(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108516699 A
(43)申请公布日 2018.09.11

(21)申请号 201810342508.8

(22)申请日 2018.04.17

(71)申请人 武汉理工大学
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路122号

(72)发明人 赵修建 李群杰

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 张秋燕

(51)Int.Cl.
C03C 17/34(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种低辐射镀膜玻璃

(57)摘要

本发明提供一种低辐射镀膜玻璃及其制备方法，所述低辐射镀膜玻璃包括玻璃基片及依次溅射于玻璃基片之上的内层介质层、功能层和外层介质层；所述内层介质层和外层介质层分别为Si_3N_4薄膜和MgF_2薄膜，功能层为ATO膜或者ATO/Ag复合膜。本发明的低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.09，可见光光透过率为76.5%～88.7%，平均透过率为82.7%，红外区(4000-400cm^{-1})的反射率为82.86%～99.41%，平均反射率为90.87%。

CN 108516699 A

1.一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于它包括玻璃基片及依次溅射于玻璃基片之上的内层介质层、功能层和外层保护层，所述内层介质层和外层保护层分别为Si_3N_4薄膜和MgF_2薄膜，功能层为ATO薄膜。

2.一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于它包括玻璃基片及依次溅射于玻璃基片之上的内层介质层、功能层和外层保护层，所述内层介质层和外层保护层分别为Si_3N_4薄膜和MgF_2薄膜，功能层由ATO薄膜与Ag薄膜组成的复合薄膜构成。

3.根据权利要求1所述的一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于所述内层介质层的膜层厚度为200～220nm，外层保护层的膜层厚度为80～100nm。

4.根据权利要求2所述的一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于所述内层介质层的膜层厚度为30～40nm，外层保护层的膜层厚度为80～100nm。

5.根据权利要求1或2所述的一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于所述ATO薄膜的Sb掺杂量为1～10at%，其膜层厚度为550～650nm；Ag薄膜的膜层厚度为8～12nm。

6.根据权利要求1所述的一种低辐射镀膜玻璃，其特征在于所述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.09～0.10，可见光光透过率为76.5%～90%，平均透过率为80～85%，红外区的反射率为82.86%～99.41%，平均反射率为88～92%。

7.权利要求1所述的低辐射镀膜玻璃的制备方法，其特征在于主要步骤如下：

1)于惰性气体氛围中在玻璃基片上溅射内层介质层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.8Pa，Si_3N_4靶的功率为100～150W左右，溅射时间为20～30min；

2)于惰性气体氛围中在内层介质层上溅射功能层，溅射条件为：真空气压为0.6～1.2Pa，ATO靶的功率均为100～150W，基底温度为180～220℃，溅射时间为10～20min；

3)在真空度0～100Pa下对功能层ATO薄膜进行400～500℃热处理，并以3～5℃/min的升温速率升温，保温为1～3h后，随炉冷却至室温；

4)于惰性气体氛围中在热处理后的ATO薄膜上溅射外层保护层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.9Pa，MgF_2靶的功率为100～150W，溅射时间为10～15min，得到低辐射镀膜玻璃。

8.权利要求2所述的低辐射镀膜玻璃的制备方法，其特征在于主要步骤如下：

1)于惰性气体氛围中在玻璃基片上溅射内层介质层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.8Pa，Si_3N_4靶的功率为100～150W左右，溅射时间为4～8min；

2)于内层介质层上面用磁控溅射法镀上Ag膜，溅射条件为：真空气压为0.7～0.9Pa，Ag靶功率均为100～150W，溅射时间为4～6s，溅射完毕使镀膜的钠钙玻璃基片隔绝空气以防掺铜银膜层被氧化；

3)于惰性气体氛围中在Ag膜上溅射功能层，溅射条件为：真空气压为0.6～1.2Pa，ATO靶的功率均为100～150W，基底温度为180～220℃，溅射时间为10～20min；

4)在真空度0～100Pa下对功能层ATO薄膜进行400～500℃热处理，并以3～5℃/min的升温速率升温，保温为1～3h后，随炉冷却至室温；

5)于惰性气体氛围中在热处理后的ATO薄膜上溅射外层保护层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.9Pa，MgF_2靶的功率为100～150W，溅射时间为10～15min，得到低辐射镀膜玻璃。

一种低辐射镀膜玻璃

技术领域

[0001] 本发明涉及镀膜玻璃技术领域，具体涉及一种低辐射镀膜玻璃及其制备方法。

背景技术

[0002] 低辐射镀膜玻璃是在玻璃表面上沉积多层膜物质，使其具有高可见光透过率和高远红外反射率，从而达到保温隔热的目的，其广泛应用于建筑及其它行业，常用来做玻璃幕墙结构、门窗、车窗等等，以减少空调能耗，达到节能环保的目的。通常我们用的低辐射镀膜玻璃是在玻璃表面沉积由金属(如Ag)薄膜或介质膜组成的组合薄膜，在保证其可见区域透射率尽可能高的条件下，尽可能减少室内外辐射能量的交换，从而达到节能效果的镀膜玻璃。

[0003] 就目前来看，国内市售的普通低辐射镀膜玻璃的光学性能较差，可见光透过率低于80％，红外反射率只有70％左右。并且，它们大多采用纯银功能层，由于银极易被氧化，使用寿命低，耐候性较差等原因使得银型低辐射玻璃难以的到广泛应用。另外，低辐射镀膜玻璃银层掺杂性能的工艺研究备受关注，但大多效果不尽如人意。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术存在的不足而提供一种新型低辐射镀膜玻璃以代替传统低辐射镀膜玻璃或对当前低辐射镀膜玻璃的缺陷进行改善并优化其性能，辐射率为0.09，可见光光透过率为76.5％～88.7％，平均透过率为82.7％，红外区(4000-400cm^{-1})反射率为82.86％～99.41％，平均反射率为90.87％。

[0005] 本发明为解决上述提出的问题所采用的技术方案为：

[0006] 一种低辐射镀膜玻璃，包括玻璃基片及依次溅射于玻璃基片之上的内层介质层、功能层和外层保护层，所述内层介质层和外层保护层分别为Si_3N_4薄膜和MgF_2薄膜，功能层为掺锑二氧化锡薄膜(缩写为ATO薄膜)。

[0007] 同时，本发明还提供一种低辐射镀膜玻璃，包括玻璃基片及依次溅射于玻璃基片之上的内层介质层、功能层和外层保护层，所述内层介质层和外层保护层分别为Si_3N_4薄膜和MgF_2薄膜；功能层为Ag/ATO复合薄膜。

[0008] 按上述方案，当功能层为ATO薄膜，所述内层介质层的膜层厚度为200～220nm；当功能层为Ag/ATO复合薄膜时，所述内层介质层的膜层厚度为30～40nm；外层保护层的膜层厚度均为80～100nm。其中，内层介质层的作用在于增强功能膜与玻璃基底的附着力，同时可调节膜系的光学性能和颜色；外层介质层的作用为保护功能层，防止其被氧化，亦是减反膜，在可见光和近红外太阳能光谱中起减反作用，以提高波长范围内的太阳能透射比，提高膜系物理化学性能。

[0009] 按上述方案，所述掺锑二氧化锡薄膜的Sb掺杂量为1～10at％，其膜层厚度为550～650nm左右；Ag薄膜的膜层厚度为8～12nm。功能层的作用为产生低辐射效果。

[0010] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，主要步骤如下：

[0011] 1)于惰性气体氛围中在玻璃基片上溅射内层介质层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.8Pa，Si_3N_4靶的功率为100～150W左右，溅射时间为20～30min；

[0012] 2)于惰性气体氛围中在内层介质层上溅射功能层，溅射条件为：真空气压为0.6～1.0Pa，ATO靶的功率均为100～150W，基底温度为180～220℃，溅射时间为10～20min；

[0013] 3)在真空度0～100Pa下对功能层ATO薄膜进行400～500℃热处理，并以3～5℃/min的升温速率升温，保温为1～3h后，随炉冷却至室温；

[0014] 4)于惰性气体氛围中在热处理后的ATO薄膜上溅射外层保护层，溅射条件为：真空气压为0.5～0.9Pa，MgF_2靶的功率为100～150W，溅射时间为10～15min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0015] 其中，步骤2)和步骤3)之间还包括溅射功能层Ag薄膜的过程，溅射条件为：真空气压为0.7～0.9Pa，Ag靶功率均为100～150W，溅射时间为4～6s，溅射完毕使镀膜的钠钙玻璃基片隔绝空气以防掺铜银膜层被氧化。

[0016] 按上述方案，所述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.09，可见光光透过率为76.5%～88.7%，平均透过率为82.7%，红外区(4000-400cm^{-1})反射率为82.86%～99.41%，平均反射率为90.87%。

[0017] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0018] 首先，本发明采用Si_3N_4薄膜做缓冲介质层和MgF_2薄膜做保护层应用于低辐射膜系，ATO薄膜作为功能层，在降低镀膜玻璃辐射率的同时提高其光透射率和远红外反射率。本发明的低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.09，可见光光透过率为76.5%～88.7%，平均透过率为82.7%，红外区(4000-400cm^{-1})反射率为82.86%～99.41%，平均反射率为90.87%，而现有的市售单银型低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.1左右，光透过率最高达到约70%，远红外反射率只有70%左右。

[0019] 第二，本发明提供一种新型低辐射膜系，比传统的以SiO_2、ZnO、SnO_2作为介质层和保护层的$MO_x/Ag/MO_x$单银膜系更具有更高的可见光区透过率，高的红外区域反射率，低的辐射率。此外，本发明采用射频磁控溅射镀膜法在玻璃基片上制备薄膜，膜基结合力较强，使用寿命较长，膜的均匀性较好且性能较稳定。

附图说明

[0020] 图1为本发明实施例1所制备的低辐射镀膜玻璃的结构示意图；

[0021] 图2为本发明对比例1所制备的低辐射镀膜玻璃的结构示意图；

[0022] 图3为本发明对比例2所制备的低辐射镀膜玻璃的结构示意图；

[0023] 图4为本发明实施例2所制备的低辐射镀膜玻璃的结构示意图；

[0024] 图5为本发明对比例3所制备的低辐射镀膜玻璃的结构示意图；

[0025] 其中：4-玻璃基片；3-内层介质层Si_3N_4薄膜；2-功能层(ATO薄膜)；1-外层保护层(MgF_2薄膜)；5-功能层(Ag)；6-SiO_2薄膜。

[0026] 图6为本发明实施例1和实施例2的红外反射率的对比图；

[0027] 图7为本发明实施例1和实施例2的可见光透过率的对比图。

具体实施方式

[0028] 以下通过具体实施例结合附图对本发明的具体实施过程进行叙述，但实施例的内容并不限制本发明的保护范围。

[0029] 薄膜的制备方法主要有磁控溅射法、溶胶凝胶法、脉冲激光沉积法和喷雾热分解法等，但磁控溅射法以工艺参数可控性强，成膜质量好，沉积面积大、速率快使其成为最为常用的方法。而ATO薄膜和相关低辐射膜系薄膜的制备方法都是采用磁控溅射法制备的。

[0030] 实施例1

[0031] 一种低辐射镀膜玻璃，其结构如图1所示，包括钠钙玻璃基片及依次溅射于钠钙玻璃基片之上的内层Si_3N_4薄膜层、ATO膜层和外层MgF_2薄膜层；其中钠钙玻璃基片厚度为1mm；内层Si_3N_4薄膜层和外层MgF_2薄膜层的膜层厚度分别为210nm和90nm；ATO薄膜层的膜层厚度为620nm，Sb掺杂量为5at％。

[0032] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，采用射频磁控溅射技术，具体步骤包括：

[0033] (1)玻璃基片用水清洗后，先后进行乙醇、丙酮、蒸馏水超声，且各超声15min左右，最后至于装有乙醇的大烧杯中浸泡，并置于阴凉地方，备用；

[0034] (2)将钠钙玻璃基片放入射频磁控溅射镀膜机真空室内可随转台转动的样品托架上，并按下旋转按钮使其匀速转速，以纯度为99.99％的氩气为离化气体，在钠钙玻璃基片上溅射内层Si_3N_4薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.6Pa，Si_3N_4靶的功率为100W左右，溅射时间为24min；

[0035] (3)于氩气氛围中在内层Si_3N_4薄膜层上溅射ATO薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，ATO靶的功率均为100W，基底温度为200℃，溅射时间为14min；

[0036] (4)上述所镀的ATO薄膜于真空度为100Pa下进行热处理，即以3℃/min的速度升温到400～450℃，并保温2h后自然冷却到室温；

[0037] (5)于氩气氛围中在热处理后的ATO薄膜层上溅射外层MgF_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.7Pa，MgF_2靶的功率为100W，溅射时间为12min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0038] 该实施例所得低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.09，可见光光透过率为76.5％～88.7％，平均透过率为82.7％，红外区(4000-400cm^{-1})反射率为82.86％～99.41％，平均反射率为90.87％。

[0039] 对比例1

[0040] 本实施例的低辐射镀膜玻璃的结构与图1相同，如图2所示，与图1的区别点在于：在内层介质层与保护层都为市场上常见的SiO_2薄膜，且功能层为Ag膜。其中，Ag薄膜厚度为10nm，内层介质层与保护层的SiO_2薄膜的膜层厚度分别为60nm和88nm。

[0041] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，采用射频磁控溅射技术，具体步骤包括：

[0042] (1)玻璃基片用水清洗后，先后进行乙醇、丙酮、蒸馏水超声，且各超声15min左右，最后至于装有乙醇的大烧杯中浸泡，并置于阴凉地方，备用；

[0043] (2)将钠钙玻璃基片放入射频磁控溅射镀膜机真空室内可随转台转动的样品托架上，并按下旋转按钮使其匀速转速，以纯度为99.99％的氩气为离化气体，在钠钙玻璃基片上溅射内层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.5Pa，SiO_2靶的功率为200W左右，溅射时间为15min；

[0044] (3)于氩气氛围中在内层SiO_2薄膜层上溅射银膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，Ag靶功率均为100W，溅射时间为5s，溅射完毕使镀膜的钠钙玻璃基片隔绝空气以防

掺铜银膜层被氧化；

[0045] (4)于氩气氛围中在Ag薄膜层上溅射外层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.7Pa，SiO_2靶的功率为200W，溅射时间为22min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0046] 上述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.126，可见光光透过率为55.57％～82.53％，平均透过率为72.13％，红外区(4000-400cm^{-1})平均反射率为87.27％。

[0047] 对比例2

[0048] 本实施例的低辐射镀膜玻璃的结构与图2相比，如图3所示，与图2的区别点在于：用ATO薄膜代替Ag膜做功能层，看ATO是否具有代替传统Ag的可能性。其中，ATO薄膜厚度为620nm，内层介质层与功能层的SiO_2薄膜的膜层厚度分别为435nm和85nm。

[0049] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，采用射频磁控溅射技术，具体步骤包括：

[0050] (1)玻璃基片用水清洗后，先后进行乙醇、丙酮、蒸馏水超声，且各超声15min左右，最后至于装有乙醇的大烧杯中浸泡，并置于阴凉地方，备用；

[0051] (2)将钠钙玻璃基片放入射频磁控溅射镀膜机真空室内可随转台转动的样品托架上，并按下旋转按钮使其匀速转速，以纯度为99.99％的氩气为离化气体，在钠钙玻璃基片上溅射内层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.5Pa，SiO_2靶的功率为200W左右，溅射时间为109min；

[0052] (3)于氩气氛围中在SiO_2薄膜层上溅射ATO薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，ATO靶的功率均为100W，基底温度为200℃，溅射时间为14min；

[0053] (4)上述所镀的ATO薄膜于真空度为100Pa下进行热处理，即以3℃/min的速度升温到450℃，并保温2h后自然冷却到室温；

[0054] (5)于氩气氛围中在Ag薄膜层上溅射外层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.5Pa，SiO_2靶的功率为200W，溅射时间为21min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0055] 上述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.14，可见光光透过率为73.78％～86.96％，平均透过率为80.69％，红外区(4000-400cm^{-1})平均反射率为88.72％。

[0056] 实施例2

[0057] 本实施例的低辐射镀膜玻璃的结构与图1相似，如图4所示，与图1的区别点在于：在内层介质层与功能层之间添加了一层Ag薄膜层，看ATO是否具有代替传统Ag的可能性。其中，Ag薄膜厚度为10nm，内层Si_3N_4薄膜层和外层MgF_2薄膜层的膜层厚度分别为36nm和90nm；ATO薄膜层的膜层厚度为585nm，Sb掺杂量为5at％。

[0058] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，采用射频磁控溅射技术，具体步骤包括：

[0059] (1)玻璃基片用水清洗后，先后进行乙醇、丙酮、蒸馏水超声，且各超声15min左右，最后至于装有乙醇的大烧杯中浸泡，并置于阴凉地方，备用；

[0060] (2)将钠钙玻璃基片放入射频磁控溅射镀膜机真空室内可随转台转动的样品托架上，并按下旋转按钮使其匀速转速，以纯度为99.99％的氩气为离化气体，在钠钙玻璃基片上溅射内层Si_3N_4薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.6Pa，Si_3N_4靶的功率为100W左右，溅射时间为4min；

[0061] (3)于氩气氛围中在内层Si_3N_4薄膜层上溅射银膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，Ag靶功率均为100W，溅射时间为5s，溅射完毕使镀膜的钠钙玻璃基片隔绝空气以防掺铜银膜层被氧化；

[0062] (4)于氩气氛围中在内层Si_3N_4薄膜层上溅射ATO薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，ATO靶的功率均为100W，基底温度为200℃，溅射时间为14min；

[0063] (5)上述所镀的ATO薄膜于氮气保护下进行热处理，即以3℃/min的速度升温到450℃，并保温2h后自然冷却到室温；

[0064] (6)于氩气氛围中在热处理后的ATO薄膜层上溅射外层MgF_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.7Pa，MgF_2靶的功率为100W，溅射时间为12min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0065] 上述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.133，可见光光透过率为69.39％～81.43％，平均透过率为75.4％，红外区(4000-400cm^{-1})平均反射率为86.72％。

[0066] 对比例3

[0067] 本实施例的低辐射镀膜玻璃的结构与图4相比，如图5所示，与图4的区别点在于：在内层介质层与保护层都为市场上常见的SiO_2薄膜。其中，Ag薄膜厚度为10nm，ATO薄膜厚度为585nm，内层介质层与功能层的SiO_2薄膜的膜层厚度分别为170nm和120nm。

[0068] 上述低辐射镀膜玻璃的制备方法，采用射频磁控溅射技术，具体步骤包括：

[0069] (1)玻璃基片用水清洗后，先后进行乙醇、丙酮、蒸馏水超声，且各超声15min左右，最后至于装有乙醇的大烧杯中浸泡，并置于阴凉地方，备用；

[0070] (2)将钠钙玻璃基片放入射频磁控溅射镀膜机真空室内可随转台转动的样品托架上，并按下旋转按钮使其匀速转速，以纯度为99.99％的氩气为离化气体，在钠钙玻璃基片上溅射内层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.5Pa，SiO_2靶的功率为200W左右，溅射时间为43min；

[0071] (3)于氩气氛围中在内层SiO_2薄膜层上溅射银膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，Ag靶功率均为100W，溅射时间为5s，溅射完毕使镀膜的钠钙玻璃基片隔绝空气以防银膜层被氧化；

[0072] (4)于氩气氛围中在Ag薄膜层上溅射ATO薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，ATO靶的功率均为100W，基底温度为200℃，溅射时间为1min；

[0073] (5)上述所镀的ATO薄膜于氮气保护下进行热处理，即以3℃/min的速度升温到450℃，并保温2h后自然冷却到室温；

[0074] (6)于氩气氛围中在ATO薄膜层上溅射外层SiO_2薄膜层，溅射条件为：真空气压为0.8Pa，SiO_2靶的功率为200W，溅射时间为29min，得到低辐射镀膜玻璃。

[0075] 上述低辐射镀膜玻璃的辐射率为0.115，可见光光透过率为50.25％～82.96％，平均透过率为65.43％，红外区(4000-400cm^{-1})平均反射率为89.13％。

[0076] (说明：1.上述所有实验中的薄膜厚度都是根据TFC光学模拟软件模拟出相应膜系在最佳可见光区(380-780nm)透过率时的最佳薄膜厚度，故在两膜系比较过程中，不存在因两膜系中其介质层和保护层，亦或者功能层厚度不同，而无法比较的问题。因为其性能比较都是在可见光区(380-780nm)透过率最佳的情况下比较的。2.此外，因溅射仪的靶材与基板之间的间距只有6cm，使得基片上易出现彩色光圈，故膜系薄膜的厚度存在一定的误差。)

[0077] 实施例1与对比例1和2可知，Si_3N_4/ATO/MgF_2膜系比SiO_2/ATO/SiO_2和SiO_2/Ag/SiO_2膜系更适合用于低辐射膜系，更能提高低辐射膜系的辐射率和透过率。

[0078] 实施例2与对比例1、2和3可知，ATO薄膜相对Ag膜具有更高可见光透过率、较好的浅色透明性和高红外反射率，使得ATO薄膜能代替Ag膜做新一代的低辐射镀膜玻璃的保护

层;Ag/ATO复合薄膜做功能层,比单层银膜做功能层,其具有更高的红外反射率和低辐射率,故而Ag/ATO复合薄膜能代替Ag膜做新一代的低辐射镀膜玻璃的保护层;并且以Si_3N_4/Ag/ATO/MgF_2膜系中Si_3N_4和MgF_2做介质层和保护层比SiO_2/Ag/ATO/SiO_2膜系中氧化物M O_x系列做介质层和保护层更为适合低辐射膜系,使其能够成为新的低辐射膜系。

[0079] 故而以Si_3N_4和MgF_2分别做介质层和保护层,以ATO薄膜或Ag/ATO复合薄膜做功能层的低辐射膜系玻璃和以氧化物M O_x系列做介质层和保护层,Ag膜做功能层的单银型低辐射膜系玻璃做对比。前者的性能更为优越,且再以Si_3N_4和MgF_2分别做介质层和保护层的前提下,ATO薄膜能完全或者部分代替Ag膜做功能层,成为性能更好的低辐射玻璃。

[0080] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明创造构思的前提下,还可以做出若干改进和变换,这些都属于本发明的保护范围。

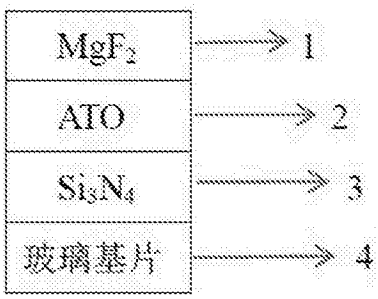

MgF_2
1
ATO
2
Si_3N_4
3
玻璃基片
4

图1

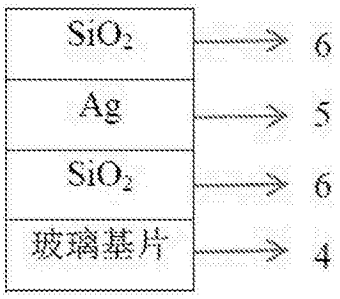

SiO_2
6
Ag
5
SiO_2
6
玻璃基片
4

图2

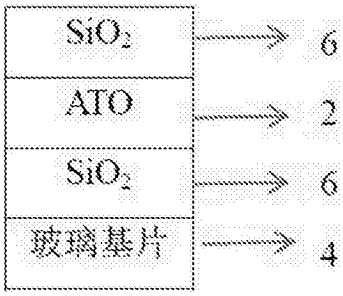

SiO_2
6
ATO
2
SiO_2
6
玻璃基片
4

图3

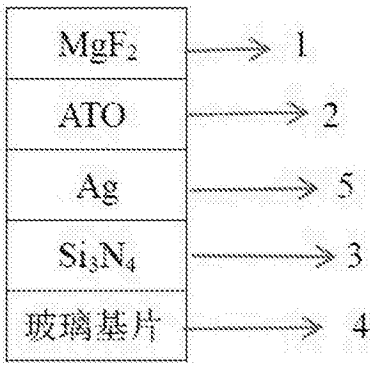

MgF_2
1
ATO
2
Ag
5
Si_3N_4
3
玻璃基片
4

图4

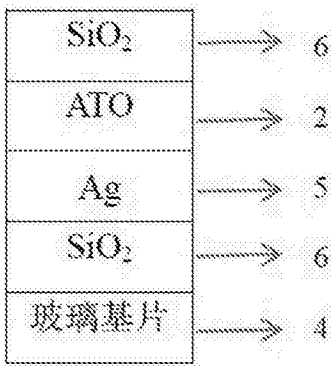

SiO2
6
ATO
2
Ag
5
SiO2
6
玻璃基片
4

图5

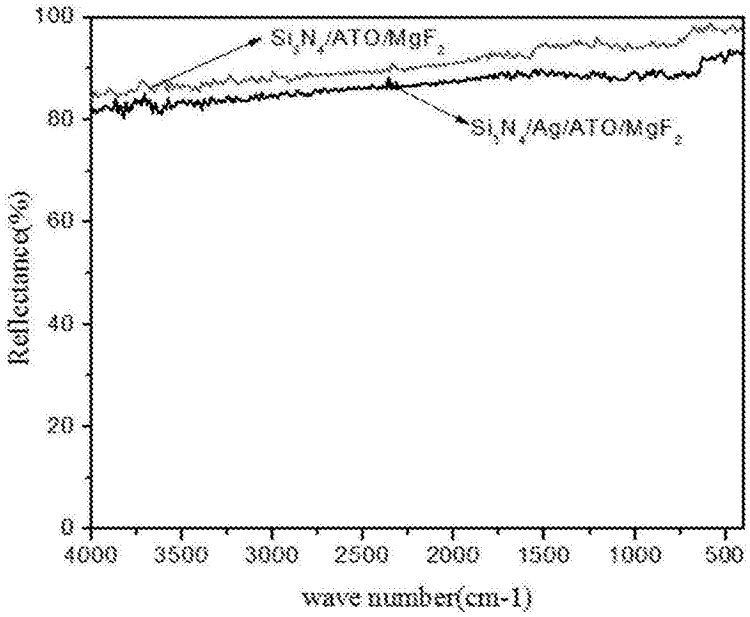

Si3N4/ATO/MgF2
Si3N4/Ag/ATO/MgF2
Reflectance(%)
wave number(cm-1)
100
80
60
40
20
0
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500

图6

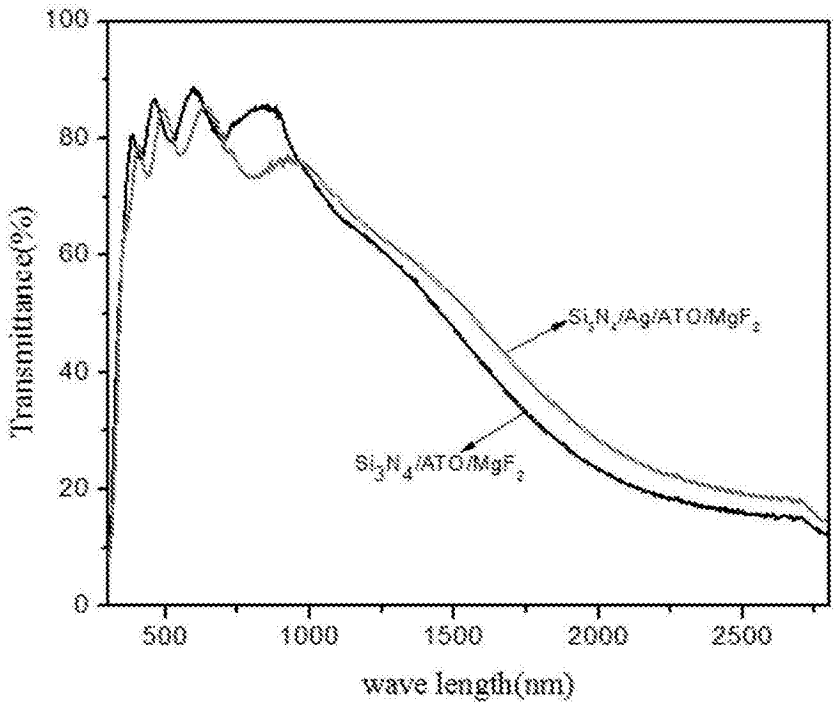

100
80
60
40
20
0
Transmittance(%)
500
1000
1500
2000
2500
wave length(nm)
Si3N4/Ag/ATO/MgF2
Si3N4/ATO/MgF2

图7