

(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
2017年12月21日(21.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/217486 A1

(51) 国際特許分類:

<i>G02B 5/20</i> (2006.01)	<i>G02B 5/26</i> (2006.01)
<i>C09K 11/00</i> (2006.01)	<i>G02B 5/28</i> (2006.01)
<i>F21V 9/16</i> (2006.01)	<i>F21Y 115/10</i> (2016.01)
<i>G02B 5/08</i> (2006.01)	<i>F21Y 115/30</i> (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/022105

(22) 国際出願日: 2017年6月15日(15.06.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

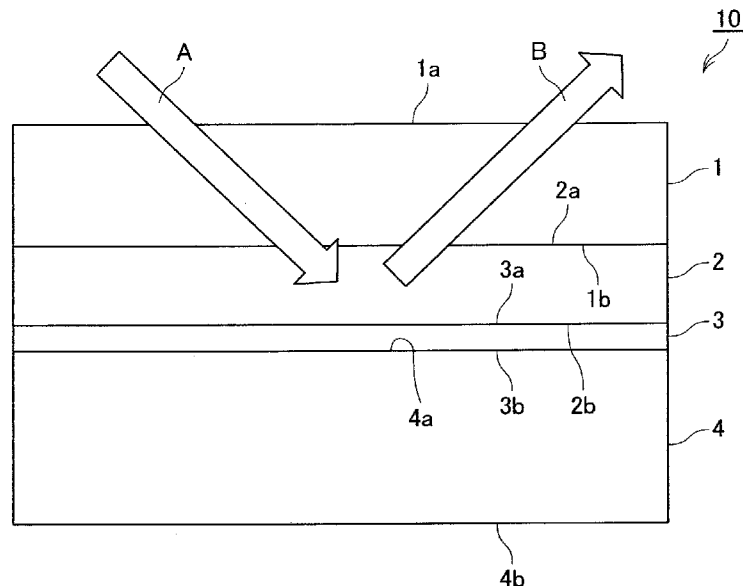
特願 2016-119981	2016年6月16日(16.06.2016)	JP
特願 2016-155437	2016年8月8日(08.08.2016)	JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 岡田 直剛(OKADA Naotake); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 大和田 巖(OHWADA Iwao); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 山口 省一郎(YAMAGUCHI Shoichiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 浅井 圭一郎(ASAI Keiichiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 近藤 順悟(KONDO Jungo);

(54) Title: PHOSPHOR ELEMENT AND LIGHTING DEVICE

(54) 発明の名称: 蛍光体素子および照明装置



(57) **Abstract:** This phosphor element 10 is provided with: a phosphor layer 1 that is formed of a phosphor glass or a phosphor single crystal; a reflective film 2 that is provided on the phosphor layer 1; a warp suppressing layer 3 that is provided on the reflective film 2; and a supporting substrate 4 that is directly bonded to the warp suppressing layer 3. Excitation light A incident on the phosphor layer 1 is converted into fluorescence; and the fluorescence and the excitation light are reflected by the reflective film so as to be outputted from the phosphor layer.



〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番
5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 細田 益稔, 外 (HOSODA Masutoshi et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目 5 番 4 号常和高輪ビル 7 階 Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 蛍光体素子 10 は、蛍光体ガラスまたは蛍光体単結晶からなる蛍光体層 1、蛍光体層 1 上に設けられた反射膜 2、反射膜 2 上に設けられた反り抑制層 3、および反り抑制層 3 に直接接合されている支持基板 4 を備える。蛍光体層 1 に入射する励起光 A を蛍光に変換し、蛍光および励起光を反射膜で反射して蛍光体層から出射させる。

明 細 書

発明の名称： 蛍光体素子および照明装置

技術分野

[0001] 本発明は、蛍光体素子および蛍光を発光する照明装置に関するものである。

背景技術

[0002] 最近、レーザ光源を用いた自動車用ヘッドライトの研究が盛んに行われており、その内の一つに、青色レーザあるいは紫外レーザと蛍光体を組み合わせた白色光源がある。レーザ光を集光することにより、励起光の光密度を高めることができる上に、複数のレーザ光を蛍光体上に重ねて集光することで、励起光の光強度も高めることができる。これによって、発光面積を変えずに光束と輝度とを同時に大きくすることができる。このため、半導体レーザと蛍光体とを組み合わせた白色光源が、LEDに替わる光源として注目されている。例えば、自動車用ヘッドライトに使用する蛍光体ガラスは、日本電気硝子株式会社の蛍光体ガラス「ルミファス」や国立研究開発法人物質・材料研究機構と株式会社タムラ製作所、株式会社光波のYAG単結晶蛍光体が考えられている。

[0003] 特許文献1によると、YAGを単結晶化することにより、温度が上昇しても変換効率が劣化せず高効率の蛍光特性を示し、ハイパワー分野での応用が可能となった。この材料は、450nm青色励起光によって補色である黄色光を発することによって白色光を得ることができ、プロジェクターやヘッドライトへ適用するための開発が進められている。

[0004] 照明用蛍光体については、イットリウム・アルミニウム・ガーネット ($Y_3Al_5O_{12}$:YAG) にCeをドープしたCe:YAG単結晶蛍光体も開発されている。従来、Ce:YAG蛍光体は、焼結合成したり、ガラスに分散させるなどして実現されてきたが、励起光のパワー密度が上がると放熱が困難になり、効率が低下するという問題があった。

[0005] Ceをドープした単結晶YAGは、結晶自体の発熱があっても変換効率が劣化しないという特性を有しており、ヘッドライトやプロジェクタなどの光源用として利用が期待されている。

[0006] 特許文献2、3、4には、反射型蛍光体素子を用いた照明装置が開示されている。これは、蛍光体層のうち励起光が入射する入射面と反対側の表面に金属膜を形成し、金属膜と放熱基板（支持基板）とを接合したものである。蛍光体層の材質としては、ガラス中に蛍光体を分散しているものや、蛍光体多結晶、単結晶を例示している。

[0007] 特許文献5には、反射型蛍光体素子を用いた照明装置が開示されている。これは、蛍光体層のうち励起光が入射する入射面と反対側の表面に誘電体多層膜を形成し、誘電体多層膜と放熱基板（支持基板）とを接合したものである。誘電体多層膜は、励起光を透過すると共に、蛍光体層が発する蛍光を反射するものである。この誘電体多層膜は、低屈折率層と高屈折率層とが交互に積層されて構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特許5620562

特許文献2：特許5530165

特許文献3：特開2012-129135

特許文献4：特開2013-120713

特許文献5：W02015-45976

特許文献6：特願2015-082260

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] なお、本出願人は、蛍光体単結晶を応用した導波路型蛍光体素子を提案している（特許文献6）。しかし、これは光導波路内を伝搬する光を蛍光に変換するものである。

[0010] 本発明者は、特許文献３～５の教示に従い、蛍光体層上に反射膜を形成し、この反射膜を別体の支持基板に対して直接接合してみた。しかし、実際には、反射膜と支持基板との接合界面の全体にわたって均一な接合ができず、気泡が発生することがあった。更に、反射膜と支持基板とを接合した後に、蛍光体層に向かって励起光を照射してみると、蛍光体素子から射出されてきた蛍光の強度が低下することがあった。さらに、この現象には蛍光体層の面内でバラツキがあることから、出射する蛍光に色ムラも発生することがわかった。

[0011] 本発明の課題は、蛍光体ガラスまたは蛍光体単結晶からなる蛍光体層、蛍光体層上に設けられた反射膜および支持基板を備える蛍光体素子において、反射膜と支持基板との接合状態を良好とし、かつ蛍光体素子から射出される蛍光の強度を向上させることである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係る蛍光体素子は、
蛍光体層、
前記蛍光体層上に設けられた反射膜、
前記反射膜上に設けられた反り抑制層、および
前記反り抑制層に直接接合されている支持基板を備えており、
前記蛍光体層に入射する励起光を蛍光に変換し、前記蛍光および前記励起光を前記反射膜で反射して前記蛍光体層から出射させることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明者は、蛍光体層上に反射膜を形成し、この反射膜を別体の支持基板に対して直接接合した場合に、支持基板の接合面において気泡が発生したり、素子から反射される蛍光強度が低下する原因について検討し、次の知見を得た。

[0014] 例えば、反射層が誘電体多層膜である場合には、蛍光体層の一方の主面のみに誘電体多層膜が形成される結果、成膜時に温度が上昇するため、成膜後、常温に戻した時に蛍光体層と誘電体多層膜との熱膨張係数差による反りが

発生した。これにより、蛍光体層と支持基板を直接接合する場合、この反りのために支持基板との直接接合が全面均一にできず、接合できない部分については気泡が発生することがあった。また、蛍光体層に残留する内部応力の作用によって変換効率が劣化し、蛍光強度が低下することがわかった。

[0015] これと同様に、反射層が金属膜である場合には、蛍光体層の一方の主面のみに金属膜が形成される結果、成膜時に温度が上昇するため、成膜後、常温に戻した時に蛍光体層と金属膜との熱膨張係数差による反りが発生した。ただし、この反りは、前記した誘電体多層膜の場合の反りとは反対の向きに発生した。これにより、蛍光体層と支持基板を直接接合する場合、反りのために支持基板との直接接合が全面均一にできず、接合できない部分については気泡が発生することがあった。また、蛍光体層に残留する内部応力の作用によって変換効率が劣化し、蛍光強度が低下することがわかった。

[0016] そこで、本発明者は、蛍光体層上に反射膜を形成するとともに、反射膜上に反り抑制層を形成することで、蛍光体層の反りを低減し、ついで蛍光体層を支持基板に対して直接接合することを試みた。この結果、支持基板との接合面における気泡の発生を抑制でき、応力による変換効率劣化を防ぎ、素子から反射される蛍光の強度が向上することを見だし、本発明に到達した。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の実施形態に係る蛍光体素子10を示す模式図である。

[図2]本発明の他の実施形態に係る蛍光体素子9を示す模式図である。

[図3] (a)は、蛍光体層1A上に誘電体多層膜2Aを形成した状態を示し、(b)は、(a)の蛍光体層を冷却した後の状態を示し、(c)は、誘電体多層膜2Bを設けた蛍光体層1Bを支持基板4に接合した状態を示す。

[図4] (a)は、蛍光体層1A上に金属膜5Aを形成した状態を示し、(b)は、(a)の蛍光体層を冷却した後の状態を示し、(c)は、金属膜5Bを設けた蛍光体層1Cを支持基板4に接合した状態を示す。

[図5] (a)は、蛍光体層1A上に誘電体多層膜2Aを形成した状態を示し、(b)は、(a)の蛍光体層を冷却した後の状態を示し、(c)は、誘電体

多層膜 2 上に反り抑制層 3 を設けた状態を示し、(d) は、反り抑制層 4 を支持基板 1 に直接接合した状態を示す。

[図6] (a) は、蛍光体層 1 A 上に金属膜 5 A を形成した状態を示し、(b) は、(a) の蛍光体層を冷却した後の状態を示し、(c) は、金属膜 5 上に反り抑制層 3 を設けた状態を示し、(d) は、反り抑制層 4 を支持基板 1 に直接接合した状態を示す。

[図7] 本発明の更に他の実施形態に係る素子 20 を模式的に示す図であり、蛍光体層 1 上に部分透過膜 15 を設けている。

発明を実施するための形態

[0018] 図 1 は、本発明の実施形態に係る蛍光体素子 10 を示す模式図である。

蛍光体素子 10 においては、蛍光体層 1 の主面 1 b に誘電体多層膜 2 が設けられており、誘電体多層膜 2 の主面 2 b に反り抑制層 3 が設けられている。そして、反り抑制層 3 の主面 3 b が支持基板 4 の主面 4 a に対して直接接合されている。4 b は支持基板 4 の底面である。なお、2 a は誘電体多層膜 2 の主面であり、3 a は反り抑制層 3 の主面である。

[0019] 励起光 A が蛍光体層 1 の主面 1 a に入射すると、励起光の一部が蛍光に変換され、誘電体多層膜 2 の主面 2 a を通って入射する。残りの励起光と蛍光とは誘電体多層膜 2 内で反射され、矢印 B のように再び蛍光体層 1 を通過し、主面 1 a から射出される。

[0020] 図 2 は、本発明の他の実施形態に係る蛍光体素子 9 を示す模式図である。

蛍光体素子 9 においては、蛍光体層 1 の主面 1 b に金属膜 5 が設けられており、金属膜 5 の主面 5 b に反り抑制層 3 が設けられている。そして、反り抑制層 3 の主面 3 b が支持基板 4 の主面 4 a に対して直接接合されている。4 b は支持基板 4 の底面である。なお、5 a は金属膜 5 の主面であり、3 a は反り抑制層 3 の主面である。

[0021] 励起光 A が蛍光体層 1 の主面 1 a に入射すると、励起光 A の一部が蛍光に変換される。励起光と蛍光とは金属膜 5 の主面 5 a で反射され、矢印 B のように再び蛍光体層 1 を通過し、主面 1 a から射出される。

[0022] 以下、本発明の作用について更に詳しく説明する。

本発明者は、例えば図3に示すように、蛍光体層1 A上に誘電体多層膜2 Aを形成し、この誘電体多層膜2 Aを別体の支持基板4に対して直接接合してみた。そして、支持基板4の接合面4 aにおいて気泡が発生したり、素子から反射される蛍光強度が低下する原因について検討し、次の知見を得た。

[0023] 反射膜が誘電体多層膜2 Aである場合には、蛍光体層1の一方の主面1 bのみに誘電体多層膜2 Aが形成される。このため、成膜時（高温時）には図3（a）に示すように平坦であっても、冷却後には、図3（b）に示すように、蛍光体層1 Bと誘電体多層膜2 Bとの熱膨張係数差による反りが発生した。典型的には蛍光体層の方が誘電体多層膜よりも熱膨張係数が大きいので、冷却時には蛍光体層1 Bのほうが生ずる方向に反る。

[0024] これにより、図3（c）に示すように、蛍光体層1 Bと支持基板4の接合面4 aとを直接接合する場合、反りのために支持基板との直接接合を全面均一に実施することが難しく、支持基板の接合面に気泡が発生することがあった。それでも直接接合を強固に行うと、蛍光体層4に残留する内部応力の作用によって変換効率が劣化し、蛍光強度が低下することがわかった。一般的に、格子欠陥によりトラップされて変換効率が低下することが知られている。最近では、YAG単結晶を粉砕する場合にも、加工により粉体の表面に欠陥準位が発生し、変換効率が劣化することがわかっている。蛍光体層中に内部応力が発生する場合にも、内部応力によりマイクロクラックが発生し、変換効率が低下したものと考えられる。

[0025] また、反射膜が金属膜である場合にも、図4（a）に示すように、蛍光体層1 Aの一方の主面1 bのみに金属膜5 Aが形成される。このため、成膜時（高温時）には図4（a）に示すように平坦であっても、冷却後には、図4（b）に示すように、蛍光体層1 Cと金属膜5 Bとの熱膨張係数差による反りが発生した。典型的には蛍光体層の方が金属膜よりも熱膨張係数が小さいので、冷却時には蛍光体層1 Cのほうが生ずる方向に反る。

め、金属膜 5 B の表面が凹むように反る。

[0026] これにより、図 4 (c) に示すように、蛍光体層 1 C と支持基板 4 の接合面 4 a とを直接接合する場合、反りのために支持基板との直接接合を全面均一に実施することが難しく、支持基板の接合面に気泡が発生することがあった。それでも直接接合を強固に行うと、蛍光体層 4 に残留する内部応力の作用によって変換効率が劣化し、蛍光強度が低下することがわかった。

[0027] そこで、本発明者は、蛍光体層上に反射膜を形成するとともに、反射膜上に反り抑制層を形成することで、いったん蛍光体層の反りを低減し、ついで蛍光体層を支持基板に対して直接接合することを試みた。この結果、支持基板との接合面が均一に接触し、気泡を抑制でき、変換効率が劣化することなく、素子から反射される蛍光の強度が向上することを見いだした。

[0028] すなわち、反射膜が誘電体多層膜である場合には、前述したように、冷却後には、図 5 (b) に示すように、蛍光体層 1 B と誘電体多層膜 2 B との熱膨張係数差による反りが発生した。ここで、本発明に従い、誘電体多層膜 2 B の主面 2 b 上に反り抑制層 3 を形成すると、図 5 (c) に示すように、誘電体多層膜 2 および蛍光体層 1 の反りが抑制され、反り抑制層 3 の主面 3 b の平坦度が高くなる。この状態で、図 5 (d) に示すように、反り抑制層 3 を支持基板 4 に対して直接接合すると、前述したように支持基板の接合面における気泡を抑制でき、素子から反射される蛍光の強度が向上することを見いだした。

[0029] また、反射膜が金属膜である場合には、前述したように、冷却後には、図 6 (b) に示すように、蛍光体層 1 C と金属膜 5 B との熱膨張係数差による反りが発生した。ここで、本発明に従い、金属膜 5 B の主面 5 b 上に反り抑制層 3 を形成すると、図 5 (c) に示すように、金属膜 5 および蛍光体層 1 の反りが抑制され、反り抑制層 3 の主面 3 b の平坦度が高くなる。この状態で、図 5 (d) に示すように、反り抑制層 3 を支持基板 4 に対して直接接合すると、この場合も同様に支持基板の接合面における気泡を抑制でき、素子から反射される蛍光の強度が向上することを見いだした。

[0030] 好適な実施形態においては、蛍光体層の反射膜とは反対側に、励起光を部分的に透過する部分透過膜を設けることによって、励起光が部分透過膜を透過した後、蛍光体層に入射するようにした。

[0031] すなわち、図7に示す素子20においては、蛍光体層1の主面1bに誘電体多層膜2や金属膜5が設けられており、誘電体多層膜2（金属膜5）の主面2b（5b）に反り抑制層3が設けられている。蛍光体層1の誘電体多層膜2とは反対側の主面1aに部分透過膜15が設けられている。そして、反り抑制層3の主面3bが支持基板4の主面4aに対して直接接合されている。

[0032] 励起光Aは、まず部分透過膜15の主面15aに入射し、部分透過膜で一部が反射され、一部が蛍光体層1の主面1aに入射する。蛍光体層1内に入射した励起光Aは、誘電体多層膜2（金属膜5）で矢印Cのように反射され、次いで部分透過膜15の主面15bで矢印Dのように反射される。励起光Aは、矢印C、Dのように多重反射を繰り返しながら蛍光体層1内を伝搬し、徐々に蛍光に変換される。そして、残りの励起光と蛍光とは矢印Bのように再び蛍光体層1を通過し、蛍光体層の主面1aから射出され、更に部分透過膜15を透過して矢印Bのように素子外へと出射される。

[0033] 部分透過膜は励起光の一部を透過して、残りを反射する特性をもつ膜であり、蛍光体層の励起光の入射面側と反対面側で多重反射が起こる。これによって、蛍光体層を構成する蛍光体の不均一性による変換効率の面内分布があった場合においても、全体として蛍光の光束の面内の輝度が均一になり照明光として色分布のない白色光を得ることができる。

[0034] さらに、蛍光体層の一方の主面に反射膜を設けると共に、他方の主面に部分透過膜を設けることによって、双方の応力のある程度相殺し、蛍光体層の反りも低減し、反り抑制層を形成することで均一な直接接合面を得ることができる。

[0035] 以下、本発明の実施形態について更に詳細に説明する。

蛍光体層を構成する蛍光体は、励起光を蛍光に変換できるものであれば限

定されないが、蛍光体ガラス、蛍光体単結晶または蛍光体多結晶であってよい。

[0036] 蛍光体ガラスは、ベースとなるガラス中に希土類元素イオンを分散したものである。

ベースとなるガラスとしては、シリカ、酸化ホウ素、酸化カルシウム、酸化ランタン、酸化バリウム、酸化亜鉛、酸化リン、フッ化アルミニウム、フッ化マグネシウム、フッ化カルシウム、フッ化ストロンチウム、塩化バリウムを含む酸化ガラスが例示できる。

[0037] 蛍光体ガラス中に分散される希土類元素イオンとしては、Tb、Eu、Ce、Nd、が好ましいが、La、Pr、Sc、Sm、Er、Tm、Dy、Gd、Luであってもよい。

[0038] 蛍光体単結晶としては、 $Y_3Al_5O_{12}$ 、 $Ba_5Si_{11}Al_7N_{25}$ 、 $Tb_3Al_5O_{12}$ が好ましい。 $Y_3Al_5O_{12}$ のY（イットリウム）の一部がLuに置換されていてもよい。また、蛍光体単結晶中にドーピングするドーピング成分としては、希土類イオンが好ましく、Tb、Eu、Ce、Ndが特に好ましいが、La、Pr、Sc、Sm、Er、Tm、Dy、Gd、Luであってもよい。

[0039] また、蛍光体多結晶としては、TAG（テルビウム・アルミニウム・ガーネット）系、サイアロン系、BOS（バリウム・オルソシリケート）系、YAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）が例示できる。YAGのY（イットリウム）の一部がLuに置換されていてもよい。

蛍光体多結晶中にドーピングするドーピング成分としては、希土類イオンが好ましく、Tb、Eu、Ce、Ndが特に好ましいが、La、Pr、Sc、Sm、Er、Tm、Dy、Gd、Luであってもよい。

[0040] 蛍光体層の厚さは、励起光を十分高い効率で蛍光に変換するという観点からは、 $30\mu m$ 以上が好ましく、 $50\mu m$ 以上が更に好ましい。また、蛍光体層の厚さが大きすぎると、励起光や蛍光が基板側面で散乱されたり出射して減衰するので、蛍光体層の厚さは $300\mu m$ 以下が好ましく、 $250\mu m$ 以下が更に好ましい。

蛍光体層の厚さとは、支持基板の接合面に垂直な方向に見た蛍光体層の寸法である。

[0041] 蛍光体層上に設けられた反射膜は、蛍光体層を通過してきた蛍光を反射するものであれば特に制限されない。反射膜は、励起光を全反射する必要はなく、励起光の一部を透過させても良い。

[0042] 好適な実施形態においては、反射膜が、金属膜または誘電体多層膜である。

反射膜を金属膜とした場合は、広い波長域で反射することができ、入射角度依存性も小さくすることができ、温度に対する耐久性、耐候性が優れている。一方、反射膜を誘電体多層膜とした場合には、吸収がないため、入射した光は損失なく100%反射光とすることが可能である。

[0043] 反射膜による励起光の反射率は、90%以上とするが、95%以上であることが好ましく、また全反射してもよい。

[0044] 誘電体多層膜は、高屈折材料と低屈折材料とを交互に積層した膜である。高屈折材料率としては、 TiO_2 、 Ta_2O_3 、 Ta_2O_5 、 ZnO 、 Si_3N_4 、 Nb_2O_5 を例示できる。また、低屈折材料としては、 SiO_2 、 MgF_2 、 CaF_2 を例示できる。

[0045] 誘電体多層膜の積層数や合計厚さは、反射させるべき蛍光の波長によって適宜選択する。

[0046] また、金属膜の材質としては、以下が好ましい。

(1) Al 、 Ag 、 Au などの単層膜

(2) Al 、 Ag 、 Au などの多層膜

反射膜と蛍光体基板との密着性、剥がれ防止、イオンマイグレーション防止のために、 Cr 、 Ni 、 Ti 、 Pt などからなるバッファ層を金属膜と蛍光体層の間に設けても良い。

[0047] 金属膜の厚さは、蛍光を反射できれば特に限定されないが、 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。

[0048] 誘電体多層膜、金属膜、反り抑制層の成膜方法は特に限定されないが、蒸

着法、スパッタ法、CVD法が好ましい。蒸着法の場合、イオンアシストを付加して成膜することもできる。

[0049] 支持基板の材質は、熱伝導が大きい材料が好ましく、高い表面平坦度を比較的容易に実現できることが好ましい。これらの観点からは、支持基板の材質は、アルミナ、窒化アルミニウム、炭化珪素、シリコン、サファイアが好ましい。

[0050] 部分透過膜は、励起光の一部を反射し、残りを透過する膜である。具体的には、部分透過膜の励起光に対する反射率は、9%以上であり、50%以下が好ましい。

[0051] こうした部分透過膜の材質としては、前記した反射膜用の金属膜や誘電体多層膜を挙げることができる。ただし、励起光の一部を透過させるため、金属膜の厚さを小さくすることが好ましく、具体的には $0.1\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。また、誘電体多層膜の層数を少なくすることが好ましく、具体的には10層以下とすることが好ましい。

[0052] 好適な実施形態においては、蛍光体との接合後の反りによる変換効率低下を抑制するために、支持基板の材質の熱膨張係数は、蛍光体層の材質の熱膨張係数を100としたとき、50~150であることが好ましい。この観点からは、支持基板の材質は、特にアルミナ、窒化アルミニウム、サファイアが好ましい。

[0053] 支持基板の厚さは、放熱の観点からは、 $200\ \mu\text{m}$ 以上が好ましい。また、素子の小型化の観点からは、支持基板の厚さは、 $1000\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0054] 反射膜上に設けられた反り抑制層の材質は、蛍光体層上に反射膜を形成した後の反りを低減するような材質を選択する。

[0055] 好適な実施形態においては、反射膜が誘電体多層膜であり、反り抑制層の材質の熱膨張係数が、誘電体多層膜の構成材料の中で熱膨張係数が最も大きい材料の熱膨張係数よりも大きい。

この場合、誘電体多層膜の構成材料の中で熱膨張係数が最も大きい材料の

熱膨張係数を100としたとき、反り抑制層の材質の熱膨張係数は、150～600とすることが好ましく、250～500とすることが更に好ましい。

[0056] また、好適な実施形態においては、反射膜が金属膜であり、反り抑制層の材質の熱膨張係数が、金属膜の材質の熱膨張係数よりも小さい。

この場合、金属膜の材質の熱膨張係数を100としたとき、反り抑制層の材質の熱膨張係数は、25～70とすることが好ましく、30～50とすることが更に好ましい。なお、本明細書における熱膨張係数は、25℃における基板面方向の線熱膨張係数とする。

さらに、反り抑制層の材質の熱膨張係数は、蛍光体層の材質の熱膨張係数よりも小さいことにより、反り抑制の効果は大きくなる。

[0057] また、好適な実施形態においては、反り抑制層の熱膨張係数が、蛍光体層の熱膨張係数と反射膜の熱膨張係数との間の値である。

また、好適な実施形態においては、蛍光体層の材質の熱膨張係数を100としたとき、反り抑制層の熱膨張係数が50～150である。これによって、蛍光体層の反りを抑制し易い。この観点からは、蛍光体層の材質の熱膨張係数を100としたとき、反り抑制層の熱膨張係数が75～125であることが更に好ましい。

[0058] 以下、好適な材質の熱膨張係数を示す。

[表1]

	材料	熱膨張係数 $\times 10^{-6}/K$
蛍光体層	YAG	8
反射膜(金属)	Al	23.2
	Ag	19.0
	Au	14.2
反射膜(誘電体多層膜)	TiO ₂	2.1
	SiO ₂	0.7
反り抑制層	Al ₂ O ₃	7.2
	SiC	4.4
	Zr ₂ O	10.5
	AlN	4.6
	Nb	7.0
	Ta	6.3
	Mo	5.3
	W	4.5

[0059] 本発明では、反り抑制層に支持基板が直接接合されている。

直接接合は、一般的に金属／共有結合と拡散結合に分別されるが、高真空中での表面活性化処理を行う金属／共有結合を対象とする。さらに、本願では、接合界面にクラッド層の構成原子と支持基板の構成原子と異なる原子の混入を抑制するという観点から、表面活性化接合が好ましい。

[0060] 表面活性化接合について述べる。高平坦な基板にアルゴンイオンを照射することにより表面の不純物原子を除去し、ダングリングボンドを出す。この状態は非常に活性化した表面状態であり、接合する相手と常温にて結合し、

異種材料を接合することができる。また、接合界面に沿ってアモルファス層が残ることがある。

[0061] これに対して、原子間拡散接合法は、Tiなどの金属層を例えば支持基板に成膜した後に接合するものである。表面活性化接合と同じように、常温から400℃以下の低温で接合が可能であるが、結晶化した金属酸化物が残留し、アモルファス層は生じない。このため、接合面の熱膨張によってさらに熱応力を生ずるおそれもある。

[0062] 本実施形態では、アルゴンイオンの照射方法を工夫することにより、界面に真空チャンバーを形成する金属材料の混入を防ぐことができ、アモルファス層内には、反り抑制層と支持基板を構成する原子以外の混入を防止でき、応力の緩和効果を高めることができる。

また、アルゴンイオンの照射時間を制御することにより、アモルファス層の厚みを制御することが可能である。

[0063] 光源としては、照明用蛍光体の励起用として高い信頼性を有するGaN材料による半導体レーザが好適である。また、一次元状に配列したレーザアレイ等の光源も実現可能である。スーパールミネッセンスダイオードや半導体光アンプ(SOA)であってもよい。更に、LEDを利用でき、あるいは光源からの励起光を光ファイバーを通して蛍光体素子に対して入射させることもできる。

[0064] 半導体レーザと蛍光体から白色光を発生する方法は、特には限定されないが、以下の方法が考えられる。

青色レーザと蛍光体により黄色の蛍光を発生し、白色光を得る方法

青色レーザと蛍光体により赤色と緑色の蛍光を発生し白色光を得る方法

また青色レーザや紫外レーザから蛍光体により赤色、青色、緑色の蛍光を発生し白色光を得る方法

青色レーザや紫外レーザから蛍光体により青色と黄色の蛍光を発生し白色光を得る方法

[0065] また、光源素子、蛍光体素子の各端面は、それぞれ、端面反射を抑制する

ために斜めカットしていてもよい。また、蛍光体素子と支持基板の接合は、接着固定でもよく、直接接合でもよい。支持基板にスパッタ、CVD等の成膜法により蛍光体素子を形成してもよい。

実施例

[0066] (実施例1：反射膜が誘電体多層膜である場合)

図1に示すような蛍光体素子10を、図5に示す手順で作製した。

具体的には、単結晶CeドープYAG（イットリウム－アルミニウムガーネット）からなる蛍光体層1Aに、イオンアシスト蒸着装置にて誘電体多層膜2Bを形成した。誘電体多層膜2Bは、低屈折率層と高屈折率層とが交互に積層されて構成されている。低屈折率層はSiO₂からなり、高屈折率層はTiO₂からなり、低屈折率層と高屈折率層の合計は69層である。また、低屈折率層の総厚が3.3μm、高屈折率層の総厚が1.8μm、誘電体多層膜全体の厚みが5μmである。このような誘電体多層膜においては、励起光の入射角度45°の時、波長450nmにて反射率が99.5%以上で、波長580nmにて反射率は98%であった。

[0067] 上記の場合、単結晶YAG蛍光体層の熱膨張係数が $8 \times 10^{-6}/K$ であるのに対して、誘電体多層膜のSiO₂、TiO₂の熱膨張係数がそれぞれ $0.7 \times 10^{-6}/K$ 、 $2.1 \times 10^{-6}/K$ と小さいため、蒸着後の蛍光体層は圧縮応力を受け、φ3インチの蛍光体基板で100μm以上の反りが発生した。

[0068] 次に、誘電体多層膜を構成する2種の誘電体のうち、熱膨張係数の高いTiO₂よりも高い熱膨張係数を有するAl₂O₃からなる反り抑制層3をスパッタした。Al₂O₃の熱膨張係数は $7.2 \times 10^{-6}/K$ であり、膜厚は2μmとした。その結果、蛍光体層の反りが10μm以下に減少した。

[0069] 次いで、サファイアからなる支持基板と蛍光体層上の反り抑制層とを常温直接接合（表面活性化法）にて接合した。接合面を顕微鏡にて観察した結果、直接接合の貼り合わせ面には気泡は存在しなかった。その後、貼り合わせした蛍光体層を厚み100μmまで光学研磨した。蛍光体層の厚さのばらつきは±0.25μm以内であった。

[0070] 最後に5×5 mmのサイズにダイシング装置で切断して反射型蛍光体素子を作製した。得られた蛍光体素子に30 mWの半導体青色レーザを蛍光体の斜め45° 上方より投射した。このときの内部量子効率は何%以上であった。また、色あいまはなかった。

[0071] (比較例1：反射膜が誘電体多層膜である場合)

図3に示すプロセスに従い、蛍光体素子を作製した。

実施例1と同様に、単結晶CeドープYAG蛍光体層に、イオンアシスト蒸着装置にて誘電体多層膜2Bを形成した。蒸着後の蛍光体層は圧縮応力を受け、φ3インチの蛍光体層で100 μm以上の反りが発生した。

[0072] 次に、サファイアからなる支持基板4と誘電体多層膜2Bとを常温直接接合(表面活性化法)にて接合した。接合面を顕微鏡にて観察した結果、直接接合の貼り合わせ面には気泡が数多く存在した。

[0073] その後、貼り合わせした蛍光体層を厚み100 μmまで光学研磨したが、蛍光体層の厚さのバラツキは±5 μmであった。

[0074] 最後に5×5 mmのサイズにダイシング装置で切断して反射型蛍光体素子を作製した。蛍光体素子に30 mWの半導体青色レーザを蛍光体の斜め45° 上方より投射した。このときの内部量子効率は80%であった。また、色あいまが生じてしまった。

[0075] (実施例2：反射膜が金属膜の場合)

図2に示すような蛍光体素子9を、図6に示す手順で作製した。

具体的には、単結晶CeドープYAG蛍光体層にスパッタ装置にて金属膜(アルミニウム膜)5Bを厚み2 μmで形成した。アルミニウム膜においては、波長450 nmにて反射率が91%で、波長580 nmにて反射率は91%であった。上記の場合、単結晶YAG蛍光体層の熱膨張係数が 8×10^{-6} /K、アルミニウム膜の熱膨張係数が 23.2×10^{-6} /Kとなるため、スパッタ後の基板は引っ張り応力を受け、φ3インチの蛍光体層で100 μm以上の反りが発生した。

[0076] 次に、アルミニウム膜の熱膨張係数よりも低い熱膨張係数を有するAl₂O

からなる反り抑制層 3 をスパッタした。 Al_2O_3 の熱膨張係数は $7.2 \times 10^{-6} / \text{K}$ であり、膜厚は $2 \mu\text{m}$ とした。その結果、蛍光体層の反りが $10 \mu\text{m}$ 以下に減少した。

[0077] さらにサファイアからなる支持基板 4 と反り抑制層 3 とを常温直接接合（表面活性化法）にて接合した。接合面を顕微鏡にて観察した結果、直接接合の貼り合わせ面には気泡は存在しなかった。その後、貼り合わせした蛍光体層を厚み $100 \mu\text{m}$ まで光学研磨した。蛍光体層の厚さのばらつきは $\pm 0.25 \mu\text{m}$ 以内であった。

[0078] 最後に $5 \times 5 \text{ mm}$ のサイズにダイシング装置で切断して反射型蛍光体素子を作製した。蛍光体素子に 30 mW の半導体青色レーザを蛍光体の斜め上方より投射した。このときの内部量子効率 は 90% 以上であった。また、色あいまはなかった。

[0079] （比較例 2：反射膜が金属膜の場合）

図 4 に示すプロセスに従って蛍光体素子を作製した。

実施例 2 と同様に、単結晶 Ce ドープ YAG 蛍光体層にイオンアシスト蒸着装置にて金属膜を形成した。蒸着後の基板は引っ張り応力を受け、 $\phi 3$ インチの蛍光体基板で $100 \mu\text{m}$ 以上の反りが発生した。

[0080] 次に、サファイアからなる基板と上記蛍光体基板を常温直接接合（表面活性化法）にて接合した。接合面を顕微鏡にて観察した結果、直接接合の貼り合わせ面には気泡が数多く存在した。その後、貼り合わせした蛍光体層を厚み $100 \mu\text{m}$ まで光学研磨したが、蛍光体層の厚さのばらつきは $\pm 5 \mu\text{m}$ であった。

[0081] 最後に $5 \times 5 \text{ mm}$ のサイズにダイシング装置で切断して反射型蛍光体素子を作製した。蛍光体素子に 30 mW の半導体青色レーザを蛍光体の斜め上方より投射した。このときの内部量子効率 は 80% であった。また、色あいまが生じてしまった。

[0082] （実施例 3：反射膜が誘電体多層膜であり、反射膜の反対側に部分透過膜がある場合）

図7に示すような蛍光体素子20を、実施例1と同様にして作製した。

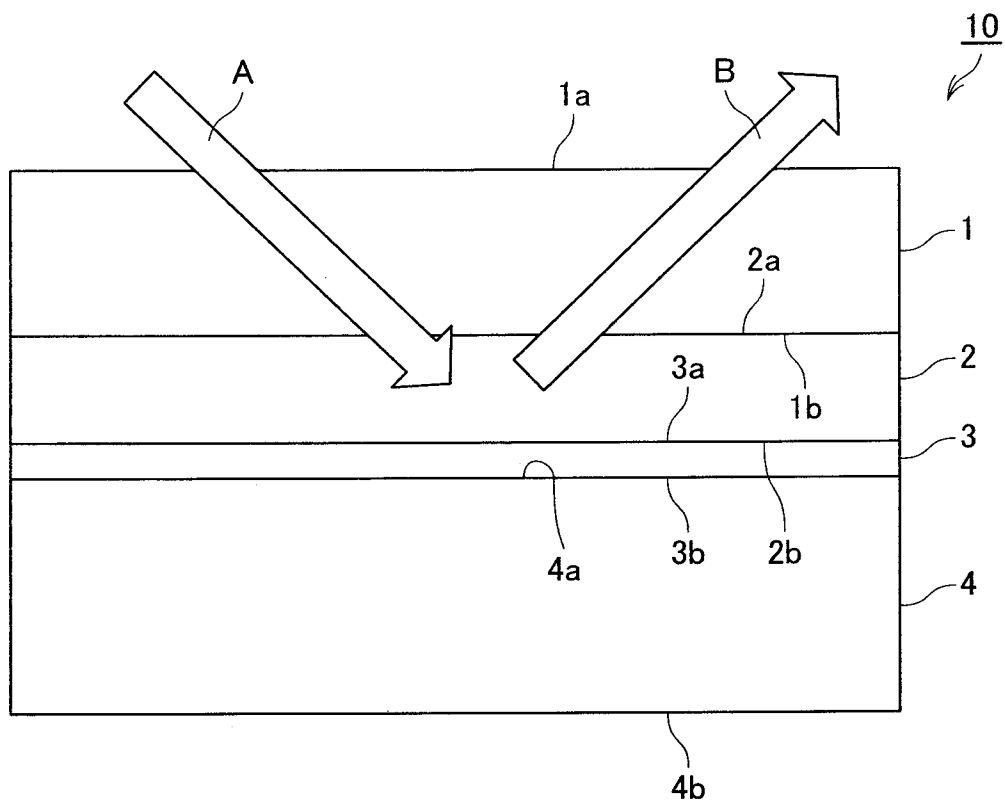
[0083] ただし、蛍光体層1の厚みは $50\mu\text{m}$ とし、蛍光体層1の厚さのばらつきは $\pm 0.25\mu\text{m}$ 以内であった。次に、蛍光体層の研磨された主面1a上に部分透過膜15を形成した。部分透過膜は誘電体多層膜によって形成した。具体的には、低屈折率層は SiO_2 からなり、高屈折率層は TiO_2 からなり、低屈折率層と高屈折率層の合計は5層とした。このような誘電体多層膜においては、 430nm から 470nm の波長範囲にて反射率が20%以上であり、波長 450nm の場合、反射率は40%であった。

[0084] 最後に $5\times 5\text{mm}$ のサイズにダイシング装置で切断して反射型蛍光体素子を作製した。得られた蛍光体素子に 30mW の半導体青色レーザを蛍光体の斜め上方より投射した。このときの内部量子効率 90% であった。また、色あいムラはなかった。

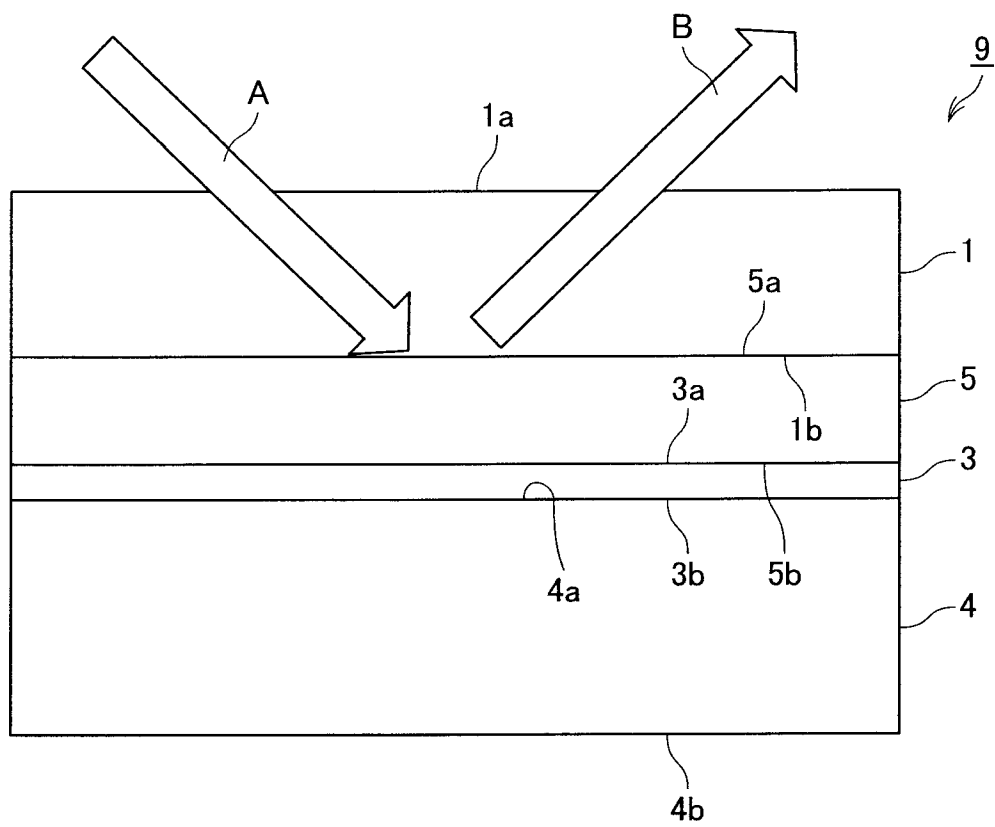
請求の範囲

- [請求項1] 蛍光体層、
前記蛍光体層上に設けられた反射膜、
前記反射膜上に設けられた反り抑制層、および
前記反り抑制層に直接接合されている支持基板を備えており、
前記蛍光体層に入射する励起光を蛍光に変換し、前記蛍光および前記励起光を前記反射膜で反射して前記蛍光体層から出射させることを特徴とする、蛍光体素子。
- [請求項2] 前記反射膜が誘電体多層膜であり、前記反り抑制層の材質の熱膨張係数が、前記誘電体多層膜の構成材料の中で熱膨張係数が最も大きい材料の熱膨張係数よりも大きいことを特徴とする、請求項1記載の素子。
- [請求項3] 前記反射膜が金属膜であり、前記反り抑制層の材質の熱膨張係数が、前記金属膜の材質の熱膨張係数よりも小さいことを特徴とする、請求項1記載の素子。
- [請求項4] 前記蛍光体層が蛍光体ガラスまたは蛍光体単結晶からなることを特徴とする、請求項1～3のいずれか一つの請求項に記載の素子。
- [請求項5] 前記蛍光体層の前記反射膜とは反対側に、前記励起光を部分的に透過する部分透過膜を備えており、前記励起光が前記部分透過膜を透過した後に前記蛍光体層に入射することを特徴とする、請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載の素子。
- [請求項6] 前記蛍光体層の材質の熱膨張係数を100としたとき、前記反り抑制層の熱膨張係数が50～150であることを特徴とする、請求項1～5のいずれか一つの請求項に記載の素子。
- [請求項7] 励起光を発振する光源および蛍光体素子を備える照明装置であって、
前記蛍光体素子が、請求項1～6のいずれか一つの請求項に記載の蛍光体素子であることを特徴とする、照明装置。

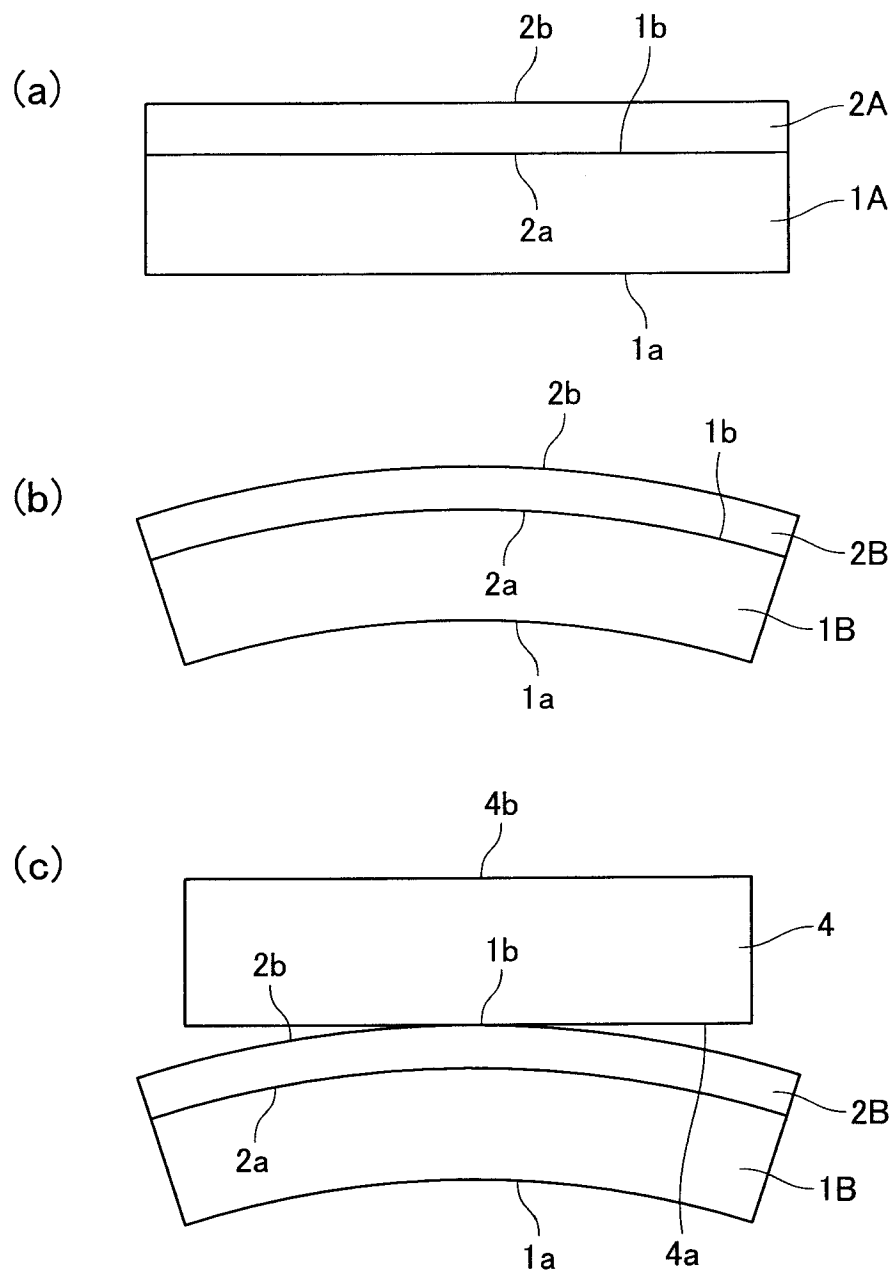
[図1]



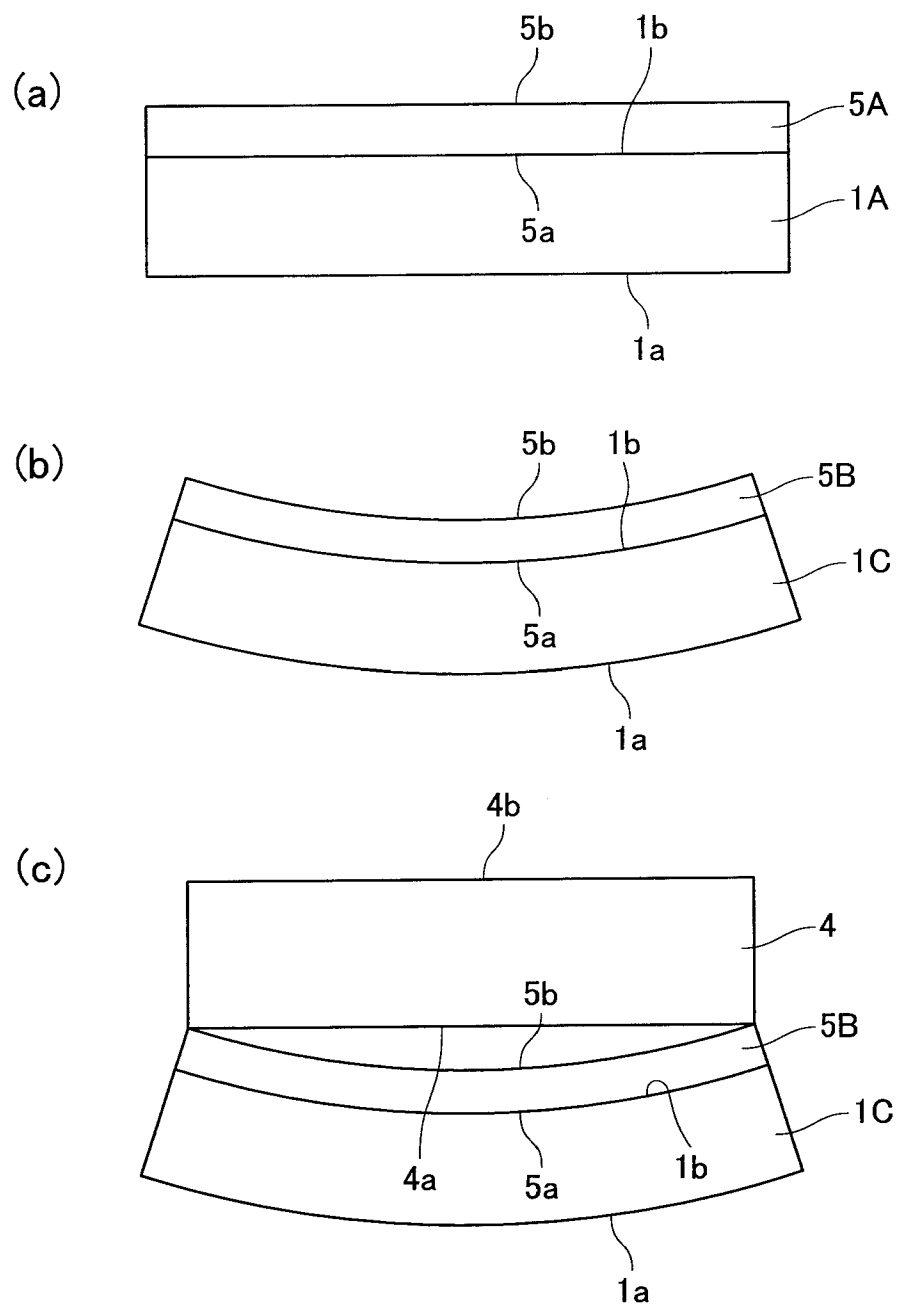
[図2]



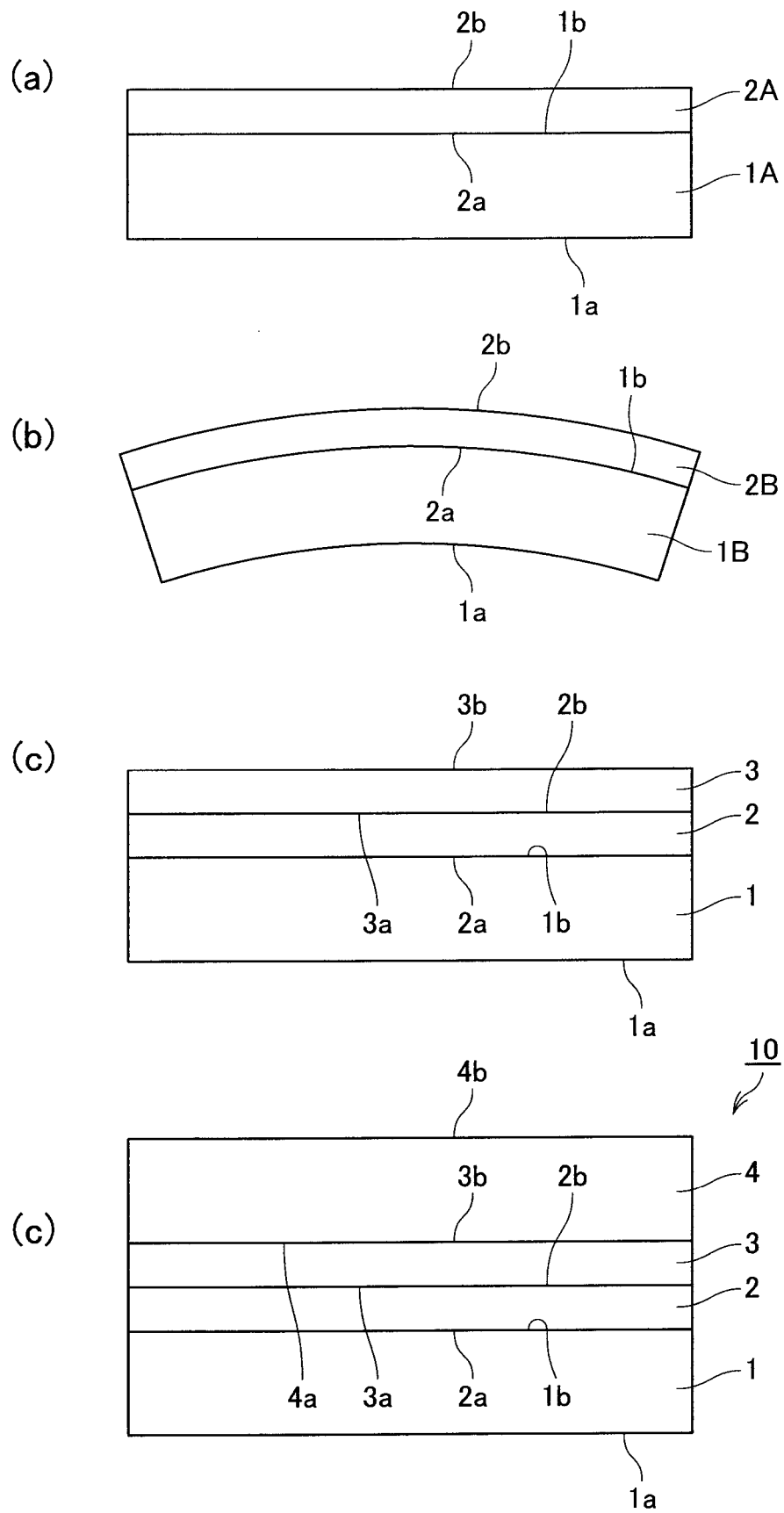
[図3]



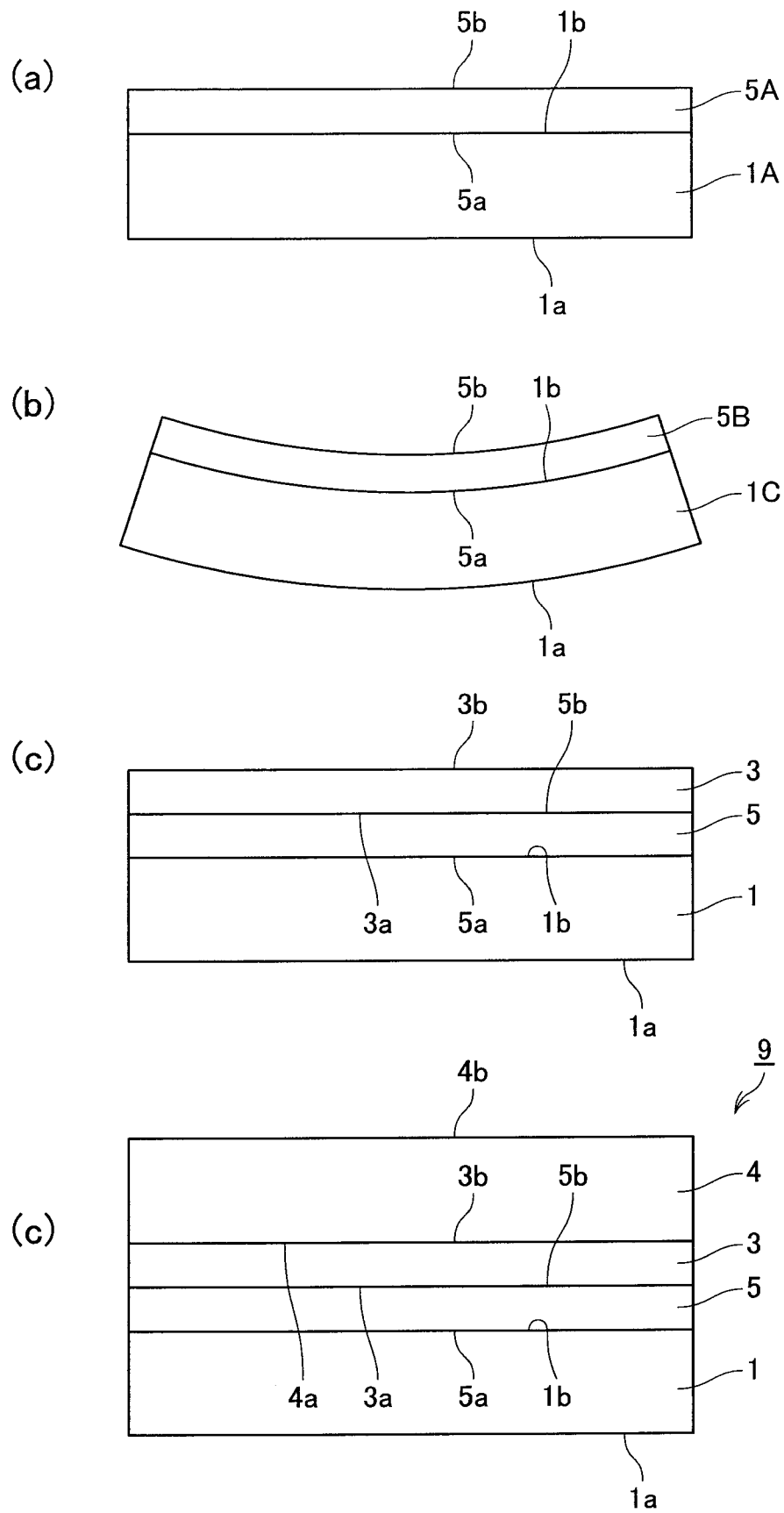
[図4]



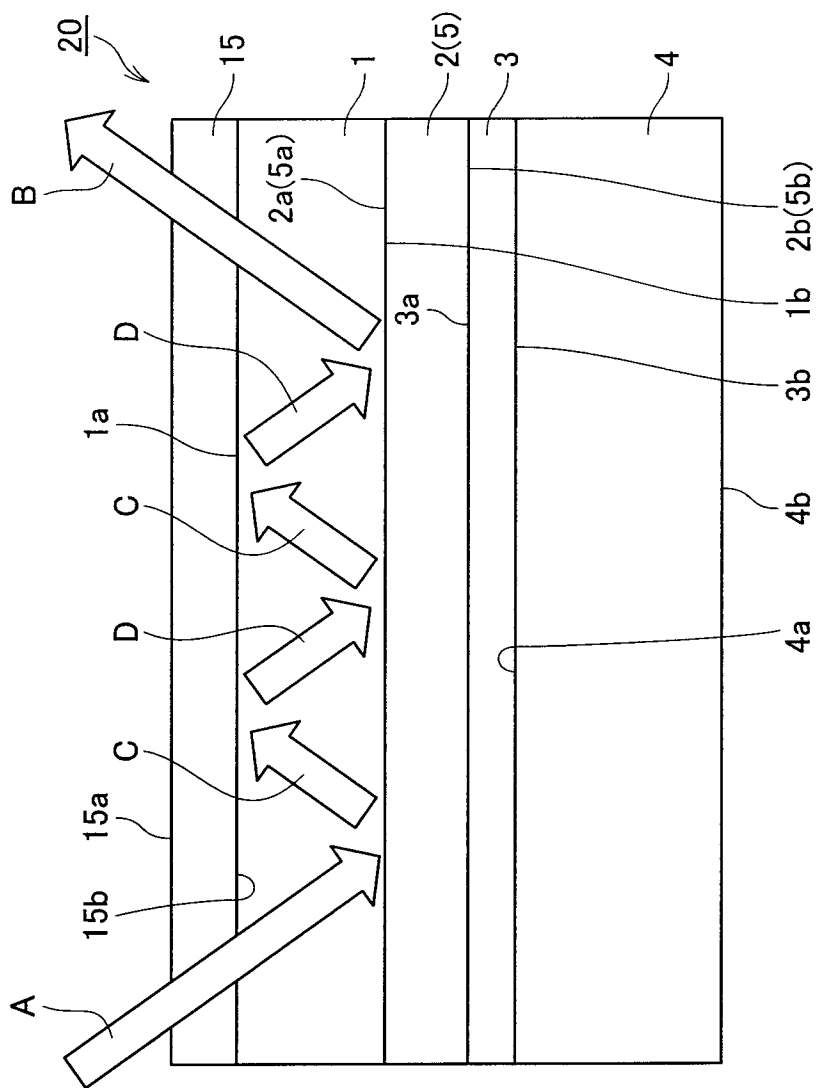
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/20(2006.01)i, C09K11/00(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G02B5/08(2006.01)i, G02B5/26(2006.01)i, G02B5/28(2006.01)i, F21Y115/10(2016.01)n, F21Y115/30(2016.01)n

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, C09K11/00, F21V9/16, G02B5/08, G02B5/26, G02B5/28, F21Y115/10, F21Y115/30

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-185980 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 27 September 2012 (27.09.2012), claims 1 to 14; paragraphs [0008], [0022], [0034] to [0067], [0086] to [0092]; fig. 1 (Family: none)	1, 3-4, 6-7 5 2
Y	JP 2011-107508 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraphs [0005], [0008] (Family: none)	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
29 August 2017 (29.08.17)

Date of mailing of the international search report
12 September 2017 (12.09.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022105

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2013/024558 A1 (Panasonic Corp.), 21 February 2013 (21.02.2013), paragraph [0042] & JP 13-24558 A1 & US 2014/0153216 A1 paragraph [0067] & CN 103717963 A	5
A	JP 2016-66764 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 28 April 2016 (28.04.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	WO 2011/126000 A1 (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 13 October 2011 (13.10.2011), entire text; all drawings & US 2013/0026527 A1 & EP 2557607 A1 & CN 102823000 A	1-7
A	JP 2000-208257 A (Sony Corp.), 28 July 2000 (28.07.2000), claim 1; paragraphs [0001], [0017], [0020] to [0021] (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B5/20(2006.01)i, C09K11/00(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G02B5/08(2006.01)i,
G02B5/26(2006.01)i, G02B5/28(2006.01)i, F21Y115/10(2016.01)n, F21Y115/30(2016.01)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 (IPC))

Int.Cl. G02B5/20, C09K11/00, F21V9/16, G02B5/08, G02B5/26, G02B5/28, F21Y115/10, F21Y115/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2012-185980 A (日本電気硝子株式会社) 2012.09.27, [請求項 1]- [請求項 14], [0008], [0022], [0034]-[0067], [0086]-[0092], [図 1] (ファミリーなし)	1, 3-4, 6-7 5 2
Y	JP 2011-107508 A (昭和電工株式会社) 2011.06.02, [0005], [0008] (ファミリーなし)	5
Y	WO 2013/024558 A1 (パナソニック株式会社) 2013.02.21, [0042] & JP 13-24558 A1 & US 2014/0153216 A1 ([0067]) & CN 103717963 A	5

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日

29.08.2017

国際調査報告の発送日

12.09.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

野尻 悠平

20

5554

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-66764 A (日本電気硝子株式会社) 2016. 04. 28, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7
A	WO 2011/126000 A1 (日亜化学工業株式会社) 2011. 10. 13, 全文全図 & US 2013/0026527 A1 & EP 2557607 A1 & CN 102823000 A	1-7
A	JP 2000-208257 A (ソニー株式会社) 2000. 07. 28, [請求項 1], [0001], [0017], [0020]-[0021] (ファミリーなし)	1-7