペクトルを測定することでその存在を同定することができる。赤外吸収スペクトルは、例えば、フーリエ変換赤外分光装置（例えば、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製）を用いて減衰全反射（ATR）法で測定することができる。具体的には、カルボニル基は、C O伸縮振動に帰属されるピーク（例えば、波数 1725 cm^{-1} ）を検出することで、その存在を同定することができる。またヒドロキシ基は、O H伸縮振動に帰属されるピーク（例えば、波数 3300 cm^{-1} ）を検出することで、その存在を同定することができる。なお、第1改質部は例えば、バリア層にエネルギーを付与することで形成することができる。

[0094] 第1改質部における官能基の含有量は、例えば、第1改質部の表面における赤外吸収スペクトルを測定することで評価することができる。具体的には例えば、C H伸縮振動に帰属されるピーク（例えば、波数 2957 cm^{-1} ）の強度 I^1_{CH} を基準にして、C O伸縮振動に帰属されるピークの強度 I^1_{CO} の比（ $I^1_{\text{CO}}/I^1_{\text{CH}}$ ）、及びO H伸縮振動に帰属されるピークの強度 I^1_{OH} の比（ $I^1_{\text{OH}}/I^1_{\text{CH}}$ ）をそれぞれ算出することで、それぞれの官能基の含有量を評価することができる。第1改質部の表面における比（ $I^1_{\text{CO}}/I^1_{\text{CH}}$ ）は例えば0.1以上30以下であってよく、好ましくは0.5以上、1以上、5以上、7以上、又は9以上であってよく、また好ましくは20以下、15以下、14以下、12以下、又は11以下であってよい。また、第1改質部の表面における比（ $I^1_{\text{OH}}/I^1_{\text{CH}}$ ）は例えば0.1以上10以下であってよく、好ましくは0.2以上、0.4以上、0.6以上、又は0.8以上であってよく、また好ましくは5以下、4以下、2以下、1.5以下、又は1.2以下であってよい。第1改質部の表面におけるC O伸縮振動及びO H伸縮振動に帰属されるピークの強度の比が上記の数値範囲内にあることで、外気等に含まれる水分の成分が第1改質部の表面におけるC O基及びO H基と結合されやすくなる。これにより、外気等に含まれる水分の成分が波長変換部材の内部に侵入することを効果的に抑制することが可能となる。

- [0095] バリア層はその端面に第1改質部を有し、第1改質部以外の領域は改質されていない非改質部となっている。非改質部は例えば、第1改質部を形成するエネルギーが付与されていない領域であってよい。バリア層の改質されていない領域である非改質部（第1非改質部ともいう）における官能基の含有量は、第1改質部における官能基の含有量よりも少なくなっていてよい。すなわち、非改質部における官能基の含有量に対する第1改質部における官能基の含有量の比は1より大きくてよい。非改質部はバリア層の端面からバリア層の主面に平行な方向に所定の距離だけ離れた領域であってよく、例えば端面から5 mm以上、好ましくは10 mm以上、又は20 mm以上離れた領域であってよい。また、非改質部は、後述する製造方法においてレーザー光を用いて個片化した積層体を形成する前のバリア層の端面であってもよい。なお、第1改質部はバリア層の端面からバリア層の主面に平行な方向に10 μ m以内、好ましくは9 μ m以内の距離にある領域であってよい。
- [0096] 第1改質部および第1非改質部における官能基の含有量は上述のように赤外吸収スペクトルを測定することで評価できる。従って、赤外吸収スペクトルにおいて、第1非改質部におけるヒドロキシ基に対応するピーク強度に対する第1改質部におけるヒドロキシ基に対応するピーク強度の比は1より大きくてよく、好ましくは1.03以上、1.05以上、又は1.1以上であってよく、20以下、10以下、5以下、2以下、又は1.2以下であってよい。また、赤外吸収スペクトルにおいて、第1非改質部におけるカルボニル基に対応するピーク強度に対する第1改質部におけるカルボニル基に対応するピーク強度の比は、1より大きくてよく、好ましくは1.1以上、1.2以上、又は1.25以上であってよく、20以下、10以下、5以下、2以下、又は1.5以下であってよい。ここで、ヒドロキシ基に対応するピーク強度は、上述のようにC-H伸縮振動に帰属されるピーク強度を基準にしたO-H伸縮振動に帰属されるピークの強度比であってよく、カルボニル基に対応するピーク強度は、C-H伸縮振動に帰属されるピーク強度を基準にしたC=O伸縮振動に帰属されるピークの強度比であってよい。

[0097] 第1改質部は、例えばバリア層を構成する熱可塑性樹脂の熱変性物であってよい。後述する波長変換部材の製造方法のように、レーザー光を用いて積層体の端面を形成することで、バリア層を構成する熱可塑性樹脂が熱変性して第1改質部が形成され则认为られる。第1改質部はバリア層の端面の少なくとも一部に形成されていればよく、バリア層の端面全体に形成されていてもよい。

[0098] 積層体を構成する波長変換層は、その端面の少なくとも一部に第2改質部を有してよい。第2改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基、カルボニル基等からなる群から選択される少なくとも1種の含酸素官能基（以下、単に官能基ともいう）を有してよい。第2改質部が表面に有する官能基は例えば、第1改質部の表面と同様に、第2改質部の表面における赤外線吸収スペクトルを測定することでその存在を同定することができる。なお、第2改質部は例えば、波長変換層にエネルギーを付与することで形成することができる。

[0099] 第2改質部における官能基の含有量は、例えば、第2改質部の表面における赤外線吸収スペクトルを測定することで評価することができる。具体的には例えば、C-H伸縮振動に帰属されるピーク（例えば、波数 2957 cm^{-1} ）の強度 I^2_{CH} を基準にして、C-O伸縮振動に帰属されるピークの強度 I^2_{CO} の比（ $I^2_{\text{CO}}/I^2_{\text{CH}}$ ）、O-H伸縮振動に帰属されるピークの強度 I^2_{OH} の比（ $I^2_{\text{OH}}/I^2_{\text{CH}}$ ）をそれぞれ算出することで、それぞれの官能基の含有量を評価することができる。第2改質部の表面における比（ $I^2_{\text{CO}}/I^2_{\text{CH}}$ ）は例えば0.1以上3.0以下であってよく、好ましくは0.2以上、0.4以上、0.8以上、1以上、又は1.2以上であってよく、また好ましくは1.5以下、1.0以下、0.6以下、0.4以下、又は0.2以下であってよい。また、第2改質部の表面における比（ $I^2_{\text{OH}}/I^2_{\text{CH}}$ ）は例えば0.1以上1.0以下であってよく、好ましくは0.2以上、又は0.3以上であってよく、また好ましくは0.5以下、0.4以下、0.3以下、0.2以下、0.1以下、0.8以下、又は0.6以下であってよい。第2改質部の表面におけるC-O伸縮振動及びO-H伸縮振動

に帰属されるピークの強度比が上記の数値範囲内にあることで、外気等に含まれる水分の成分が第2改質部の表面におけるC O基及びO H基と結合されやすくなる。これにより、外気等に含まれる水分の成分が波長変換部材の内部に侵入することを効果的に抑制することが可能となると考えられる。

[0100] 波長変換層はその端面に第2改質部を有し、第2改質部以外の領域は改質されていない非改質部となっている。非改質部は例えば、第2改質部を形成するエネルギーが付与されていない領域であってよい。波長変換層の改質されていない領域である非改質部（第2非改質部ともいう）における官能基の含有量は、第2改質部における官能基の含有量よりも少なくなっていてよい。すなわち、非改質部における官能基の含有量に対する第2改質部における官能基の含有量の比は1より大きくてよい。第2非改質部は波長変換層の端面から波長変換層の主面に平行な方向に所定の距離だけ離れた領域であってよく、例えば、端面から5 mm以上、好ましくは10 mm以上、又は20 mm以上離れた領域であってよい。また、第2非改質部は、後述する製造方法においてレーザー光を用いて個片化した積層体を形成する前の波長変換層の端面であってもよい。なお、第2改質部は波長変換層の端面から波長変換層の主面に平行な方向に10 μ m以内、好ましくは9 μ m以内の距離にある領域であってよい。

[0101] 第2改質部および第2非改質部における官能基の含有量は上述のように赤外吸収スペクトルを測定することで評価できる。従って、赤外吸収スペクトルにおいて、第2非改質部におけるヒドロキシ基に対応するピーク強度に対する第2改質部におけるヒドロキシ基に対応するピーク強度の比は1より大きくてよく、好ましくは1.2以上、2以上、2.4以上、2.6以上、2.8以上、又は3以上であってよく、8以下、7以下、6以下、5以下、又は4以下であってよい。また、赤外吸収スペクトルにおいて、第2非改質部におけるカルボニル基に対応するピーク強度に対する第2改質部におけるカルボニル基に対応するピーク強度の比は、1より大きくてよく、好ましくは1.2以上、1.6以上、2以上、又は2.4以上であってよく、8以下、

7 以下、6 以下、5 以下、又は4 以下であってよい。ここで、ヒドロキシ基に対応するピーク強度は、上述のようにC H伸縮振動に帰属されるピーク強度を基準にしたO H伸縮振動に帰属されるピークの強度比であってよく、カルボニル基に対応するピーク強度は、C H伸縮振動に帰属されるピーク強度を基準にしたC O伸縮振動に帰属されるピークの強度比であってよい。

[0102] 第2改質部は、例えば波長変換層を構成する硬化樹脂の熱変性物であってよい。後述する波長変換部材の製造方法のように、レーザー光を用いて積層体の端面を形成することで、波長変換層を構成する硬化樹脂が熱変性して第2改質部が形成されと考えられる。第2改質部は波長変換層の端面の少なくとも一部に形成されていればよく、波長変換層の端面の全体に形成されていてもよい。

[0103] 積層体では、第2改質部の少なくとも一部が、積層体の端面において露出していてよい。積層体の端面において露出する第2改質部の平均厚みは、波長変換層の平均厚みに対して10%以上80%以下の厚みであってよく、好ましくは20%以上70%以下、又は20%以上60%以下の厚みであってよい。ここで、第2改質部の厚みは、積層体の積層方向における第2改質部の高さを意味する。また、積層体の端面において露出する第2改質部の平均厚みの波長変換層の平均厚みに対する比率は、露出している第2改質部の厚みを任意の3箇所において測定し、その測定値を波長変換層の平均厚みで除した値の算術平均の百分率として算出される。一態様において積層体の端面は、第1改質部と第2改質部と第1改質部とがこの順に積層されて形成されていてよい。

[0104] また一態様において、積層体の端面においては、第1改質部がバリア層と波長変換層の境界部の少なくとも一部を被覆していてよい。第1改質部がバリア層と波長変換層の境界部を被覆していることで、端部からの退色がより効果的に抑制される波長変換部材を構成することができる。第1改質部によって被覆される境界部の長さは、積層体の端面における境界部の全長に対して1%以上の長さであってよく、好ましくは10%以上、又は100%の長

さであってよい。

[0105] 第1改質部がバリア層と波長変換層との境界部を被覆している場合、第1改質部は波長変換層の一部を更に被覆してよい。被覆される波長変換層の一部は、第2改質部の部分であっても、改質されていない波長変換層部分であってもよい。第1改質部に被覆される波長変換層部分の被覆率は、積層体の端面の長さで波長変換層の平均厚みから算出される波長変換層の面積に対する第1改質部に被覆される波長変換層部分の面積の比率として、例えば5%以上50%以下であってよく、好ましくは5%以上30%以下、又は5%以上10%以下であってよい。

[0106] 積層体を含む波長変換部材の端部の一態様について、図面を参照して説明する。図3は、波長変換部材100の端部における断面の一態様を、積層方向に平行な断面で模式的に示す模式断面図である。波長変換部材100は、波長変換層20と、波長変換層20の2つの主面上にそれぞれ配置されるバリア層10とから構成される。波長変換部材100の端部においては、バリア層10の端部に第1改質部18が形成され、波長変換層20の端部に第2改質部28が形成される。第1改質部18には、例えば、バリア層の厚みが厚くなって形成される肥厚部16、レーザー光照射によって発生するガスによって形成される気泡部12が形成される。

[0107] 肥厚部16は、バリア層の波長変換層側とは反対側の主面が積層方向に膨張して形成されている。波長変換部材100の端部に肥厚部16が形成されていることで、端部側への水蒸気透過率をより低下させることが可能となる。積層体の端部には、積層方向及び積層方向に直交する方向からの水分の侵入経路があり、水分に晒され易い領域となるが、肥厚部16が形成されていることで水分の侵入を効果的に抑制することが可能となる。

[0108] また、第1改質部18に気泡部12が形成されていることで、例えば、波長変換部材100の端部に応力が加えられても、気泡部12に由来する緩衝作用により、波長変換層20とバリア層10との剥離等を抑制することが可能となる。波長変換部材の端部への応力は、例えば、波長変換部材の運搬時

、バックライト装置等への組み込み時に、意図されずに負荷されることがある。また、気泡部12が形成されていることで、バリア層に屈折率差が形成され、これにより波長変換部材における光の散乱性が向上する場合がある。

[0109] 波長変換部材100の端部のバリア層には、波長変換層よりも外側に突出する凸部14が形成されていてもよい。凸部14は第1改質部18の一部として形成されていてもよい。波長変換部材の端部に凸部が形成されることで、例えば波長変換部材をバックライト装置等へ組み込む際に、波長変換部材とバックライト装置等の筐体等との干渉による、波長変換層に対する直接的な応力負荷を抑制することが可能となる。これにより、波長変換層とバリア層との剥離が抑制され、波長変換層への水分等の侵入がより効果的に抑制することが可能となる。また、積層体の端面に端面被覆層を配置する際に、積層体の端面と端面被覆層との接触面積が大きくなり、端面被覆層の積層体への密着性がより向上する。

[0110] 波長変換部材は、積層体の端面を被覆する端面被覆層を更に備えていてよい。端面被覆層を備えることで、波長変換部材における端部からの退色をより効果的に抑制することができる。端面被覆層は、例えば無機材料を含んで形成されるガスバリア性を有する部材であってよい。端面被覆層は、積層体の端面からの水分、酸素等の侵入を抑制する部材であってよい。端面被覆層は、積層体の端面の少なくとも一部を被覆して配置されていればよく、好ましくは積層体の端面の全体を全周に亘って被覆して配置されてよい。

[0111] 端面被覆層は、例えば無機層として例示した、酸化物、窒化物、酸窒化物、炭化物等の無機化合物からなる膜を含んでいてよい。なかでもガスバリア性と高屈折率の観点から、ケイ素酸化物、ケイ素窒化物、ケイ素酸窒化物、ケイ素炭化物等のケイ素化合物が用いられてよい。端面被覆層は1種の無機化合物から構成されていてもよく、2種以上の無機化合物から構成されていてもよい。また、端面被覆層は、後述する水分除去剤（水分捕捉剤）、酸素除去剤（酸素捕捉剤）、酸化防止剤等からなる群から選択される少なくとも1種の機能性材料を含有する樹脂組成物からなる硬化樹脂層を含んでいても

よい。樹脂組成物は、例えば、母材としてエポキシ樹脂を含んでいてよい。

[0112] 端面被覆層が無機化合物からなる膜を含む場合、その膜の積層体の端面に垂直な方向の平均厚みは、例えば $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 以下、又は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよい。端面被覆層が硬化樹脂層を含む場合、硬化樹脂層の平均厚みは、例えば $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $1000\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよく、好ましくは $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $800\text{ }\mu\text{m}$ 以下、又は $300\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $650\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよい。端面被覆層の厚みは、例えば、積層体を上面から見たときの端面被覆層の最も外側に位置する端部と、積層体の端面と、の間の距離である。端面被覆層が硬化樹脂層を含む場合、硬化樹脂層の厚みは、波長変換部材の積層方向に沿って均一な厚みであってもよいし、一方向に向けて増加又は減少する厚みであってもよい。

[0113] 端面被覆層は、形成材料に応じて公知の方法で形成すればよい。端面被覆層が無機化合物からなる膜を含む場合、無機化合物からなる膜は、具体的には、CCP-CVD、ICP-CVD等のプラズマCVD法、マグネトロンスパッタリング、反応性スパッタリング等のスパッタリング法、真空蒸着法、気相堆積法などによって形成することができる。また、端面被覆層が硬化樹脂層を含む場合、硬化樹脂層は、所望の樹脂組成物を積層体の端面に付与した後、硬化させることで形成することができる。

[0114] 図8に、端面被覆層の一例を示す波長変換部材110の模式断面図を示す。図8に示す端面被覆層30は、エポキシ樹脂と、水分除去剤（水分捕捉剤）、酸素除去剤（酸素捕捉剤）及び酸化防止剤からなる群から選択される少なくとも1種の機能性材料とを含む樹脂組成物からなる硬化樹脂層である。図8では、端面被覆層30は、波長変換部材110の対向する端面の両側に設けられている。端面被覆層30は、波長変換部材110の外周を包囲する端面全体に設けられていてよい。波長変換部材110の端面において、端面被覆層30は、2つのバリア層10及び波長変換層20に跨って配置されており、上方に位置するバリア層10と波長変換層20との境界、及び下方に

位置するバリア層 10 と波長変換層 20 との境界を少なくとも被覆している。これにより、バリア層 10 と波長変換層 20 との境界等から水分等が侵入することをより効果的に抑制することができる。端面被覆層 30 の上端は、高さ方向において、上方に位置するバリア層 10 と波長変換層 20 との境界よりも高い位置にある。図 8 に示す端面被覆層 30 では、対向する矢印で示されるように、端面被覆層 30 の上端は、上方に位置するバリア層 10 の上面と波長変換層 20 の上面との間に位置し、上方に位置するバリア層 10 の上面に達していない。端面被覆層 30 の上端をバリア層 10 の上面から離隔させることで、端面被覆層 30 を配置する際に、端面被覆層 30 が意図せずバリア層 10 の上面に這い上がることを抑制でき、積層体の上面端部において輝度が低下することを抑制できる。また、端面被覆層 30 の下端は、下方に位置するバリア層 10 の下面と略同一面に位置している。また、端面被覆層 30 は、上方に位置するバリア層 10 の上面に対して傾きを有する傾斜面 32 を有する。傾斜面 32 は平面であってもよいし、曲面を含んでいてもよい。なお、波長変換部材が積層体の端面を被覆する端面被覆層を備えている場合、積層体の端面はレーザー光の照射により切断されて形成された面であってもよく、レーザー光の照射により切断されていない面であってもよい。好ましくは、積層体の端面はレーザー光の照射により切断されて形成された面であってよい。

[0115] 波長変換部材は、必要に応じて他の層を含む積層体を含んでいてもよい。他の層としては、例えば、ハードコート層、光学補償層、透明導電層、密着性付与層、後述する中間層等を挙げることができる。

[0116] 積層体は、波長変換層とバリア層の間に配置される中間層を含んでいてもよい。中間層は、波長変換層とバリア層の双方に対して密着性の良い部材が選択されてよい。これにより、中間層と波長変換層との境界、中間層とバリア層との境界等から水分等が侵入することを抑制することができる。中間層は、母材として例えば、波長変換層の説明で例示した硬化樹脂と同様の構成を有する硬化樹脂を含んでいてよい。

[0117] 中間層は、硬化樹脂に加えて機能性材料の少なくとも1種を更に含んでもよい。機能性材料としては、水分除去剤（水分捕捉剤）、酸素除去剤（酸素捕捉剤）、酸化防止剤等を挙げることができ、これらからなる群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。

[0118] 水分除去剤としては、例えば、酸化マグネシウム、酸化カルシウム等の第2族元素の酸化物、ハイドロタルサイト、アルミノケイ酸塩（例えば、ゼオライト）、酸化ケイ素（例えば、シリカゲル）等が挙げられる。ここで、ハイドロタルサイトは、以下の式（3）で表される組成を有する化合物であってよい。



[0119] 式（3）中、 M^3 は Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等の2価の金属イオンを示す。 M^4 は、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Co^{3+} 、 Ln^{3+} 等の3価の金属イオンを示す。 A^{n-} は OH^- 、 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 $Fe(CN)_6^{3-}$ 、 CH_3COO^- 、シュウ酸イオン、サリチル酸イオンなどの n 価のアニオンを示す。 x は、 $0 < x \leq 0.33$ を満たす。 m は正の数である。

[0120] また酸素除去剤としては、セリアジルコニア固溶体（CZ固溶体）等が挙げられる。また酸化防止剤としては、アスコルビン酸、カテキン、ジブチルヒドロキシトルエン、トコフェロール、ブチルヒドロキシアニソール等が挙げられる。

[0121] 中間層における機能性材料の含有量は、例えば硬化樹脂100質量部に対して、0.1質量部以上20質量部以下であってよく、好ましくは0.1質量部以上15質量部以下、又は0.1質量部以上2質量部以下であってよい。中間層における機能性材料の含有量を上記範囲に設定することで、外気等に含まれる水分の侵入を抑制しつつ、機能性材料に起因する波長変換部材の発光効率の低下を抑制することができる。

[0122] 中間層の厚みは、例えば10 μm 以上100 μm 以下であってよく、好ましくは20 μm 以上、又は30 μm 以上であってよく、また好ましくは70

μm 以下、又は $40\mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0123] 波長変換部材の製造方法

波長変換部材の製造方法は、量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層シートを準備する第1工程と、積層シートの主面に交差するレーザー光の照射により、積層シートを切断して個片化した積層体を得る第2工程と、を含んでいてよい。第2工程におけるレーザー光の照射は、レーザー光の周波数が 5kHz 以上 30kHz 以下であってよく、走査速度が 50mm/s 以上 100mm/s 以下であってよく、レーザー光出力が 3.4W 以上 100W 以下であってよい。

[0124] 積層シートをレーザー光の照射で切断して個片化して積層体を形成することで、積層体を含む波長変換部材における端部からの退色を抑制することができる。これは例えば、レーザー光の照射で積層シートを切断することで、積層体の端面にバリア層に由来する第1改質部と波長変換層に由来する第2改質部とが形成されるためと考えることができる。

[0125] 第1工程では、量子ドットを含む波長変換層と、波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層シートを準備する。積層シートは例えば、以下のようにして製造することができる。連続搬送されるフィルム状のバリア層（例えば、バリアフィルム）の表面に前述の光硬化性組成物を付与して第1組成物層を形成する。光硬化性組成物の付与方法としては例えば、グラビアコーティング法、ダイコーティング法、カーテンコーティング法、エクストルージョンコーティング法、ロッドコーティング法、ロールコーティング法等が挙げられる。次いで第1組成物層上にフィルム状のバリア層（例えば、バリアフィルム）を貼り合わせる。これによりバリア層、第1組成物層及びバリア層がこの順に積層された積層シート前駆体を得られる。次いで、いずれかのバリア層側から光を照射することにより、第1組成物層を硬化して波長変換層を形成して、バリア層、波長変換層及びバリア層がこの順に積層された積層シートを得られる。

このとき必要に応じて、光を照射する前に第1組成物層に乾燥処理、熱処理等を実施してもよい。なお、積層シートを構成する波長変換層及びバリア層の詳細については既述の通りである。

[0126] 第2工程では、積層シートの主面に交差するレーザー光の照射により、積層シートを切断して個片化した積層体を得る。第2工程におけるレーザー光の周波数は、例えば5 kHz以上30 kHz以下であってよく、好ましくは5 kHz以上28 kHz以下、又は5 kHz以上25 kHz以下であってよい。またレーザー光出力は、例えば3.4 W以上100 W以下であってよく、好ましくは5 W以上50 W以下、又は5 W以上30 W以下であってよい。レーザー光としては、例えば炭酸ガスレーザー、UVレーザー、YAGレーザー等が挙げられ、炭酸ガスレーザーを用いてよい。

[0127] レーザー光の照射による積層シートの切断は、レーザー光を積層シートの主面に交差させながら、レーザー光を走査させることで実施される。レーザー光の走査速度は、例えば50 mm/s以上100 mm/s以下であってよく、好ましくは60 mm/s以上100 mm/s以下、又は70 mm/s以上100 mm/s以下であってよい。また、1つの切断面あたりのレーザー光の走査回数は、例えば1以上5以下であってよく、好ましくは1以上2以下であってよい。

[0128] レーザー光の積層シートへの照射は、レーザー光の照射位置近傍に不活性ガスを吐出しながら実施してもよい。不活性ガスを吐出することで分解ガスによる積層体への汚染を防止できる。吐出に用いられる不活性ガスとしては、例えばアルゴン等の希ガス、窒素ガスが挙げられ、窒素ガスを用いてよい。不活性ガスの吐出量は、例えば100 ml/s以上1000 ml/s以下であってよく、好ましくは100 ml/s以上500 ml/s以下であってよい。

[0129] 第2工程において、レーザー光が照射される積層シートは、支持体に接した状態で保持されていてもよく、少なくともレーザー光の照射位置が支持体から離隔した状態で保持されていてもよい。積層シートの加工性の観点から

、積層シートは、少なくともレーザー光の照射位置が支持体から離隔した状態で保持されていてよい。すなわち、レーザー光の照射は、レーザー光の照射位置において、積層シートのレーザー光が照射される主面とは反対の主面側に空間を設けて実施されてよい。レーザー光の照射位置を支持体から離隔した状態で保持する方法としては、例えば、個片化された積層体の領域を含む積層シート部分の全体が支持体から離隔するように保持してもよいし、レーザー光の照射位置に対応する支持体の位置に凹部、切り欠き等を設けて、レーザー光の照射位置の反対側に空間を設けるように保持してもよい。

[0130] レーザー光の照射により積層シートが切断されて形成される個片化した積層体では、主面と交差する切断面が端面となっている。積層体の端面となる切断面は、例えば積層体の主面に略直交していてもよい。また、切断面は積層体の外縁を包囲して設けられてよい。積層体の外縁は、平面状の4つの切断面で包囲されてもよく、少なくとも1つの曲面状の切断面を含む切断面で包囲されていてもよい。

[0131] 積層体の切断面においては、積層体を構成する2つのバリア層の端面の少なくとも一部と、波長変換層の端面の少なくとも一部とが露出している。波長変換層の端面の少なくとも一部が露出するように切断面が形成されることで、波長変換部材における経時的な端部からの退色が抑制される。積層体の切断面における波長変換層の端面の露出状態の詳細については既述の通りである。

[0132] 積層体の切断面においては、バリア層の端面の少なくとも一部に第1改質部が形成されていてもよい。第1改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基及びカルボニル基からなる群から選択される少なくとも1種の含酸素官能基を有してもよい。第1改質部の表面における含酸素官能基の存在量については既述の通りである。また、第1改質部の表面における含酸素官能基の存在密度は、切断前の積層シートのバリア層の端面における含酸素官能基の存在密度よりも大きくなっていてよい。すなわち、切断前の積層シートのバリア層の端面における含酸素官能基の存在密度に対する第1改質部の表

面における含酸素官能基の存在密度の比は、1より大きくてよく、好ましくは5以上であってよい。切断前の積層シートのバリア層の端面に対する第1改質部の表面における含酸素官能基の存在密度の比の詳細については記述の通りである。

[0133] 積層体の切断面においては、第1改質部がバリア層と波長変換層の境界部を被覆していてよい。積層体の切断面における第1改質部の被覆状態の詳細については既述の通りである。

[0134] 積層体の切断面においては、波長変換層の端面の少なくとも一部に第2改質部が形成されていてもよい。第2改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基及びカルボニル基からなる群から選択される少なくとも1種の含酸素官能基を有してもよい。第2改質部の表面における含酸素官能基の存在量については既述の通りである。また、第2改質部の表面における含酸素官能基の存在密度は、切断前の積層シートの波長変換層の端面における含酸素官能基の存在密度よりも大きくなっていてよい。すなわち、切断前の積層シートの波長変換層の端面における含酸素官能基の存在密度に対する第2改質部の表面における含酸素官能基の存在密度の比は、1より大きくてよく、好ましくは5以上であってよい。切断前の積層シートの波長変換層の端面に対する第2改質部の表面における含酸素官能基の存在密度の比の詳細については記述の通りである。

[0135] 積層シートのバリア層は、既述したように熱可塑性樹脂を含んでいてよい。バリア層が熱可塑性樹脂を含む場合、積層体の切断面に形成される第1改質部は、積層シートのレーザー光による切断時に形成される熱可塑性樹脂の熱変性物を含んでいてよい。また、積層シートの波長変換層は、既述したように光硬化性組成物の硬化樹脂を含んでいてよい。波長変換層が硬化樹脂を含む場合、積層体の切断面に形成される第2改質部は、積層シートのレーザー光による切断時に形成される硬化樹脂の熱変性物を含んでいてよい。

実施例

[0136] 以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施

例に限定されるものではない。

[0137] 参考例 1 積層シートの作製

ナノ粒子前駆体の調製

原料として、ホルムアミジニウムハイドロブロミド (F A B r ; 東京化成工業社製) : 25.2 g、臭化鉛 (I I) (P b B r₂ ; S t r e a m C h e m i c a l s 社製) : 74.2 g、直径 10 mm のジルコニアボール Y T Z (イットリア安定化ジルコニア ; アズワン社製) : 22.6 g、及び直径 2 mm のジルコニアボール Y T Z (イットリア安定化ジルコニア ; アズワン社製) : 5.6 g をアルミナポットに入れた。原料を入れたアルミナポットを、ボールミル回転架台 (A V - 1 ; アズワン株式会社製) に取り付けて、回転数 160 r p m で 48 時間、原料を混合した。次いで、原料を入れたアルミナポットに、有機溶媒としてヘキサン : 50 g を加え、回転数 160 r p m でさらに 3 時間、原料を混合した。原料の混合を終了した後、吸引ろ過により得られた混合物を目開き 300 μ m のナイロンメッシュを通過させて、ジルコニアボール Y T Z を除去して、スラリー状の第 1 混合物を得た。この第 1 混合物を吸引ろ過した後、24 時間、大気雰囲気中で自然乾燥し、ナノ粒子前駆体を得た。

[0138] ナノ粒子前駆体は、 $[(\text{NH}_2)_2\text{CH}]\text{PbBr}_3$ (以下、「F A P b B r₃」とも記載する。) で表される組成を有していた。ナノ粒子前駆体は橙色を呈していた。ナノ粒子前駆体は、波長 450 nm の光を照射しても発光しなかった。

[0139] X 線回折パターンの測定

C u K α 線を用いた X 線回折 (X R D) 法により、上記で得られたナノ粒子前駆体の X R D パターンを測定した。X 線回折装置 (M i n i F l e x、株式会社リガク製) を用いて、以下の条件で回折角度 (2 θ) に対する回折強度 (I n t e n s i t y) を示す X R D パターンの測定を行った。結果を図 1 に示す。

[0140] 図 1 には、ナノ粒子前駆体の X R D パターン (上段) と、I C S D (無機

結晶構造データベース）に登録されている斜方晶系の結晶構造を有する FAPbBr_3 の XRD パターン（下段）を示す。図 1 に示されるように、ナノ粒子前駆体の XRD パターンのピークの位置は、ICSD に登録されている FAPbBr_3 の XRD パターンのピークの位置と一致していた。ナノ粒子前駆体の XRD パターンから、ナノ粒子前駆体は、斜方晶系の結晶構造を有することが確認できた。

[0141] ナノ粒子の調製

ナノ粒子前駆体：3.15 g と、有機溶媒としてオレイルアミン（東京化成工業社製）：0.94 g、オクタデシルジメチル（3-スルホプロピル）アンモニウムヒドロキシド（SBE-18；メルク社製）：0.31 g、及びトルエン（富士フィルム和光純薬社製）：101 g と、分散媒として直径 0.2 mm のジルコニアボール YTZ（イットリア安定化ジルコニア；アズワン株式会社製）：422 g とを湿式微ビーズミル粉砕・分散機（ラボスターミニ；アシザワ・ファインテック株式会社製）に投入し、周速 14 m/秒、回転数 4456 rpm で 1 時間攪拌した。攪拌して得られた混合物を、吸引ろ過により目開き 25 μm のナイロンメッシュを通過させて、ジルコニアボール YTZ と、未粉砕の粗大なナノ粒子前駆体を除去し、スラリー状の第 2 混合物を得た。第 2 混合物を、容器に入れて、5000 rpm $\times$ 10 分間の条件で、遠心分離機（CN-2060；回転半径 94 mm；アズワン社製）を用いて遠心分離し、粗大粒子を沈降させ、上澄み液を回収した。得られた上澄み液を孔径 0.2 μm のシリンジフィルターを透過させ、ナノ粒子を含む分散液を得た。分散液中のナノ粒子の含有量は 0.57 質量%であった。

[0142] ナノ粒子を含む分散液に 450 nm の光を照射したところ、ナノ粒子を含む分散液は発光した。

[0143] ナノ粒子の透過型電子顕微鏡（TEM）観察

溶液中のナノ粒子を、透過型電子顕微鏡（TEM；H-7650；日立ハイテクノロジーズ社製）を用いて観察した。図 2 に、ナノ粒子の TEM 像を

示す。

[0144] ナノ粒子の平均粒径

ナノ粒子の8万倍から20万倍のTEM像から、ナノ粒子の平均粒径を測定した。ここでは、TEMグリッドとして、ハイレゾカーボン HRC-C10 STEM Cu100Pグリッド（応研商事社製）を用いた。得られたナノ粒子の形状は、球状もしくは多角形状であった。平均粒径は、3か所以上のTEM像を選択し、このTEM像に含まれるナノ粒子のうち計測可能なものの全ての粒径を測定し、その算術平均値とした。具体的にナノ粒子の平均粒径は、TEM像で観察される粒子の外周の任意の二点を結ぶ線分であって、当該粒子の中心を通過する線分のうち、最長の線分の長さとしてそれぞれのナノ粒子の粒径を測定し、100点以上のナノ粒子の粒径の算術平均値として算出した。得られたナノ粒子の平均粒径は、11.2 nmだった。

[0145] ナノ粒子IBOA分散液の調製

ナノ粒子を含む分散液（ナノ粒子の含有量0.57質量%）：5.0 gと、ラジカル重合性モノマーとして、イソボルニルアクリレート（IBOA；東京化成工業社製）：2.03 gと、を混合した溶液を準備した。この溶液をエバポレーターで10 mbarまで減圧し、30℃で加熱しながら24時間かけてトルエンを揮発させて、ナノ粒子IBOA分散液を得た。分散液中のナノ粒子の含有量は1.4質量%であった。

[0146] 発光特性

ナノ粒子IBOA分散液について、発光特性を測定した。量子効率測定装置（QE-2100、大塚電子株式会社製）を用いて、発光ピーク波長が450 nmである光を、ナノ粒子IBOA分散液に照射して、室温（25℃）における発光スペクトルを測定した。ナノ粒子IBOA分散液は、450 nmの吸光度が0.15となるように溶媒（IBOA）で希釈して使用した。得られた発光スペクトルから内部量子効率（%）、発光ピーク波長（nm）、発光スペクトルにおける半値幅（nm）を求めた。内部量子効率（%）は、ナノ粒子に吸収された光量子のうち、発光に変換された光量子の割合であ

り、発光光量子数（％）を吸収光量子数（％）で除すことにより算出した。
ナノ粒子 I B O A 分散液の発光特性を表 1 に示す。

[0147] [表1]

内部量子効率 (%)	発光ピーク波長 (nm)	半値幅 (nm)
92	518	24

[0148] ナノ粒子 I B O A 分散液は、内部量子効率 9 2 % と高い発光効率を有し、半値幅が 2 4 n m と狭く、色純度に優れていた。また、発光ピーク波長が 5 1 8 n m であり、ピーク波長が 4 5 0 n m である光を吸収して、緑色に発光した。

[0149] ジシクロペンタニルアクリレート（F A - 5 1 3 A S ; 昭和電工マテリアルズ社製）：0. 7 g、E O 変性ビスフェノール A ジメタクリレート（F A - 3 2 1 M ; 昭和電工マテリアルズ社製）：0. 3 g、及び光重合開始剤である 2, 4, 6 - トリメチルベンゾイル）ホスフィンオキシド（T P O ; 富士フィルム和光純薬工業株式会社製）：0. 0 1 g を混合してアクリルモノマー混合液を得た。上記で得られたナノ粒子 I B O A 分散液：0. 2 3 g とアクリルモノマー混合液：1. 0 g を自転公転ミキサー（マゼルススター；クラボウ社製）で混合し、光硬化性組成物を調製した。

[0150] 2 枚のバリア層として、バリアフィルム（i - c o m p o n e n t s 社製、T B F 1 0 0 4）を準備した。ロール・トゥ・ロール塗工機を使用して、2 枚のバリア層の間に光硬化性組成物を塗布した後、U V 照射器から紫外線を照射し、モノマーの重合反応を開始させて硬化させ、厚み 5 0 μ m の波長変換層の両方の主面にバリアフィルムが接着した積層シートを作製した。

[0151] 実施例 1

上記で得られた積層シートについて、炭酸ガスレーザー照射器を用いて、周波数 2 5 k H z、出力 7. 5 W、スキャン速度 7 0 m m / s、1 断面あたり 2 パスで切断して、1 辺 2 5 m m の矩形状の積層体（ $\square$ 2 5 m m）を切り出して、実施例 1 の波長変換部材を作製した。

[0152] 実施例 2

炭酸ガスレーザー照射器の出力を 15 W に変更したこと以外は実施例 1 と同様にして、実施例 2 の波長変換部材を作製した。

[0153] 実施例 3

炭酸ガスレーザー照射器の出力を 30 W に変更したこと以外は実施例 1 と同様にして、実施例 3 の波長変換部材を作製した。

[0154] 比較例 1

上記で得られた積層シートを、裁断機を用いて 1 辺 25 mm の矩形状の積層体 (□ 25 mm) を切り出して、比較例 1 の波長変換部材を作製した。

[0155] 評価

1. 走査顕微鏡観察

比較例 1 及び実施例 3 で作製した波長変換部材について、走査電子顕微鏡 (SEM; 日本電子株式会社製: JSM-IT200) を用いて、加速電圧 5 kV、プローブ電流 50 μ A の条件で、切断面の反射電子像として SEM 像を得た。比較例 1 の波長変換部材の裁断機による切断面の反射電子像を図 4 に、実施例 3 の波長変換部材のレーザーによる切断面の反射電子像を図 5 に示す。

[0156] 図 4 に示すように、比較例 1 で作製した波長変換部材の切断面には、波長変換層とそれぞれのバリア層の間に界面剥離が見られる。一方、図 5 に示すように、実施例 3 で作製した波長変換部材の切断面では、波長変換層とそれぞれのバリア層の間に界面剥離が抑制されていた。

[0157] 2. 蛍光顕微鏡観察

比較例 1 及び実施例 3 で作製した波長変換部材について、切断した端部が露出するようにドライダイシングして試料を調製した。調製した試料の端部の断面を、蛍光顕微鏡 (オリンパス社製) を用いて観察した。比較例 1 の波長変換部材の裁断機による端部の断面の蛍光顕微鏡像を図 6 に、実施例 3 の波長変換部材のレーザーによる端部の断面の蛍光顕微鏡像を図 7 に示す。

[0158] 図 6 と図 7 の比較から、実施例 3 の波長変換部材の断面に第 1 改質部及び

第2改質部が存在することが分かる。

[0159] 3. 赤外吸収スペクトル

参考例1で用いたバリア層であるバリアフィルムについて、実施例3のレーザー照射条件で切断して改質された切断面を有する試料を作製した。作製した試料の改質された切断面（第1改質部）と、切断面から20mmの位置においてカッターで切断して形成した非改質の切断面（第1非改質部）について、フーリエ変換赤外分光光度計（サーモフィッシャーサイエンティフィック製）を用いて減衰全反射（ATR）法で、赤外吸収スペクトルを測定した。

[0160] 得られた赤外吸収スペクトルから、作製した試料のレーザーで形成した切断面である第1改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 1725 cm^{-1} ; I^1_{CO} ）、OH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 3300 cm^{-1} ; I^1_{OH} ）及びCH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 2957 cm^{-1} ; I^1_{CH} ）をそれぞれ測定し、CO伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^1_{\text{CO}}/I^1_{\text{CH}}$ ）、及びOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^1_{\text{OH}}/I^1_{\text{CH}}$ ）をそれぞれ算出した。またカッターで形成した切断面である第1非改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 1725 cm^{-1} ; I^2_{CO} ）、OH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 3300 cm^{-1} ; I^2_{OH} ）及びCH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 2957 cm^{-1} ; I^2_{CH} ）をそれぞれ測定し、CO伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^2_{\text{CO}}/I^2_{\text{CH}}$ ）、及びOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^2_{\text{OH}}/I^2_{\text{CH}}$ ）をそれぞれ算出した。さらにこれらのピーク強度比を用いて、第1非改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度比に対する第1改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度比の比（ $I^1_{\text{CO}}/I^2_{\text{CO}}$ ）と、第1非改質部におけるOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比に対する第1改質部におけるOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比の比（ $I^1_{\text{OH}}/I^2_{\text{OH}}$ ）を算出した。結果を表2に示す。

[0161]

[表2]

第 1 改質部	I_{CO}^1/I_{CH}^1	10.2
	I_{OH}^1/I_{CH}^1	0.9
第 1 非改質部	I_{CO}^2/I_{CH}^2	7.9
	I_{OH}^2/I_{CH}^2	0.8
第 1 改質部 /第 1 非改質部	I_{CO}^1/I_{CO}^2	1.29
	I_{OH}^1/I_{OH}^2	1.13

[0162] 参考例 1 で調製したアクリルモノマー混合液に対して、参考例 3 と同様の条件で紫外線照射して硬化物を得た。得られた硬化物について実施例 2 及び実施例 3 のレーザー照射条件で切断して改質された切断面を有する試料を作製した。作製した試料の改質された切断面（第 2 改質部）と、切断面から 20 mm の位置においてカッターで切断して形成した非改質の切断面（第 2 非改質部）について、フーリエ変換赤外分光光度計（サーモフィッシャーサイエンティフィック製）を用いて赤外吸収スペクトルを測定した。

[0163] 得られた赤外吸収スペクトルから、実施例 2 のレーザー照射条件で作製した試料の改質された切断面（第 2 改質部）における C O 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 1725 cm^{-1} ; I_{CO}^3 ）、O H 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 3300 cm^{-1} ; I_{OH}^3 ）及び C H 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 2957 cm^{-1} ; I_{CH}^3 ）をそれぞれ測定し、C O 伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ I_{CO}^3/I_{CH}^3 ）、及び O H 伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ I_{OH}^3/I_{CH}^3 ）をそれぞれ算出した。また実施例 3 のレーザー照射条件で作製した試料の改質された切断面（第 2 改質部）における C O 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 1725 cm^{-1} ; I_{CO}^4 ）、O H 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 3300 cm^{-1} ; I_{OH}^4 ）及び C H 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 2957 cm^{-1} ; I_{CH}^4 ）をそれぞれ測定し、C O 伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ I_{CO}^4/I_{CH}^4 ）、及び O H 伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ I_{OH}^4/I_{CH}^4 ）をそれぞれ算出した。更に非改質の切断面（第 2 非改質部）における C O 伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 1725 cm^{-1} ;

$I^{5_{CO}}$ ）、OH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 3300 cm^{-1} ； $I^{5_{OH}}$ ）及びCH伸縮振動に帰属されるピーク強度（ピーク波長 2957 cm^{-1} ； $I^{5_{CH}}$ ）をそれぞれ測定し、CO伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^{5_{CO}}/I^{5_{CH}}$ ）、及びOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比（ $I^{5_{OH}}/I^{5_{CH}}$ ）をそれぞれ算出した。さらにこれらのピーク強度比を用いて、実施例2及び実施例3について、第2非改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度比に対する第2改質部におけるCO伸縮振動に帰属されるピーク強度比の比（ $I^{3_{CO}}/I^{5_{CO}}$ 、 $I^{4_{CO}}/I^{5_{CO}}$ ）と、第2非改質部におけるOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比に対する第2改質部におけるOH伸縮振動に帰属されるピーク強度比の比（ $I^{3_{OH}}/I^{5_{OH}}$ 、 $I^{4_{OH}}/I^{5_{OH}}$ ）を算出した。結果を表3に示す。

[0164] [表3]

実施例2 第2改質部	I^3_{CO}/I^3_{CH}	1.28
	I^3_{OH}/I^3_{CH}	0.37
実施例3 第2改質部	I^4_{CO}/I^4_{CH}	1.81
	I^4_{OH}/I^4_{CH}	0.46
第2非改質部	I^5_{CO}/I^5_{CH}	0.48
	I^5_{OH}/I^5_{CH}	0.12
実施例2 第2改質部 /第2非改質部	I^3_{CO}/I^5_{CO}	2.67
	I^3_{OH}/I^5_{OH}	3.08
実施例3 第2改質部 /第2非改質部	I^4_{CO}/I^5_{CO}	3.77
	I^4_{OH}/I^5_{OH}	3.83

[0165] 4. 高温高湿保管試験

実施例1から3及び比較例1の波長変換部材について、以下の評価を行った。各波長変換部材を、温度が 60°C 、相対湿度が90%の雰囲気恒温恒湿槽（エスペック株式会社製）に静置した。100時間を経過した後に恒温恒湿槽から取り出して保管試験後の試料とした。

[0166] 保管試験後の試料について、デジタルカメラ（オリンパス製）を用いて主面側から外観を撮影して評価用画像を得た。評価用画像について画像解析ソ

フトを用いて、波長変換部材の1辺から対向する他辺への距離を横軸とする緑色に対応する発光強度プロファイルを得た。得られた発光強度プロファイルにおいて、波長変換部材の両端部からの距離が等しい中点における発光強度と、中点からそれぞれ0.5 mmの位置における2点の発光強度の計3点の発光強度の算術平均値を100%とした相対発光強度プロファイルを得た。相対発光強度プロファイルにおいて相対発光強度90%に対応する端部からの距離(mm)を求めて、退色性の評価値とした。結果を表4に示す。

[0167] [表4]

	実施例1	実施例2	実施例3	比較例1
評価値	2.5	2.1	2.1	3.2

[0168] 表4から、レーザーを用いて切断面を形成することで、高温高湿保管試験後の端部からの退色が抑制されることが分かる。

[0169] 本開示の実施形態に係る波長変換部材は、各種照明用光源、車載用光源、ディスプレイ用光源等に有用である。特に、液晶を使った画像表示装置のバックライトユニットに有利に適用できる。

[0170] 日本国特許出願2022-043592号（出願日：2022年3月18日）の開示はその全体が参照により本明細書に取り込まれる。本明細書に記載された全ての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書に参照により取り込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 量子ドットを含む波長変換層と、前記波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層体を含む波長変換部材であって、
- 前記バリア層は、その端面の少なくとも一部に第1改質部を有し、
- 前記波長変換層は、その端面の少なくとも一部に第2改質部を有し、
- 前記第2改質部の少なくとも一部が、前記積層体の端面において露出する波長変換部材。
- [請求項2] 前記第1改質部及び第2改質部はそれぞれ、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基及びカルボニル基からなる群から選択される少なくとも1種の官能基を有する請求項1に記載の波長変換部材。
- [請求項3] 前記波長変換層は、光硬化性組成物の硬化物である硬化樹脂を更に含む請求項1又は2に記載の波長変換部材。
- [請求項4] 前記第2改質部は、前記硬化樹脂の熱変性物を含む請求項3に記載の波長変換部材。
- [請求項5] 前記バリア層は、熱可塑性樹脂を含む請求項1から4のいずれか1項に記載の波長変換部材。
- [請求項6] 前記第1改質部は、前記熱可塑性樹脂の熱変性物を含む請求項5に記載の波長変換部材。
- [請求項7] 前記量子ドットは、ペロブスカイト系量子ドット、カルコパイライト系量子ドット及びリン化インジウム系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含む請求項1から6のいずれか1項に記載の波長変換部材。
- [請求項8] 前記量子ドットは、475nm以上560nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有する第1量子ドットを含む請求項1から7のいずれか1項に記載の波長変換部材。
- [請求項9] 前記量子ドットは、600nm以上680nm以下の波長範囲に発

光ピーク波長を有する第2量子ドットを含む請求項1から8のいずれか1項に記載の波長変換部材。

[請求項10] 前記積層体は、その端面において、前記第1改質部が前記バリア層と前記波長変換層の境界部を被覆する請求項1から9のいずれか1項に記載の波長変換部材。

[請求項11] 前記波長変換部材は、前記積層体の端面に端面被覆層を更に備える請求項1から10のいずれか1項に記載の波長変換部材。

[請求項12] 前記波長変換層は、赤外吸収スペクトルにおいて、非改質部に対する前記第2改質部のヒドロキシ基に対応するピーク強度比が1.2以上である請求項1から11のいずれか1項に記載の波長変換部材。

[請求項13] 前記波長変換層は、赤外吸収スペクトルにおいて、非改質部に対する前記第2改質部のカルボニル基に対応するピーク強度比が1.2以上である請求項1から12のいずれか1項に記載の波長変換部材。

[請求項14] 量子ドットを含む波長変換層と、前記波長変換層の一方の主面上及び他方の主面上にそれぞれ積層される2つのバリア層と、を備える積層シートを準備することと、

前記積層シートの主面に交差するレーザー光の照射により、前記積層シートを切断して個片化した積層体を得ることと、を含み、

前記レーザー光の照射は、レーザー光の周波数が5kHz以上30kHz以下であり、走査速度が50mm/s以上100mm/s以下であり、レーザー光出力が3.4W以上100W以下である波長変換部材の製造方法。

[請求項15] 前記レーザー光の照射は、1つの切断面あたりの走査回数が1以上5以下である請求項14に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項16] 前記レーザー光の照射は、レーザー光の照射位置に不活性ガスを吐出しながら実施される請求項14又は15に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項17] 前記レーザー光は、炭酸ガスレーザーである請求項14から16の

いずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項18] 前記レーザー光の照射は、レーザー光の照射位置において、前記積層シート of レーザー光が照射される主面とは反対の主面側に空間を設けて実施される請求項 14 から 17 のいずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項19] 前記積層体は、前記波長変換層の端面の少なくとも一部を、その切断面において露出する請求項 14 から 18 のいずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項20] 前記積層体は、その切断面において、前記バリア層の端面の少なくとも一部に第 1 改質部を有する請求項 14 から 19 のいずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項21] 前記第 1 改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基及びカルボニル基からなる群から選択される少なくとも 1 種の官能基を有する請求項 20 に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項22] 前記第 1 改質部は、その表面における前記官能基の存在密度の、前記積層シート of バリア層の端面における前記官能基の存在密度に対する比が 1 よりも大きい請求項 21 に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項23] 前記積層体は、その切断面において、前記第 1 改質部が前記バリア層と前記波長変換層の境界部を被覆する請求項 20 から 22 のいずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項24] 前記積層体は、その切断面において、前記波長変換層の端面の少なくとも一部に第 2 改質部を有する請求項 14 から 23 のいずれか 1 項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項25] 前記第 2 改質部は、その表面にカルボキシ基、ヒドロキシ基及びカルボニル基からなる群から選択される少なくとも 1 種の官能基を有する請求項 24 に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項26] 前記第 2 改質部は、その表面における前記官能基の存在密度の、前記積層シート of 波長変換層の端面における前記官能基の存在密度に対

する比が1よりも大きい請求項25に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項27] 前記波長変換層は、光硬化性組成物の硬化物である硬化樹脂を更に含む請求項14から26のいずれか1項に記載の波長変換部材の製造方法。

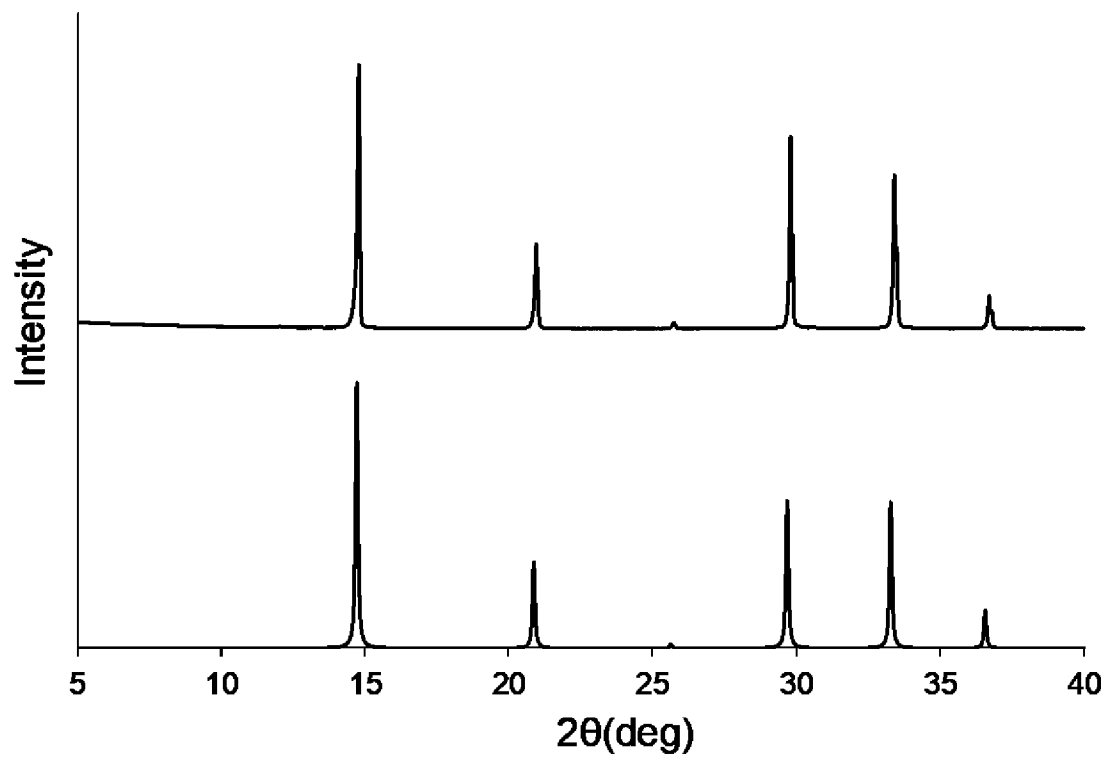
[請求項28] 前記バリア層は、熱可塑性樹脂を含む請求項14から27のいずれか1項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項29] 前記量子ドットは、ペロブスカイト系量子ドット、カルコパイライト系量子ドット及びリン化インジウム系量子ドットからなる群から選択される少なくとも1種を含む請求項14から28のいずれか1項に記載の波長変換部材の製造方法。

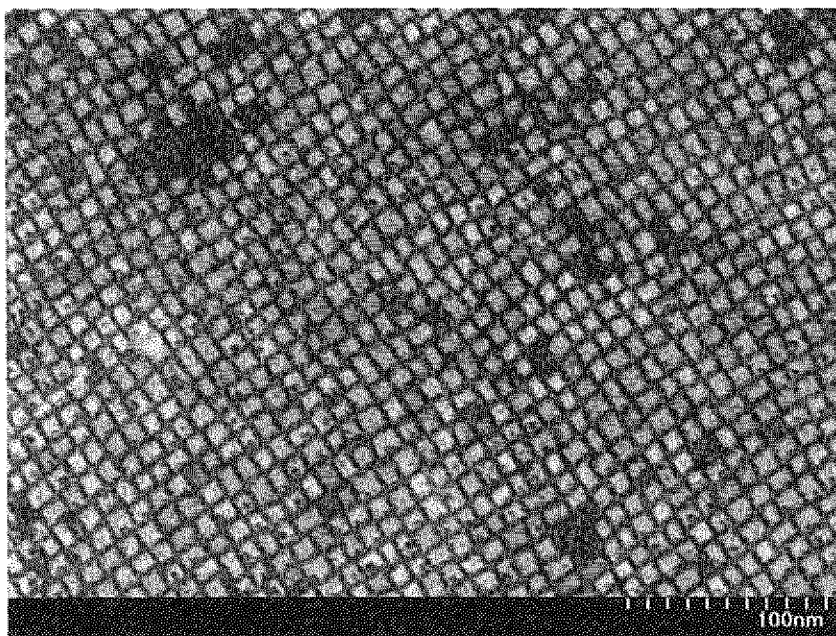
[請求項30] 前記量子ドットは、475nm以上560nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有する第1量子ドットを含む請求項14から29のいずれか1項に記載の波長変換部材の製造方法。

[請求項31] 前記量子ドットは、600nm以上680nm以下の波長範囲に発光ピーク波長を有する第2量子ドットを含む請求項14から30のいずれか1項に記載の波長変換部材の製造方法。

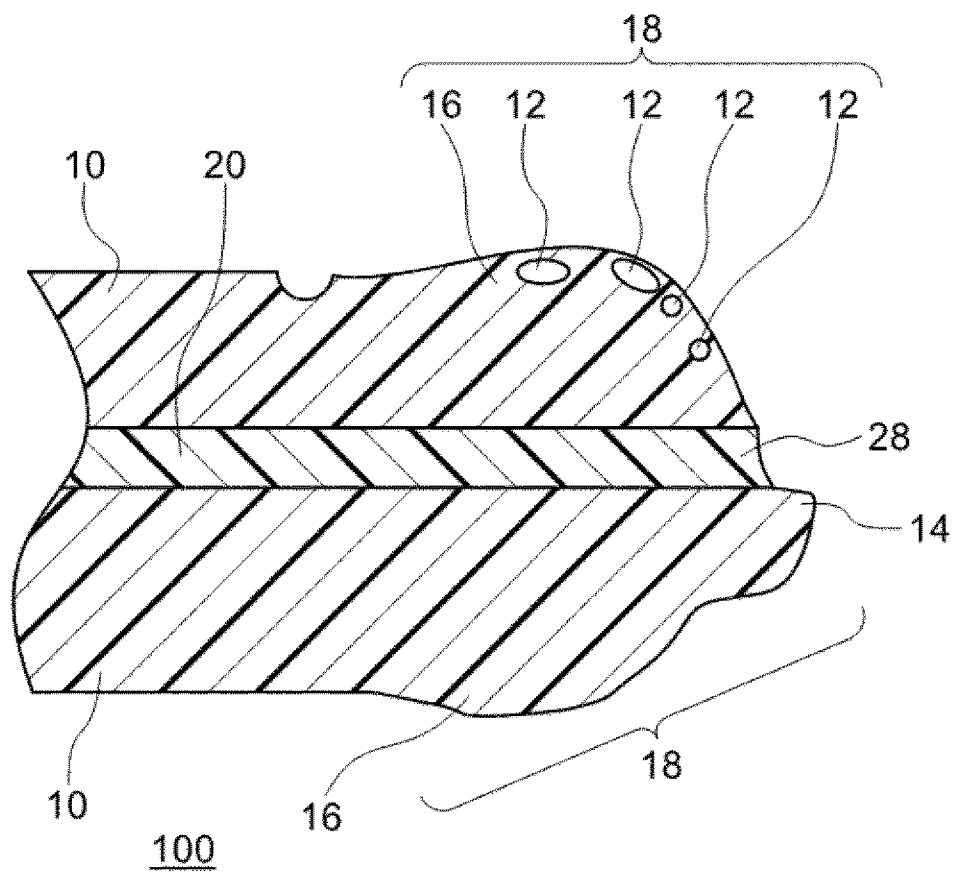
[図1]



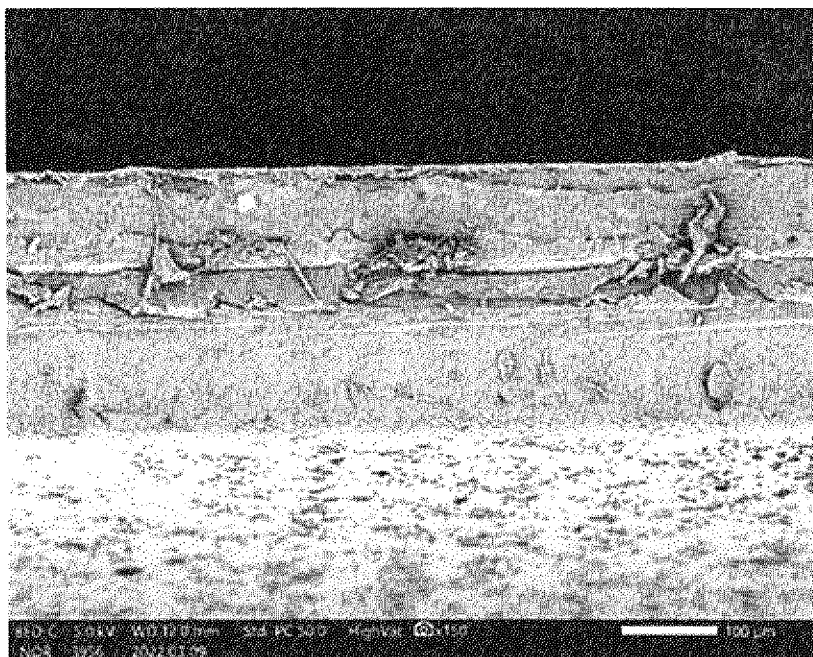
[図2]



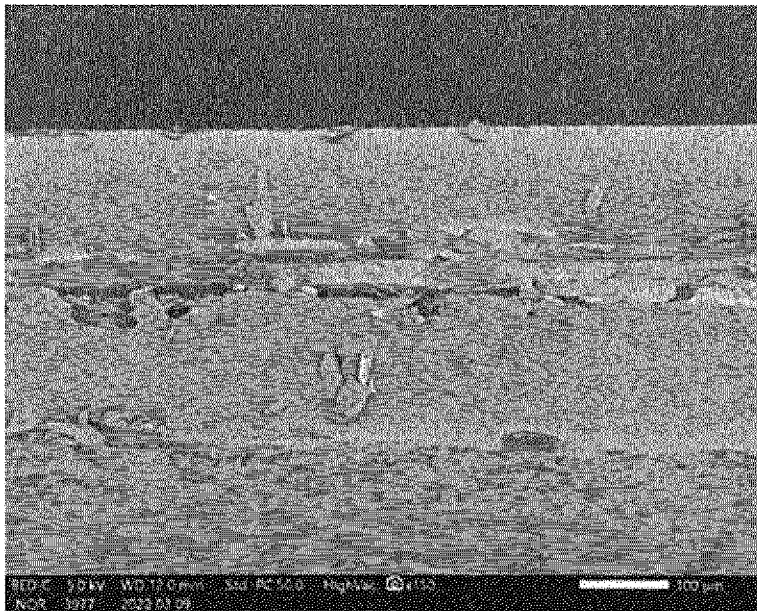
[図3]



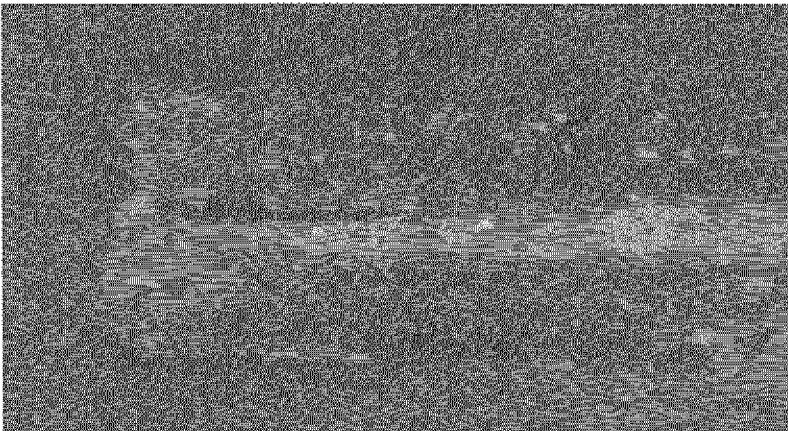
[図4]



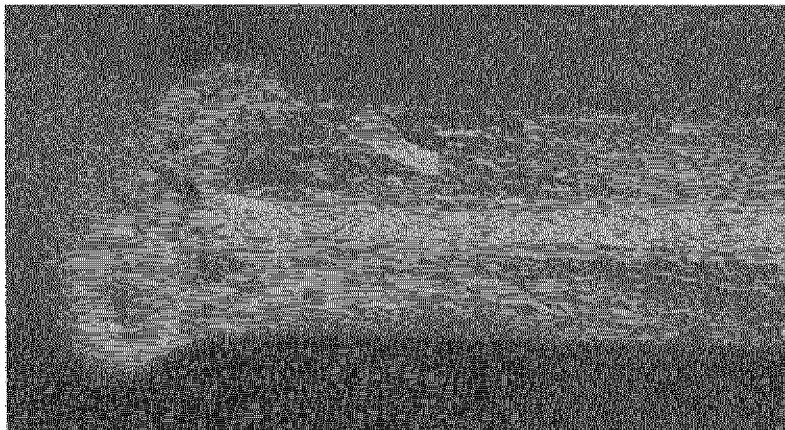
[図5]



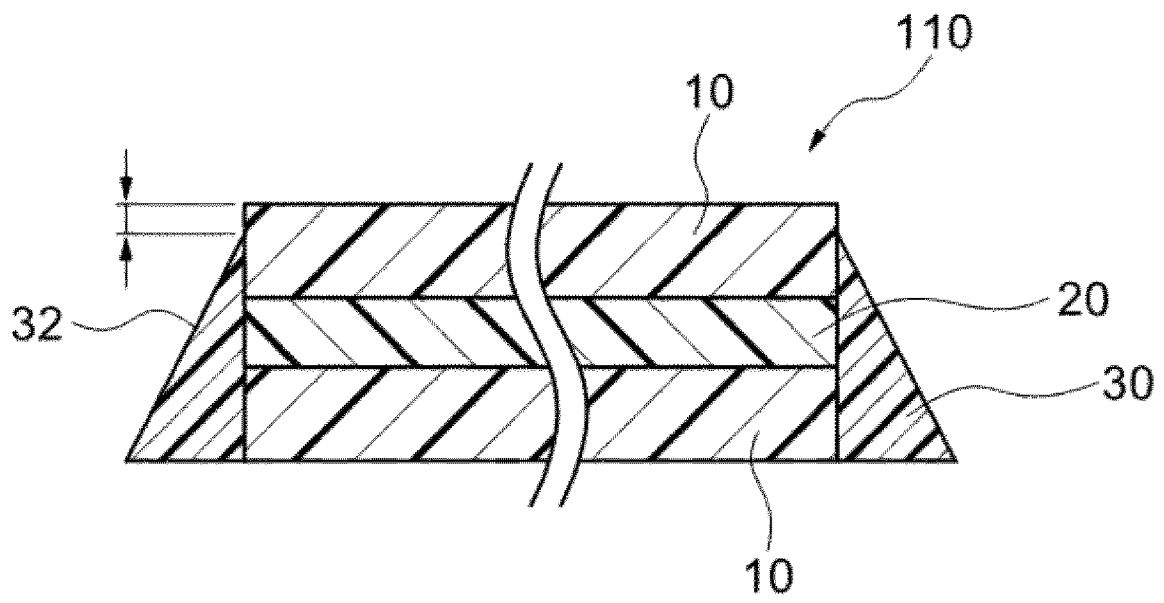
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/008034

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/20(2006.01)i; **B23K 26/38**(2014.01)i; **C09K 11/00**(2006.01)i; **C09K 11/02**(2006.01)i; **C09K 11/08**(2006.01)i;
C09K 11/66(2006.01)i; **C09K 11/70**(2006.01)i
 FI: G02B5/20; C09K11/00 Z; C09K11/02 Z; C09K11/08 J; C09K11/66; B23K26/38 Z; C09K11/70 ZNM

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)

G02B5/20; B23K26/38; C09K11/00; C09K11/02; C09K11/08; C09K11/66; C09K11/70

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	WO 2013/061511 A1 (PANASONIC CORP.) 02 May 2013 (2013-05-02) claims, paragraphs [0026], [0027], [0037], [0094], [0109], [0110], fig. 10c	1-31
Y	WO 2017/119294 A1 (FUJIFILM CORP.) 13 July 2017 (2017-07-13) paragraph [0115]	1-31
Y	JP 59-64191 A (DIRECTOR OF AGENCY OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 12 April 1984 (1984-04-12) detailed description of the invention, fig. 1-8	16, 18



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

02 May 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan**

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/008034

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2013/061511	A1	02 May 2013	US 2014/0226308 A1 claims, paragraphs [0035]- [0038], [0046], [0101], [0115], [0116], fig. 10C	
WO	2017/119294	A1	13 July 2017	US 2018/0326693 A1 paragraphs [0252], [0253] JP 2017-121745 A	
JP	59-64191	A	12 April 1984	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 5/20(2006.01)i; B23K 26/38(2014.01)i; C09K 11/00(2006.01)i; C09K 11/02(2006.01)i; C09K 11/08(2006.01)i; C09K 11/66(2006.01)i; C09K 11/70(2006.01)i FI: G02B5/20; C09K11/00 Z; C09K11/02 Z; C09K11/08 J; C09K11/66; B23K26/38 Z; C09K11/70 ZNM										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B5/20; B23K26/38; C09K11/00; C09K11/02; C09K11/08; C09K11/66; C09K11/70										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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								
Y	WO 2013/061511 A1（パナソニック株式会社）02.05.2013（2013-05-02） 特許請求の範囲、[0026] [0027] [0037] [0094] [0109] [0110]、図10c	1-31								
Y	WO 2017/119294 A1（富士フイルム株式会社）13.07.2017（2017-07-13） [0115]	1-31								
Y	JP 59-64191 A（工業技術院長）12.04.1984（1984-04-12） 発明の詳細な説明、図1～8	16, 18								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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抵触するものではなく、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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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抵触するものではなく、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 02.05.2023	国際調査報告の発送日 16.05.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 藤岡 善行 20 9225 電話番号 03-3581-1101 内線 3271									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/008034

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2013/061511	A1	02.05.2013	US 2014/0226308 A1 特許請求の範囲、[0035]～[0038] [0046] [0101] [0115] [0116]、図10C	
WO	2017/119294	A1	13.07.2017	US 2018/0326693 A1 [0252] [0253] JP 2017-121745 A	
JP	59-64191	A	12.04.1984	(ファミリーなし)	