



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113777686 B

(45) 授权公告日 2024.03.19

(21) 申请号 202110957918.5

(22) 申请日 2021.08.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113777686 A

(43) 申请公布日 2021.12.10

(73) 专利权人 晋中学院
地址 030619 山西省晋中市榆次区文华街
199号

(72) 发明人 赵亚丽 宋舒文 李旭峰

(74) 专利代理机构 太原晋科知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 14110
专利代理师 郑晋周

(51) Int. Cl.
G02B 5/26 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102736153 A, 2012.10.17

CN 107315212 A, 2017.11.03

CN 111290066 A, 2020.06.16

CN 111856639 A, 2020.10.30

CN 1745317 A, 2006.03.08

CN 209400726 U, 2019.09.17

CN 210015252 U, 2020.02.04

赵亚丽等.TiO₂/Ag/TiO₂低辐射薄膜光谱特
性的研究.晋中学院报.2020,第37卷(第3期),
37-40.

审查员 徐闵喃

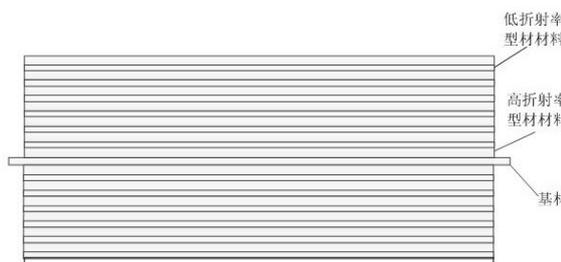
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种宽频全介质低辐射薄膜

(57) 摘要

本发明涉及一种宽频全介质低辐射薄膜,以玻璃作为基材,基材两侧设置两种不同折射率的型材材料交替层叠构成;其中,两种不同折射率型材材料为高透光的高折射率型材材料硒化锌和具有消色差作用的低折射率材料氟化锂。本发明的宽频全介质低辐射薄膜对红外高反射频段范围更大,在1000 nm处的反射率为96.6%,在1400 nm出的反射率为98.2%,在1000 nm和1400 nm中心波长处的红外反射效果拟合得更好,红外反射效果最好。



1. 一种宽频全介质低辐射薄膜,其特征在于,所述宽频全介质低辐射薄膜以玻璃作为基材,基材两侧设置两种不同折射率的型材材料交替层叠构成;其中,两种不同折射率型材材料为高透光和高折射率型材材料硒化锌和具有消色差作用的低折射率材料氟化锂,高低折射率的型材材料交替层叠的层数设置为27层,其中中间层为玻璃基材,自外向内的两端设置的型材材料为硒化锌材料,每两层硒化锌材料之间设置一层氟化锂材料,玻璃基材两侧均设置氟化锂材料,设置于玻璃基材左右两侧的不同折射率的型材材料中,设置于玻璃基材第一侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度自玻璃基底起,依次为91nm,170nm,91nm,170nm,91nm,170nm,101nm,170nm,91nm,170nm,91nm,170nm,91nm;设置于玻璃基材第二侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度为143nm,254nm,203nm,314nm,203nm,314nm,143nm,314nm,203nm,314nm,203nm,254nm,143nm。

2. 根据权利要求1所述的宽频全介质低辐射薄膜,其特征在于,玻璃基材的厚度设置为1mm。

一种宽频全介质低辐射薄膜

技术领域

[0001] 本发明涉及薄膜制造技术领域,更具体地说,涉及一种宽频全介质低辐射薄膜。

背景技术

[0002] 薄膜可分为金属膜和介质膜两大类。金属膜:高损耗,截止带宽、高反射带宽、制备简单,已应用于工农生产、天文学、宇航、军事等领域;介质膜:损耗少、低吸收、对可见光和红外线的反射具有选择性、有更多可自行设定的参数,在高反射低损耗膜及各种复杂膜系方面应用广泛。

[0003] 单层膜的功能会受到很多局限,需进行膜系叠加。通常,高反膜是利用四分之一波长周期膜系进行设计的。将膜厚为 $\lambda/4n$ (λ 为中心波长, n 为介质的折射率)的高折射率材料和低折射率材料作为多层膜的基本单元,周期性排列。且选择两种光学常数相差越大的材料,构成膜系的反射率也越高。另外,薄膜上、下表面反射光光程差满足相长干涉,反射光干涉加强。

[0004] 随人们生活水平的不断提高,对低辐射、高可见光透射比玻璃的需求格外突出。目前,低辐射玻璃主要是通过将金属或金属复合薄膜沉积在玻璃上,实现低辐射的目的。然而金属膜在很大程度上导致可见光透过率降低,如Ag膜在红外区反射率达到99%,可见区反射率也在95%左右,只有小于5%的可见光吸收率,即可见光透过率极低。为此,本论文拟设计一种非周期结构的电介质薄膜,来实现可见光高透过和红外高反射的双重目的。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,提出一种宽频全介质低辐射薄膜。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种宽频全介质低辐射薄膜,以玻璃作为基材,基材两侧设置两种不同折射率的型材材料交替层叠构成;其中,两种不同折射率型材材料为高透光的高折射率型材材料硒化锌和具有消色差作用的低折射率材料氟化锂。

[0007] 其中,高低折射率的型材材料交替层叠的层数设置为27层,中间层为玻璃基材,自外向内的两端设置的型材材料为硒化锌材料,每两层硒化锌材料之间设置一层氟化锂材料,玻璃基材两侧均设置氟化锂材料。

[0008] 其中,设置于玻璃基材左右两侧的不同折射率的型材材料中,设置于玻璃基材第一侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度自玻璃基底起,依次为91mm,170mm,91mm,170mm,91mm,170mm,101mm,170mm,91mm,170mm,91mm,170mm,91mm;设置于玻璃基材第二侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度为143mm,254mm,203mm,314mm,203mm,314mm,143mm,314mm,203mm,314mm,203mm,254mm,143mm。

[0009] 其中,玻璃基材的厚度设置为1mm。

[0010] 区别于现有技术,本发明提供了一种宽频全介质低辐射薄膜,以玻璃作为基材,基材两侧设置两种不同折射率的型材材料交替层叠构成;其中,两种不同折射率型材材料为

高透光的高折射率型材材料硒化锌和具有消色差作用的低折射率材料氟化锂。本发明的宽频全介质低辐射薄膜对红外高反射频段范围更大,在1000nm处的反射率为96.6%,在1400nm出的反射率为98.2%,在1000nm和1400nm中心波长处的红外反射效果拟合得更好,红外反射效果最好。

附图说明

[0011] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0012] 图1是本发明提供的一种全介质紫外滤光膜的结构示意图。

[0013] 图2是本发明提供的一种全介质紫外滤光膜中薄膜光学厚度测试示意图。

具体实施方式

[0014] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0015] 参阅图1,本发明提供了一种宽频全介质低辐射薄膜,以玻璃作为基材,基材两侧设置两种不同折射率的型材材料交替层叠构成;其中,两种不同折射率型材材料为高透光的高折射率型材材料硒化锌和具有消色差作用的低折射率材料氟化锂。

[0016] 其中,高低折射率的型材材料交替层叠的层数设置为13层,中间层为玻璃基材,自外向内的两端设置的型材材料为硒化锌材料,每两层硒化锌材料之间设置一层氟化锂材料,玻璃基材两侧均设置氟化锂材料。

[0017] 其中,设置于玻璃基材左右两侧的不同折射率的型材材料中,设置于玻璃基材第一侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度自玻璃基底起,依次为91mm,170mm,91mm,170mm,91mm,170mm,101mm,170mm,91mm,170mm,91mm,170mm,91mm;设置于玻璃基材第二侧的硒化锌材料和氟化锂材料的厚度为143mm,254mm,203mm,314mm,203mm,314mm,143mm,314mm,203mm,314mm,203mm,254mm,143mm。

[0018] 其中,玻璃基材的厚度设置为1mm。

[0019] 金属膜在生活中应用广泛,在一定程度上,可减少红外透过率,但自身一些物理性质也会导致可见光透过率受到很大影响。在探究不同膜系结构下反射率随波长的变化之前,应先筛选出符合本论文要求的膜层材料,即满足红外高反射率和可见光高透射率的基本要求。本发明选反射带中心波长分别为1000nm和1400nm的光波作为参照,寻找两种折射率差值较大的全介质材料,交替构成总膜层数为13层的非周期膜系,镀制在玻璃衬底上,且高折射率材料构成膜系的最外面膜层。

材料种类	性质及应用
Ge	常用的红外光学材料，导热性好，可被用作红外滤光片的基底材料。
BaF ₂	薄膜表面相对粗糙，当薄膜厚度达到一定程度时，该薄膜会在短波处产生很大的散射，会对其反射性能产生很大影响。
[0020] LiF	折射率最小的一种常用红外光学材料，是优良的消色差材料，反射损失为 4.4%
ZnSe	基本吸收限在波长 480 nm，可利用的高透明区为 600~22000 nm。
TiO ₂	高折射率，透光范围 400~12000 nm，可用于制备高反膜。
MgF ₂	透光范围 2000~7000 nm。厚度为 2.75 mm 的 MgF ₂ 是透明的，其吸收性随波长增加开始增大，10000 nm 处其透光率降到 2% 左右。

[0021] 表1 不同材料的性质及应用

[0022] 表1呈现出的是不同材料的性质，以及它们在生产生活中的应用。LiF充当红外光学材料时，其反射损失很低，仅4.4%；ZnSe的吸收限在波长480nm，即该材料在红外波段的吸收率很低。另外，两者的折射率差值较大，基本满足目标膜系对材料性质的要求。基于上述讨论，本发明选定ZnSe和LiF作为介质材料进行进一步研究。

[0023] 找到ZnSe和LiF两种膜系材料后，膜结构增强反射的作用机理的基本介绍如图2所示。某一光束从折射率为 n_2 的空气，以 φ_0 的入射角进入媒介厚度为 d 、折射率为 n_1 的薄膜时，光束2、3的光程差可以表示为：

$$[0024] \quad \Delta = n_1 \times (AB+BC) - n_2 \times AD + \lambda/2 = 2n_1d \times 1/\cos \varphi_1 - 2n_2d \times \tan \varphi_1 \times \sin \varphi_0 + \lambda/2$$

[0025] 又因为 $n_2 \times \sin \varphi_0 = n_1 \times \sin \varphi_1$ 所以 $\Delta = 2n_2d \cos \varphi_1 + \lambda/2$ ^[7]。当光束垂直入射时， $\varphi_0 = 0$ ， $\Delta = 2n_1d + \lambda/2 \cdot n_2 < n_1$ ，光束2在A点发生半波损失，故光束2和光束3发生干涉相长的条件为 $n_1d = \lambda/4 \times (2 \times k - 1)$ ， $k = 1, 2, 3, \dots$ 为使更长波长的光束也可计算，选 $k = 1$ ，则介质膜后为 $d = \lambda / (4 \times n_1)$ 。

[0026] 光自光疏介质射向光密介质时会出现半波损失，而薄膜片的厚度为四分之一波长，一个来回便为二分之一波长，加上半波损失，故回去一个波长，满足干涉相长的条件，使反射的能量增加，根据能量守恒定律，这样可减少在透射过程中的能量损失。一般情况下，两层透镜作用不明显，故需使用入射光透过产生同相位反射光的多层膜来增强反射光，且在此情形下的反射率最高可达到99%。

[0027] 通过选定反射带中心波长为1000nm和1400nm作为参照，对介质厚度改变构成的多层膜系结构性能进行研究，TFCalc软件初始环境设定参数：参考波长为1000nm或1400nm；光源为WHITE；入射角为0；入射介质为AIR；基底（玻璃）厚度为1mm；出射介质为玻璃；Detector为IDEAL；First Surface为Front，薄膜材料选ZnSe和LiF。

[0028] 此时，ZnSe的折射率为2.48(1000nm)、2.45(1400nm)，LiF的折射率为1.39(1000nm)、1.38(1400nm)；使用光程差的干涉相长条件，选定高低折射率的最初介质膜厚分别为 $d_1 = 101\text{nm}$ (1000nm)或 $d_1 = 143\text{nm}$ (1400nm)、 $d_2 = 180\text{nm}$ (1000nm)或 $d_2 = 254\text{nm}$ (1400nm)，设定 h 表示膜厚 d_1 的ZnSe， l 表示膜厚 d_2 的LiF。

[0029] ZnSe-LiF交替组成的高低折射率周期性膜系，共13层，即 $(hl)^6h$ ，反射率随波长的变化曲线呈波浪状，通过观察可知，在中心波长为1000nm时，红外高反射率最高；红外高反射带的绝对宽度为245nm、红外高反射的相对宽度为0.245；在中心波长为1400nm时，红外高反射率最高，红外高反射带的绝对宽度为464nm，相对宽度为0.331。

[0030] 表2示出了针对中心波长1000nm时调节介质膜厚度的结构情况：

	膜系结构
[0031]	$(hl)^6h(1000)$ GLASS 101, 180 101, 180 101, 180 101, 180 101, 180 101, 180 101
	S_1 GLASS 91, 170 91, 170 91, 170 101 170, 91 170, 91 170, 91
	S_2 GLASS 101, 180 91, 170 91, 170 101 170, 91 170, 91 180, 101
	S_3 GLASS 101, 180 101, 180 91, 170 101 170, 91 180, 101 180, 101
	S_7 GLASS 86, 165 86, 165 86, 165 101 165, 86 165, 86 165, 86
	S_8 GLASS 71, 150 71, 150 71, 150 101 150, 71 150, 71 150, 71
[0032]	S_9 GLASS 111, 190 111, 190 111, 190 101 190, 111 190, 111 190, 111
	S_{10} GLASS 101, 180 111, 190 111, 190 101 190, 111 190, 111 180, 101
	S_{11} GLASS 101, 180 101, 180 111, 190 101 190, 111 180, 101 180, 101
	S_{12} GLASS 121, 200 121, 200 121, 200 101 200, 121 200, 121 200, 121
	S_{13} GLASS 141, 220 141, 220 141, 220 101 220, 141 220, 141 220, 141
	S_{14} GLASS 161, 240 161, 240 161, 240 101 240, 161 240, 161 240, 161

[0033] 表2 不同膜系结构表示

[0034] 表2中不同膜系下的优化结果比较表如表3所示：

膜系结构	高反射率波带范围 (>94%)	1000nm处反射率 (%)
$(hl)^6h(1000)$	917 ~ 1162nm	99.2
S_1	1442 ~ 1956nm	55.3
S_2	1376 ~ 1840nm	64.7
S_3	919 ~ 1200nm	99.3
S_7	1353 ~ 1822	5.7
S_8	1095 ~ 1107 (>76%)	61.2
S_9	914 ~ 1267	99.7
S_{10}	930 ~ 1217	99.1
S_{11}	920 ~ 1207	99.4
S_{12}	1240 ~ 1631	33.9
S_{13}	1224 ~ 1258	56.2
S_{14}	1018 ~ 1161、1217 ~ 1434	88.2

[0036] 表3 不同膜系结构的优化结果比较

[0037] 结合TFCalc计算所得数据绘图,对比分析,可得 $(hl)^6h$ 周期膜系与 S_{12} 非周期膜系下膜厚增加20nm时,反射率随波长的变化情况,可知增加20nm的 S_{12} 非周期膜系下红外反射率的相邻最小值之间的最大差值远远优于周期膜系下的红外高反射带波长差,该非周期膜系反射率极小值较周期膜系红移。红外反射效果较于周期膜系有所提高。

[0038] 表4示出了针对中心波长1400nm时调节介质膜厚度的结构情况：

膜系结构	
[0039] $(hl)^6h(1400)$	GLASS 143, 254 143, 254 143, 254 143, 254 143, 254 143, 254 143
S_4	GLASS 133, 244 133, 244 133, 244 143 244, 133 244, 133 244, 133
S_5	GLASS 143, 254 133, 244 133, 244 143 244, 133 244, 133 254, 143
S_6	GLASS 143, 254 143, 254 133, 244 143 244, 133 254, 143 254, 143
[0040] S_{17}	GLASS 153, 264 153, 264 153, 264 143 264, 153 264, 153 264, 153
S_{18}	GLASS 143, 254 153, 264 153, 264 143 264, 153 264, 153 254, 143
S_{19}	GLASS 143, 254 143, 254 153, 264 143 264, 153 254, 143 254, 143
S_{20}	GLASS 143, 254 163, 274 163, 274 143 274, 163 274, 163 254, 143
S_{21}	GLASS 143, 254 183, 294 183, 294 143 294, 183 294, 183 254, 143
S_{22}	GLASS 143, 254 203, 314 203, 314 143 314, 203 314, 203 254, 143
S_{23}	GLASS 143, 254 213, 324 213, 324 143 324, 213 324, 213 254, 143

[0041] 表4 不同膜系结构表示

[0042] 表4中不同膜系下的优化结果比较表如表5所示:

膜系结构	高反射率波带范围 (>94%)	1400nm处反射率 (%)
$(hl)^6h(1400)$	1220 ~ 1684nm	99.8
S_4	1044 ~ 1144、1202 ~ 1488nm	98.7
S_5	1083 ~ 1261、1337 ~ 1591nm	98.3
S_6	1227 ~ 1671nm	99.8
S_{17}	1232 ~ 1669	99.8
S_{18}	1231 ~ 1722	99.8
S_{19}	1243 ~ 1689	99.7
S_{20}	1336 ~ 1850	99.3
S_{21}	1321 ~ 1833	99.5
S_{22}	1469 ~ 2002	53.1
S_{23}	1593 ~ 2099	36.6

[0044] 表5 不同膜系结构的优化结果比较

[0045] 比较得,上述增加不同数值的介质膜厚的红外高反射波长差较于周期膜系都增大了,但波长差未随着膜厚增加数值的大小的增大而逐渐增大;介质膜厚增加60nm的 S_{22} 非周期膜系,反射效果最好。

[0046] 可以看到介质膜厚增加60nm的非周期膜系 S_{22} 下,红外反射率相邻最小值之间的最大差值优于周期膜系下红外高反射带波长差,该非周期膜系反射率极小值较周期膜系红移.红外反射效果有所提高。

[0047] 现将不同中心波长的非周期膜系加镀在一起,构造一个组合膜系。

[0048] 情况1:将不同介质膜厚的非周期膜系结构 S_1 、 S_{22} 贴附于玻璃基材左右两侧,组合形成新的膜;

[0049] 情况2:将不同介质膜厚的非周期膜系结构 S_{22} 、 S_1 贴附于玻璃基材右左两侧,组合形成新的膜;

[0050] 通过分析,发现情况1的组合膜系反射率随波长变化曲线大致位于介质膜厚在原

来膜厚基础上减少10nm的 S_1 非周期膜系结构和介质膜厚增加60nm的 S_{22} 非周期膜系结构的上方。其相邻两波长极小值的最大差值增大,最大波长范围为1227~2075nm,最大波长差为848nm,红外高反射频域范围拓宽。

[0051] 通过分析,发现情况2的组合膜系反射率随波长变化曲线大致位于介质膜厚在原来膜厚基础上和介质膜厚增加60nm结构的 S_{22} 非周期膜系减少10nm的 S_1 非周期膜系结构的上方。且该组合膜系下的相邻两波长极小值的最远差值增大,最大频域范围为1455~2114nm,最大波长差为659nm,红外高反射频域范围拓宽。

[0052] 比较两叠加后的组合膜系发现,情况1组合膜的红外高反射频域范围更大,在1000nm处的反射率为96.6%,在1400nm出的反射率为98.2%;情况2的组合膜在1000nm处的反射率为78.2%,在1400nm处的反射率为97.7%。前者在1000nm和1400nm中心波长处的红外反射效果拟合得更好,红外反射效果最好。

[0053] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

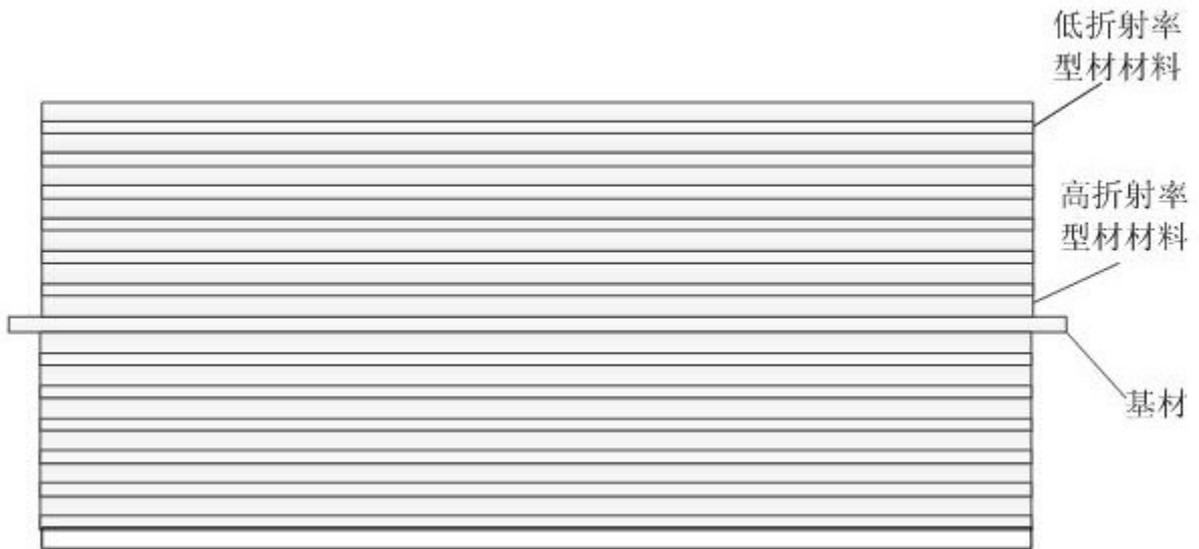


图1

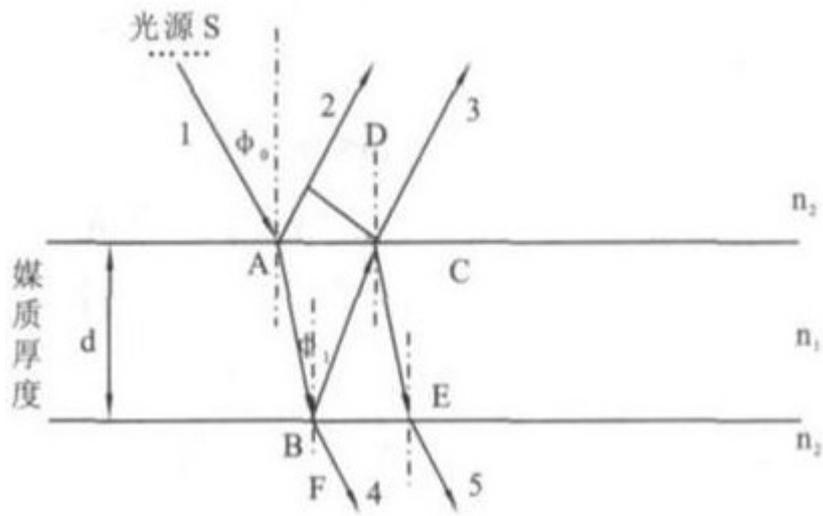


图2