



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107710034 A

(43)申请公布日 2018.02.16

(21)申请号 201680035894.5

(22)申请日 2016.09.23

(30)优先权数据

2015-188949 2015.09.25 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.12.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/078010 2016.09.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/051867 JA 2017.03.30

(71)申请人 旭硝子株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 大井好晴 熊井裕 盐野和彦

保高弘树

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 苗堃 金世煜

(51)Int.Cl.

G02B 5/22(2006.01)

C09B 23/00(2006.01)

G02B 5/08(2006.01)

G02B 5/28(2006.01)

H04N 5/225(2006.01)

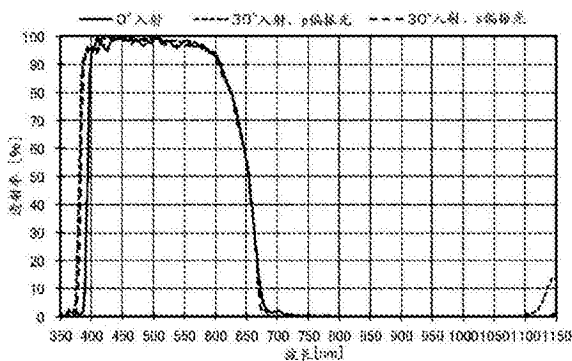
权利要求书2页 说明书30页 附图13页

(54)发明名称

光学滤波器和摄像装置

(57)摘要

本发明提供一种入射角依赖性得到抑制、可见光透射率高的光学滤波器。所述光学滤波器具有吸收层和反射层,所述吸收层含有在波长685~715nm具有极大吸收波长λ(DA_Tmin)的第1近红外线吸收剂(DA)和在比极大吸收波长λ(DA_Tmin)长的波长侧的波长705~725nm或在波长大于725nm且小于等于900nm具有极大吸收波长λ(DB_Tmin)的第2近红外线吸收剂(DB),且满足特定的吸光特性,所述反射层由电介质多层膜构成且在波长700~1150nm满足特定的反射特性,可见光和近红外光的边界区域的反射层的透射率与吸收层的透射率具有特定的关系。



1. 一种光学滤波器,具有吸收层和反射层,所述吸收层含有在波长685~715nm具有极大吸收波长 λ (DA_T_{min})的第1近红外线吸收剂(DA)和在波长705~725nm具有极大吸收波长 λ (DB_T_{min})的第2近红外线吸收剂(DB),且满足下述(i-1)~(i-3),

所述反射层由电介质多层膜构成且满足下述(ii-1)~(ii-2),

(i-1) $10\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) < 40\text{nm}$,

(i-2) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长700nm的光的透射率为3%以下且波长714nm的光的透射率为10%以下,

(i-3) 如果将在波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中透射率为90%、50%、5%的波长分别设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$,

(ii-1) 在波长700~1150nm中具有对入射角0°的光的透射率为5%以下的反射带,

(ii-2) 如果将在波长680~750nm中对入射角0°的光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_{\text{R}}(0^\circ\text{T}_{50\%})$ 、将所述吸收层的波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中的透射率为10%的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%})$ 、将所述吸收层的波长 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ ~800nm中的透射率为5%的波长设为 $\lambda_{\text{L0}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%}) + 30\text{nm} < \lambda_{\text{R}}(0^\circ\text{T}_{50\%}) < \lambda_{\text{L0}}(\text{DAB_T}_{5\%})$ 。

2. 一种光学滤波器,具有吸收层和反射层,所述吸收层含有在波长685~715nm具有极大吸收波长 λ (DA_T_{min})的第1近红外线吸收剂(DA)和在波长大于725nm且小于等于900nm具有极大吸收波长 λ (DB_T_{min})的第2近红外线吸收剂(DB),且满足下述(i-4)~(i-6),

所述反射层由电介质多层膜构成且满足下述(ii-3)~(ii-5),

(i-4) $40\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) \leq 215\text{nm}$,

(i-5) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 的光的透射率为3%以下、波长 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ 的光的透射率为3%以下,

(i-6) 如果将在波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中透射率为90%、50%、5%的波长分别设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$,

(ii-3) 在波长700~1150nm中具有对入射角0°的光的透射率为5%以下的反射带,

(ii-4) 如果将在波长680~750nm中对入射角0°的光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_{\text{R}}(0^\circ\text{T}_{50\%})$ 、将所述吸收层的波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中的透射率为10%的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%})$,则 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%}) + 20\text{nm} < \lambda_{\text{R}}(0^\circ\text{T}_{50\%}) < \lambda_{\text{C}}(\text{T}_{\text{max}})$,

其中, $\lambda_{\text{C}}(\text{T}_{\text{max}})$ 是在波长 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ ~ $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ 中所述吸收层的透射率达到最大的波长,

(ii-5) 如果将在波长640~750nm中对入射角30°的s偏振光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_{\text{R}}(30^\circ\text{T}_{\text{S}50\%})$,则 $\lambda_{\text{R}}(0^\circ\text{T}_{50\%})$ 与 $\lambda_{\text{R}}(30^\circ\text{T}_{\text{S}50\%})$ 的差 $\delta\lambda_{\text{RSh}}(\text{T}_{50\%})$ 为 $0\text{nm} < \delta\lambda_{\text{RSh}}(\text{T}_{50\%}) \leq 25\text{nm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的光学滤波器,其中,所述吸收层在波长700nm附近透射率为10%以下的吸收波长带宽 $\Delta\lambda_{\text{abs}}(\text{T}_{10\%})$ 为40nm以上。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的光学滤波器,其中,在入射角0°~30°的光谱透射率曲线中,满足下述(1)和(2)的条件,

(1) 在波长440~600nm中的平均透射率为80%以上,

(2) 波长690~720nm整个范围的透射率为5%以下。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的光学滤波器,其中,在入射角 0° 的光谱透射率曲线中,对波长350~390nm的光的平均透射率为10%以下。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的光学滤波器,其中,所述反射层的入射角 30° 的p偏振光的透射率为15%的波长 $\lambda_{Lo}(30^\circ_Tp15\%)$ 大于1150nm。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的光学滤波器,其中,所述吸收层含有近紫外线吸收剂,所述近紫外线吸收剂在波长370~405nm具有极大吸收波长 $\lambda(DU_T_{min})$ 并且在波长400~420nm具有透射率为50%的波长 $\lambda_{Lo}(DU_T50\%)$ 。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的光学滤波器,其中,在波长600~900nm的光谱透射率曲线中,透射率为50%以下的波长下对入射角 0° 的光的透射率与对入射角 30° 的光的透射率之差为30%以下。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的光学滤波器,具有透明基板。

10. 根据权利要求9所述的光学滤波器,其中,所述透明基板为吸收型玻璃。

11. 根据权利要求2~9中任一项所述的光学滤波器,其中,所述吸收层具有含有所述第1近红外线吸收剂(DA)的树脂层和含有所述第2近红外线吸收剂(DB)的吸收型玻璃。

12. 根据权利要求10或11所述的光学滤波器,其中,所述吸收型玻璃是含有CuO的氟磷酸盐系玻璃或磷酸盐系玻璃。

13. 根据权利要求1~12中任一项所述的光学滤波器,其中,所述第1近红外线吸收剂(DA)含有选自方酸铷系化合物、花青系化合物、酞菁系化合物、萘酞菁系化合物、二硫醇金属配合物系化合物、二亚铵系化合物中的至少1种。

14. 一种摄像装置,具备权利要求1~13中任一项所述的光学滤波器。

光学滤波器和摄像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及透射可见光、屏蔽近红外光的光学滤波器和具备该光学滤波器的摄像装置。

背景技术

[0002] 对于使用固体摄像元件的摄像装置,为了将色调良好地再现且得到清晰的图像,使用透射可见区域的光(以下也称为“可见光”)、屏蔽近红外区域的光(以下也称为“近红外光”)的光学滤波器。作为该光学滤波器,已知有一种具备吸收层和反射层的近红外截止滤波器(参照专利文献1~3),该吸收层含有近红外吸收色素,该反射层由电介质多层膜构成且屏蔽紫外区域的光(以下也称为“紫外光”)和近红外光。换言之,电介质多层膜本身因入射角不同而光谱透射率曲线发生变化,因此,包含反射层和吸收层这两者的近红外线截止滤波器通过吸收层的吸收特性可得到抑制了入射角依赖性的光谱透射率曲线。

[0003] 吸收层例如可通过将在波长700~750nm显示极大吸收并且波长630~700nm的光吸收曲线陡峭的近红外线吸收色素分散于透明树脂而得到。在此,如果吸收层减少该色素的含量以使其不会招致可见度高的波长440~600nm的光的透射率降低,则得到规定的吸收率的近红外吸收带变窄。此时,有时反射层的入射角依赖性明显化而出现遮光不充分的波长区域。

[0004] 专利文献1、2的光学滤波器,在波长600~700nm中透射率大幅变化的透射率过渡区域中的透射率超过50%的波长区域中,大致可得到吸收层所带来的透射率的入射角依赖性的降低效果。但是,存在如下问题:在该透射率过渡区域中透射率为50%以下的波长区域中,即使是吸收层也无法充分地进行光吸收,反射层的光谱透射率的入射角依赖性成为光学滤波器的入射角依赖性而明显化。

[0005] 因此,为了扩大抑制入射角依赖性的吸收带,研究了含有极大吸收波长不同的2种以上的近红外线吸收色素的吸收层。专利文献2、3公开了可使用极大吸收波长不同的2种以上的近红外线吸收色素的光学滤波器。另外,专利文献4公开了使用以下吸收层的光学滤波器,该吸收层含有极大吸收波长分别为波长695~720nm和波长720~800nm这样的不同的2种近红外线吸收色素。进而,专利文献5公开了使用以下吸收层的光学滤波器,该吸收层含有极大吸收波长分别为波长685nm和波长702nm这样的不同的2种光吸收剂。

[0006] 如此具备含有2种近红外线吸收色素的吸收层的光滤波器容易控制透射率过渡区域的透射率的入射角依赖性。但是,如果想要增多该色素的添加量而提高近红外光的吸收性,则即使增加量很少,能够确认到光吸收的吸收带也宽广化,原本应得到高透射率的可见光的透射率也降低。另一方面,如果减少该色素的添加量,则基于吸收的近红外光的屏蔽能力降低,因此,上述的入射角依赖性明显化。其结果,入射角依赖性的抑制与得到高的可见光透射率是折衷的关系,存在无法实现得到两特性的光学滤波器的问题。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

- [0009] 专利文献1:日本特开2013-190553号报
 [0010] 专利文献2:日本特开2014-052482号报
 [0011] 专利文献3:国际公开第2014/002864号
 [0012] 专利文献4:国际公开第2012/169447号
 [0013] 专利文献5:韩国注册专利第1453469号报

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提供对可见度高的波长440~600nm的可见光维持高透射率、对固体摄像元件的灵敏度高的波长700~1150nm的光得到高屏蔽性的光学滤波器。进而,本发明的目的在于提供除上述光学特性以外还将固体摄像元件对波长600~690nm的光的光谱灵敏度近似校正为相当于可见度曲线的高效率曲线并且对入射角 0° ~ 30° 的入射光的光谱透射率曲线的变化少的光学滤波器和具备该光学滤波器的摄像装置。

[0015] 本发明提供一种光学滤波器,具有吸收层和反射层,所述吸收层含有在波长685~715nm具有极大吸收波长 λ (DA__T_{min})的第1近红外线吸收剂(DA)和在波长705~725nm具有极大吸收波长 λ (DB__T_{min})的第2近红外线吸收剂(DB),且满足下述(i-1)~(i-3),所述反射层由电介质多层膜构成且满足下述(ii-1)~(ii-2)。

[0016] (i-1) $10\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) < 40\text{nm}$ 。

[0017] (i-2) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长700nm的光的透射率为3%以下且波长714nm的光的透射率为10%以下。

[0018] (i-3) 如果将在波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中透射率为90%、50%、5%的波长分别设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则满足 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ 。

[0019] (ii-1) 在波长700~1150nm中具有对入射角 0° 的光的透射率为5%以下的反射带。

[0020] (ii-2) 如果将在波长680~750nm中对入射角 0° 的光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_{\text{R}}(0^{\circ}\text{T}_{50\%})$ 、将所述吸收层的波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中的透射率为10%的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%})$ 、将所述吸收层的波长 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ ~800nm中的透射率为5%的波长设为 $\lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{10\%}) + 30\text{nm} < \lambda_{\text{R}}(0^{\circ}\text{T}_{50\%}) < \lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_T}_{5\%})$ 。

[0021] 另外,本发明提供一种光学滤波器,具有吸收层和反射层,所述吸收层含有在波长685~715nm具有极大吸收波长 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 的第1近红外线吸收剂(DA)和在波长大于725nm且小于等于900nm具有极大吸收波长 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ 的第2近红外线吸收剂(DB),且满足下述(i-4)~(i-6),所述反射层由电介质多层膜构成且满足下述(ii-3)~(ii-5)。

[0022] (i-4) $40\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) \leq 215\text{nm}$ 。

[0023] (i-5) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 的光的透射率为3%以下、波长 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ 的光的透射率为3%以下。

[0024] (i-6) 如果将在波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ 中透射率为90%、50%、5%的波长分别设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%})$,则 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ 。

[0025] (ii-3) 在波长700~1150nm中具有对入射角 0° 的光的透射率为5%以下的反射

带。

[0026] (ii-4) 如果将在波长680~750nm中对入射角 0° 的光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 、将所述吸收层的波长580nm~ $\lambda(DA_T_{min})$ 中的透射率为10%的波长设为 $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%)$ ，则 $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%)+20nm < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_C(T_{max})$ 。

[0027] 其中， $\lambda_C(T_{max})$ 为在波长 $\lambda(DA_T_{min}) \sim \lambda(DB_T_{min})$ 中所述吸收层的透射率达到最大的波长。

[0028] (ii-5) 如果将在波长640~750nm中对入射角 30° 的s偏振光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ ，则 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 与 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 之差 $\delta\lambda_{RSh}(T50\%)$ 为 $0nm < \delta\lambda_{RSh}(T50\%) \leq 25nm$ 。

[0029] 本发明可得到对可见度高的波长440~600nm的可见光维持高透射率、并且对波长700~1150nm的光实现得到高屏蔽性的低透射率的光学滤波器。进而，本发明可得到除上述光学特性以外还将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似为可实现相当于可见度曲线的高效率的曲线，并且对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光的光谱透射率曲线的变化少的光学滤波器。另外，可得到使用这样的光学滤波器的色彩再现性优异的摄像装置。

附图说明

[0030] 图1A是表示本发明的光学滤波器的一个例子的截面图。

[0031] 图1B是表示本发明的光学滤波器的其它例子的截面图。

[0032] 图1C是表示本发明的光学滤波器的其它例子的截面图。

[0033] 图1D是表示本发明的光学滤波器的其它例子的截面图。

[0034] 图2是第1实施方式的光学滤波器的极大吸收波长不同的各近红外吸收剂的光谱透射率曲线。

[0035] 图3是表示第1实施方式的光学滤波器的吸收层的光谱透射率的计算结果(1)的图表。

[0036] 图4是表示第1实施方式的光学滤波器的吸收层的光谱透射率的计算结果(2)的图表。

[0037] 图5是表示第1实施方式的光学滤波器的第1反射层的光谱透射率的计算结果的图表。

[0038] 图6是表示第1实施方式的光学滤波器的第2反射层的光谱透射率的计算结果的图表。

[0039] 图7是表示第1实施方式的光学滤波器的反射层的光谱透射率的计算结果的图表(1)。

[0040] 图8是表示第1实施方式的光学滤波器的反射层的光谱透射率的计算结果的图表(2)。

[0041] 图9是第2实施方式的光学滤波器的极大吸收波长不同的各近红外吸收剂的光谱透射率曲线。

[0042] 图10是表示第2实施方式的光学滤波器的吸收层的光谱透射率的计算结果的图表(1)。

[0043] 图11是表示第2实施方式的光学滤波器的吸收层的光谱透射率的计算结果的图表

(2)。

[0044] 图12是表示第2实施方式的光学滤波器的第1反射层的光谱透射率的计算结果的图表。

[0045] 图13是表示第2实施方式的光学滤波器的第2反射层的光谱透射率的计算结果的图表。

[0046] 图14是表示第2实施方式的光学滤波器的反射层的光谱透射率的计算结果的图表(1)。

[0047] 图15是表示第2实施方式的光学滤波器的反射层的光谱透射率的计算结果的图表(2)。

[0048] 图16是示意性地表示本发明的摄像装置的一个例子的截面图。

[0049] 图17A是表示实施例1的光学滤波器30(a)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0050] 图17B是表示实施例1的光学滤波器30(d)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0051] 图18是表示比较例1的光学滤波器的光谱透射率的计算结果的图表。

[0052] 图19是表示比较例2的光学滤波器的光谱透射率的计算结果的图表。

[0053] 图20A是表示实施例2的光学滤波器40(a)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0054] 图20B是表示实施例2的光学滤波器40(d)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0055] 图21A是表示实施例3的光学滤波器30(a)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0056] 图21B是表示实施例3的光学滤波器30(d)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0057] 图22A是表示实施例4的光学滤波器40(a)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0058] 图22B是表示实施例4的光学滤波器40(d)的光谱透射率的计算结果的图表。

[0059] 图23是表示比较例3的光学滤波器的光谱透射率的计算结果的图表。

[0060] 图24是表示比较例4的光学滤波器的光谱透射率的计算结果的图表。

具体实施方式

[0061] 本发明涉及的光学滤波器具有吸收层和反射层,以下,对第1~3的实施方式进行详述。

[0062] (第1实施方式)

[0063] 本实施方式的光学滤波器(以下,在第1实施方式的说明中也称为“本滤波器”)具有1层以上的吸收层。具有2层以上的吸收层时,各层可以为相同的构成,也可以为不同的构成。例如,可以使一个层为由含有后述的近红外线吸收剂(以下也简称为“NIR吸收剂”)的树脂构成的近红外吸收层、使另一个层为由含有后述的近紫外线吸收剂(以下也简称为“UV吸收剂”)的树脂构成的近紫外吸收层。进而,近红外线吸收剂的第1近红外线吸收剂(DA)和第2近红外线吸收剂(DB)可以含于相同的树脂层,也可以含于不同的树脂层。另外,吸收层其自身可以为基板(树脂基板)。应予说明,以后“第1近红外线吸收剂(DA)”也称为“吸收剂DA”,“第2近红外线吸收剂(DB)”也称为“吸收剂DB”,而且“UV吸收剂(DU)”也称为“吸收剂DU”。

[0064] 本光学滤波器中的反射层具有1层以上的电介质多层膜。电介质多层膜并不限于全部由电介质膜构成,可以一部分含有电介质以外的材料(例如,金属膜)。反射层具有2层以上的电介质多层膜时,通常由反射带不同的多个电介质多层膜构成。这些各电介质多层

膜中的各膜的光学膜厚的平均值根据反射带而不同。例如可以举出一个层是屏蔽近红外区域(700~1150nm)中短波长侧的光的近红外反射层,另一个层是屏蔽近红外区域中长波长侧和近紫外区域这两个区域的光的近红外·近紫外反射层的构成。

[0065] 本滤波器可以进一步具有透明基板,此时,吸收层和反射层可以在透明基板的同一主面上具有,也可以在不同的主面上具有。在同一主面上具有吸收层和反射层时,它们的层叠顺序没有限定。

[0066] 另外,本滤波器也可以具有抑制可见光的透射率损失的防反射层等其它功能层。尤其是可以以本滤波器的吸收层不与空气接触的方式在吸收层上设置防反射层。防反射层可以为除覆盖吸收层的主表面以外还覆盖侧面整体的构成,此时,可提高吸收层的防湿效果。

[0067] 接着,示出本滤波器的构成例。图1A是在吸收层11的两主面上分别具备第1反射层12a和第2反射层12b的光学滤波器10。图1B是在吸收层11的一侧的主面上依次具备第1反射层12a和第2反射层12b的光学滤波器20。应予说明,“在吸收层11的一侧的主面上具备第1反射层12a等其它层”不限于与吸收层11接触地具备其它层的情况,也包含在吸收层11与其它层之间具备其它功能层(也包括空间)的情况,以下的构成也同样。在此,光学滤波器10、20中的吸收层11也可以兼具透明基板的功能。

[0068] 图1C是在透明基板13的两主面上分别具备第1反射层12a和第2反射层12b、在第1反射层12a上依次具备吸收层11和防反射层14的光学滤波器30。图1D是在透明基板13的一侧的主面上依次具备第1反射层12a和第2反射层12b、在透明基板13的另一侧的主面上依次具备吸收层11和防反射层14的光学滤波器40。图1A~图1D是包含具备构成不同的2层电介质多层膜的反射层的例子。如上所述,第1反射层12a可以为屏蔽短波长侧的近红外光的近红外反射层,第2反射层12b可以为屏蔽长波长侧的近红外光和紫外光的近红外·近紫外反射层。应予说明,第1反射层12a和第2反射层12b的位置没有限定。

[0069] 本滤波器优选满足下述(1)和(2)。

[0070] (1) 在入射角 0° ~ 30° 的光谱透射率曲线中,波长440~600nm的平均透射率为80%以上。

[0071] (2) 在入射角 0° ~ 30° 的光谱透射率曲线中,波长690~720nm整个范围的透射率为5%以下。

[0072] (1)的平均透射率优选85%以上,更优选90%以上,进一步优选95%以上。

[0073] (2)的透射率更优选3%以下,进一步优选2%以下。

[0074] 另外,在入射角 0° 的光谱透射率曲线中,对波长350~390nm的光的平均透射率可以为10%以下,优选5%以下,更优选1%以下。

[0075] 接着,对本滤波器的构成进行详述。

[0076] <吸收层>

[0077] 吸收层是含有吸收剂DA、吸收剂DB和透明树脂(B)的层,典型的是吸收剂DA、DB以规定的质量比均匀地溶解或分散在透明树脂(B)中而成的层。应予说明,吸收层可以含有吸收剂DA、DB以外的吸收剂、例如UV吸收剂DU。

[0078] 含有NIR吸收剂的吸收层的光学性质由使用了折射率 n 和消光系数 κ 的复折射率 $n - i\kappa$ 表示,随着对应于吸收剂固有的消光系数 κ 的波长(λ)依赖性的光吸收,光谱透射率发

生变化。如果将在透明树脂中的厚度方向以吸收剂浓度 C 均匀地分散吸收剂而成的吸收层的厚度设为 L ,则吸收层的光谱透射率 $T(\lambda)$ 由 $T(\lambda) = \exp(-4\pi\kappa L/\lambda)$ 表示。在此, $\alpha = 4\pi\kappa/\lambda$ 为吸收系数,使用常用对数表示时,成为 $T(\lambda) = 10^{-\beta L}$,吸收系数 β 为 α 乘以 $\log_{10}(e) = 0.434$ 而得到的值。在此,吸光度 A 由 $-\log_{10}\{T(\lambda)\} = \beta L$ 表示。吸收系数 α 和 β 根据吸收层中的吸收剂浓度 C 而发生变化。即,吸收层的光谱透射率可以通过吸收层中的吸收剂浓度 C 和吸收层的厚度 L 进行调整,含有多个NIR吸收剂的情况也同样。

[0079] 但是,NIR吸收剂的消光系数 κ 的波长依赖性是有固有的,在可见光中维持高透射率,无法通过吸收作用充分地屏蔽广域的近红外光。因此,本滤波器使用在波长685~715nm具有极大吸收波长 λ (DA_T_{min})的吸收剂 DA 来调整吸收层中的吸收剂浓度 C 和吸收层的厚度 L 。应予说明,仅含有吸收剂 DA 的吸收层实现例如 λ (DA_T_{min})的光的透射率为6%以下、波长600nm的光的透射率为90%以上、波长650nm的光的透射率为60%以上的陡峭的光谱透射率曲线。

[0080] 图2是基于含有方酸铍系化合物作为NIR吸收剂的吸收层的光谱透射率曲线,调整为极大吸收波长为685nm、695nm、705nm、715nm和725nm这样的不同的5种NIR吸收剂的计算结果。具体而言,示出计算极大吸收波长的透射率为10%的NIR吸收剂浓度(在图2中记载为“极大吸收波长—c”)和其2.5倍的浓度(在图2中记载为“极大吸收波长—d”)的光谱透射率而得到的结果。应予说明,在透明树脂中均匀分散的NIR吸收剂的浓度 C 与透明树脂层的厚度 L 之积 $C \times L$ 成为吸收层的有效厚度。在此,以极大吸收波长的透射率为10%的有效厚度为基准值1,以后的吸收层的例子以与该基准值的比即有效厚度比 CL 表示。该有效厚度比 CL 相当于吸收层中的NIR吸收剂的相对面密度。计算结果表示使用具有与在波长685~715nm具有 λ (DA_T_{min})的方酸铍系化合物相同水平的消光系数 κ 的波长依赖性的NIR吸收剂来调整浓度 C 和吸收层的厚度 L ,得到含有本滤波器中使用的吸收剂 DA 的吸收层。

[0081] 应予说明,仅单一的NIR吸收剂的使用限定于狭窄的近红外区域的吸收作用,因此,吸收不充分。因此,相对于波长700~1150nm的光,产生透射率为10%以上的透射带。为了改善该问题,本滤波器并用反射层,但反射层的反射带依赖于光的入射角和入射偏振光而偏移。对于反射层而言,如果在从透射过渡到反射的波长区域中入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 地变化,则显示透射率50%的波长偏移至例如最大约40nm的短波长侧。因此,光学滤波器具有仅含有吸收剂 DA 的吸收层和反射层时,为了对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光得到透射可见光、使波长700nm附近的近红外光的透射率为5%以下且入射角和入射偏振光依赖性得到抑制的光谱透射率曲线,在波长700nm附近透射率为10%以下的吸收波长带宽 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ 需要为40nm以上。在本说明书中,在提到“规定波长附近的范围”时,例如“波长700nm附近的范围”是指如690~710nm那样包含700nm的范围。

[0082] 但是,图2的计算例(有效厚度比 $CL = 2.5$)的 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ 至多为35nm,因此,为了进一步扩大 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$,需要增加吸收层中的吸收剂 DA 的有效厚度比 CL 。另外,为了抑制比 λ (DA_T_{min})短的波长侧的光的透射率降低,可以使用在长波长侧具有 λ (DA_T_{min})的吸收剂 DA 。但是,能够均匀分散在透明树脂中的吸收剂的浓度存在上限,如果使用对可见光稍微显示吸收的NIR吸收剂,则产生可见光的透射率降低。

[0083] 为了实现 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ 的扩大以及可见光透射率降低的抑制,本滤波器的吸收层还含有在比吸收剂 DA 的 λ (DA_T_{min})长的波长侧、具体而言在波长705~725nm具有极大吸收

波长 λ (DB_T_{\min}) 的吸收剂DB。通过该构成,本滤波器能够在可见光中维持高透射率,确保 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%)$ 的40nm以上。在此,吸收剂DB在波长705~725nm具有 λ (DB_T_{\min}),可以按照假定仅含有吸收剂DB的吸收层时的各透射率是 λ (DB_T_{\min}) 的光为6%以下、波长600nm的光为90%以上、波长650nm的光为65%以上的方式调整有效厚度比CL。然后,基于图2的计算结果,使用与在波长705~725nm具有 λ (DB_T_{\min}) 的方酸鞣系化合物相同水平的光谱透射率曲线的NIR吸收剂进行浓度调整,得到在本滤波器中使用的吸收层。

[0084] 接着,使用 λ (DA_T_{\min}) = 685nm的吸收剂DA和 λ (DB_T_{\min}) = 705nm的吸收剂DB得到以各自的有效厚度比 (CL (A), CL (B)) 为 (1.2, 1.2)、(1.2, 1.8)、(1.4, 1.2)、(1.4, 1.8) 的方式含于透明树脂的吸收层。图3是对波长550~800nm的光的各吸收层的光谱透射率的计算结果。该结果均是波长600nm的光的透射率为90%以上、波长650nm的光的透射率为45%以上、波长685~700nm的光的透射率为2%以下、波长672~714nm的光的透射率为10%以下。即,对波长600~690nm的光显示陡峭的透射率变化,能够实现 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%) \geq 40\text{nm}$ 。

[0085] 另外,根据图3的结果,可知将在波长580nm~ λ (DA_T_{\min}) 中透射率为90%、50%和5%的波长分别设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}90\%)$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%)$ 和 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}5\%)$ 时,均为 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}90\%)\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}5\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%)\}$ 。

[0086] 能够实现上述的光谱透射率曲线的有效厚度比CL (A) 和CL (B) 并不限定于上述设定,例如,如果在CL (A) = 1.2~1.4时CL (B) = 1.2~1.8,则可得到同样的特性。另外,即使调整为其它有效厚度比的吸收层 (DAB),也可得到上述所示的规定的透射率、 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%) \geq 40\text{nm}$ 。

[0087] 作为其它例子,使用 λ (DA_T_{\min}) = 705nm的吸收剂DA和 λ (DB_T_{\min}) = 725nm的吸收剂DB得到以各自的有效厚度比 (CL (A), CL (B)) 为 (2.0, 4.0)、(2.0, 5.2)、(2.4, 4.0)、(2.4, 5.2) 的方式含于透明树脂的吸收层 (DAB)。图4是对波长550~800nm的光的各吸收层的光谱透射率的计算结果。该结果均是波长600nm的光的透射率为90%以上、波长650nm的光的透射率为50~60%、波长691~741nm的光的透射率为2%以下、波长682~745nm的光的透射率为10%以下。即,对波长600~690nm的光显示陡峭的透射率变化,能够实现 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%) \geq 60\text{nm}$ 。

[0088] 另外,根据图4的结果,可知上述同样的 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}90\%)$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%)$ 和 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}5\%)$ 的关系均为 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}90\%)\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}5\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}50\%)\}$ 。

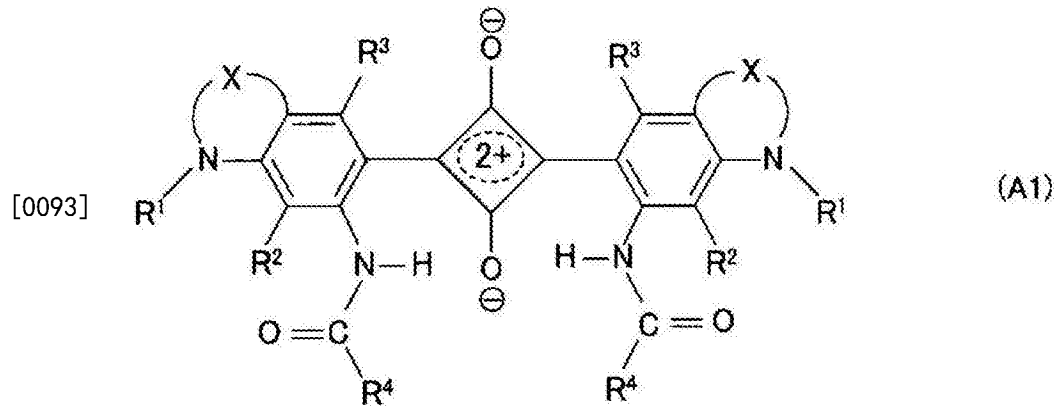
[0089] 能够实现上述的光谱透射率曲线的有效厚度比CL (A) 和CL (B) 并不限定于上述设定,例如如果在CL (A) = 2.0~2.4时CL (B) = 4.0~5.2,则可得到同样的特性。另外,即使调整为其它有效厚度比的吸收层,也可得到上述所示的规定的透射率、 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%) \geq 60\text{nm}$ 。

[0090] 如此,具备以规定的有效厚度比 (CL (A), CL (B)) 含有上述吸收剂DA、DB的吸收层的本滤波器能够使波长600~690nm的光谱透射率曲线近似为可见度,能够实现 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(\text{T}10\%) \geq 40\text{nm}$ 。

[0091] 吸收剂DA和吸收剂DB参照了方酸鞣系化合物的光谱透射率曲线,但例如吸收剂DA也可以参照由花青系化合物、酞菁系化合物、萘酞菁系化合物、二硫醇金属配合物系化合物、二亚胺系化合物等其它化合物构成的NIR吸收剂。吸收剂DB可以优选使用对化合物的化

学结构进行调整而赋予了吸光特性的方酸铟系化合物、花青系化合物以能够在广域上确保近红外区域的长波长侧的光吸收。

[0092] 适于本滤波器的NIR吸收剂的具体例可以举出下述通式(A1)所示的方酸铟系化合物。



[0094] 式(A1)中的符号如下。

[0095] X独立地为1个以上的氢原子可以被碳原子数1~12的烷基或烷氧基取代的下述式(1)或式(2)所示的2价的有机基团。

[0096] $-(CH_2)_{n1}-\dots$ (1)

[0097] 式(1)中, $n1$ 为2或3。

[0098] $-(CH_2)_{n2}-O-(CH_2)_{n3}-\dots$ (2)

[0099] 式(2)中, $n2$ 和 $n3$ 各自独立地为0~2的整数, $n2+n3$ 为1或2。

[0100] R^1 独立地表示可以含有饱和环结构、可以具有支链的碳原子数1~12的饱和或不饱和烃基、碳原子数3~12的饱和环状烃基、碳原子数6~12的芳基或碳原子数7~13的烷芳基。

[0101] R^2 和 R^3 独立地表示氢原子、卤素原子或者碳原子数1~10的烷基或烷氧基。

[0102] R^4 独立地表示1个以上的氢原子可以被卤素原子、羟基、羧基、磺基或氰基取代、在碳原子间可以含有不饱和键、氧原子、饱和或不饱和的环结构、具有至少1个以上的支链的碳原子数5~25的烃基。

[0103] 上述通式(A1)所示的化合物,可见区域与近红外区域的边界附近的吸收光谱中的倾斜陡峭,且对近红外光的屏蔽能力也高。因此,吸收层即使少量添加该化合物也具有优异的吸收特性,能够实现光学滤波器的薄型化和小型化。进而,上述通式(A1)所示的化合物的耐热性优异,因此,也能够抑制热工艺中的光谱透射率的变化。

[0104] 方酸铟系化合物例如可以参照W02012/169447,在该文献中示出了显示极大吸收波长695~747nm的化合物。另外,各种的在透明树脂中含有方酸铟系化合物的吸收层例如可以参照W02014/088063,在该文献中示出了极大吸收波长691~722nm的实施例。进而,也可以参照W02014/030628,在该文献中示出了在透明树脂中含有显示极大吸收波长为694nm、740nm、747nm的花青系化合物和显示极大吸收波长为681nm的酞菁系化合物的吸收层的具体例。

[0105] <吸收层的条件(第1实施方式)>

[0106] 吸收层含有下述 (i-1) 的关系的吸收剂DA和吸收剂DB,满足下述 (i-2)、(i-3) 的条件。吸收层以满足下述 (i-2)、(i-3) 的条件的方式对各吸收剂的浓度C和厚度L进行调整而得到。

[0107] (i-1) $10\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\min}) - \lambda(\text{DA_T}_{\min}) < 40\text{nm}$ 。

[0108] (i-2) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长700nm的光的透射率为3%以下、波长714nm的光的透射率为10%以下。

[0109] (i-3) $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{90\%})\} \geq \{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ 。

[0110] 其中, $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 和 $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{5\%})$ 分别表示在波长580nm~ $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 中透射率为90%、50%和5%的波长。

[0111] 在(i-2)中,波长600nm的光的透射率优选90%以上,波长650nm的光的透射率优选45%以上,波长700nm的光的透射率优选2%以下,进而,波长714nm的光的透射率优选5%以下。波长650nm的光的透射率进一步优选50%以上。

[0112] (i-3)是通过吸收层所致的光吸收而规定透射率从90%减少到5%的可见区域的光谱透射率曲线的倾斜,波长宽度 $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ 与波长宽度 $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}_{90\%})\}$ 相比越窄,越会在透射率过渡区域的长波长侧得到陡峭的遮光性,所以优选。另外,上述规定只要使用吸收剂DA、DB对CL进行调整即可,通过满足上述规定,能够高效地实现对波长690~720nm的光的高遮光性和对波长600~690nm的光的光谱灵敏度校正。

[0113] <反射层>

[0114] 如果仅仅是含有吸收剂DA、DB的吸收层,则在固体摄像元件具有灵敏度的波长350~1150nm的光中,波长350~390nm的近紫外光、比 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 长的波长侧的近红外光的遮光不充分。反射层由于具备透射可见光、提高近紫外光和近红外光的遮光性的功能,因此,对于具备本滤波器的摄像装置,固体摄像元件仅能够有效地检测可见光。

[0115] 另外,反射层如上所述,随着入射角的增加,光谱透射率曲线的反射带向短波长侧偏移。即,反射层在以显示规定的透射率(例如50%)的波长观察时,依赖于光的入射角而该波长发生变化,根据入射角的变化量,相当于该波长的差分量的偏移量(单位[nm])也发生变化。另外,反射层即使是相同的入射角的光也会因偏振光成分而偏移量不同。因此,本滤波器在考虑反射层的入射角依赖性、偏振光依赖性的基础上,基于维持可见光的光谱透射率曲线、显示不需要的近紫外光和近红外光的高遮光性的设计而得到。

[0116] 反射层如果为光学膜厚相对于近红外区域的特定的波长 λ_0 为 $\lambda_0/4$ 这样的电介质多层膜的构成,则不仅在 λ_0 附近生成反射带,在 $\lambda_0/3$ 附近也生成反射带。通过该反射层的特性,一组电介质多层膜能够对波长400nm以下的近紫外光和波长725~1150nm的近红外光进行遮光。

[0117] 电介质多层膜的材料的光透射率高,在将高折射率的电介质膜的折射率和低折射率的电介质膜的折射率分别设为 n_H 、 n_L 时,如果 $(n_H - n_L) / (n_H + n_L)$ 大,则容易确保后述的规定的近红外反射带宽 $\Delta \lambda_{\text{NIR}}$ 、得到高的反射率。以下,高折射率的电介质膜也称为“高折射率膜”、低折射率的电介质膜也称为“低折射率膜”。例如,在可见波长588nm中, $n_H \geq 2.15$ 的高折射率膜可以举出 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 、 ZnS 、 ZnSe 等,低折射率膜可以举出 $n_L = 1.46$ 的 SiO_2

以及 $n_L \leq 1.38$ 的 $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ 、 Na_3AlF_6 、 MgF_2 等。另外,在电介质多层膜中,出于调整光谱透射率曲线、减少膜应力、提高密合性等目的,除高折射率膜、低折射率膜以外,也可以包含显示中间折射率的电介质膜。

[0118] 另外,反射层为了在波长700~1150nm中确保显示高反射性的450nm左右的反射带宽 $\Delta \lambda_{\text{NIR}}$,可以是包含最大反射波长 λ_0 不同的2种电介质多层膜的构成。具体而言,该构成的反射层包含近红外区域中短波长侧的反射带用的第1反射层和长波长侧的反射带用的第2反射层这2种(组)电介质多层膜,以后的说明也作为包含2种电介质多层膜的反射层进行说明。

[0119] 在此,反射层可以在显示吸收层的上述 $\Delta \lambda_{\text{abs}}$ (T10%)的带域内含有波长 $\lambda_R(0^\circ \sim T50\%) \sim \lambda_R(30^\circ \sim Ts50\%)$ 。应予说明, $\lambda_R(0^\circ \sim T50\%)$ 和 $\lambda_R(30^\circ \sim Ts50\%)$ 均为反射层的近红外区域的短波长侧的反射特性指标,前者表示在波长680~750nm中对入射角 0° 的光的透射率为50%的波长,后者表示在波长640~750nm中对入射角 30° 的s偏振光的光的透射率为50%的波长。应予说明,后者如果在波长680~750nm的波长范围具有则更优选。本滤波器通过满足上述关系,对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光的透射率的入射角依赖性降低,故优选。

[0120] 另外,如上所述,反射层优选也考虑了偏振光依赖性的设计。具体而言,以入射角 0° 为基准,如果考虑随着入射角的增加,各电介质膜的干涉光程长度差和有效折射率变化,则反射带的中心波长偏移至短波长侧,并且对于p偏振光,造成反射带宽的减少,对于s偏振光,造成反射带宽的增加。其结果,入射角在 $0^\circ \sim 30^\circ$ 变化时,在近红外反射带宽 $\Delta \lambda_{\text{NIR}}$ 的短波长侧透射率为50%的最短波长相当于入射角 30° 时的s偏振光的波长 $\lambda_{\text{RSh}}(30^\circ \sim Ts50\%)$ 。另一方面,在 $\Delta \lambda_{\text{NIR}}$ 的长波长侧透射率为50%的最短波长相当于入射角 30° 时的p偏振光的波长 $\lambda_{\text{RLo}}(30^\circ \sim Tp50\%)$ 。

[0121] 如此,反射层如果考虑入射角依赖性和偏振光依赖性(以下也称为“入射角/偏振光依赖性”),则波长700nm附近的对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光的透射率50%的最大波长偏移量 $\delta \lambda_{\text{RSh}}(T50\%)$ [nm]由以下的关系表示,例如,成为40nm左右的值。另外, $\delta \lambda_{\text{RSh}}(T50\%)$ 随着入射角而增加。

$$[0122] \quad \delta \lambda_{\text{RSh}}(T50\%) = \lambda_R(0^\circ \sim T50\%) - \lambda_R(30^\circ \sim Ts50\%)$$

[0123] 另一方面,吸收层几乎没有因入射角、入射光的偏振光引起的光谱透射率曲线的变化。

[0124] 因此,本滤波器即使因反射层所带来的透射率的入射角/偏振光依赖性而在 $\lambda_R(0^\circ \sim T50\%) \sim \lambda_R(30^\circ \sim Ts50\%)$ 的范围产生偏移,该范围只要落在吸收层显示规定的透射率以下的吸收波长带即可。例如,对于吸收层,在波长700nm附近透射率为50%的波长中,将长波长侧的波长设为 $\lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB}_T50\%)$ 时,如果本滤波器满足 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB}_T50\%) \leq \lambda_R(30^\circ \sim Ts50\%) < \lambda_R(0^\circ \sim T50\%) \leq \lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB}_T50\%)$ 的关系,则能够抑制波长600~750nm的光谱透射率的入射角/偏振光依赖性。即,满足上述条件的本滤波器的波长600~750nm的光谱透射率的入射角/偏振光依赖性仅限于透射率为25%(=50%×50%)以下的波长区域而出现,故优选。例如,反射层的最大波长偏移量 $\delta \lambda_{\text{RSh}}(T50\%)$ 为40nm时,吸收层的近红外吸收波长带宽 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T50\%)$ 可以为40nm以上。

[0125] 本滤波器为了更加降低反射层所带来的透射率的入射角/偏振光依赖性,对于吸收层,在波长700nm附近透射率为10%的波长中,将短波长侧的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB}_T10\%)$ 、

将长波长侧的波长设为 λ_{Lo} (DAB_T10%) 时,如果满足 λ_{Sh} (DAB_T10%) $\leq \lambda_R$ (30°_Ts50%) $< \lambda_R$ (0°_T50%) $\leq \lambda_{Lo}$ (DAB_T10%) 的关系,则更优选。即,满足上述条件的本滤波器的波长600~750nm的光谱透射率的入射角/偏振光依赖性仅限于透射率为5% (=10% \times 50%) 以下的波长区域。

[0126] 本滤波器为了进一步降低反射层所带来的透射率的入射角/偏振光依赖性,在波长700nm附近透射率为10%的波长中,将入射角30°时的s偏振光的波长设为 λ_{RSh} (30°_Ts10%)、将入射角0°时的波长设为 λ_R (0°_T10%) 时,如果满足 λ_{Sh} (DAB_T10%) $\leq \lambda_R$ (30°_Ts10%) $< \lambda_R$ (0°_T10%) $\leq \lambda_{Lo}$ (DAB_T10%) 的关系,则进一步优选。应予说明, λ_{RSh} (30°_Ts10%) 相当于在近红外反射带宽 $\Delta \lambda_{NIR}$ 的短波长侧透射率为10%的最短波长, λ_R (0°_T10%) 相当于在 $\Delta \lambda_{NIR}$ 的短波长侧透射率为10%的最长波长。满足上述条件的本滤波器的波长600~750nm的光谱透射率的入射角/偏振光依赖性仅限于透射率为1% (=10% \times 10%) 以下的波长区域。

[0127] 另外,本滤波器为了使波长 λ (DB_Tmin) $\sim \lambda_{Lo}$ (DAB_T50%) 的透射率为3%以下,反射层可以为如下设计:在近红外反射带的短波长侧入射角0°时的透射率为5%的波长 λ_{RSh} (0°_T5%) 位于比波长 λ_{Lo} (DAB_T50%) 短的波长侧。进而,本滤波器为了使波长 λ (DB_Tmin) $\sim \lambda_{Lo}$ (DAB_T50%) 的透射率为0.5%以下,反射层优选如下设计:在近红外反射带的短波长侧入射角0°时的透射率为1%的波长 λ_{RSh} (0°_T1%) 位于比波长 λ_{Lo} (DAB_T50%) 短的波长侧。

[0128] 另外,本滤波器的反射层优选即使在近红外反射带的长波长侧也能够降低入射角/偏振光依赖性。例如,反射层可以为入射角30°的p偏振光的透射率为15%的波长 λ_{Lo} (30°_Tp15%) > 1150 nm的设计。进而,反射层优选以入射角30°入射的p偏振光的透射率为5%的波长 λ_{Lo} (30°_Tp5%) > 1150 nm的设计。

[0129] 如此,对于反射层而言,对入射角0°~30°的光的在近红外反射带的长波长侧透射率为15%、5%的最短波长为入射角30°时的p偏振光,分别相当于上述 λ_{Lo} (30°_Tp15%) 和上述 λ_{Lo} (30°_Tp5%)。通过形成这些波长位于比固体摄像元件具有灵敏度的1150nm长的波长侧的反射层的规格,本滤波器能够抑制波长550~1150nm的光谱透射率曲线的入射角/偏振光依赖性,能够提高摄像装置的色彩再现性。

[0130] 接着,示出本滤波器的反射层的条件。

[0131] <反射层的条件(第1实施方式)>

[0132] (ii-1) 反射层在波长700~1150nm中具有对入射角0°的光的透射率为5%以下的反射带。

[0133] (ii-2) 反射层如果将在波长680~750nm中对入射角0°的光的透射率为50%的波长设为 λ_R (0°_T50%),则满足 λ_{Sh} (DAB_T10%) +30nm $< \lambda_R$ (0°_T50%) $< \lambda_{Lo}$ (DAB_T5%)。其中, λ_{Sh} (DAB_T10%) 和 λ_{Lo} (DAB_T5%) 表示吸收层分别对波长580nm $\sim \lambda$ (DA_Tmin) 的光的透射率为10%的波长、对波长 λ (DB_Tmin) ~ 800 nm的光的透射率为5%的波长。

[0134] 应予说明,(ii-1) 中的透射率优选3%以下。

[0135] 另外,为了抑制杂散光,反射层的波长700~1150nm的对入射角0°~30°的光的平均透射率优选1%以下,更优选0.5%以下。

[0136] 接着,基于图1C的光学滤波器30,示出反射层的具体设计例。

[0137] 图1C的光学滤波器30具有第1反射层12a、吸收层11和第2反射层12b。反射层(第1反射层12a和第2反射层12b)以反射吸收层11的吸收能力低的波长725~1150nm的近红外光的方式设计电介质多层膜。

[0138] 本例的第1反射层12a按照(设计1)~(设计3)的顺序决定规格。第1反射层12a形成相对于设计波长 $\lambda_0=880\text{nm}$,将 $n_H=2.37$ 的 TiO_2 和 $n_L=1.45$ 的 SiO_2 交替层叠,成为光学膜厚 $n_H d_H$ 和 $n_L d_L$ 大致为 $\lambda_0/4$ 的27层构成以便在波长720~950nm产生反射带(设计1)。应予说明,电介质多层膜的折射率 n_H 和 n_L 依赖于波长而发生变化,因此,例示了设计波长 λ_0 处的折射率值。

[0139] 接着,为了减少可见区域的波纹,形成使 TiO_2 和 SiO_2 的27层中的各层的光学膜厚从 $\lambda_0/4$ 偏离 $\pm 15\%$ 左右的构成(设计2)。

[0140] 进而,为了得到可见区域的波纹减少效果和防反射效果,在透明基板与该27层的界面以及吸收层与该27层的界面分别追加各层为比 $\lambda_0/4$ 薄的光学膜厚的 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 这3层,形成合计33层(设计3)。表1为(设计3)的具体的构成。应予说明,为了评价反射层的光谱透射率,在反射层的前后具备的透明基板和吸收层(透明树脂)是波长880nm的光的折射率为1.51。另外,以后的表2~4的透明基板或透明基板和透明树脂的折射率也同样。

[0141] [表1]

层结构	介质	光学膜厚(λ_0)	层结构	介质	光学膜厚(λ_0)
上表面	透明树脂		18	TiO_2	0.233
1	SiO_2	0.180	19	SiO_2	0.243
2	TiO_2	0.018	20	TiO_2	0.238
3	SiO_2	0.066	21	SiO_2	0.249
4	TiO_2	0.260	22	TiO_2	0.255
5	SiO_2	0.260	23	SiO_2	0.293
6	TiO_2	0.240	24	TiO_2	0.293
7	SiO_2	0.245	25	SiO_2	0.292
8	TiO_2	0.233	26	TiO_2	0.262
9	SiO_2	0.242	27	SiO_2	0.253
10	TiO_2	0.229	28	TiO_2	0.248
11	SiO_2	0.241	29	SiO_2	0.265
12	TiO_2	0.231	30	TiO_2	0.263
13	SiO_2	0.241	31	SiO_2	0.066
14	TiO_2	0.230	32	TiO_2	0.018
15	SiO_2	0.239	33	SiO_2	0.180
16	TiO_2	0.231	下表面	透明基板	
17	SiO_2	0.240			

[0142] 图5是对于第1反射层(表1),考虑了 TiO_2 和 SiO_2 的折射率波长分散的、入射角 0° 时、入射角 30° 时的p/s偏振光的各光谱透射率的计算结果。该计算和后述的图6~图8所示的计算未考虑空气界面的反射损失,能够通过后述的防反射层来减少。第1反射层具有对入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 的光的各透射率是波长715~1043nm的光为50%以下、波长720~957nm的光为15%以下、波长722~956nm的光为10%以下、波长726~953nm的光为5%以下、而且波长736~946nm的光为1%以下的反射带,在波长420~670nm的可见光中显示平均透射率99%以上。

应予说明,第1反射层(表1)的近红外反射带的最小透射率为0.004%左右,但能够通过增加层数而进一步减少。

[0144] 表2是光学滤波器30的第2反射层12b的设计例,按照(设计1')~(设计3')的顺序决定规格。首先,形成相对于设计波长 $\lambda_0=1024\text{nm}$,将 $n_H=2.36$ 的 TiO_2 和 $n_L=1.45$ 的 SiO_2 交替层叠,成为光学膜厚 $n_H d_H$ 和 $n_L d_L$ 大致为 $\lambda_0/4$ 的23层构成以便在波长350~400nm和波长850~1150nm产生反射带(设计1')。

[0145] 接着,为了减少可见区域的波纹,形成使 TiO_2 和 SiO_2 的23层各层的光学膜厚从 $\lambda_0/4$ 偏离 $\pm 10\%$ 左右的构成(设计2')。

[0146] 进而,为了得到可见光的波纹减少效果和防反射效果,以比 $\lambda_0/4$ 薄的光学膜厚分别在空气与该23层的界面追加 SiO_2 ,在透明基板与该23层的界面追加 SiO_2 和 TiO_2 的2层,形成合计26层(设计3')。表2为(设计3')的具体的构成。

[0147] [表2]

[0148]

层结构	介质	光学膜厚(λ_0)	层结构	介质	光学膜厚(λ_0)
上表面	空气		14	TiO_2	0.233
1	SiO_2	0.135	15	SiO_2	0.237
2	TiO_2	0.257	16	TiO_2	0.237
3	SiO_2	0.266	17	SiO_2	0.252
4	TiO_2	0.260	18	TiO_2	0.246
5	SiO_2	0.268	19	SiO_2	0.247
6	TiO_2	0.261	20	TiO_2	0.228
7	SiO_2	0.270	21	SiO_2	0.230
8	TiO_2	0.260	22	TiO_2	0.221
9	SiO_2	0.268	23	SiO_2	0.238
10	TiO_2	0.258	24	TiO_2	0.244
11	SiO_2	0.265	25	SiO_2	0.051
12	TiO_2	0.252	26	TiO_2	0.021
13	SiO_2	0.251	下表面	透明基板	

[0149] 图6是对于第2反射层(表2),考虑了 TiO_2 和 SiO_2 的折射率波长分散的、入射角 0° 时、入射角 30° 时的p偏振光/s偏振光的各光谱透射率的计算结果。第2反射层具有对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光的各透射率是波长836~1244nm的光为50%以下、波长853~1210nm的光为15%以下的反射带。另外,第2反射层具有各透射率是波长858~1146nm的光为10%以下、波长870~1138nm的光为5%以下、波长914~1118nm的光为1%以下的反射带,在波长420~670nm的可见光中显示平均透射率98%以上。应予说明,第2反射层(表2)的近红外反射带的最小透射率为0.02%左右,但能够通过增加层数而进一步减少。

[0150] 应予说明,图1A、1C所示的光学滤波器10、30是第1反射层12a和第2反射层12b分开配置而成的。本滤波器的反射层也包含这些分开配置的情况,但第1反射层12a与第2反射层12b的间隔比入射光的可干涉长度短时,需要考虑在两者中产生的反射光的干涉进行计算。另一方面,两者的间隔比入射光的可干涉长度长时,由于不会干涉,因此,不需要考虑反射光的干涉。摄像装置从被摄体侧入射可干涉长度短的自然光。因此,搭载于摄像装置的光学滤波器在厚度 $30\mu\text{m}$ 以上的吸收层11或透明基板13的两主面具备第1反射层12a和第2反射层12b时,包含两者的反射层的光谱透射率不需要考虑这些干涉。

[0151] 图7是包含第1、第2反射层的“反射层”的光谱透射率(入射角 0° 、入射角 30° 且p/s偏振光)的计算结果。该反射层相对于入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光,各透射率是波长 $350 \sim 380\text{nm}$ 和波长 $707 \sim 1236\text{nm}$ 的光显示 50% 以下、波长 $350 \sim 377\text{nm}$ 和波长 $712 \sim 1198\text{nm}$ 的光显示 15% 以下、波长 $350 \sim 376\text{nm}$ 和波长 $714 \sim 1135\text{nm}$ 的光显示 10% 以下、波长 $718 \sim 1127\text{nm}$ 的光显示 5% 以下、而且波长 $727 \sim 1108\text{nm}$ 的光显示 1% 以下。另外,反射层在波长 $420 \sim 670\text{nm}$ 的可见光中显示平均透射率 98% 以上,在波长 $730 \sim 1150\text{nm}$ 的近红外光中显示平均透射率 0.5% 以下。

[0152] 另外,例如,将图7所示的反射层和图3所示的吸收层组合时,如果将反射层在波长 $680 \sim 750\text{nm}$ 中对入射角 0° 的光的透射率为 50% 的波长设为 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 、将吸收层分别对波长 $580\text{nm} \sim \lambda(\text{DA_}T_{\min})$ 的光的透射率为 10% 的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T10\%)$ 、对波长 $\lambda(\text{DB_}T_{\min}) \sim 800\text{nm}$ 的光的透射率为 5% 的波长设为 $\lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_}T5\%)$,则满足 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T10\%) + 30\text{nm} < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_}T5\%)$ 。

[0153] 另外,图1B、1D所示的光学滤波器20、40是将第1反射层12a和第2反射层12b层叠而成的。此时,由于两者的界面的反射光发生干涉,因此,优选将第1反射层12a和第2反射层12b作为连续的1个光干涉性的电介质多层膜计算光谱透射率。例如,如果将单独设计的第1、第2反射层简单地层叠,则有可能在透射带、反射带产生波纹。因此,为了减少该波纹,可以调整第1、第2反射层的边界、与空气的界面、与吸收层11的界面等的电介质膜的厚度、各电介质多层膜的厚度。

[0154] 图8是对于图1D的光学滤波器40,在透明基板13的一侧的主面连续地层叠第1、第2反射层,由将 TiO_2 和 SiO_2 交替层叠59层而得到的电介质多层膜构成的“反射层”的光谱透射率(入射角 0° 、入射角 30° 且p/s偏振光)的计算结果。该反射层分别以 $\lambda_0 = 926\text{nm}$ 且光学膜厚大致为 $\lambda_0/4$ 的27层构成的第1反射层和 $\lambda_0 = 1050\text{nm}$ 且光学膜厚为略 $\lambda_0/4$ 的23层的第2反射层为基础。应予说明,为了提高可见光的透射率以及减少波纹,图8中示出光谱透射率的电介质多层膜是对表1和表2所示的光学膜厚进行调整而得到的。

[0155] 该反射层具有对于入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光,在波长 $350 \sim 394\text{nm}$ 和波长 $721 \sim 1260\text{nm}$ 的光中透射率为 50% 以下的反射带。另外,对于该反射层,各透射率是波长 $350 \sim 390\text{nm}$ 和波长 $726 \sim 1152\text{nm}$ 的光显示 15% 以下、波长 $350 \sim 388\text{nm}$ 和波长 $728 \sim 1151\text{nm}$ 的光显示 10% 以下、波长 $732 \sim 1150\text{nm}$ 的光显示 5% 以下、而且波长 $742 \sim 1087\text{nm}$ 的光显示 1% 以下。另外,该反射层在波长 $420 \sim 670\text{nm}$ 的可见光中显示平均透射率 98% 以上、在波长 $730 \sim 1150\text{nm}$ 的近红外光中显示平均透射率 0.2% 以下。

[0156] 另外,例如,将图8所示的反射层和图4所示的吸收层组合时,如果将反射层在波长 $680 \sim 750\text{nm}$ 中对入射角 0° 的光的透射率为 50% 的波长设为 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 、将吸收层分别对波长 $580\text{nm} \sim \lambda(\text{DA_}T_{\min})$ 的光的透射率为 10% 的波长设为 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T10\%)$ 、对波长 $\lambda(\text{DB_}T_{\min}) \sim 800\text{nm}$ 的光的透射率为 5% 的波长设为 $\lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_}T5\%)$,则满足 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T10\%) + 30\text{nm} < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_{\text{Lo}}(\text{DAB_}T5\%)$ 。

[0157] 图7和图8中例示的反射层无论是光学滤波器10、20、30和40中的哪一配置,均相对于入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光,各透射率是波长 $350 \sim 377\text{nm}$ 和波长 $726 \sim 1152\text{nm}$ 的光显示 15% 以下、波长 $350 \sim 376\text{nm}$ 和波长 $728 \sim 1135\text{nm}$ 的光显示 10% 以下、波长 $732 \sim 1127\text{nm}$ 的光显示 5% 以下、而且波长 $742 \sim 1087\text{nm}$ 的光显示 1% 以下。另外,该反射层在波长 $420 \sim 670\text{nm}$ 可见光中显示平均透射率 98% 以上、在波长 $730 \sim 1150\text{nm}$ 近红外光中显示平均透射率 0.5% 以下。

[0158] 应予说明,反射层在吸收层或透明基板的同一主面上具备第1、第2反射层时,能够将电介质多层膜连续地成膜,生产率提高。另一方面,配置有该反射层的光学滤波器容易产生因膜应力所致的基板应变,因此,优选该膜应力成为允许范围的设计。另外,反射层优选抑制随着电介质多层膜的层数增加而容易产生的波纹的设计。

[0159] 另外,反射层在透明基板的两主面分开具备第1、第2反射层时,由于分成表面和背面进行成膜,因此,存在生产率降低的情况。另一方面,配置有该反射层的光学滤波器由于以膜应力在基板两面彼此抵消的方式发挥作用,因此,例如,即使将透明基板薄型化,也容易抑制基板的应变。另外,如果透明基板比入射光的可干涉长度厚,则不易产生第1、第2反射层间的干涉波纹。其结果,第1、第2反射层忽略这些电介质多层膜间的干涉,通过仅考虑多重反射的计算,能够实现期望的光谱透射率曲线。

[0160] 反射层如图7、图8所示,相对于入射角 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 的光,在近紫外区域也具有透射率50%以下的反射带。另外,波长350nm以下的紫外光通过反射层的 TiO_2 、透明基板等的吸收而被屏蔽,在波长378nm以下的光中透射率为10%以下。但是,反射层的近紫外侧的反射带也随着从入射角 0° 向 30° 的增加而向短波长侧偏移。即,近紫外区域中的透射率50%的波长在图7中从397nm偏移至383nm,在图8中从409nm偏移至395nm,均偏移14nm。本滤波器为了降低反射层的近紫外光的入射角依赖性,可以具备除NIR吸收剂以外还含有UV吸收剂的吸收层。

[0161] UV吸收剂具体而言在波长370~405nm具有极大吸收波长 $\lambda(\text{DU}_{\text{min}})$,在波长400~420nm具有透射率为50%的波长 $\lambda_{\text{Lo}}(\text{DU}_{\text{T50\%}})$ 。进而,对于UV吸收剂,在假定仅含有UV吸收剂的吸收层时,可以在对入射角 0° 的光的光谱透射率曲线中,对波长440~680nm的光的平均透射率为90%以上、优选为95%以上的方式设定UV吸收剂的种类、UV吸收剂浓度C、吸收层的厚度L。作为例子,具有波长350~390nm的光的屏蔽性的UV吸收剂优选部花青系色素。进而,也优选H.W.Sands公司的SDA3382和MSA3144、QCR Solutions公司的UV386A和UV386B、UV386A(以上为商品名)等。

[0162] <透明基板>

[0163] 本滤波器使用透明基板时,该透明基板只要是在波长420~670nm的可见光中显示高透射的材料即可,可以为吸收近红外光、近紫外光的材料,例如可以举出玻璃、晶体等无机材料、树脂等有机材料,形状也没有限定,但从光学、机械可靠性、制造时的处理性考虑,优选玻璃。另外,透明基板为0.03~5mm厚即可,优选0.03~0.5mm厚。另外,如果透明基板为玻璃,则优选0.05~0.5mm厚。

[0164] 透明基板中可以使用的玻璃可以举出钠钙玻璃、硼硅酸玻璃、无碱玻璃、石英玻璃、在氟磷酸盐系玻璃、磷酸盐系玻璃等中添加有CuO等的吸收型玻璃等。透明基板中可以使用的晶体材料可以举出水晶、铌酸锂、蓝宝石等双折射性晶体。另外,透明基板中可以使用的树脂可以举出聚酯树脂、聚烯烃树脂、丙烯酸树脂、聚氨酯树脂、氯乙烯树脂、氟树脂、聚碳酸酯树脂、聚乙烯醇缩丁醛树脂、聚乙烯醇树脂、聚酰亚胺树脂等。

[0165] 透明基板为上述的添加有CuO的吸收型玻璃时,极大吸收波长为800~900nm且具有广域的近红外吸收带。另外,吸收型玻璃通过调整CuO添加浓度、厚度,能够调整波长700~1150nm的光的透射率,能够实现透射率20%以下。应予说明,吸收型玻璃由于吸收也会到达波长550~700nm的可见区域,因此,在抑制可见光的透射率降低的同时调整CuO添加浓

度、厚度。

[0166] 另外,如果透明基板为吸收型玻璃,则能够提高即使是透明树脂(B)中含有吸收剂DA、DB的吸收层也无法吸收的近红外光的遮光性。尤其是使用吸收型玻璃的光学滤波器能够缓和反射层所要求的近红外光的低反射率化的要求水平,因此,能够实现构成反射层的电介质多层膜的层数减少、实现不需要的光的高遮光性,能够提高摄像装置的画质。另外,使用吸收型玻璃的光学滤波器能够对波长700~1150nm的光在几乎不依赖于入射角的情况下进行光吸收。因此,该光学滤波器能够抑制反射层所产生的近红外线反射光在摄像装置内成为杂散光而引起的画质劣化。

[0167] <防反射层>

[0168] 本滤波器可以具备减少可见光的反射损失的防反射层。为了得到波长400~700nm的可见光的防反射效果,防反射层可以将折射率不同的电介质膜例如以3~9层按照成为200~400nm厚的方式进行层叠而实现。另外,防反射层可以在吸收层的表面具备被称为蛾眼结构的防反射结构。

[0169] 本滤波器以吸收层的吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 与吸收剂DA的 $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 之差满足 $10\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\min}) - \lambda(\text{DA_T}_{\min}) < 40\text{nm}$ 的组合为前提。因此,本滤波器对吸收层中的NIR吸收剂的有效厚度比CL进行调整,能够形成在 $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 和 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 的中间波长区域不会产生透射率为1%以上的透射带的构成。

[0170] 另一方面,上述波长之差为10~40nm,较小,因此,如果调整为抑制可见光的透射率降低的有效厚度比CL,则难以扩大吸收波长带宽 $\Delta\lambda_{\text{abs}}$ 。其结果,存在近红外光的遮光依赖于反射层的反射特性的趋势。另外,为了扩大 $\Delta\lambda_{\text{abs}}$,如果使用 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 与 $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 之差大的吸收剂DB,则容易在它们的中间波长区域产生透射率1%以上的透射带。例如,如果对吸收剂DA的有效厚度比CL进行调整以使其对波长600~690nm的光产生陡峭的透射率变化,则 $\Delta\lambda_{\text{abs}}$ 缩小,因此,容易产生上述透射带。因此,本滤波器可以根据因使用的NIR吸收剂而发生变化的 $\Delta\lambda_{\text{abs}}$ 来设计适当的反射层。另外,本滤波器在从可见区域到近红外区域、尤其是波长600~900nm的光谱透射率曲线中,透射率为50%以下的波长的对入射角 0° 和 30° 的光的透射率之差优选为30%以下,更优选为20%以下,更进一步优选为10%以下,进一步优选为5%以下。应予说明,该指标在后述的第2、第3实施方式的光学滤波器中也优选同样地满足。

[0171] (第2实施方式)

[0172] 本实施方式的光学滤波器相对于第1实施方式,吸收层中使用的吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 和反射层构成不同,另一方面,吸收剂DA、透明基板和防反射层等与第1实施方式相同,因此,省略重复说明。另外,第2实施方式的光学滤波器在第2实施方式的说明中也称为“本滤波器”。

[0173] 对于本滤波器,吸收层中所含的吸收剂DA的 $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 为与第1实施方式相同的波长685~715nm,但吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 为波长大于725nm且小于等于900nm,满足 $40\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\min}) - \lambda(\text{DA_T}_{\min}) \leq 215\text{nm}$ 。本滤波器与第1实施方式的光学滤波器相比, $\lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 与 $\lambda(\text{DA_T}_{\min})$ 的波长差大,因此,容易在波长 $\lambda(\text{DA_T}_{\min}) \sim \lambda(\text{DB_T}_{\min})$ 中在吸收层的透射率达到最大的波长 $\lambda_c(\text{T}_{\max})$ 附近产生透射率1%以上的透射带。

[0174] 因此,如果使反射层为满足 $\lambda_R(0^\circ \text{---} \text{T}50\%) > \lambda_c(\text{T}_{\max})$ 的关系的设计以使其不会产

生上述的透射带,则反射层随着入射角的增加而反射带偏移至短波长侧,因此,在 $\lambda_C(T_{\max})$ 附近产生的吸收层的透射带通过反射层的反射而消除。但是,对于入射角 0° 的光,无法消除 $\lambda_C(T_{\max})$ 附近的透射带。

[0175] 另一方面,为了可靠地消除 $\lambda_C(T_{\max})$ 附近的透射带,如果使反射层为满足 $\lambda_R(0^\circ \sim T_{50\%}) < \lambda_C(T_{\max})$ 的关系的设计,则可能产生以下的趋势。即,反射层对于入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光,消除在 $\lambda_C(T_{\max})$ 附近产生的吸收层的透射带。但是,随着入射角的增加,反射带偏移至短波长侧,在比 $\lambda(DA_T_{\min})$ 短的波长侧,有可能就连吸收层的透射率增大的可见光也会超过必要地反射。此时,在透射率50%以下的波长650~700nm中,光谱透射率的入射角/偏振光依赖性有可能增大。

[0176] 因此,本滤波器基于吸收层的吸收特性,设计显示入射角/偏振光依赖性小的光谱透射率曲线的反射层而进行组合。通过这样的设计,本滤波器即使该反射层的反射带对于入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光发生偏移,也会显示几乎没有入射角/偏振光依赖性的光谱透射率,能够消除 $\lambda_C(T_{\max})$ 附近的透射带,能够对波长700~1150nm的光实现高的遮光性。

[0177] 以下,对本滤波器的具体的设计条件进行说明。应予说明,作为期望的光谱透射率曲线,对波长440~600nm的可见光维持高透射率,对波长690~720nm的光显示高吸收性,具有能够将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线的光谱透射率。进而,以下示出用于实现入射角/偏振光依赖性所致的光谱透射率变化小的光学滤波器的吸收层和反射层的条件。

[0178] <吸收层的条件(第2实施方式)>

[0179] 吸收层含有下述(i-4)的关系的吸收剂DA和吸收剂DB,满足下述(i-5)、(i-6)的条件。吸收层以满足下述(i-5)、(i-6)的条件的方式对各吸收剂的浓度C和厚度L进行调整而得到。

[0180] (i-4) 满足 $40\text{nm} \leq \lambda(DB_T_{\min}) - \lambda(DA_T_{\min}) \leq 215\text{nm}$ 。

[0181] (i-5) 波长600nm的光的透射率为80%以上、波长650nm的光的透射率为40%以上、波长 $\lambda(DA_T_{\min})$ 的光的透射率为3%以下、波长 $\lambda(DB_T_{\min})$ 的光的透射率为3%以下。

[0182] (i-6) 满足 $\{\lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{50\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{90\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{50\%})\}$ 。

[0183] 其中, $\lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{50\%})$ 和 $\lambda_{\text{Sh}}(DAB_T_{5\%})$ 分别表示在波长580nm~ $\lambda(DA_T_{\min})$ 中透射率为90%、50%和5%的波长。

[0184] 在(i-5)中,波长600nm的光的透射率优选90%以上,波长650nm的光的透射率优选50%以上,波长 $\lambda(DA_T_{\min})$ 的光的透射率优选2%以下,波长 $\lambda(DB_T_{\min})$ 的光的透射率优选2%以下。

[0185] 图9是基于含有方酸鎇系化合物的吸收层的光谱透射率,对于极大吸收波长为685nm、695nm、705nm、735nm和745nm这样的不同的5种NIR吸收剂,极大吸收波长的透射率大致为10%的NIR吸收剂浓度(在图9中记载为“极大吸收波长-c”)和其2.5倍的浓度(在图9中记载为“极大吸收波长-d”)的光谱透射率的计算结果。

[0186] 本滤波器具有含有吸收剂DB的吸收层,所述吸收剂DB在比吸收剂DA的 $\lambda(DA_T_{\min})$ 长的波长侧的波长大于725nm且小于等于900nm具有 $\lambda(DB_T_{\min})$ 。该吸收层在可见光中维持高透射率,并且能够通过比 $\lambda(DB_T_{\min})$ 长的波长侧的宽吸收波长带宽而提高遮光性。在此,

在假定仅含有吸收剂DB的吸收层时,以 λ (DB_ T_{\min}) 的光的透射率为6%以下、波长600nm的光的透射率为90%以上、波长650nm的光的透射率为65%以上的方式对吸收剂DB的吸收剂浓度C和吸收层的厚度L(有效厚度比CL) 进行调整。具体而言,基于图9的计算结果,使用与在波长大于725nm且小于等于775nm具有 λ (DB_ T_{\min}) 的方酸鞣系化合物相同水平的光谱透射率曲线的NIR吸收剂并对该NIR吸收剂的有效厚度比CL进行调整,由此得到含有吸收剂DB的吸收层。

[0187] 图10是使 λ (DA_ T_{\min}) = 695nm的吸收剂DA和 λ (DB_ T_{\min}) = 735nm的吸收剂DB以各自的有效厚度比(CL(A), CL(B)) 为(1.8, 2.4)、(1.8, 3.6)、(2.0, 2.4)、(2.0, 3.6)的方式含于透明树脂中而成的吸收层的波长550~800nm的光谱透射率的计算结果。图10的透射率均是波长600nm的光为90%以上、波长650nm的光为53~64%。另外,该计算结果的透射率是波长687~705nm和波长723~745nm的光为2%以下、波长682~748nm的光为5%以下、波长678~751nm的光为10%以下、波长 λ (DA_ T_{\min}) 的光为2%以下、波长 λ (DB_ T_{\min}) 的光为2%以下。即,在波长600~690nm的可见区域的长波长侧显示陡峭的透射率变化,作为 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T10\%)$, 实现60nm以上。应予说明,这些计算结果也显示在 $\lambda_c(T_{\max}) = 713\text{nm}$ 附近产生透射率大致为1~5%的透射带。进而,满足 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T50\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T90\%)\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T5\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T50\%)\}$ 。

[0188] 应予说明,实现图10的光谱透射率曲线的有效厚度比并不限定于上述有效厚度比,例如CL(A) = 1.8且CL(B) = 2.4~3.6、CL(A) = 2.0且CL(B) = 2.4~3.6也可得到相同特性。另外,即使是调整为上述以外的有效厚度比的吸收层,也能够实现波长600nm的光的透射率为90%以上、波长650nm的光的透射率为50%以上、波长 λ (DA_ T_{\min}) 的光的透射率为3%以下、波长 λ (DB_ T_{\min}) 的光的透射率为2%以下、波长700nm附近的光的透射率为2%以下的吸收波长带宽 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T2\%)$ 为20nm以上、透射率为5%以下的吸收波长带宽 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T5\%)$ 为60nm以上、透射率为10%以下的吸收波长带宽 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T10\%)$ 为70nm以上。

[0189] 接着,示出与上述例子不同的吸收层的设计例。图11是表示使 λ (DA_ T_{\min}) = 705nm的吸收剂DA和 λ (DB_ T_{\min}) = 765nm的吸收剂DB以各自的有效厚度比(CL(A)、CL(B)) 为(2.0, 2.8)、(2.0, 4.0)、(2.6, 2.8)、(2.6, 4.0)的方式含于透明树脂中而成的吸收层的对波长550~800nm的光的光谱透射率的计算结果。图11的透射率均是波长600nm的光为90%以上、波长650nm的光为64~72%、波长696~714nm和波长752~776nm的光为2%以下、波长692~718nm和波长748~779nm的光为5%以下、波长688~722nm和波长744~782nm的光为10%以下、波长 λ (DA_ T_{\min}) 的光为2%以下、波长 λ (DB_ T_{\min}) 的光为2%以下。应予说明,计算结果也显示产生对波长732nm附近的光的透射率为12~23%的透射带。进而,满足 $\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T50\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T90\%)\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T5\%) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_}T50\%)\}$ 。

[0190] 应予说明,实现图11的光谱透射率曲线的有效厚度比并不限定于上述有效厚度比,例如即使是调整为CL(A) = 2.0且CL(B) = 2.8~4.0、CL(A) = 2.6且CL(B) = 2.8~4.0、其以外的有效厚度比的吸收层,也可得到上述的特性。另外,本滤波器与第1实施方式相比,吸收层表现出广域的吸收带,另一方面,在 $\lambda_c(T_{\max})$ 附近产生的杂散光也能够通过反射层而充分地屏蔽。在该前提下,吸收层能够实现除 $\lambda_c(T_{\max})$ 附近的透射带以外的透射率为10%以下的 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T10\%)$ 为70nm以上。应予说明,本设计是实现了 $\Delta \lambda_{\text{abs}}(T10\%)$ 为90nm以上的例子。

[0191] 吸收层可以与第1实施方式的吸收层同样地含有在波长370~405nm具有极大吸收

波长 λ (DU_T_{min})、并且在波长400~420nm具有透射率为50%的波长 λ_{Lo} ($DU_T50\%$)的近紫外线吸收剂(吸收剂DU)。

[0192] 如上述说明所示,本滤波器由于吸收层中所含的2种NIR吸收剂的 λ (DA_T_{min})与 λ (DB_T_{min})的波长差为40nm以上且215nm以下的范围,因此,在它们的中间波长区域产生透射率为1%以上的透射带。另外,吸收剂DA能够将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线,实现吸收波长690~720nm的光的光谱透射率。因此,在 λ (DA_T_{min})的短波长侧吸收层的透射率为5%的 λ_{Sh} ($DAB_T5\%$)与 λ_C (T_{max})的波长差大致为30nm,变窄。

[0193] 因此,本滤波器具备利用对波长600~700nm的光的入射角/偏振光依赖性小的吸收层的光谱透射率曲线来改善仅吸收层时对波长700~1150nm的光不充分的遮光性的反射层。在此,如果使用与第1实施方式同样的反射层,则对于入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 的光,反射层的反射带在700nm附近向短波长侧偏移约40nm,因此,会对于波长650~750nm的光产生因入射角/偏振光依赖性所致的透射率变化。

[0194] 为了降低这样的入射角/偏振光依赖性,本滤波器可以使用偏移量少的反射层。具体而言,该反射层可以使用如下设计:对于入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 的光,波长700nm附近的反射带的最大偏移量为30nm以下,优选为25nm以下,更优选为20nm以下。

[0195] 入射角/偏振光依赖性小的反射层例如可以参照W02013/015303、日本特开2007-183525号中记载的设计。前者示出如下例子:利用将由折射率2以上的层与折射率1.6以下的层的组合构成的单位折射率层层叠15层以上而成的电介质多层膜,使波长650nm附近的光的入射角 0° 和 30° 的透射率为50%的波长之差为16nm。后者示出如下例子:利用将折射率2.27的 TiO_2 和折射率1.72的(La_2O_3 和 Al_2O_3)的复合氧化物交替层叠27层而得到的电介质多层膜,较高(1.94)地设定平均折射率,使入射角 0° 和 25° 的透射率为50%的波长之差为15nm。接着,示出本滤波器的反射层的条件。

[0196] <反射层的条件(第2实施方式)>

[0197] (ii-3) 反射层在波长700~1150nm中具有对入射角 0° 的光的透射率为5%以下的反射带。

[0198] (ii-4) 如果将在波长680~750nm中对入射角 0° 的光的透射率为50%的波长设为 λ_R ($0^\circ_T50\%$)、将吸收层的在波长580nm~ λ (DA_T_{min})中透射率为10%的波长设为 λ_{Sh} ($DAB_T10\%$),则反射层满足 λ_{Sh} ($DAB_T10\%$)+20nm< λ_R ($0^\circ_T50\%$)< λ_C (T_{max})。

[0199] (ii-5) 在波长640~750nm中,波长 λ_R ($0^\circ_T50\%$)与对入射角 30° 的s偏振光的波长 λ_R ($30^\circ_Ts50\%$)之差 $\delta\lambda_{RSh}$ ($T50\%$)满足0nm< $\delta\lambda_{RSh}$ ($T50\%$) \leq 25nm。

[0200] 本滤波器通过满足(ii-3)~(ii-5)的条件,即使在 λ_C (T_{max})附近产生吸收层所致的透射带,入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 时的对波长640~750nm的光的透射率变化也很小,对波长700~1150nm的近红外光可得到稳定的遮光性。应予说明,如果在波长680~750nm的波长范围满足(ii-5),则更优选,此时,入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 时的对波长680~750nm的光的透射率变化很小。

[0201] 反射层可以与第1实施方式的光学滤波器同样地成为包含最大反射波长 λ_0 不同的2种电介质多层膜的构成。反射层例如具有第1反射层12a和第2反射层12b,但上述说明的反射带的偏移量小的电介质多层膜的设计可以应用于反射波长700~1150nm的近红外区域的短波长侧的光的第1反射层12a。应予说明,反射该近红外区域的长波长侧的光和近紫外光

的第2反射层12b可以与第1实施方式同样地设计。

[0202] 本滤波器的反射层的 (ii-3) 的条件与第1实施方式的反射层的 (ii-1) 的条件相同,通过第1反射层12a和第2反射层12b的反射特性而实现。(ii-5) 的条件主要通过第1反射层12a的反射特性而实现,由此,可减少作为反射层的对入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的变化的偏移量 $\delta \lambda_{RSh} (T50\%)$ 。以这样的反射层为前提与吸收层的光谱特性相关联的条件为 (ii-4), 与第1实施方式的反射层的 (ii-2) 的条件不同。其以外的吸收层和反射层的光谱透射率的优选条件与第1实施方式同样,因此,省略说明。

[0203] 接着,示出本滤波器的反射层的设计例,与第1实施方式的光学滤波器的设计相同的部分省略说明。表3是光学滤波器30的第1反射层12a的设计例。另外,吸收层11具有图10所示的特性。在本设计中,第1反射层12a通过第1反射层12a和第2反射层12b的反射带将吸收层11无法充分地屏蔽的波长713nm附近的透射带的光和波长750~1150nm的近红外光遮光。

[0204] [表3]

层结构	介质	光学膜厚(λ_0)	$n_H d_H / n_L d_L$	层结构	介质	光学膜厚(λ_0)	$n_H d_H / n_L d_L$
上表面	透明树脂			20	TiO ₂	0.418	5.3
1	Al ₂ O ₃	0.162		21	SiO ₂	0.079	5.4
2	TiO ₂	0.396	8.5	22	TiO ₂	0.427	
3	SiO ₂	0.047		8.5	23	SiO ₂	0.077
4	TiO ₂	0.452	7.3		24	TiO ₂	0.429
5	SiO ₂	0.053		6.6	25	SiO ₂	0.075
6	TiO ₂	0.448	6.1		26	TiO ₂	0.432
7	SiO ₂	0.061		5.7	27	SiO ₂	0.072
8	TiO ₂	0.442	5.5		28	TiO ₂	0.436
9	SiO ₂	0.067		5.4	29	SiO ₂	0.067
10	TiO ₂	0.436	5.4		30	TiO ₂	0.441
11	SiO ₂	0.072		5.4	31	SiO ₂	0.067
12	TiO ₂	0.432	5.4		32	TiO ₂	0.448
13	SiO ₂	0.075		5.4	33	SiO ₂	0.053
14	TiO ₂	0.429	5.4		34	TiO ₂	0.452
15	SiO ₂	0.077		5.4	35	SiO ₂	0.047
16	TiO ₂	0.427	5.4		36	TiO ₂	0.396
17	SiO ₂	0.079		5.4	37	Al ₂ O ₃	0.162
18	TiO ₂	0.427	下表面		透明基板		
19	SiO ₂	0.079					

[0205] [0206] 本例的第1反射层12a按照(设计A)~(设计D)的顺序决定规格。

[0207] 首先,为了减少基于入射角/偏振光依赖性的偏移量,以将 $n_H = 2.39$ 的TiO₂和 $n_L = 1.45$ 的SiO₂交替层叠而成的多层膜构成为前提,将相邻的TiO₂/SiO₂单位折射率层的光学膜厚比($n_H d_H / n_L d_L$)设定为6.0(设计A)。

[0208] 接着,考虑到对入射角 0° 时的波长700~830nm的光产生透射率50%以下的反射带以及确保透射率为1%以下的反射带宽、过渡波长区域的透射率变化的陡峭性,形成34层构成(设计B)。应予说明,第1反射层12a相对于设计波长 $\lambda_0 = 746$ nm,相邻的电介质膜的光学膜厚 $n_H d_H$ 和 $n_L d_L$ 的平均值大致为 $\lambda_0 / 4$ 。另外,使透明基板13和吸收层11的折射率大致为1.51。

[0209] 接着,为了减少可见光的波纹,将相邻的17对(34层)的由TiO₂和SiO₂构成的单位折射率层的光学膜厚之和($n_H d_H + n_L d_L$)从 $\lambda_0 / 2$ 偏离大致 $\pm 10\%$ 左右,形成35层构成(设计C)。其

结果,相邻的17对的 $n_{\text{HdH}}/n_{\text{LdL}}$ 以5.3~8.5(平均值=6.5)分布。

[0210] 进而,为了提高可见光的透射率,在由35层的 TiO_2 和 SiO_2 构成的电介质多层膜与透明基板13和与吸收层11的界面附加 Al_2O_3 ,形成37层构成(设计D=表3)。其结果,第1反射层(37层)的平均折射率(多层膜整体的光学膜厚/物理膜厚)为2.17。

[0211] 图12是对于表3所示的第1反射层,考虑了 TiO_2 和 SiO_2 的折射率波长分散后的入射角 0° 时的光和入射角 30° 时的p/s偏振光的各光谱透射率的计算结果。应予说明,该计算和后述的图13~图15所示的计算未考虑空气界面的反射损失,例如能够通过上述的防反射层来减少可见光的反射损失。如图12所示,本设计例的第1反射层具有如下反射带:对入射角 $0^\circ\sim 30^\circ$ 的光的各透射率是波长699~822nm的光为50%以下、波长705~815nm的光为15%以下、波长708~812nm的光为10%以下、波长711~808nm的光为5%以下、而且波长723~795nm的光为1%以下。进而,第1反射层对波长420~670nm的光显示平均透射率为99%以上。应予说明,第1反射层(表3)的近红外反射带的最小透射率为0.2%左右,但能够通过增加层数而进一步减少。

[0212] 本设计例的第1反射层在波长680~750nm中对入射角 0° 时的光的 $\lambda_{\text{R}}(0^\circ_T50\%)$ 为699nm,在波长640~750nm中对入射角 30° 时的s偏振光的 $\lambda_{\text{R}}(30^\circ_Ts50\%)$ 为679nm,偏移量为20nm左右。

[0213] 表4是光学滤波器30的第2反射层12b的设计例,按照(设计A')~(设计C')的顺序决定规格。首先,形成对于设计波长 $\lambda_0=948\text{nm}$,将 TiO_2 和 SiO_2 交替层叠,光学膜厚 n_{HdH} 和 n_{LdL} 大致为 $\lambda_0/4$ 的33层构成以使其在波长750~1150nm中产生反射带(设计A')。

[0214] 接着,为了扩大反射带以及减少可见光的波纹,形成将 TiO_2 和 SiO_2 的33层各层的光学膜厚从 $\lambda_0/4$ 偏离 $\pm 18\%$ 左右的构成(设计B')。

[0215] 进而,为了得到波长400~700nm的可见光的波纹减少效果和防反射效果,以比 $\lambda_0/4$ 薄的光学膜厚分别向空气与该33层的界面追加 SiO_2 、向透明基板与该33层的界面追加 SiO_2 和 TiO_2 这2层,形成合计36层(设计C'=表4)。

[0216] [表4]

[0217]

层结构	介质	光学膜厚(λ_0)	层结构	介质	光学膜厚(λ_0)
上表面	空气		19	TiO ₂	0.233
1	SiO ₂	0.148	20	SiO ₂	0.217
2	TiO ₂	0.286	21	TiO ₂	0.227
3	SiO ₂	0.296	22	SiO ₂	0.215
4	TiO ₂	0.285	23	TiO ₂	0.225
5	SiO ₂	0.294	24	SiO ₂	0.213
6	TiO ₂	0.278	25	TiO ₂	0.225
7	SiO ₂	0.276	26	SiO ₂	0.214
8	TiO ₂	0.261	27	TiO ₂	0.224
9	SiO ₂	0.275	28	SiO ₂	0.216
10	TiO ₂	0.274	29	TiO ₂	0.226
11	SiO ₂	0.284	30	SiO ₂	0.218
12	TiO ₂	0.264	31	TiO ₂	0.230
13	SiO ₂	0.269	32	SiO ₂	0.226
14	TiO ₂	0.267	33	TiO ₂	0.249
15	SiO ₂	0.281	34	SiO ₂	0.266
16	TiO ₂	0.258	35	TiO ₂	0.059
17	SiO ₂	0.249	36	SiO ₂	0.024
18	TiO ₂	0.229	下表面	透明基板	

[0218] 图13是对于第2反射层(表4),考虑了TiO₂和SiO₂的折射率波长分散后的入射角0°时的光、入射角30°时的p/s偏振光的各光谱透射率的计算结果。本设计例的第2反射层具有如下反射带:入射角0°~30°的各透射率是波长720~1299nm的光为50%以下、波长730~1235nm的光为15%以下、波长733~1230nm的光为10%以下、波长740~1223nm的光为5%以下、而且波长760~1150nm的光为1%以下。进而,对于波长420~670nm具有99%以上的透射率。第2反射层(表4)的近红外反射带的最小透射率为0.001%左右,但能够通过增加层数而进一步减少。

[0219] 另外,本设计例的第2反射层在波长680~750nm中对入射角0°时的光的 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 为720nm,在波长640~750nm中,进而,在波长680~750nm中,对入射角30°时的s偏振光的 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 为684nm,偏移量为36nm左右。

[0220] 接着,示出包含第1、第2反射层的反射层的光谱透射率的计算结果。与第1实施方式同样,本滤波器的第1、第2反射层考虑由本滤波器中的它们的配置所产生的入射光的可干涉长度、膜应力来决定规格。

[0221] 图14是将以夹持透明基板的方式配置包含第1、第2反射层的反射层的光谱透射率曲线(入射角0°、入射角30°且p/s偏振光)的计算结果。该设计的反射层具有以下反射带:入射角0°~30°的各透射率是波长350~403nm和波长699~1230nm的光为50%以下、波长350~402nm和波长706~1166nm的光为15%以下、波长350~402nm和波长708~1162nm的光为10%以下、波长350~401nm和波长711~1154nm的光为5%以下、波长723~1064nm的光为1%以下。进而,该反射层对波长420~670nm的光的平均透射率显示98%以上,对波长730~1150nm的光的平均透射率显示0.5%以下。

[0222] 在此,在本设计例的反射层中,在近红外反射带的短波长侧透射率为50%的 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 和 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 如图14所示,由第1反射层的光谱透射率决定。即,反射层的

入射角 0° 和 30° 下的透射率50%的偏移量为20nm左右。另一方面,第2反射层的对于入射角 0° 和 30° 透射率为50%的 $\lambda_R(0^\circ_T50\%) \sim \lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 位于第1反射层的反射带,因此,对反射层的光谱透射率曲线几乎没有影响。

[0223] 例如,将图14所示的反射层和图10所示的吸收层组合时,如果将反射层的在波长680~750nm中对入射角 0° 的光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 、将吸收层的在波长580nm~ $\lambda(DA_T_{min})$ 中透射率为10%的波长设为 $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%)$,则满足 $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%) + 20nm < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_C(T_{max})$ (其中, $\lambda_C(T_{max})$ 是在波长 $\lambda(DA_T_{min}) \sim \lambda(DB_T_{min})$ 中吸收层的透射率达到最大的波长)。另外,如果将在波长640~750nm中对入射角 30° 的s偏振光的透射率为50%的波长设为 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$,则波长 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 与波长 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 之差 $\delta\lambda_{RSh}(T50\%)$ 满足 $0nm < \delta\lambda_{RSh}(T50\%) \leq 25nm$ 。

[0224] 图15是由将第1、第2反射层在透明基板的一侧的主面连续地层叠73层而成的电介质多层膜构成的反射层的光谱透射率曲线(入射角 0° 、入射角 30° 且p/s偏振光)的计算结果。该设计的反射层作为基本设计分别如下:第1反射层中相邻的17对(34层)的由 TiO_2 和 SiO_2 构成的单位折射率层为 $\lambda_0 = 753nm$ 且平均光学膜厚大致为 $\lambda_0/4$ 的34层构成以及第2反射层为 $\lambda_0 = 948nm$ 且光学膜厚大致为 $\lambda_0/4$ 的 TiO_2 和 SiO_2 的33层构成。而且,该设计为了提高可见光的透射率以及减少波纹,对光学膜厚分布进行调整并追加了调整层。

[0225] 本设计的反射层具有以下反射带:对入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光的各透射率是波长350~410nm和波长709~1238nm的光为50%以下、波长350~409nm和波长716~1182nm的光为15%以下、波长350~409nm和波长717~1172nm的光为10%以下、波长350~408nm和波长720~1162nm的光为5%以下、波长724~1068nm的光为1%以下。另外,对波长420~670nm的光的平均透射率显示98%以上,对波长730~1150nm的光的平均透射率显示0.3%以下。

[0226] 本设计例的反射层在波长680~750nm中对入射角 0° 时的光的 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 为702nm,对入射角 30° 时的s偏振光的 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 为682nm,偏移量为20nm左右。

[0227] 例如,将图15所示的反射层和图11所示的吸收层组合时,满足 $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%) + 20nm < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_C(T_{max})$ 。另外,波长 $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ 与波长 $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ 之差 $\delta\lambda_{RSh}(T50\%)$ 满足 $0nm < \delta\lambda_{RSh}(T50\%) \leq 25nm$ 。

[0228] 具备这样的反射层和吸收层的第2实施方式的光学滤波器优选具有与第1实施方式的光学滤波器同样的以下的特性。应予说明,以下的特性中的更优选的方案与第1实施方式的光学滤波器的情况同样。

[0229] 在入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光谱透射率曲线中,满足下述(1)和(2)的条件。

[0230] (1) 波长440~600nm的平均透射率为80%以上。

[0231] (2) 波长690~720nm整个范围的透射率为5%以下。

[0232] 在入射角 0° 的光谱透射率曲线中,对波长350~390nm的光的平均透射率为10%以下。

[0233] 在波长600~900nm的光谱透射率曲线中,透射率为50%以下的波长的对入射角 0° 的光的透射率与对入射角 30° 的光的透射率之差为30%以下。

[0234] 具备这样的反射层和吸收层的第1、第2实施方式的光学滤波器均在可见度高的波长440~600nm的光中维持高的透射率,在波长690~720nm的光中能够由吸收层屏蔽。另外,本发明的光学滤波器能够提高固体摄像元件具有灵敏度的波长700~1150nm的光的遮光

性,抑制反射层所致的入射角/偏振光依赖性。

[0235] 另外,本发明涉及的光学滤波器可以进一步使用在比第1、第2实施方式的光学滤波器中使用的吸收剂DB的极大吸收波长 λ 的波长侧、例如波长745~1000nm具有 λ (DB_ T_{min})且可见光的吸收少的吸收剂。该吸收剂在可见光残留吸收时,前提是能够以至少波长450~550nm的光的透射率为90%以上的方式对有效厚度比CL进行调整。

[0236] 例如,在波长800~920nm具有极大吸收的NIR吸收剂可以举出KODAK公司的IRD系列的04、79等、Epolin公司的Epolight™系列的5547、5588等、QCR Solutions公司的NIR系列的907B、910C等、H.W. Sands公司的SDA8630等、Exciton公司的NP800、IRA868(以上为商品名)等。

[0237] (第3实施方式)

[0238] 本实施方式的光学滤波器使用吸收型玻璃作为吸收层的一部分。例如,本滤波器的吸收层可以举出包含在氟磷酸盐系玻璃、磷酸盐系玻璃等中添加有CuO等的吸收型玻璃和吸收剂DA溶解或分散于透明树脂(B)的层(在本实施方式中也称为“树脂层”)而成的构成。此时,前提是吸收型玻璃含有显示 λ (DB_ T_{min})的吸收剂DB。另外,第3实施方式的光学滤波器在第3实施方式的说明中也称为“本滤波器”。

[0239] 吸收型玻璃通过调整CuO等的添加浓度、厚度,能够调整波长700~1150nm的光的透射率。另外,使用含有吸收剂DB的吸收型玻璃的本滤波器能够缓和反射层所要求的近红外光的高反射率规格,因此,能够以少的电介质层数得到同等的遮光性,或者能够使用相同构成的电介质多层膜提高遮光性。

[0240] 应予说明,本滤波器可以在吸收型玻璃与树脂层之间具有电介质层,此时,能够提高本滤波器的吸收层的耐久性。电介质层的厚度优选30nm以上,更优选100nm以上,进一步优选200nm以上。电介质层的厚度没有上限,但从设计、制造的容易性的观点考虑,优选2000nm以下,更优选1000nm以下。

[0241] 在此,含有CuO的玻璃例如可以使用W02014/30628A1中记载的玻璃。

[0242] 本滤波器由于在含有吸收剂DB的前提下使用吸收型玻璃,因此,基于吸收型玻璃的 λ (DB_ T_{min})存在于波长800~900nm,吸收型玻璃的 λ (DB_ T_{min})附近的吸收波长宽度比NIR吸收剂宽。因此,将吸收型玻璃和含有吸收剂DA的透明树脂组合而成的吸收层容易在 λ_c (T_{max})附近的广域产生透射率2%以上的透射带。因此,本滤波器可以与第2实施方式的光学滤波器同样地使用入射角/偏振光依赖性小的反射层使该透射带消失。即,使用吸收型玻璃的本滤波器以即使对于波长650~750nm的入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的光,反射层的透射率为50%的波长发生偏移,偏移量也落入吸收剂DA的吸收带的方式设计反射层。

[0243] 如上述说明所示,第3实施方式相当于在第2实施方式中使用吸收剂DB为 λ (DB_ T_{min}) = 800~900nm的吸收玻璃的光学滤波器。即,本滤波器的吸收剂DB的极大吸收波长 λ (DB_ T_{min})为波长大于725nm且小于等于900nm以及意味着满足 $40\text{nm} \leq \lambda$ (DB_ T_{min}) - λ (DA_ T_{min}) $\leq 215\text{nm}$ 。

[0244] 应予说明,透明树脂(B)、吸收剂DA、反射层、防反射层等除吸收型玻璃(吸收剂DB)以外只要为第2实施方式中规定的构成(但是,在(i-5)的条件中,波长 λ (DB_ T_{min})的光的透射率为3%以下的构成不是必须的,是优选的构成)和优选条件即可。

[0245] (第1~3实施方式和摄像装置)

[0246] 如此,各实施方式的光学滤波器对于可见光中波长600~690nm的光,通过含有吸收剂DA、DB的吸收层,能够进行近似于可见度曲线的灵敏度校正。另外,各光学滤波器即使因反射层的入射角/偏振光依赖性而反射带偏移,也能够维持吸收层的波长600~690nm的光谱透射率曲线。因此,各光学滤波器的近红外光的光谱透射率几乎不会受到入射角/偏振光依赖性的影响,能够充分地屏蔽近红外光。

[0247] 对于本滤波器,如果吸收层进一步含有吸收剂DU,则即使对近紫外光的反射层的光谱透射率曲线因入射角/偏振光依赖性而偏移,也能够维持作为光学滤波器的光谱透射率曲线。另外,本滤波器即使吸收层的近紫外光的遮光性不充分,也能够由反射层实现充分低的透射率。另外,对于光学滤波器而言,如果是入射角进一步扩大(超过30°)的规格,则考虑伴随该扩大的反射层的偏移量调整吸收层而抑制入射角/偏振光依赖性。

[0248] 另外,图16是搭载了作为这样的光学滤波器的光学滤波器10的摄像装置100的示意图。应予说明,在摄像装置100中,使用其它构成的光学滤波器时,以下的说明也同样。在摄像装置100中,光学滤波器10中的反射层所致的反射光因在固体摄像元件21、摄像透镜23、将它们固定的框体24等摄像装置内的反复反射、散射而成为再入射于光学滤波器10的杂散光。因此,波长700~1150nm的光的遮光性越高,越能够减少到达固体摄像元件21的受光面的杂散光。其结果,能够拍摄出到达固体摄像元件21的不需要的图像的重叠、噪声光少的清晰的图像。

[0249] 另外,各实施方式的光学滤波器10在摄像装置100中例如配置在摄像透镜23与固体摄像元件21之间。进而,该光学滤波器10也可以介由粘合剂层直接贴合于固体摄像元件21、摄像透镜23等来使用。摄像透镜23由设置于框体24的内侧的透镜单元22固定,固体摄像元件21和摄像透镜23沿着光轴X配置。设置光学滤波器10时的方向、位置可根据设计适当选择。

[0250] 实施例

[0251] [实施例1]

[0252] 在本例中,对光学滤波器30的制造例进行说明。

[0253] 首先,在由折射率1.52且100 μ m厚的透明树脂膜构成的透明基板13的一侧的主面和另一侧的主面分别形成表1所示的第1反射层12a、表2所示的第2反射层12b。接着,在第1反射层12a的表面形成使作为吸收剂DA的 $\lambda(DA_{Tmin})=685\text{nm}$ 的方酸𬬰系化合物和作为吸收剂DB的 $\lambda(DB_{Tmin})=705\text{nm}$ 的方酸𬬰系化合物含于透明树脂而成的吸收层11。具体而言,通过模涂法涂布涂覆液并使其加热干燥而得到吸收层11,所述涂覆液是将吸收剂DA和DB以及折射率1.49的丙烯酸树脂的环己酮溶液以规定的质量比比例混合后,在室温下进行搅拌·溶解而得到的。在此,吸收剂DA、DB以各自的有效厚度比(CL(A),CL(B))为(1.2,1.2)、(1.2,1.8)、(1.4,1.2)、(1.4,1.8)的方式进行调整。图3是仅吸收层的波长550~800nm的光的光谱透射率的计算结果。

[0254] 进而,在吸收层11的空气界面形成由Al₂O₃、ZrO₂和MgF₂的3层构成的防反射层14,得到对于入射角0°~30°且波长400~700nm的可见光使残留反射率为1.5%以下的4种光学滤波器30(a)~(d)。图17A、17B是光学滤波器30(a)和30(d)的光谱透射率曲线(入射角0°、入射角30°的p/s偏振光)的计算结果。光学滤波器30(b)和30(c)也得到同样的计算结果。应予说明,对于本实施例、以后的各实施例和各比较例,假定吸收剂DA和吸收剂DB中使用的方

酸 δ 系化合物在波长550nm以下几乎没有吸收,透射率为100%。

[0255] 本例的光学滤波器30中的图3示出光学特性的吸收层如上所述满足(i-1)~(i-3)的条件,与其组合的反射层也如上所述满足(ii-1)、(ii-2)的条件。

[0256] 根据图17A、17B所示的光谱透射率曲线,实施例1的光学滤波器30(a)~(d)均满足下述的光学特性。即,对于入射角 0° ~ 30° 的光,可见度高的波长420~600nm的光的平均透射率为97%以上,波长690~720nm的光的透射率为2%以下,而且,显示将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可实现相当于可见度曲线的高效率的曲线的光谱透射率。进而,可知作为噪声光的不需要的波长700~1150nm的光的平均透射率为0.8%以下,对入射角 0° ~ 30° 的光的光谱透射率的变化小。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长654~900nm,在入射角 0° 和 30° 时透射率差为0~7%,透射率变化满足30%以下。

[0257] [比较例1]

[0258] 对于本比较例1的光学滤波器,吸收层仅含有由 $\lambda(\text{DA_}T_{\min})=695\text{nm}$ 的方酸 δ 系化合物构成的吸收剂DA,以有效厚度比CL(A)为(2.5)的方式进行调整,除此以外,形成与实施例1相同的构成。

[0259] 图18是比较例1的光学滤波器的光谱透射率曲线(入射角 0° 、入射角 30° 的p/s偏振光)的计算结果。对于比较例1的光学滤波器,入射角 30° 时的波长698~716nm的光的透射率显示0.5%以下,另一方面,入射角 0° 时,显示透射率4%以上且最大15%。即,对于比较例1,吸收层中所含的NIR吸收剂仅为吸收剂DA一种时,吸收波长带宽 $\Delta\lambda_{\text{abs}}$ 窄,因此,由于反射层的入射角/偏振光依赖性,波长690~720nm的光的遮光性不充分。

[0260] [比较例2]

[0261] 对于本比较例2的光学滤波器,吸收层仅含有由 $\lambda(\text{DB_}T_{\min})=725\text{nm}$ 的方酸 δ 系化合物构成的吸收剂DB,以有效厚度比CL(B)为(5.2)的方式进行调整,除此以外,形成与实施例1相同的构成。

[0262] 图19是比较例2的光学滤波器的光谱透射率曲线(入射角 0° 、入射角 30° 的p/s偏振光)的计算结果。比较例2的光学滤波器,对于入射角 0° 和 30° 的光,波长668~700nm的光谱透射率差异为4~33%左右。即,仅吸收剂DB时,在波长668~700nm的光中得不到陡峭的吸收性而产生残留透射,因此,由于反射层的入射角/偏振光依赖性,对该波长的光的遮光性不充分。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长664~900nm,在入射角 0° 和 30° 时透射率差为0~34%。

[0263] [实施例2]

[0264] 在本例中,对光学滤波器40的制造例进行说明。

[0265] 首先,将表1所示的第1反射层12a和表2所示的第2反射层12b在由 $200\mu\text{m}$ 厚的玻璃构成的透明基板13的一侧的主面按照图1D所示的顺序进行成膜。接着,在透明基板13的另一侧的主面形成在透明树脂中含有作为吸收剂DA的 $\lambda(\text{DA_}T_{\min})=705\text{nm}$ 的方酸 δ 系化合物和作为吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_}T_{\min})=725\text{nm}$ 的方酸 δ 系化合物而成的吸收层11。具体而言,通过模涂法涂布涂覆液并使其加热干燥而得到 $10\mu\text{m}$ 厚的吸收层,所述涂覆液是将吸收剂DA和DB以及折射率1.59的聚碳酸酯树脂的环戊酮溶液以规定的质量比比例混合后,在室温下搅拌·溶解而得到的。

[0266] 在此,吸收剂DA、DB以各自的有效厚度比(CL(A),CL(B))为(2.0,4.0)、(2.0,5.2)、(2.4,4.0)、(2.4,5.2)的方式进行调整。应予说明,仅吸收层的波长550~800nm的光的光谱透射率的计算结果可以参照图4。

[0267] 进而,在吸收层11的空气界面形成由TiO₂和SiO₂的4层构成的防反射层14,得到使对入射角0°~30°且波长400~700nm的光的残留反射率为1.5%以下的4种光学滤波器40(a)~(d)。图20A、20B示出光学滤波器40(a)和40(d)的光谱透射率曲线(入射角0°、入射角30°的p/s偏振光)的计算结果。光学滤波器40(b)和40(c)均得到同样的计算结果。

[0268] 本例的光学滤波器40中的图4示出了光学特性的吸收层如上所述满足(i-1)~(i-3)的条件,与其组合的反射层也如上所述满足(ii-1)、(ii-2)的条件。

[0269] 根据图20A、20B所示的光谱透射率曲线,实施例2的光学滤波器40(a)~(d)均满足下述的光学特性。即,对于入射角0°~30°的光,可见度高的波长420~600nm的光的平均透射率为97%以上,波长690~720nm的光的透射率为2%以下,而且显示将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线的光谱透射率。进而,可知作为噪声光的不需要的波长700~1150nm的光的平均透射率为0.8%以下,对入射角0°~30°的光的光谱透射率的变化小。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长654~900nm,在入射角0°和30°时透射率差为0~2%,透射率变化满足30%以下。

[0270] [实施例3]

[0271] 在本例中,对光学滤波器30的制造例进行说明。

[0272] 首先,在与实施例1相同的透明基板13的一侧的主面和另一侧的主面分别形成表3所示的第1反射层12a、表4所示的第2反射层12b。接着,在第1反射层的表面形成使作为吸收剂DA的 $\lambda(\text{DA_}T_{\min})=695\text{nm}$ 的方酸鞣系化合物和作为吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_}T_{\min})=735\text{nm}$ 的方酸鞣系化合物含于透明树脂而成的吸收层11。具体而言,通过模涂法涂布涂覆液并使其加热干燥而得到吸收层,所述涂覆液是将吸收剂DA、DB和折射率1.49的丙烯酸树脂的环己酮溶液以规定的质量比比例混合后,在室温下搅拌·溶解而得到的。在此,吸收剂DA、DB以各自的有效厚度比(CL(A),CL(B))为(1.8,2.4)、(1.8,3.6)、(2.0,2.4)、(2.0,3.6)的方式进行调整。应予说明,仅吸收层的对波长550~800nm的光的光谱透射率的计算结果可以参照图10。

[0273] 进而,在吸收层11的空气界面形成由Al₂O₃、ZrO₂和MgF₂的3层构成的防反射层14,得到对于入射角0°~30°时的波长400~700nm的可见光残留反射率为1.5%以下的4种光学滤波器30(a)~(d)。图21A、21B示出光学滤波器30(a)和30(d)的光谱透射率曲线(入射角0°、入射角30°的p/s偏振光)的计算结果。光学滤波器30(b)和30(c)也得到同样的计算结果。

[0274] 本例的光学滤波器30中的图10示出了光学特性的吸收层如上所述满足(i-4)~(i-6)的条件,与其组合的反射层也如上所述满足(ii-3)~(ii-5)的条件。

[0275] 根据图21A、21B所示的光谱透射率曲线,实施例3的光学滤波器30(a)~(d)均满足下述的光学特性。即,对于入射角0°~30°的光,可见度高的波长430~600nm的光的平均透射率为96%以上,波长690~720nm的光的透射率为2%以下,而且显示将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线的光谱透射率。进而,可知作为噪声光的不需要的波长700~1150nm的光的平均透射率为0.4%以下,对入射角0°~30°的光的光谱透射率的

变化小。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长658~900nm,在入射角0°和30°时透射率差为0~4%,透射率变化满足30%以下。

[0276] [实施例4]

[0277] 在本例中,对光学滤波器40的制造例进行说明。

[0278] 首先,在与实施例2相同的透明基板13的一侧的主面按照图1D所示的顺序形成表3所示的第1反射层12a和表4所示的第2反射层12b。接着,为了适应吸收层的光谱透射率,对表3所示的第1反射层的设计波长 λ_0 进行调整,形成近红外反射带向长波长侧偏移约10nm的构成。另外,对表3和表4的构成进行调整以使不会在第1、第2反射层的反射带重叠的波长区域产生大的透射波纹。

[0279] 接着,在透明基板13的另一侧的主面形成使作为吸收剂DA的 $\lambda(\text{DA_T}_{\min}) = 705\text{nm}$ 的方酸鞣系化合物和作为吸收剂DB的 $\lambda(\text{DB_T}_{\min}) = 765\text{nm}$ 的方酸鞣系化合物含于透明树脂而得到的近红外吸收层11。具体而言,通过模涂法涂布涂覆液并使其加热干燥而得到10 μm 厚的吸收层,所述涂覆液是将吸收剂DA、DB和折射率1.59的聚碳酸酯树脂的环戊酮溶液以规定的质量比比例混合后,在室温下搅拌·溶解而得到的。在此,吸收剂DA、DB以各自的有效厚度比(CL(A),CL(B))为(2.0,2.8)、(2.0,4.0)、(2.6,2.8)、(2.6,4.0)的方式进行调整。应予说明,仅吸收层的对波长550~800nm的光的光谱透射率的计算结果可以参照图11。

[0280] 进而,在吸收层11的空气界面形成由TiO₂和SiO₂的4层构成的防反射层14,得到对入射角0°~30°的波长400~700nm的可见光的残留反射率为1.5%以下的4种光学滤波器40(a)~(d)。图22A、22B是光学滤波器40(a)和40(d)的光谱透射率曲线(入射角0°、入射角30°的p/s偏振光)的计算结果。光学滤波器40(b)和40(c)也得到同样的计算结果。

[0281] 本例的光学滤波器40中的图11示出了光学特性的吸收层如上所述满足(i-4)~(i-6)的条件,与其组合的反射层也如上所述满足(ii-3)~(ii-5)的条件。

[0282] 根据图22A、22B所示的光谱透射率曲线,实施例4的光学滤波器40(a)~(d)均满足下述的光学特性。即,对于入射角0°~30°的光,可见度高的波长430~600nm的光的平均透射率为97%以上,波长690~720nm的光的透射率为5%以下,而且显示将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线的光谱透射率。进而,可知作为噪声光的不需要的波长700~1150nm的光的平均透射率为0.3%以下,对入射角0°~30°的光的光谱透射率的变化小。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长664~900nm,在入射角0°和30°时透射率差为0~6%,透射率变化满足30%以下。

[0283] 如此,实施例1、2的光学滤波器30(a)~(d)和光学滤波器40(a)~(d)、实施例3、4的光学滤波器30(a)~(d)和光学滤波器40(a)~(d)满足下述的特性。即,这些光学滤波器对人眼不具有灵敏度但带RGB滤色器的固体摄像元件具有灵敏度的入射角0°~30°时的波长700~1150nm的光进行遮光。而且,几乎没有入射角0°~30°时的波长600~690nm的光的光谱透射率的变动,将固体摄像元件的光谱灵敏度校正为近似于可见度的光谱灵敏度曲线,进而,对波长430~600nm的光得到高的透射率。尤其是这些光学滤波器的波长690~720nm的光的遮光性高,几乎没有波长650~700nm的光的透射率为50%以下的光谱透射率曲线的入射角/偏振光依赖性,因此,搭载于摄像装置时,得到色彩再现性优异的图像。另外,实施例3、4与实施例1、2相比,对波长600~650nm的光的透射率高达55~70%,能够提供光量损失更少的光学滤波器。

[0284] [比较例3]

[0285] 比较例3的光学滤波器使用实施例1所用的反射层代替实施例4所用的光谱透射率的入射角/偏振光依赖性小的反射层。除此以外,形成与实施例4相同构成的光学滤波器。即,吸收层满足(i-4)~(i-6)的条件,但与其组合的反射层未全部满足(ii-3)~(ii-5)的条件。因此,在波长600~700nm中,对入射角 0° ~ 30° 的光的透射率为50%的反射层的光谱透射率曲线的偏移量在实施例4中为20nm,与此相对,在本比较例中扩大为36nm。

[0286] 图23是比较例3的光学滤波器的光谱透射率曲线(入射角 0° 、入射角 30° 的p/s偏振光)的计算结果。比较例3的光学滤波器在波长696~800nm中几乎没有光谱透射率的入射角/偏振光依赖性,得到透射率2%以下的遮光性。但是,在透射率为50%以下的波长668~692nm中,在入射角 0° 和 30° 时透射率之差差异为4~31%。即,如果如比较例3那样构成将实施例1的反射层和实施例4的吸收层组合的光学滤波器,则由于反射层的入射角/偏振光依赖性,在入射角 0° ~ 30° 中,波长668~692nm的光的遮光性不充分。

[0287] [比较例4]

[0288] 比较例4的光学滤波器为了降低反射层对波长668~692nm的光的透射率的入射角/偏振光依赖性,采用对设计波长 λ_0 进行调整以使反射带向长波长侧偏移20nm的设计,除此以外,形成与比较例3相同的构成。即,吸收层满足(i-4)~(i-6)的条件,但与其组合的反射层未全部满足(ii-3)~(ii-5)的条件。

[0289] 图24是比较例4的光学滤波器的光谱透射率曲线(入射角 0° 、入射角 30° 的p/s偏振光)的计算结果。比较例4的光学滤波器在透射率为50%以下的波长668~700nm中得到几乎没有入射角 0° 和 30° 时的光的透射率变化的光谱透射率。另外,比较例4的光学滤波器对于入射角 30° 时的吸收层的 $\lambda_c(T_{\max})$ 附近的波长715~734nm的光显示透射率0.5%以下,但对于入射角 0° 时的上述波长的光,具有透射率为2%以上且最大10%的透射带。即,比较例4的光学滤波器由于反射层的入射角/偏振光依赖性,吸收层的对入射角 0° ~ 30° 的光的波长710~740nm的光的遮光性不充分。

[0290] [参考例]

[0291] 本例的光学滤波器在实施例4中使用含有CuO的吸收型玻璃基板(旭硝子(株)制的NF-50E)作为透明基板13,使用在透明树脂中仅含有作为吸收剂DA的 $\lambda(DA_T_{\min})=705\text{nm}$ 的方酸鞣系化合物而得到的近红外吸收层11。即,吸收层具有含有吸收剂DA的树脂层和含有CuO作为吸收剂DB的吸收型玻璃基板。除此以外,形成与实施例4相同的构成。

[0292] 在此,吸收型玻璃基板被加工成 $\lambda(DB_T_{\min})=850\text{nm}$ 且该波长的透射率 T_{\min} 约为20%的厚度0.2mm。与实施例1~4的使色素含于透明树脂而得到的吸收剂DB相比,近红外吸收波长带较宽,因此,使用 $T_{\min}=10\sim 30\%$ 的吸收型玻璃基板以抑制可见区域的透射率降低。

[0293] 其结果,对于入射角 0° ~ 30° 的光,可见度高的波长430~600nm的光的平均透射率为94%以上,波长690~720nm的光的透射率为5%以下,而且显示将波长600~690nm的光谱透射率曲线近似校正为可见度曲线的光谱透射率。进而,可知作为噪声光的不需要的波长700~1150nm的光的平均透射率为0.3%以下,对入射角 0° ~ 30° 的光的光谱透射率的变化小。另外,对于在波长600~900nm中透射率为50%以下的波长660~900nm,在入射角 0° 和 30° 时透射率差为0~5%,透射率变化满足30%以下。

[0294] 产业上的可利用性

[0295] 本发明的光学滤波器作为使用了固体摄像元件的数码照相机、手机相机等摄像装置所使用的光学滤波器是有用的。

[0296] 符号说明

[0297] 10、20、30、40…光学滤波器、11…吸收层、12a…(第1)反射层、12b…(第2)反射层、13…透明基板、14…防反射层、21…固体摄像元件、22…透镜单元、23…摄像透镜、24…框体、100…摄像装置。

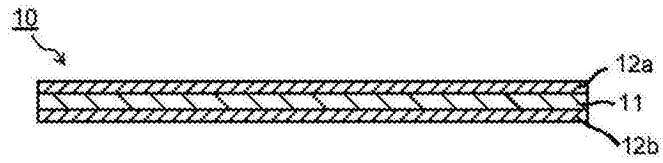


图1A

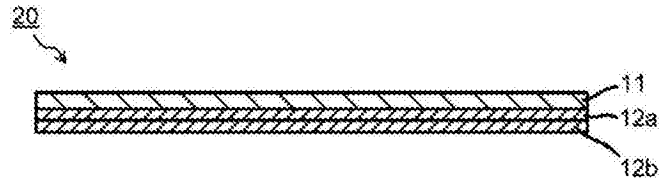


图1B

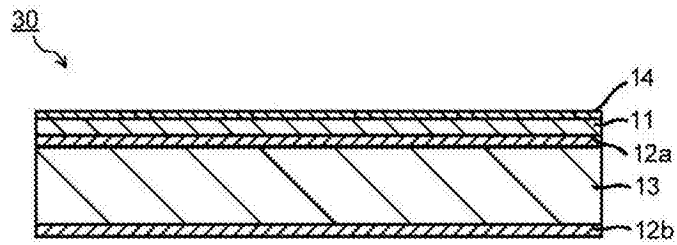


图1C

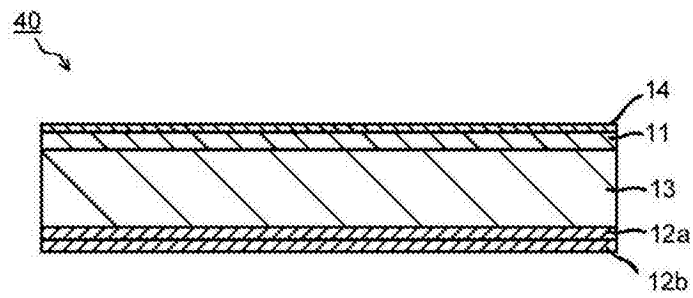


图1D

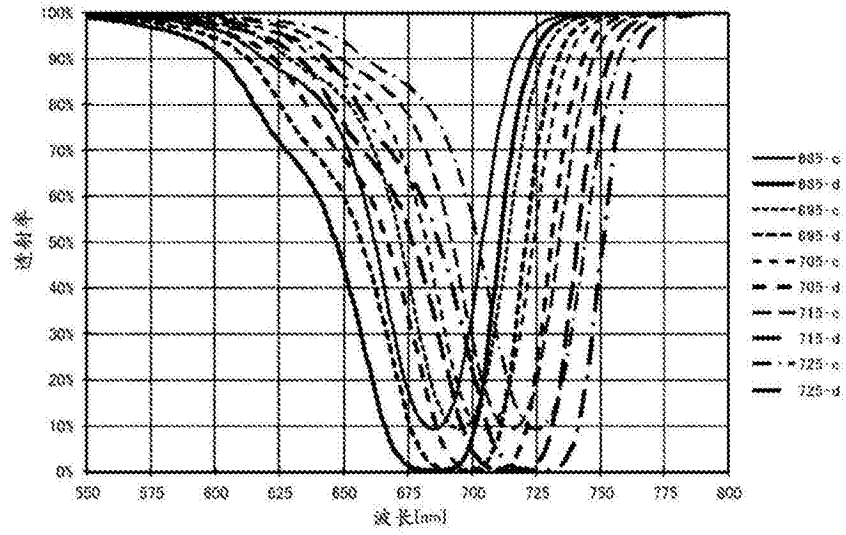


图2

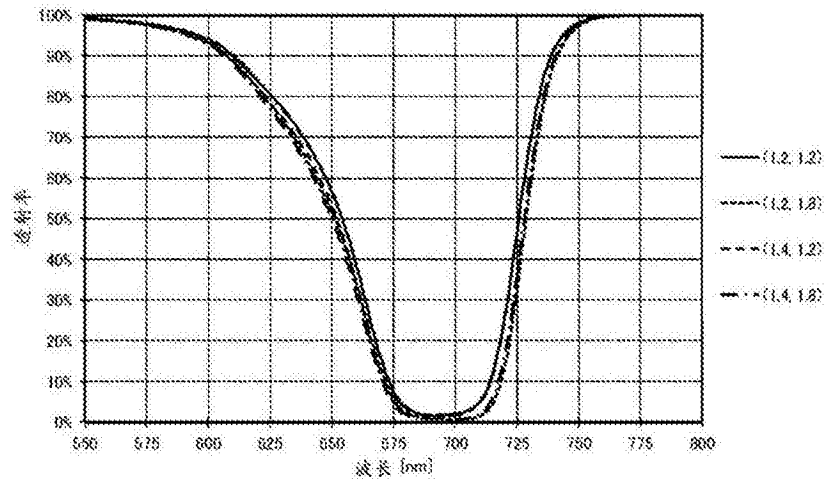


图3

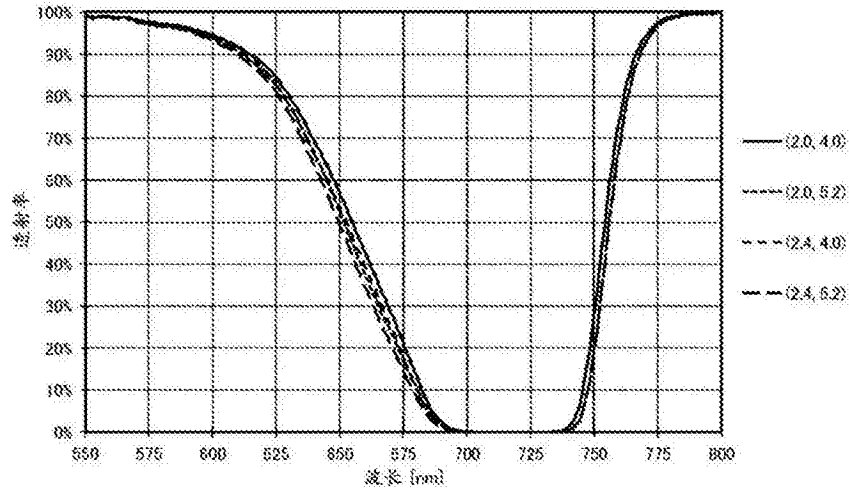


图4

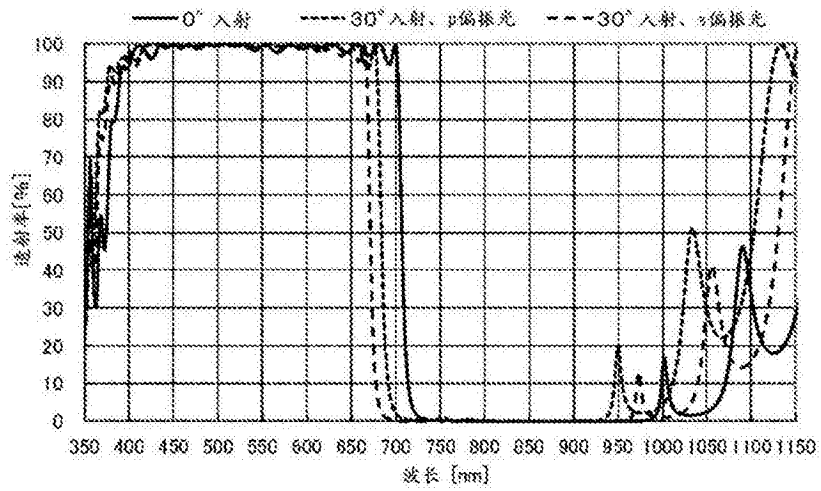


图5

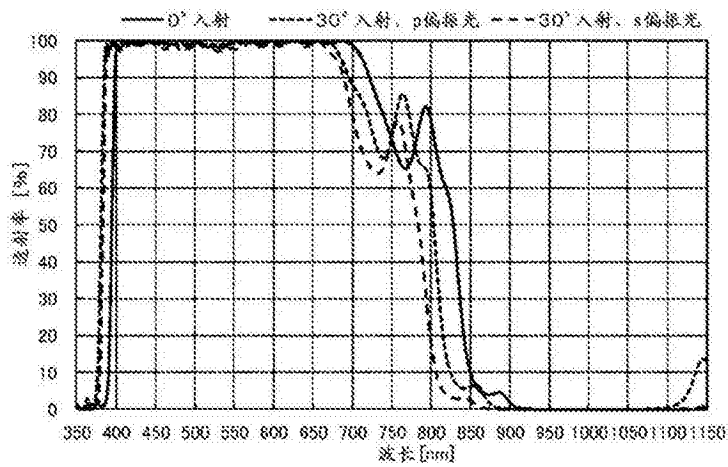


图6

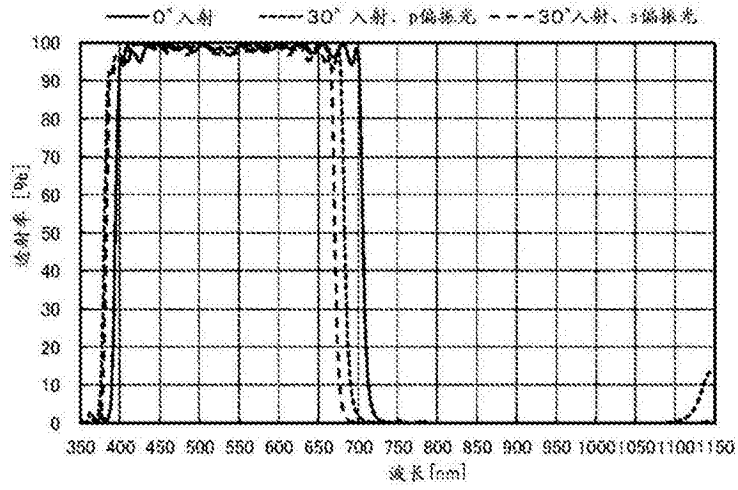


图7

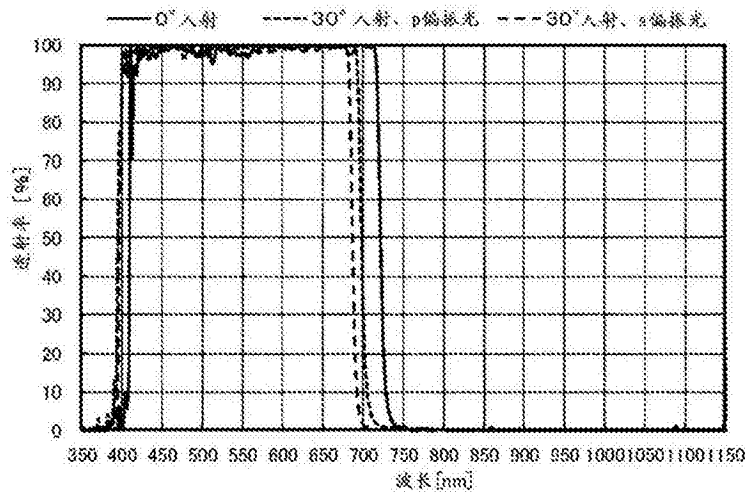


图8

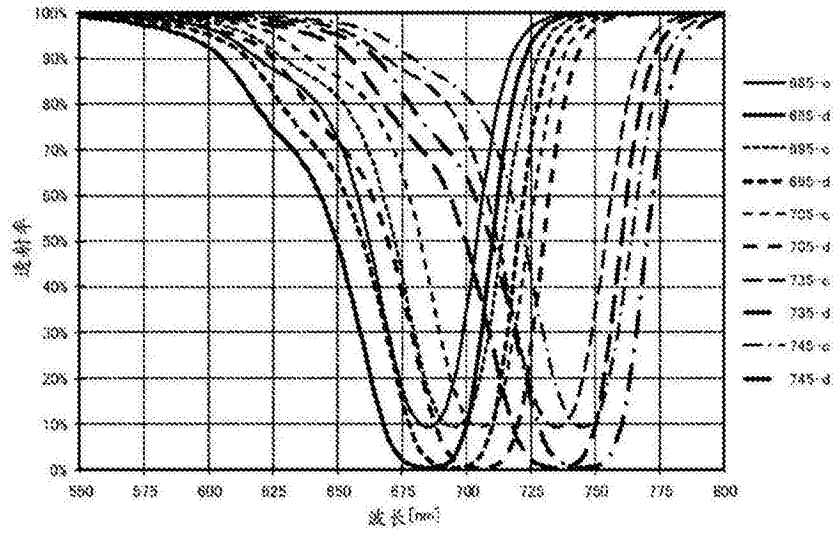


图9

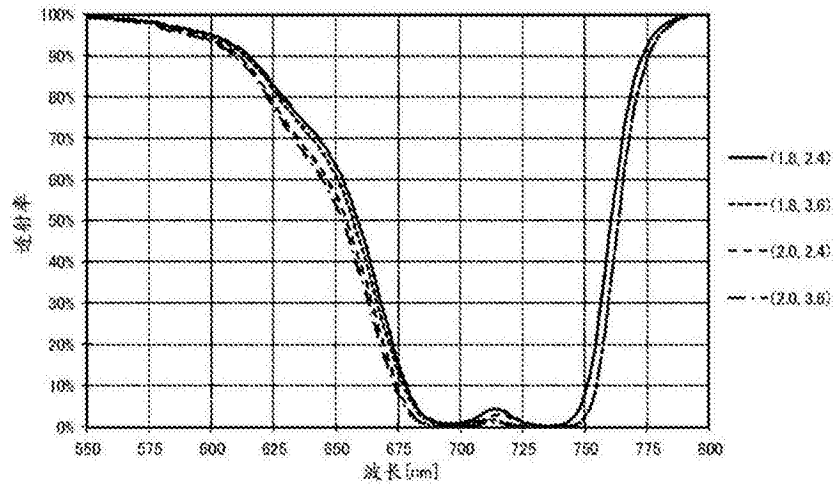


图10

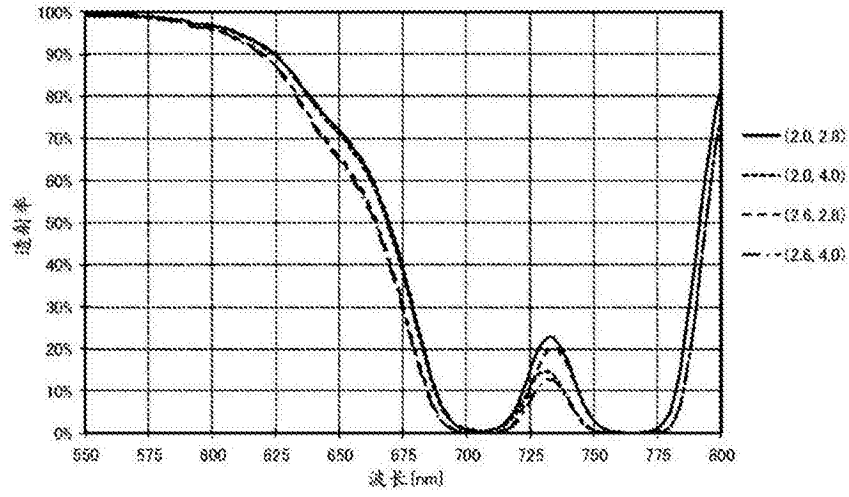


图11

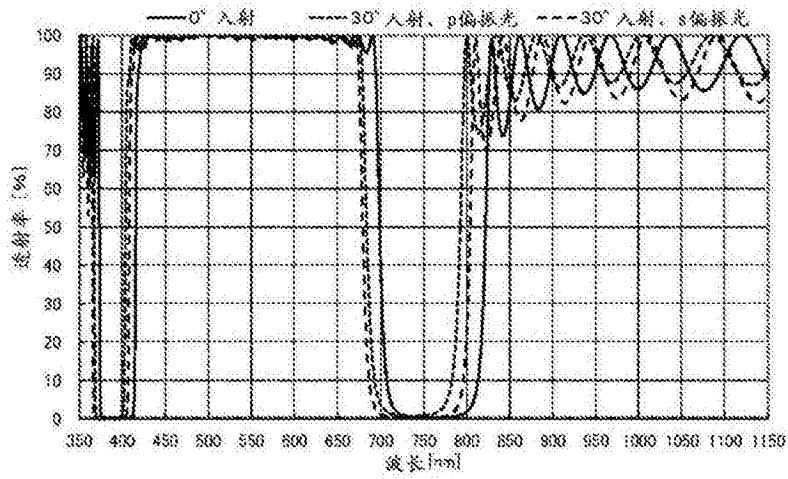


图12

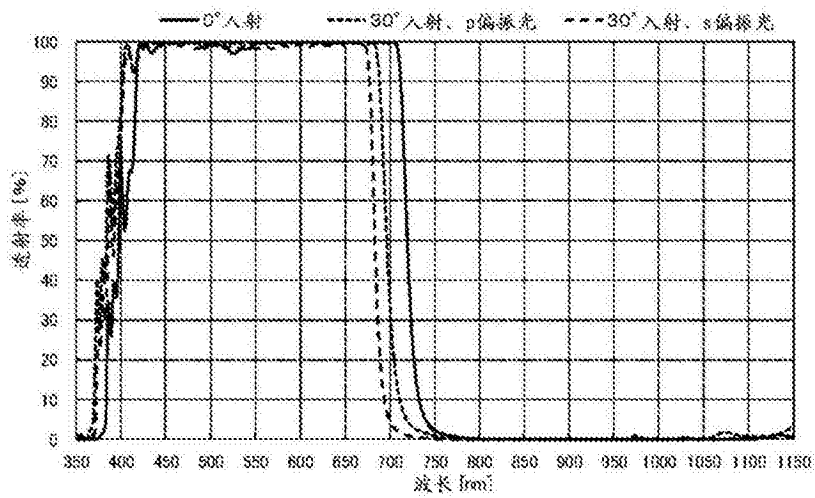


图13

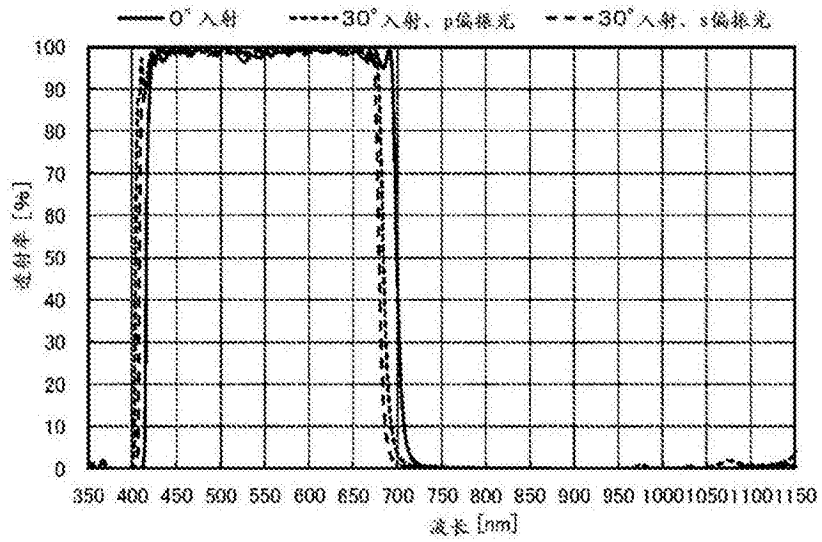


图14

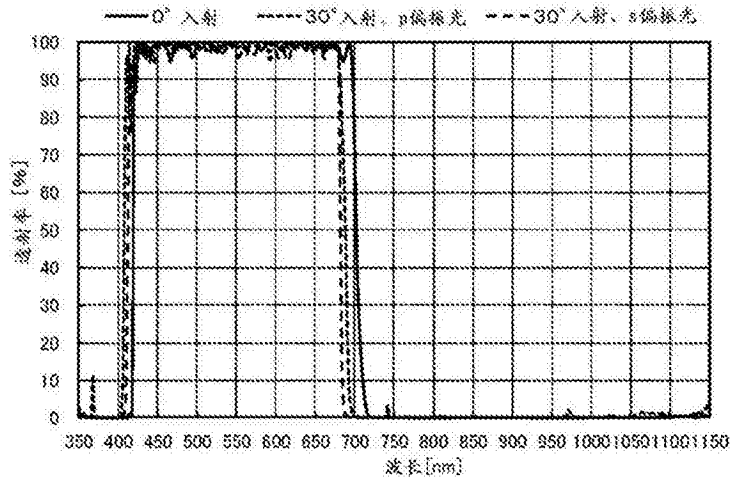


图15

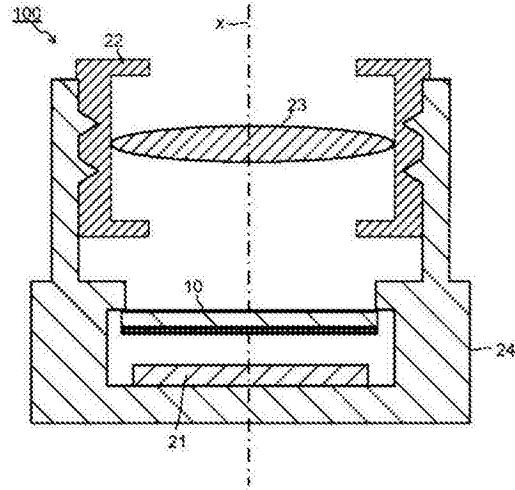


图16

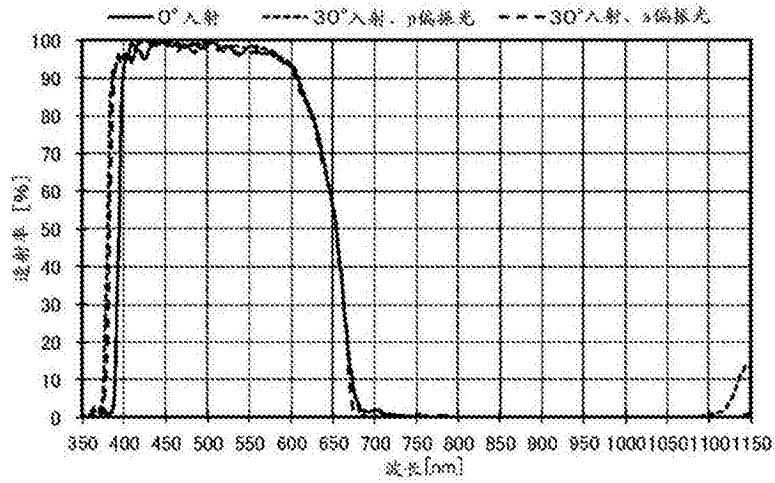


图17A

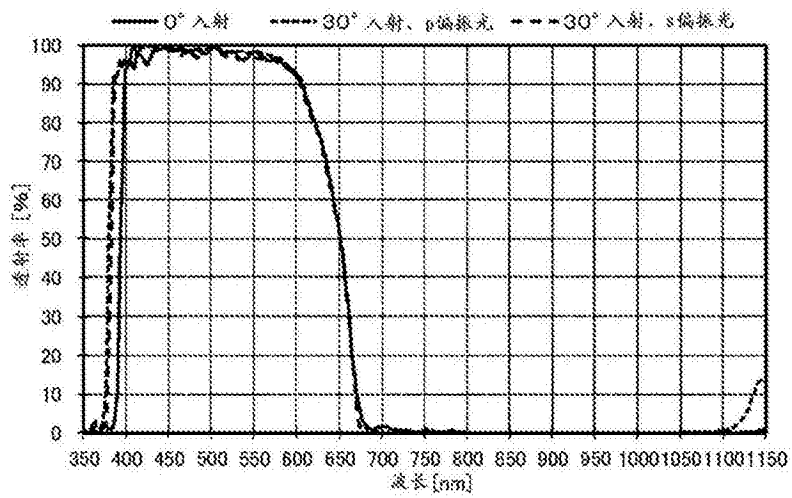


图17B

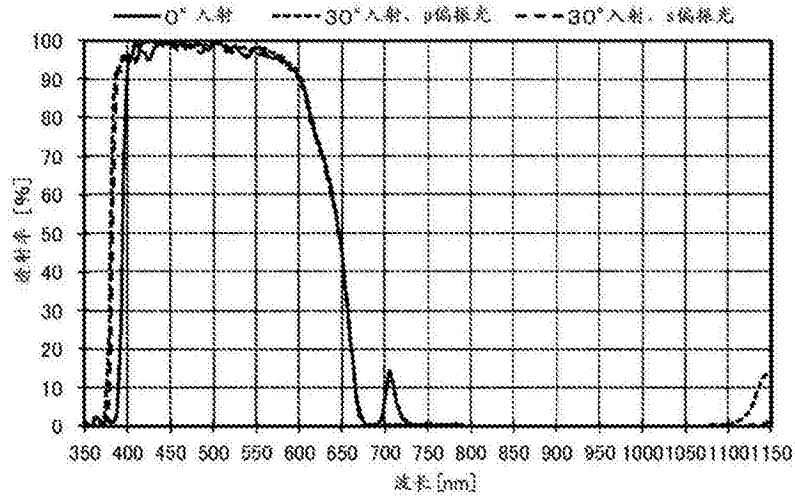


图18

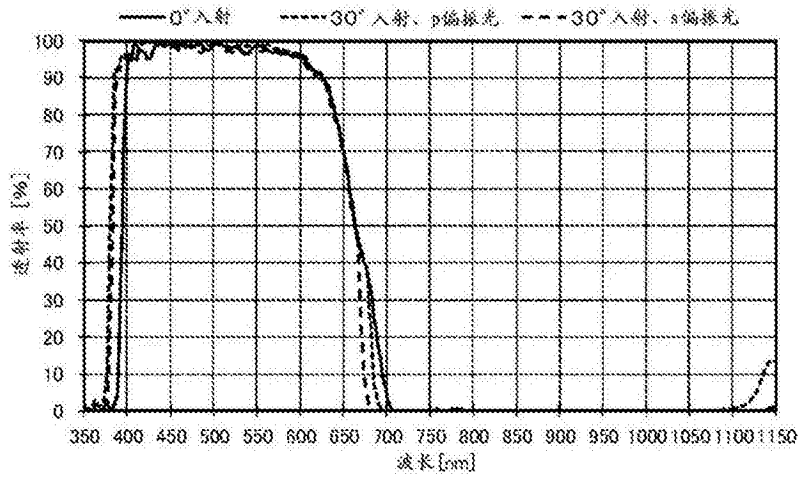


图19

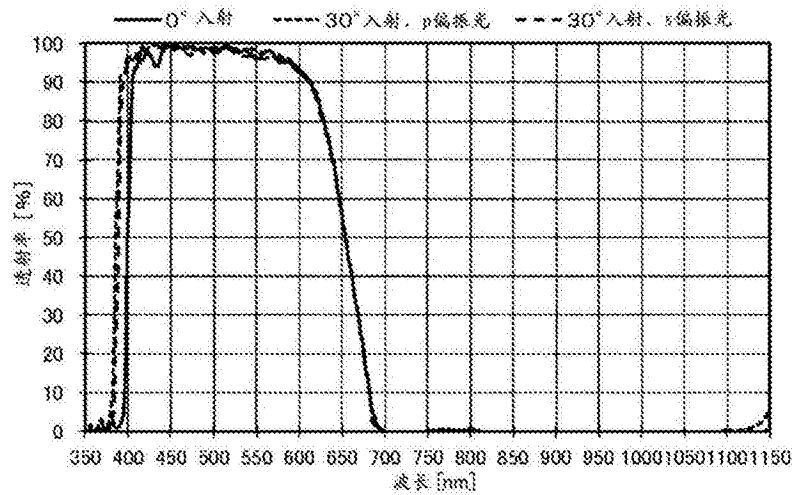


图20A

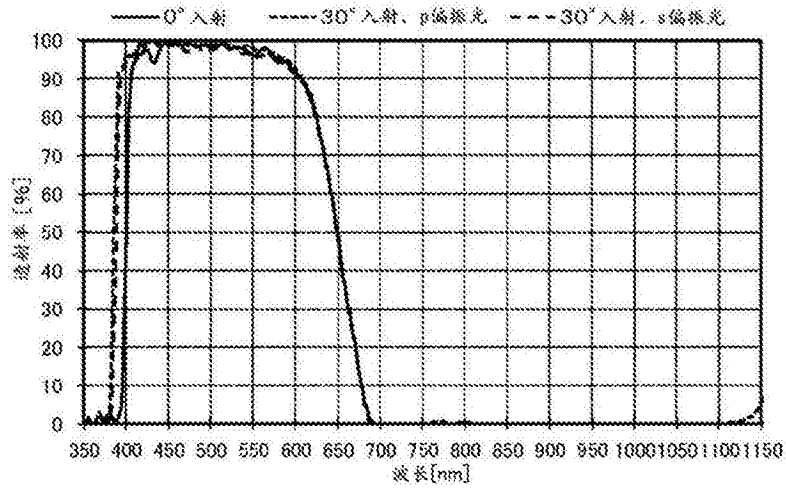


图20B

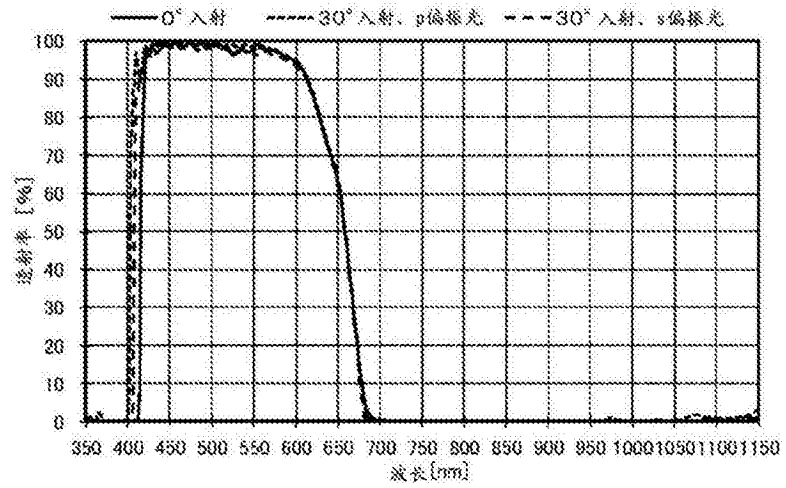


图21A

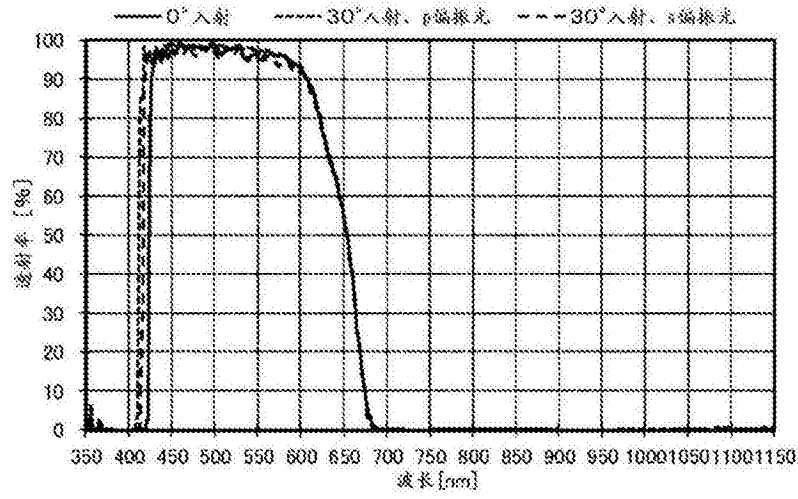


图21B

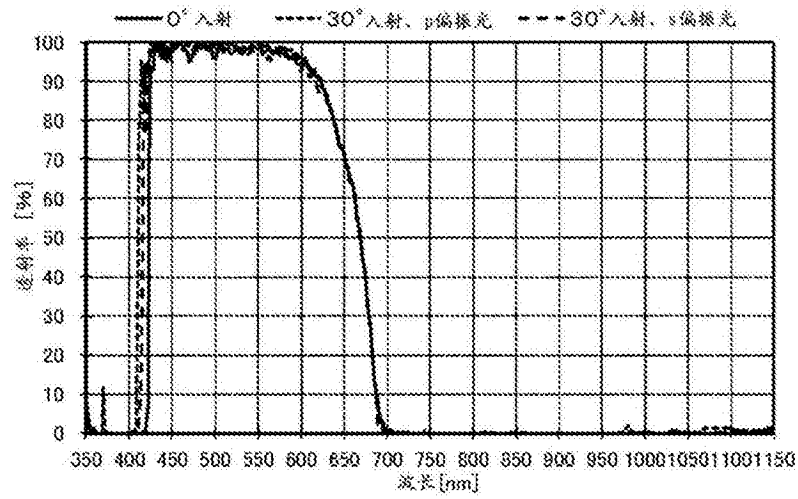


图22A

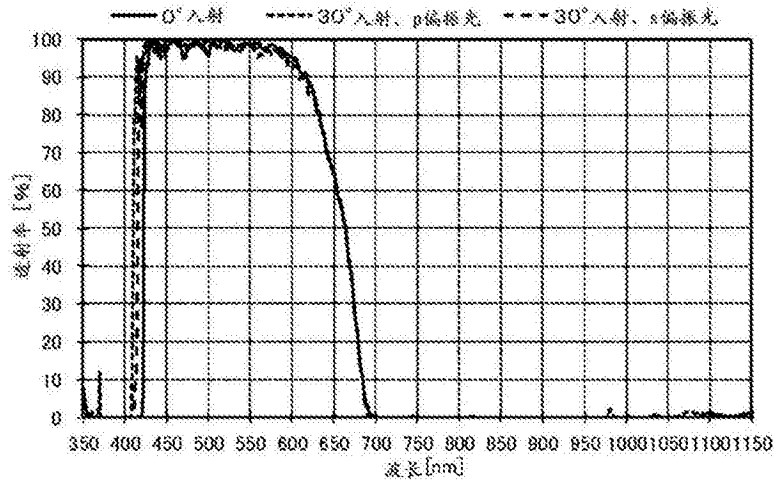


图22B

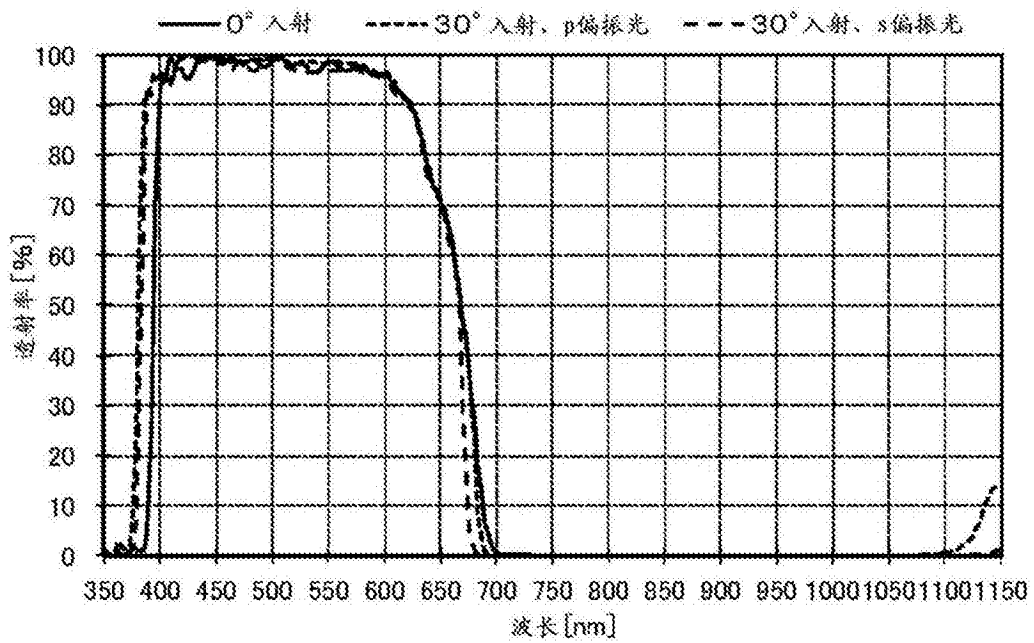


图23

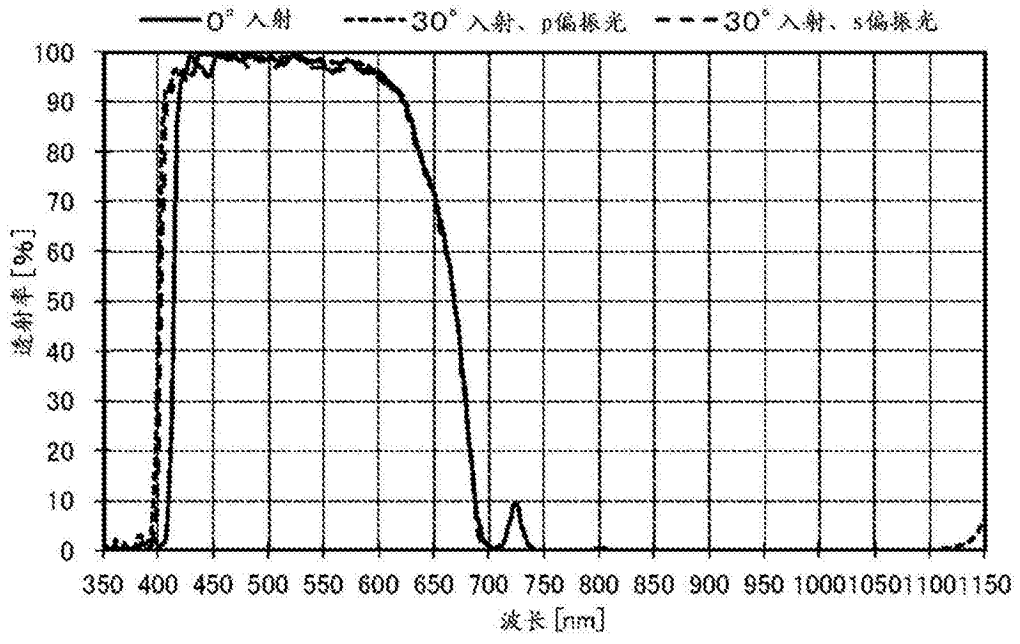


图24