

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5279428号
(P5279428)

(45) 発行日 平成25年9月4日(2013.9.4)

(24) 登録日 平成25年5月31日(2013.5.31)

(51) Int. Cl. F I
G 0 2 B 5/28 (2006.01) G O 2 B 5/28
G 0 2 B 5/26 (2006.01) G O 2 B 5/26
F 2 1 V 9/04 (2006.01) F 2 1 V 9/04
F 2 1 Y 101/00 (2006.01) F 2 1 Y 101:00 1 0 0

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-244790 (P2008-244790)
 (22) 出願日 平成20年9月24日(2008.9.24)
 (65) 公開番号 特開2010-78714 (P2010-78714A)
 (43) 公開日 平成22年4月8日(2010.4.8)
 審査請求日 平成23年9月20日(2011.9.20)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100084375
 弁理士 板谷 康夫
 (74) 代理人 100121692
 弁理士 田口 勝美
 (74) 代理人 100125221
 弁理士 水田 慎一
 (72) 発明者 野口 晋治
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電工株式会社内

審査官 素川 慎司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広域熱線カットフィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明基板と、前記透明基板の片面又は両面に光学多層膜とを備える広域熱線カットフィルタにおいて、

前記光学多層膜は、前記透明基板上に高屈折率材料層と低屈折率材料層とが交互に積層され、略1000~2000nmの波長の熱線を反射する第1の反射部と、

前記第1の反射部上に高屈折率材料層と低屈折率材料層とが交互に積層され、略800~1300nmの波長の熱線を反射する第2の反射部とを有し、

前記第1の反射部は、

設計波長を とするとき、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 より薄い層、前記低屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 より薄い層、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 以上の厚い層が順に積層されている第1の構造と、

前記低屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 より薄い層、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 より薄い層、前記低屈折率材料層であって光学膜厚が / 4 以上の厚い層が順に積層されている第2の構造とを有し、

前記第1の構造と前記第2の構造は、交互に重ねられ、

前記第1の構造と前記第2の構造との間の少なくとも一部に、光学膜厚が / 4 以上の厚い層が複数挟まれていることを特徴とする広域熱線カットフィルタ。

【請求項2】

前記高屈折率材料層はTa(タンタル)成分から成り、かつ、前記低屈折率材料層はS

10

20

i 成分から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の広域熱線カットフィルタ。

【請求項 3】

前記高屈折率材料層は Nb (ニオブ) 成分から成り、かつ、前記低屈折率材料層は Si 成分から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の広域熱線カットフィルタ。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の広域熱線カットフィルタが光出射口近傍に設けられる照明器具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明光源から発生する不要な熱線、すなわち熱線波長域の光を遮蔽する広域熱線カットフィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

店舗や舞台で使用されるスポットライト照明器具及びプロジェクタの光源は、演色性が良く、点灯・消灯の切り替えが容易なハロゲンランプが一般的に使われる。このようなハロゲンランプの放射スペクトルを図 6 に示す。ハロゲンランプから放射される可視光の量に比べて、放射される熱線（赤外線）の量は非常に多い。そのため、例えば、ハロゲンランプを備えるスポットライト照明器具を使用したとき、被照射物は明るく照らされると同時に、大量の熱線が放射されることになる。そこで、熱線吸収ガラス、熱線反射フィルタ等をハロゲンランプの光出射口近傍に配置することによって、ハロゲンランプから放射される不要な熱線をカットしている。

【0003】

熱線をカットするために用いられる熱線吸収ガラスは、微量のコバルト、鉄、セレン等の金属が混入されたガラスであり、熱線を吸収することができる。しかしながら、熱線吸収ガラスは、高出力の光源であるハロゲンランプから放射される熱線を多量に吸収することで破損してしまうため、200 程度までが使用限界温度である。また、熱線吸収ガラスは可視光の透過率が良くない。

【0004】

熱線をカットするために用いられる熱線反射フィルタは、ガラスや水晶等の透明基板上に光学多層膜が形成される（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。普通の光学多層膜を備える熱線反射フィルタは、熱線をカットする領域が狭いため、780 ~ 1200 nm の波長の熱線をカットできても、1200 nm より長い波長の熱線をカットできない。そこで、光学多層膜を形成する高屈折率材料層と低屈折率材料層の光学膜厚は、1200 nm より長い波長の熱線をカットするために、設計波長を λ としたとき、 $nd = \lambda / 4$ (n: 屈折率、d: 膜厚) の構成となるように設計されることが考えられる。しかしながら、上記のように設計された光学多層膜を備える熱線反射フィルタは、可視光領域の透過スペクトルにディンプルが発生するために、透過光に色むらが発生し、可視光の透過率が低下する。

【0005】

カットできる熱線領域を広くするための別の手段として、カットできる熱線領域の異なる複数個の熱線反射フィルタを使用することが考えられるが、部品点数が増加して高価となる。また、さらに別の手段として、熱線吸収ガラスと熱線反射フィルタとを組み合わせることが考えられるが、この組み合わせでは、広域の熱線が綺麗にカットされず、可視光の透過特性が悪く、部品点数が増加して高価となる。

【0006】

そこで、透明ガラス基板上に 10 層以上が積層された光学多層薄膜に、 In_2O_3 及び SnO_2 から成る ITO 膜（インジウム・ティン・オキサイド膜）を組み合わせた熱線反射フィルタが知られている（例えば、特許文献 3 及び特許文献 4 参照）。この熱線反射フィルタは、光学多層薄膜で 780 ~ 1200 nm の波長の熱線をカットし、ITO 膜で 1

10

20

30

40

50

200 nm以上の波長の熱線をカットする。しかしながら、この熱線反射フィルタは熱の影響を受けやすい性質を有しており、その性質が顕著に表れる耐熱試験結果を図7に示す。耐熱試験は、熱線反射フィルタのサンプルを300で35日間加熱して行われた。耐熱試験後の熱線反射フィルタは、耐熱試験前のもに比べて、ITO膜が有する1200 nm以上の波長の熱線をカットする効果が大きく低下している。

【特許文献1】特開2000-314808号公報

【特許文献2】特開2003-279726号公報

【特許文献3】特開平8-329719号公報

【特許文献4】特開平8-249914号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、400～800 nmの可視光の透過率が向上し、800～2000 nmの広域の熱線をカットでき、また、高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下しない高温耐久性を有する広域熱線カットフィルタ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】

【0008】

上記目的を達成するために請求項1の発明は、透明基板と、前記透明基板の片面又は両面に光学多層膜とを備える広域熱線カットフィルタにおいて、前記光学多層膜は、前記透明基板上に高屈折率材料層と低屈折率材料層とが交互に積層され、略1000～2000 nmの波長の熱線を反射する第1の反射部と、前記第1の反射部上に高屈折率材料層と低屈折率材料層とが交互に積層され、略800～1300 nmの波長の熱線を反射する第2の反射部とを有し、前記第1の反射部は、設計波長を λ とするとき、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ より薄い層、前記低屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ より薄い層、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ 以上の厚い層が順に積層されている第1の構造と、前記低屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ より薄い層、前記高屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ より薄い層、前記低屈折率材料層であって光学膜厚が $\lambda/4$ 以上の厚い層が順に積層されている第2の構造とを有し、前記第1の構造と前記第2の構造は、交互に重ねられ、前記第1の構造と前記第2の構造との間の少なくとも一部に、光学膜厚が $\lambda/4$ 以上の厚い層が複数挟まれたものである。

【0009】

請求項2の発明は、請求項1に記載の広域熱線カットフィルタにおいて、前記高屈折率材料層はTa成分から成り、かつ、前記低屈折率材料層はSi成分から成るものである。

【0010】

請求項3の発明は、請求項1に記載の広域熱線カットフィルタにおいて、前記高屈折率材料層はNb成分から成り、かつ、前記低屈折率材料層はSi成分から成るものである。

【0011】

請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の広域熱線カットフィルタが光出射口近傍に設けられる照明器具である。

【発明の効果】

【0012】

請求項1乃至請求項3の発明によれば、400～800 nmの波長の可視光に対する透過率が80%以上であり、800～2000 nmの波長の熱線を50%以上カットし、300を越える高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下しない。

【0013】

請求項4の発明によれば、熱線カット効果及び可視光の透過率が高いので、被照射物の表面温度の上昇を抑制し、かつ、効率良く可視光を照射できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

10

20

30

40

50

本発明の一実施形態に係る広域熱線カットフィルタ（以下、カットフィルタという）について図1及び図2を参照して説明する。図1は本実施形態のカットフィルタ1を備える照明器具2の概略構成を示す。本実施形態のカットフィルタ1は、照明器具2の光出射口近傍に設けられる。照明器具2は、適宜に反射鏡4が設けられる。ハロゲンランプである光源3から出射された光5は、直接、カットフィルタ1を透過し、又は反射鏡4によって反射された後にカットフィルタ1を透過し、透過光6となって外部に出射される。照明器具2は、カットフィルタ1が熱線をカットすると共に、可視光を透過させるので、被照射物の表面温度の上昇を抑制し、かつ、効率良く可視光を照射できる。

【0015】

図2は本実施形態のカットフィルタ1の概略構成を示す。カットフィルタ1は、透明基板7と、透明基板7の片面に光学多層膜8とを備える。光学多層膜8は、透明基板7上に高屈折率材料層9と低屈折率材料層10とが交互に積層され、略1000～2000nmの波長の熱線を反射する第1の反射部11を有する。また、光学多層膜8は、第1の反射部11上に高屈折率材料層9と低屈折率材料層10とが交互に積層され、略800～1300nmの波長の熱線を反射する第2の反射部12とを有する。具体的には、光学多層膜8は、例えば、高屈折率材料層9と低屈折率材料層10とが交互に1層～37層まで積層される第1の反射部11と、高屈折率材料層9と低屈折率材料層10とが交互に38層～46層まで積層される第2の反射部12とを有する。カットフィルタ1は、光学多層膜8が設けられている側から入射した光5に含まれる可視光を透過させると共に、光5に含まれる熱線をカットする。

【0016】

透明基板7の材質は、耐熱性を高めるために風冷強化された石英ガラス、硼珪酸ガラス（硬質ガラス）、ソーダライムガラス等が挙げられるが、特に限定されるものではない。また、透明基板7の形状は、カットフィルタ1を適用する照明器具2の形状に応じて適宜に形成される。

【0017】

高屈折率材料層9の材質は、高温耐久性及び可視光線透過性能の点から Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 等が望ましい。なお、 TiO_2 も高屈折率を有するが、可視光の波長を吸収して可視光線透過性能が悪いので、目標の可視光線透過率が得られないため、高屈折率材料層9の材質として望ましくない。低屈折率材料層10の材質は、 MgF_2 、 SiO_2 等が挙げられるが、高温耐久性の点から SiO_2 が望ましい。高屈折率材料層9及び低屈折率材料層10は、In成分、及びSn成分を含有していないので、300を越える高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下せず、また、高温下で変色するAg成分を含有していないので、高温下で長時間連続使用しても可視光の照射を阻害しない。

【0018】

第1の反射部11は、設計波長を とするとき、高屈折率材料層9であって光学膜厚が $\lambda/4$ より薄い層（以下、薄い層という）、低屈折率材料層10であって薄い層、高屈折率材料層9であって光学膜厚が $\lambda/4$ 以上の厚い層（以下、厚い層という）が順に積層されている第1の構造13を有する。また、第1の反射部11は、低屈折率材料層10であって薄い層、高屈折率材料層9であって薄い層、低屈折率材料層10であって厚い層が順に積層されている第2の構造14と有する。そして、第1の構造13と第2の構造14は交互に重ねられている。すなわち、第1の反射部11は、高屈折率材料層9と低屈折率材料層10とが交互に積層され、かつ、厚い層と厚い層との間に薄い層が2層が挟まれている構造を複数有する。

【0019】

また、第1の反射部11は、例えば、第2の構造14、高屈折率材料層9の厚い層、低屈折率材料層10の厚い層、第1の構造13が順に積層されている構造のような、第1の構造13と第2の構造14の間に複数の厚い層が挟まれる構造を有していてもよい。第1の反射部11の最上部における構造は、例えば、第1の構造13、低屈折率材料層10の薄い層、高屈折率材料層9の薄い層が順に積層されている構造のような、第1の構造13

10

20

30

40

50

又は第2の構造14の上に複数の薄い層が積層される構造を有していてもよい。

【0020】

カットフィルタ1は、第1の反射部11が上記のように設計されることにより、略400～800nmの波長の可視光の透過率が80%以上となり、略800～2000nmの波長の熱線を50%以上カットできる。また、カットフィルタ1は、可視光領域の透過スペクトルにディンプルが発生することを抑えるので、透過光6に色むらが発生しない。

【0021】

第2の反射部12は、高屈折率材料層9の厚い層と低屈折率材料層10の厚い層とが交互に積層される構造を有する。また、第2の反射部12の最上部は、高屈折率材料層9の厚い層上に低屈折率材料層10の薄い層、又は低屈折率材料層10の厚い層上に高屈折率材料層9の薄い層が積層されていてもよい。

10

【0022】

製膜方法は、高屈折率材料層9及び低屈折率材料層10の薄い層を極薄膜に構成するために、略30～50nmである膜厚を精度良く製膜でき、かつ、高温でも剥離が起きない膜密度及び圧縮応力が得られるイオンアシスト蒸着、プラズマ蒸着、反応性スパッタリング等が挙げられるが、特に限定されるものではない。

【0023】

図3は、カットフィルタ1の変形例の構成を示す。カットフィルタ15の構成は、上記実施形態と比べ、透明基板7の両面に光学多層膜8が設けられる点で異なる。カットフィルタ15は、上記実施形態と同じ設計の光学多層膜8が透明基板7の両面に設けられ、光学多層膜8が片面にのみ設けられたカットフィルタ1よりも高い可視光の透過率及び熱線カット効果が得られる。

20

【0024】

次に、上述した実施形態を具現化した4つの実施例について説明する。

【0025】

(実施例1)

厚さ100mmのガラス基板(商品名:TEMPAX、SCHOTT社製)である透明基板7を、弱アルカリ性のガラス用洗浄剤中で超音波洗浄した後に、純水で洗浄してから130℃で60分間乾燥させる。次に、透明基板7の温度を200℃にして、酸素ガスを導入させた状態で、高屈折率材料層9の材質である Ta_2O_5 と低屈折率材料層10の材質である SiO_2 を、イオンアシスト蒸着法によって交互に46層積層させて、透明基板7の片面に光学多層膜8を形成させることでカットフィルタ1を得た。表1に高屈折率材料層9及び低屈折率材料層10の各光学膜厚を示す。光学膜厚の欄に記載された値は、設計波長を850nmとしたときの $\lambda/4$ の値を1として算出した値である。この値と $\lambda/4$ との積が光学膜厚を示す。

30

【0026】

【表 1】

層	物質	光学膜厚 ($\times \lambda / 4$)	層	物質	光学膜厚 ($\times \lambda / 4$)
基板	ガラス	—	24	SiO ₂	1.21
1	Ta ₂ O ₅	0.16	25	Ta ₂ O ₅	0.18
2	SiO ₂	0.20	26	SiO ₂	0.16
3	Ta ₂ O ₅	1.44	27	Ta ₂ O ₅	1.40
4	SiO ₂	0.22	28	SiO ₂	0.18
5	Ta ₂ O ₅	0.17	29	Ta ₂ O ₅	0.25
6	SiO ₂	1.71	30	SiO ₂	1.33
7	Ta ₂ O ₅	0.15	31	Ta ₂ O ₅	1.20
8	SiO ₂	0.18	32	SiO ₂	1.08
9	Ta ₂ O ₅	1.31	33	Ta ₂ O ₅	0.13
10	SiO ₂	0.19	34	SiO ₂	0.15
11	Ta ₂ O ₅	0.17	35	Ta ₂ O ₅	1.57
12	SiO ₂	2.08	36	SiO ₂	0.18
13	Ta ₂ O ₅	0.21	37	Ta ₂ O ₅	0.27
14	SiO ₂	0.18	38	SiO ₂	1.29
15	Ta ₂ O ₅	1.86	39	Ta ₂ O ₅	1.12
16	SiO ₂	0.14	40	SiO ₂	1.07
17	Ta ₂ O ₅	0.26	41	Ta ₂ O ₅	1.08
18	SiO ₂	1.46	42	SiO ₂	1.11
19	Ta ₂ O ₅	0.23	43	Ta ₂ O ₅	1.09
20	SiO ₂	0.17	44	SiO ₂	1.10
21	Ta ₂ O ₅	1.60	45	Ta ₂ O ₅	1.03
22	SiO ₂	0.15	46	SiO ₂	0.55
23	Ta ₂ O ₅	0.16	媒質	空気	—

【0027】

次に、上記のように作製した実施例 1 のカットフィルタ 1 のサンプルを 500 で 30 日間加熱する耐熱試験を行った。

【0028】

耐熱試験前と耐熱試験後のそれぞれのカットフィルタ 1 における分光透過特性を、株式会社日立ハイテクノロジー製、自記分光光度計 U-4000 を用いて測定した。この分光透過特性の測定結果を図 4 に示す。図 4 から分かるように、耐熱試験前と耐熱試験後では、カットフィルタ 1 の分光透過特性に全く変化が無かった。そのため、カットフィルタ 1 は、高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下しない。また、可視光領域の透過スペクトルにディンプルがほとんど発生していないので、透過光 6 に色むらが生じない。なお、耐熱試験前及び耐熱試験後のいずれも、カットフィルタ 1 の可視光平均透過率が 90%、800 ~ 2000 nm の波長の熱線カット率は 76% であった。

【0029】

(実施例 2)

表 1 に示される 46 層の光学多層膜 8 を、透明基板 7 の両面にそれぞれ形成した以外は、実施例 1 と同様にしてカットフィルタ 15 を得た。次に、実施例 1 と同様の耐熱試験を行った。耐熱試験前と耐熱試験後のそれぞれのカットフィルタ 15 における分光透過特性の測定結果を図 5 に示す。図 5 から分かるように、耐熱試験前と耐熱試験後では、カット

フィルタ15の分光透過特性に全く変化が無かった。そのため、カットフィルタ15は、高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下しない。また、可視光領域の透過スペクトルにディンプルがほとんど発生していないので、透過光6に色むらが生じない。なお、耐熱試験前及び耐熱試験後のいずれも、カットフィルタ15の可視光平均透過率が91.5%、800~2000nmの波長の熱線カット率が83%であった。また、カットフィルタ15は、耐熱試験前と耐熱試験後のいずれの場合も、可視光平均透過率及び熱線カット率が実施例1のカットフィルタ1より優れていた。

【0030】

(実施例3)

高屈折率材料層9の材質をNb₂O₅にした以外は、実施例1と同様にしてカットフィルタ1を得た。次に、実施例1と同様の耐熱試験を行った。耐熱試験前と耐熱試験後のそれぞれのカットフィルタ1の分光透過特性を測定した。耐熱試験前と耐熱試験後では、広域熱線カットフィルタの分光透過特性に全く変化が無かった。そのため、カットフィルタ1は、高温下で長時間連続使用しても熱線カット効果が低下しない。また、カットフィルタ1は、耐熱試験前及び耐熱試験後のいずれの場合も、可視光平均透過率が90.5%、800~2000nmの波長の熱線カット率が70%であった。

【0031】

(実施例4)

実施例2で得られたカットフィルタ15を、光源3として1000Wのハロゲンランプを用いた舞台用スポットライト照明器具である照明器具2の光出射口近傍に設置した。照明器具2を点灯させ、4m離れた被照射物の表面温度の測定を行った。被照射物の表面温度は、カットフィルタ15を設置せずに光源3から光を照射させたときと比較すると8.5%低くなった。カットフィルタ15が設置された照明器具2の中心照度は、ITO膜を用いた現行品の照明器具と比較して24%向上した。また、ITO膜を用いた現行品の照明器具の熱線カット効果は、200~300時間の連続使用後に効果が半減したのに対して、カットフィルタ15の照明器具2の熱線カット効果は、5000時間の連続使用後も全く低下が認められなかった。

【0032】

なお、本発明は、上記の実施形態の構成に限られず、発明の要旨を変更しない範囲で種々の変形が可能である。例えば、透明基板の両面に光学多層膜を設ける場合、光学多層膜を構成する高屈折率材料層及び低屈折率材料層の膜厚の設計が一方の面と他方の面で異なっても構わない。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の一実施形態に係る広域熱線カットフィルタを用いた照明器具の断面図。

【図2】同カットフィルタを示す側面図。

【図3】同カットフィルタの変形例を示す側面図。

【図4】耐熱試験前及び耐熱試験後の同カットフィルタの実施例における分光透過特性を示す図。

【図5】耐熱試験前及び耐熱試験後の同カットフィルタの他の実施例における分光透過特性を示す図。

【図6】ハロゲンランプの放射特性を示す図。

【図7】耐熱試験前及び耐熱試験後の従来の熱線反射フィルタの分光透過特性を示す図。

【符号の説明】

【0034】

- 1 広域熱線カットフィルタ(カットフィルタ)
- 2 照明器具
- 7 透明基板
- 8 光学多層膜
- 9 高屈折率材料層

10

20

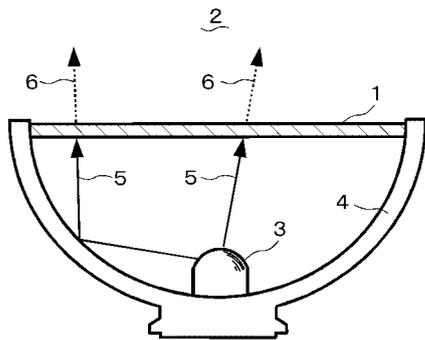
30

40

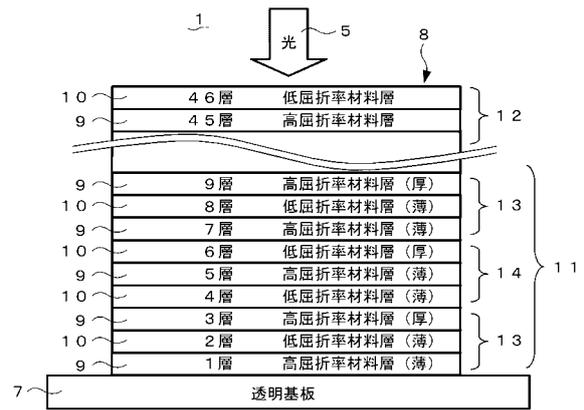
50

- 1 0 低屈折率材料層
- 1 1 第 1 の反射部
- 1 2 第 2 の反射部
- 1 3 第 1 の構造
- 1 4 第 2 の構造

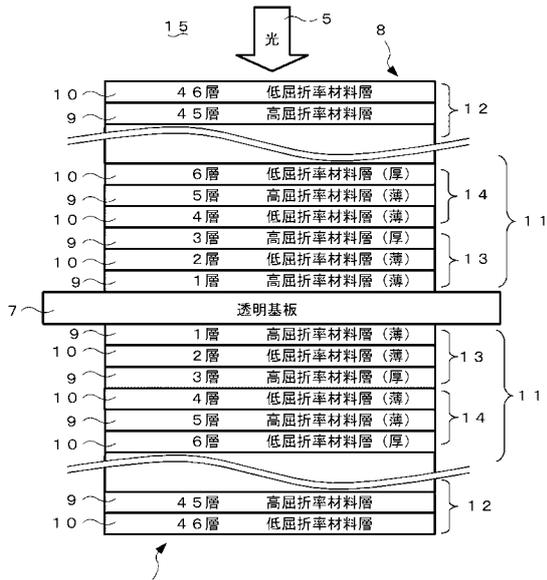
【 図 1 】



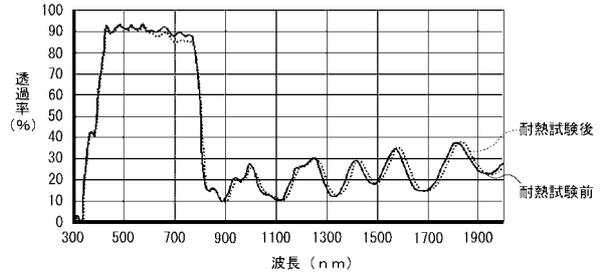
【 図 2 】



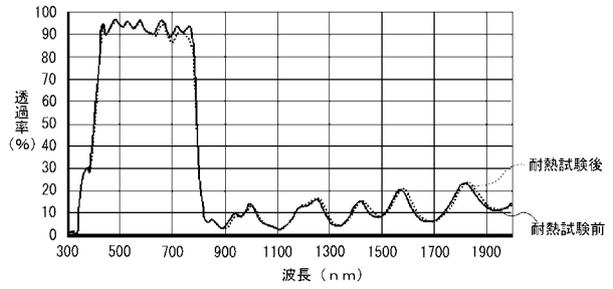
【図3】



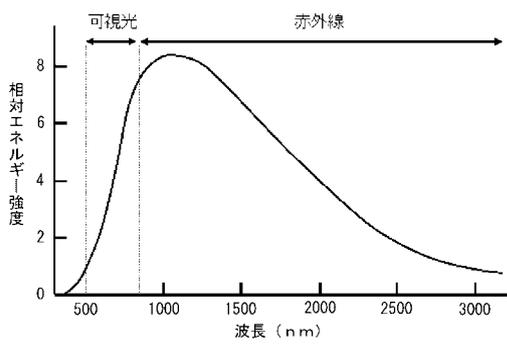
【図4】



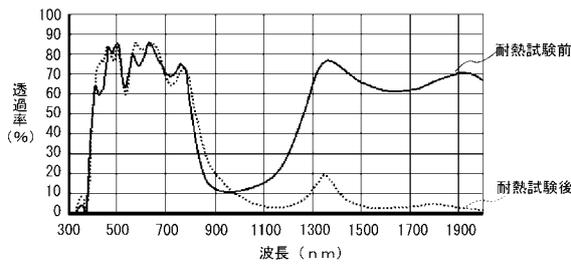
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-040239(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/28

F21V 9/04

G02B 5/26

F21Y 101/00