

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C03C 17/36 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680045453.X

[43] 公开日 2008 年 12 月 10 日

[11] 公开号 CN 101321704A

[22] 申请日 2006.10.10

[21] 申请号 200680045453.X

[30] 优先权

[32] 2005.10.11 [33] US [31] 60/725,891

[32] 2006.2.23 [33] US [31] 11/360,266

[32] 2006.4.5 [33] US [31] 11/398,345

[86] 国际申请 PCT/US2006/039670 2006.10.10

[87] 国际公布 WO2007/044781 英 2007.4.19

[85] 进入国家阶段日期 2008.6.3

[71] 申请人 卡迪奈尔镀膜玻璃公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 K·哈蒂格

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 苗 征 于 辉

权利要求书 6 页 说明书 25 页 附图 6 页

[54] 发明名称

多腔低辐射涂层

[57] 摘要

本发明提供了多腔低辐射涂层。该涂层包括三个红外反射膜区域，这三个红外反射膜区域可以均包含银。

1、具有两个通常为相对的主表面的透明基底，其中在所述主表面中所希望的一个上设置有多腔低辐射涂层，从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含：

- a)第一透明介电膜区域；
- b)第一红外反射膜区域；
- c)第二透明介电膜区域；
- d)第二红外反射膜区域；
- e)第三透明介电膜区域；
- f)第三红外反射膜区域；
- g)第四透明介电膜区域；

其中，所述涂层的金属/介电质比至少为 0.22，所述金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度。

2、权利要求 1 的透明基底，其中所述金属/介电质比至少为 0.25。

3、权利要求 2 的透明基底，其中所述金属/介电质比至少为 0.27。

4、权利要求 1 的透明基底，其中所述三个红外反射膜区域的组合厚度大于 470 埃。

5、权利要求 4 的透明基底，其中所述透明基底为包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元的一部分，其中所述隔热玻璃单元具有至少一个玻璃间空间，所述所希望的主表面暴露于隔热玻璃单元的玻璃间空间，所述隔热玻璃单元的可见光透射率为 0.65 或更大。

6、权利要求 5 的透明基底，其中所述可见光透射率为 0.66 或更大。

7、权利要求 4 的透明基底，其中所述透明基底为包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元的一部分，其中所述隔热玻璃单元具有至少一个玻璃间空间，所述所希望的主表面暴露于该隔热玻璃单元的玻璃间空间，所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间，且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。

8、权利要求 1 的透明基底，其中所述透明基底为包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元的一部分，其中所述隔热玻璃单元具有至少一个玻璃间空间，所述所希望的主表面暴露于所述隔热玻璃单元的玻璃间空间，所述隔热玻璃单元的日照得热量系数小于 0.29。

9、权利要求 8 的透明基底，其中所述日照得热量系数小于 0.28。

10、权利要求 9 的透明基底，其中所述日照得热量系数为 0.27 或更小。

11、权利要求 8 的透明基底，其中所述隔热玻璃单元的可见光透射率为 0.65 或更大。

12、权利要求 11 的透明基底，其中所述可见光透射率为 0.66 或更大。

13、权利要求 8 的透明基底，其中所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间，且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。

14、权利要求 13 的透明基底，其中所述日照得热量系数为 0.27 或更小。

15、具有两个通常为相对的主表面的透明基底，其中在主表面中所希望的一个上设置有多腔低辐射涂层，从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含：

a)第一透明介电膜区域；

- b)第一红外反射膜区域;
- c)第二透明介电膜区域;
- d)第二红外反射膜区域;
- e)第三透明介电膜区域;
- f)第三红外反射膜区域;
- g)第四透明介电膜区域;

其中所述涂层的金属/介电质比至少为 0.25, 所述金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度, 其中所述透明基底为包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元的一部分, 其中所述隔热玻璃单元具有至少一个玻璃间空间, 所述所希望的主表面暴露于所述隔热玻璃单元的玻璃间空间, 所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间, 且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。

16、权利要求 15 的透明基底, 其中所述三个红外反射膜区域的组合厚度大于 470 埃。

17、权利要求 16 的透明基底, 其中所述隔热玻璃单元的可见光透射率为 0.65 或更大。

18、权利要求 17 的透明基底, 其中所述可见光透射率为 0.66 或更大。

19、权利要求 15 的透明基底, 其中所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为 a_h 颜色坐标在约+1 至约-1 之间, 且 b_h 颜色坐标在约-0.5 至约-2.5 之间。

20、权利要求 17 的透明基底, 其中所述三个红外反射膜区域的组合厚度大于 485 埃。

21、具有两个通常为相对的主表面的透明基底, 其中在主表面中所希

望的一个上设置有多腔低辐射涂层，从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含：

- a)第一透明介电膜区域；
- b)第一红外反射膜区域；
- c)第二透明介电膜区域；
- d)第二红外反射膜区域；
- e)第三透明介电膜区域；
- f)第三红外反射膜区域；
- g)第四透明介电膜区域；

其中所述涂层的金属/介电质比至少为 0.25，金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度，其中所述透明基底为包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元的一部分，其中所述隔热玻璃单元具有至少一个玻璃间空间，所述所希望的主表面暴露于所述隔热玻璃单元的玻璃间空间，所述隔热玻璃单元的可见光透射率为 0.65 或更大。

22、权利要求 21 的透明基底，其中所述三个红外反射膜区域的组合厚度大于 470 埃，第三红外反射膜区域的厚度大于第二红外反射膜区域的厚度，且第二红外反射膜区域的厚度大于第一红外反射膜区域的厚度。

23、权利要求 22 的透明基底，其中所述三个红外反射膜区域的组合厚度大于 485 埃。

24、权利要求 23 的透明基底，其中所述可见光透射率为 0.66 或更大。

25、权利要求 23 的透明基底，其中所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间，且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。

26、权利要求 21 的透明基底，其中所述涂层的基层/外层比大于约 0.45，

基层/外层比定义为第一和第四透明介电膜区域的组合厚度除以第二和第三透明介电膜区域的组合厚度。

27、权利要求 26 的透明基底，其中所述基层/外层比大于约 0.475。

28、具有两个通常为相对的主表面的玻璃板，其中在主表面中所希望的一个上设置有多腔低辐射涂层，从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含：

- a)第一透明介电膜区域；
- b)包含银的第一层；
- c)第二透明介电膜区域；
- d)包含银的第二层；
- e)第三透明介电膜区域；
- f)包含银的第三层；
- g)第四透明介电膜区域；

其中所述涂层的金属/介电质比至少为 0.22，金属/介电质比定义为包含银的第一、第二和第三层的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度，其中所述玻璃板为包括其它玻璃板的多板隔热玻璃单元的一部分，其中所述所希望的主表面暴露于所述隔热玻璃单元的玻璃间空间，所述隔热玻璃单元的外部反射颜色的特征为色度值小于约 1.82。

29、权利要求 28 的玻璃板，其中所述金属/介电质比至少为 0.25。

30、权利要求 28 的玻璃板，其中所述包含银的第一、第二和第三层的厚度均在约 75 埃到约 275 埃之间。

31、权利要求 28 的玻璃板，其中所述包含银的第一、第二和第三层的厚度均在约 100 埃到约 250 埃之间。

32、权利要求 28 的玻璃板，其中所述第一、第二、第三和第四透明介

电膜区域的总物理厚度均在约 50 埃到约 900 埃之间。

33、权利要求 30 的玻璃板，其中所述第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的总物理厚度均在约 100 埃到约 800 埃之间。

34、权利要求 28 的玻璃板，其中所述涂层仅有两个空腔，包括在包含银的所述第一和第二层之间的第一空腔和在包含银的所述第二和第三层之间的第二空腔，其中所述两个空腔的厚度均在约 300 埃到约 850 埃之间。

35、权利要求 28 的玻璃板，其中所述涂层仅有两个空腔，包括在包含银的所述第一和第二层之间的第一空腔和在包含银的所述第二和第三层之间的第二空腔，其中所述两个空腔的厚度均在约 400 埃到约 750 埃之间。

多腔低辐射涂层

相关申请的交叉参考

本申请要求 2006 年 2 月 23 日提交的美国实用新型申请 No. 11/360,266(“’266 申请”)、2006 年 4 月 5 日提交的美国专利申请 No. 11/398,345 及 2005 年 10 月 11 日提交的美国临时申请 No. 60/725,891 的优先权,它们的全部内容并入本申请中作为参考。本申请是所述’266 申请的部分继续申请。

技术领域

本发明涉及用于玻璃和其它基底的薄膜涂层。特别的,本发明涉及对红外辐射的反射特别强的低辐射涂层。还提供了沉积薄膜涂层的方法和设备。

背景技术

低辐射涂层在本领域中是公知的。通常,它们包括一层或两层红外反射膜和两层或更多层透明介电膜。一般为导电金属(如银、金或铜)的红外反射膜通过涂层减小了热传递。介电膜用于抗红外反射膜的反射,并用于控制涂层的其它性能和特性,例如颜色和耐久性。其中通常使用的介电材料包括锌、锡、铟、铋和钛的氧化物。

大多数可商购的低辐射涂层具有一个或两个银层,各银层夹在两个透明介电膜的涂层之间。在低辐射涂层中增加银膜的数量可以增大其红外反射。然而,这也会降低涂层的可见光透射,和/或负面地影响涂层的颜色,和/或降低涂层的耐久性。或许由于这些原因,具有三个银层的低辐射涂层过去没有占据较大市场。

提供包括三个可辐射涂层,并具有理想涂层性能和特性的低辐射涂层是理想的。

发明概述

在某些实施方案中，本发明提供了具有通常为相对的主表面的透明基底，在所述主表面中的所希望的一个(desired one of the major surfaces)上具有多腔低辐射涂层(multiple cavity low-emissivity coating)。从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含，第一透明介电膜区域、第一红外反射膜区域、第二透明介电膜区域、第二红外反射膜区域、第三透明介电膜区域、第三红外反射膜区域及第四透明介电膜区域。在本发明的实施方案中，该涂层的金属/介电质比至少为 0.22。金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度。

本发明的一些实施方案提供了具有通常为相对的主表面的透明基底，在所述主表面中的所希望的一个上具有多腔低辐射涂层。从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含，第一透明介电膜区域、第一红外反射膜区域、第二透明介电膜区域、第二红外反射膜区域、第三透明介电膜区域、第三红外反射膜区域及第四透明介电膜区域。在本发明的实施方案中，该涂层的金属/介电质比优选至少为 0.25。金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度。优选地，所述透明基底是包括其它玻璃的多板隔热玻璃单元(multiple-pane insulating glazing unit)的一部分，该单元具有至少一个玻璃间空间，并且所述所希望的主表面暴露于该单位的玻璃间空间。在本发明的实施方案中，隔热玻璃单元的外部反射颜色特征优选为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间，且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。

本发明的某些实施方案提供了具有通常为相对的主表面的透明基底，在所述主表面中的所希望的一个上具有多腔低辐射涂层。从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含，第一透明介电膜区域、第一红外反射膜区域、第二透明介电膜区域、第二红外反射膜区域、第三透明介电膜区域、第三红外反射膜区域及第四透明介电膜区域。在本发明的实施方案中，该涂层的金属/介电质比优选至少为 0.25。金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度。优选地，所述透明基底是包括其它玻璃的多板隔热玻璃

单元的一部分，该单元具有至少一个玻璃间空间，并且所述所希望的主表面暴露于该单元的玻璃间空间。在本发明的实施方案中，隔热玻璃单元的可见光透射率为 0.65 或更大。

在某些实施方案中，本发明提供了具有通常为相对的主表面的玻璃板，在所述主表面中的所希望的一个上具有多腔低辐射涂层。从所述所希望的主表面向外，该涂层依次包含，第一透明介电膜区域、第一红外反射膜区域、第二透明介电膜区域、第二红外反射膜区域、第三透明介电膜区域、第三红外反射膜区域及第四透明介电膜区域。在本发明的实施方案中，该涂层的金属/介电质比至少为 0.22。金属/介电质比定义为第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度除以第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的组合厚度。优选地，所述玻璃板是包括其它玻璃板的多板隔热玻璃单元的一部分，该单元具有至少一个玻璃间空间，并且所述所希望的主表面暴露于该单元的玻璃间空间。在本发明的实施方案中，隔热玻璃单元的外部反射颜色特征优选为色度值(chroma magnitude number)小于约 1.82。在一些本发明的实施方案中，金属/介电质比至少为 0.25。任选地，包含银的第一、第二和第三层的厚度均在约 75 埃到约 275 埃之间。另外地或可选地，第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的各总物理厚度任选地在约 100 埃到 800 埃之间。在一些情况中，包含银的第一、第二和第三层的厚度均在约 100 埃到约 250 埃之间。另外地或可选地，第一、第二、第三和第四透明介电膜区域的各总物理厚度任选地在约 50 埃到 900 埃之间。在本发明的一些实施方案中，该涂层仅有两个空腔，包括在包含银的第一和第二层之间的第一空腔和在包含银的第二和第三层之间的第二空腔，这两个空腔的每个任选地具有约 300 埃到约 850 埃的厚度，或者可能在约 400 埃到 750 埃之间。

附图说明

图 1 的曲线图显示了可商购的双层银低辐射涂层的光谱性能。

图 2 的曲线图显示了根据本发明的某些实施方案的高红外反射涂层的光谱性能。

图 3 的曲线图比较了根据本发明的某些实施方案的高红外反射涂层与可商购的双层银低辐射涂层的光谱性能。

图 4 为具有根据本发明的某些实施方案的高红外反射涂层的基底的截面侧视图的示意图。

图 5 为具有根据本发明的某些实施方案的高红外反射涂层的多板隔热玻璃单元的部分剖开截面侧视图的示意图。

图 6 为根据本发明的某些实施方案中使用的涂布机的截面侧视图的示意图。

具体实施方案

下面参考附图进行详细描述，其中，不同附图中的相同元件具有相同的标记数字。附图不需要标度，描述了选择的实施方案，并且不限制本发明的范围。本领域技术人员可以知道，给出的实例具有很多可用的替代方式，但都落入本发明的范围内。

单层和双层银的低辐射涂层在本领域中已知多年。单层银低辐射涂层提供了有利的红外反射，通常大约为 97%。双层银的低辐射涂层在高可见光透射和高红外反射方面提供了进一步的改进。然而，使用双层银的低辐射涂层所能得到的红外反射水平实际上有最高限度。例如，尽管增大双层银涂层中的银含量可以使红外反射增大到 97%以上，但在要求其它性能(高可见光透射、良好的颜色、耐久性等)的良好平衡的双层银涂层中难以获得更高的红外反射，例如 98.5%以上。

图 1 的曲线图显示了非常有利的商购双层银低辐射涂层的光谱性能。该曲线图显示了具有双层银低辐射涂层的玻璃板的透射(在可见光波长范围内向上凸的曲线)和玻璃侧反射(在可见光波长范围内向下凹的曲线)。尽管该特别的双层银涂层提供了优异的光谱性能，但据报道传统的双层银涂层在红外波长范围的透射在 5-50%之间(美国专利 No. 6,262,830，第 6 栏，第 43-51 行)。

图 2 的曲线图显示了根据本发明某些实施方案的高红外反射涂层的光谱性能。这里，该曲线图也显示了具有高红外反射涂层的玻璃板的透射(在可见光波长范围内向上凸的曲线)和玻璃侧反射(在可见光波长范围内向下凹的曲线)。

本发明的涂层 7 的红外反射比双层银涂层的高得多。通过参考图 3 可

以最好地理解这一点，图 3 的曲线图显示了高红外反射涂层 7 与双层银涂层的光谱性能。这里，可以对由这两种涂层获得的红外反射水平进行并行比较。可以看出，本发明的涂层 7 获得了比双层银涂层高得多的红外反射。还可以看出这两种涂层的可见光透射水平是相当的。另外，本发明的涂层 7(用实线描绘的曲线)的可见光波长和红外波长间的截止(cutoff)比双层银涂层(用圆圈描绘的曲线)的陡得多。因此，一般认为与双层银低辐射涂层相比，高红外反射涂层 7 在能量效率方面提供了量子跃迁，与单层银低辐射涂层相比更是如此。

本发明的高红外反射涂层(或“多腔低辐射涂层”)7 具有许多有益的性能。随后的讨论报道一些这些性质。在一些情况中，这里报道了在一个表面 18 上具有本发明的涂层 7 的单层(即整块)玻璃 12 的性能。在其它情况中，报道了在其#2 表面 18 上具有本发明的涂层 7 的 IG 单元 3 的这些性能。在这些情况中，所报道的性能是对于 IG 单元的，其中，两个玻璃都是具有填充了 90%氩气和 10%空气的绝缘混合气的 $\frac{1}{2}$ 英寸玻璃间空间的 2.2mm 透明钠-钙浮法玻璃。当然，这些特性并不限制本发明。除非另有说明，本发明的论述报道是在标准 ASHRAE 条件下使用公知的 WINDOW 5.2a 计算机程序(例如，玻璃数据的计算中心)进行测定。

如上所述，高红外反射涂层 7 提供了极其优异的隔热性能。涂层 7 包含三个红外反射膜区域 100、200 和 300。这些膜区域通常是银或另一种导电材料，并且它们在涂层中赋予了极其优异的低薄层电阻。例如，本发明涂层 7 的薄层电阻低于 $3.0\Omega/\square$ 。优选地，该涂层 7 的薄层电阻低于 $2.5\Omega/\square$ (例如低于 $2.0\Omega/\square$ 、低于 $1.75\Omega/\square$ 、低于 $1.5\Omega/\square$ ，或者甚至小于 $1.35\Omega/\square$)。尽管可以选择并改变所需要的薄层电阻的水平以适应不同的应用，但很多优选的涂层实施方案(例如下面列表的示例膜层叠体)提供了低于 $1.4\Omega/\square$ (例如约 $1.25\text{--}1.3\Omega/\square$)的薄层电阻。可以使用 4 点探针(4-point probe)以标准的方式来测量涂层的薄层电阻。也可以使用本领域已知的用于计算薄层电阻的其它方法。

涂层 7 还具有极其优异的低辐射。例如，涂层 7 的辐射率低于 0.06。优选地，该涂层 7 的辐射率低于 0.04(例如低于 0.03，或者甚至低于 0.025)。尽管可以选择并改变所需要的辐射率水平以适应不同的应用，但许多优选

的涂层实施方案(例如下面列表的示例膜层叠体)提供了低于 0.023、低于 0.022、或者甚至低于 0.022 的辐射率。在一个实施方案中,辐射率约为 0.020。相反,透明玻璃的未涂覆的玻璃通常具有约 0.84 的辐射率。

术语“辐射率”是本领域公知的。根据其公知含义本文使用的该术语表示在相同温度下由表面发出的辐射与由黑体发出的辐射的比例。辐射率是吸收和反射都有的特性。它通常由公式 $E=1-\text{反射率}$ 来表示。本发明的辐射率值可以由“Standard Test Method For Emittance of Specular Surfaces Using Spectrometric Measurements” NFRC 301-93”中说明的来测定,其全部教导并入本申请中作为参考。可以通过将测量的薄层电阻乘以 0.016866 来计算辐射率。例如,使用该方法可以确定薄层电阻为约 1.25 的涂层 7 的辐射率约为 0.021。

除了低薄层电阻和低辐射率以外,本发明的涂层 7 提供了极其优异的日照得热量性能。众所周知,窗户的日照得热量系数(SHGC)是入射太阳辐射通过窗户接收的百分比。在多种应用中,低日照得热量窗户具有独特的优点。例如,在温暖的气候下,具有低日照得热量的窗户特别理想。例如,对美国南部的建筑物的日照得热量系数一般推荐为约 0.4 及其以下。另外,暴露在大量不需要的日照下的窗户也得益于低日照得热量系数。例如,建筑物东侧或西侧的窗户在早上和下午往往得到大量的日照。对于这种应用,日照得热量系数对于保持建筑物内部舒适的环境来说起到关键作用。因此,提供这种具有低日照得热量系数的涂层(即低日照得热量涂层)非常有益。低日照得热量涂层对于很多窗户的应用是非常理想的。

有时在低日照得热量涂层中要作出权衡,选择实现低 SHGC 的膜具有将可见光透射率降低至低于理想水平和/或将可见光反射率增大至高于理想水平的作用。因而,具有这些涂层的窗户可能具有不能接受的低可见光透射和/或有些镜子似的外观。

本发明的涂层 7 提供了极其优异的低日照得热量系数。例如,本发明的 IG 单元 3 的日照得热量系数低于 0.4。优选地,本发明的 IG 单元 3 的日照得热量系数低于 0.35(例如低于 0.33,或低于 0.31),低于 0.29,或甚至低于 0.28。尽管可以选择并改变需要的 SHGC 水平以适应不同的应用,但一些优选的实施方案(例如当涂层 7 为下面所列表的示例膜层叠体的一个)提

供了日照得热量系数在 0.25-0.29(例如在 0.25-0.28 之间, 比如约 0.27)的 IG 单元 3。本发明的涂层 7 可以提供折射率在这些范围的一个或多个内的 SHGC, 同时提供优异的颜色(例如下属任何颜色范围)和/或可见光透射率(例如下属任何可见光透射率)。在一些情况中, 涂层 7 提供了性能的平衡, 同时具有出人意料地高的金属/介电质比, 如下所述。

这里使用的术语“日照得热量系数”具有其公知的含义。参考 NFRC 200-93(1993), 其全部教导并入本申请中作为参考。可以使用公知的 WINDOW 5.2a 计算机程序中嵌入的方法来计算 SHGC。

结合上面讨论的有益的隔热性能, 本发明的涂层 7 具有极其优异的光学性能。如上所述, 有时在低日照得热量涂层中作出权衡, 选择以获得良好隔热性能的膜具有将可见光透射限制至低于理想水平的作用。

相反, 本发明的涂层 7 提供了总可见光透射与隔热性能极其优异的组合。例如, 本发明的 IG 单元 3(和本发明的玻璃 12, 无论是整块或者作为 IG 单元 3 的一部分)具有大于 0.45(即大于 45%)的可见光透射率 T_v 。优选地, 本发明的 IG 单元 3(和本发明的玻璃 12, 无论是整块或者隔离的)具有大于 0.55(例如大于 0.6)、大于 0.63、或者甚至大于 0.64 的可见光透射率 T_v 。尽管可以选择并改变需要的可见光透射率大小以适应不同的应用, 但某些优选的实施方案(例如, 其中涂层 7 为下面所列表的示例膜层叠体的一个)提供了可见光透射率大于 0.65(例如约 0.66)的 IG 单元 3(或玻璃 12, 它可以是整块或者 IG 单元 3 的一部分)。

在一个具体的实施方案组中, 选择膜区域的厚度和组成来获得大于 0.7、大于 0.71、或者甚至大于 0.72 的可见光透射率。在一些情况中, 选择膜区域的厚度和组成来获得约 0.73 的可见光透射率。这里, 可以将红外反射膜区域变薄来提供需要的透射率。另外地或可选地, 涂层 7 可具有在它们的厚度上(而不具有最内层的金属部分)均为介电膜(如氧化物、氮化物、和/或氧氮化物膜)的隔离层。这里, 涂层 7 理想地提供的可见光透射率在本段中(或者前段)提到的一个或者多个范围内, 并且三个红外反射膜区域的最小组合厚度在下面所述的一个或多个范围内的, 和/或金属/介电质为在下面提到的任何一个或多个最小值。

术语“可见光透射率”是本领域中公知的, 并根据其公知的含义在本

文中使用。可以根据 NFRC 300, Standard Test Method for Determining the Solar and Infrared Optical Properties of Glazing Materials and Fading Resistance of Systems (National Fenestration Rating Council Incorporated, 2001 年 12 月采用, 2002 年 1 月出版)来测定可见光透射率以及可见光反射率。可以使用公知的 WINDOW 5.2a 计算机程序计算这些以及其它报道的光学性能。

优选地, 涂覆的基底(即本发明的玻璃)12 具有峰值透射位于可见光波长范围内的光谱透射曲线。这在图 2 中是很明显的。在某些实施方案中, 该光谱透射曲线的半峰宽小于 360nm、小于 320nm、小于 310nm、小于 305nm、小于 300nm、小于 290nm、小于 280nm、小于 275nm、小于 265nm、或者甚至小于 250nm。在这些实施方案中, 涂层 7 提供了非常有利的窄透射曲线, 该曲线理想地具有跨越可见光范围的高可见光透射率, 并同时在高度透射的可见光波长与高度反射的红外波长间提供了极其优异的陡斜率。在某些实施方案中, 涂层 7 另外地(即与具有上述的任何最大半峰宽一起)或可选地获得大于 50nm、大于 100nm、大于 150nm、或者甚至大于 175nm 的半峰宽。这对于在可见光谱的大部分提供高水平的可见光透射率是理想的。

本发明的涂层 7 在低日照得热量系数方面提供了极其优异的效率, 这是与高可见光透射率一起获得的。可见光透射率(作为整体的一部分)与 SHGC 的比例这里指本发明的 IG 单元 3 的可见光热效率比。该比例优选地大于 2、大于 2.2, 或者甚至大于 2.3。在一些优选的实施方案中, 该比例大于 2.33、大于 2.34、大于 2.37、大于 2.4、大于 2.42、或者甚至大于 2.43。在一些实施方案中, 该比例为约 2.37。在其它实施方案中, 该比例为约 2.44。某些优选的实施方案(例如, 其中涂层 7 为下面所列表的示例膜层叠体中的一个)提供了可见光热效率比大于 2.0 而小于 2.5(例如约 2.4-2.5, 如约 2.44)的 IG 单元 3。

另一个要考虑的有用参数是 T_{740} , 即在 740nm 处的透射率。本发明的涂层 7 可以提供特别低的 T_{740} , 而同时提供高可见光透射率和优良的颜色性能。例如, 本发明的玻璃 12 的 T_{740} 优选低于 0.30, 或者甚至低于 0.20。或许更优选地, 本发明的玻璃 12(当为整块, 或者为隔热单元的一部分时)的

T_{740} 低于 0.15(例如低于 0.1、低于 0.07、低于 0.06, 或者甚至低于 0.05)。尽管可以选择并改变在 740nm 处所需要的透射率水平以适应不同的应用, 但某些优选的实施方案(例如, 当涂层 7 为下面列表的示例膜层叠体中的一个时)提供了 T_{740} 约为 0.04 的涂覆的玻璃 12(可以为整块或 IG 单元 3 的一部分)。

本发明的涂层 7 可以获得优异的色彩性能, 特别考虑到它所促进的高绝热水平。涂层 7 非常适合于与反射色彩有关的应用。使用公知的颜色坐标 “a” 和 “b” 来报告下面关于颜色的讨论。具体地, 这里使用下标 h(即, a_h 和 b_h)来表示这些颜色坐标以表示公知的 Hunter Lab Color System(Hunter methods/units, ill. D65, 10 degree observer)的常规使用。本发明的色彩性能可以按 ASTM Method E 308 所说明的来测定, 其全部教导并入本申请中作为参考。

本发明的 IG 单元在反射中具有优异的中性(即无色)外观, 任何可感知的色彩都具有令人愉快的色调。这里所报告的反射颜色是从本发明的 IG 单元(即, 离开外侧玻璃的#1 表面)外部来观察的。在一些实施方案中, 本发明的 IG 单元显示的反射颜色特征为 a_h 颜色坐标在约+1.5 至约-2 之间, 且 b_h 颜色坐标在约 0 至约-3 之间。这些实施方案代表了较宽的实施方案组, 其中(无论 a_h 和 b_h 是否在上面提到的范围内)本发明的 IG 单元具有特征为色度值(定义为 $[a_h^2 + b_h^2]$ 的平方根)小于约 3.6 的外部反射颜色。获得颜色中性的外观是一般确定的目标。然而, 对于具有三个或更多个红外反射膜区域的涂层, 这变得难以达到, 并且随着总金属厚度的增大, 该难题往往变得更难。此外, 在这里公开的某些实施方案中使用的金属/介电质比的情况下, 通过本发明的涂层获得的颜色性能特别出人意料。

优选地, a_h 和 b_h 坐标中的至少一个的量值为负值(在一些实施方案中, 都是负值)。在某些实施方案中, 这些颜色坐标中至少一个(例如 b_h)显著离开(例如, 在量值上至少 0.25、至少 0.3、或者至少 0.5)色空间(即, 离开“零”坐标)的纵轴和/或水平轴。当接近色空间的纵轴和/或水平轴时, a_h 或 b_h 量值上的小变化可能意味着实际的外观上的显著变化, 从而进入不太需要的黄色或红色区域。

本发明的涂层 7 可以获得实际外观上很优异的反射颜色。在某些优选

的实施方案中(例如, 涂层 7 为下面列表或详述的示例膜层叠体中的一个), IG 单元显示的反射颜色特征的为 a_h 颜色坐标在约+1 至约-1(例如约 0 至约-0.5 之间)之间, 且 b_h 颜色坐标为约-0.5 至约-2.5(例如约-1.5 至约-1.75 之间)之间。这些实施方案代表了较宽的实施方案组, 其中(无论 a_h 和 b_h 是否在上面提到的范围内)本发明的 IG 单元的外部反射颜色特征为色度值小于约 2.7, 例如小于 1.82。与具有可比的红外反射膜总量的其它涂层的 IG 单元相比, 通过观察具有本发明的涂层 7 的 IG 单元, 能够最好地理解这些颜色性能在定性水平上(在支持此涂层的窗子外观方面)上的理想性。

本发明的 IG 单元还显示了令人愉快的透射颜色。优选地, IG 单元显示的透射颜色特征为 a_h 颜色坐标在约-3.5 至约-6 之间, 且 b_h 颜色坐标在约+2.25 至约+4.5 之间。在某些优选的实施方案中(例如当涂层为下面列表或详述的优选的膜层叠体中的一个时), IG 单元显示的透射颜色特征为 a_h 颜色坐标在约-4 至约-5.5(例如, 约-4.5 至约-5 之间)之间, 且 b_h 颜色坐标在约+2.5 至约+4.25(例如约+3 至约+3.5)之间。这些实施方案代表了较宽的实施方案组, 其中, 透射颜色的 a_h 和 b_h 中的至少一个的量值为负值。

图 4 示例了某些实施方案, 这些实施方案中提供了具有主表面 18 的涂层基底 12, 该主表面 18 具有多腔、低辐射涂层 7。从主表面 18 向外, 该涂层依次包括第一透明介电膜区域 20、第一红外反射膜区域 100、第二透明介电膜区域 40、第二红外反射膜区域 200、第三透明介电膜区域 60、第三红外反射膜区域 300 和第四透明介电膜区域 80。在图 4 中, 显示了任选的隔离膜区域 105、205、305, 但这些并不是所有的实施方案都需要的。

因此, 本发明的涂层包括至少两个空腔。对于本发明公开, 术语“空腔”定义为表示两个相邻的红外反射膜区域之间的区域。在一些实施方案中, 该涂层仅有两个空腔。在另外的实施方案中, 该涂层具有三个或更多个空腔。在这两种类型的实施方案中, 各空腔的厚度均在约 300Å 到约 850Å 之间, 可能更优选在约 400Å 到约 750Å 之间。

本发明的一些实施方案提供的金属/介电质发现给出了优异的结果。这里, “金属/介电质比”为所有红外反射膜区域(在涉及银的实施方案中为总的银厚度)的总厚度除以透明介电膜区域(不计算任何可能存在的隔离层)的总厚度。在本发明的实施方案中, 金属/介电质比优选至少 0.2、至少 0.22、

至少 0.25、至少 0.26，或者甚至至少 0.27。下面列表的是示例的实施方案，其中该比例为约 0.27 到约 0.28 之间。

各个红外反射膜区域 100、200、300 可以有利地包含银(任选地至少 50 原子百分比为银，有时主要由银组成)。此外，在一些实施方案中，红外反射膜区域 100、200、300 中至少一个的厚度大于 150 埃、大于 175 埃、或者甚至大于 200 埃。另外地或者可选地，第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度可以任选地大于 425Å、大于 450Å、大于 460Å、大于 470Å、大于 475Å、或者甚至大于 485Å。在一个实施方案中，组合厚度为约 477Å。例如，在一些情况中，第一、第二和第三红外反射膜区域 100、200、300 为厚度分别为 122 Å、149 Å 和 206 Å 的银层。在另一个实施方案中，组合厚度为约 492 埃。例如，在一些情况中，第一、第二和第三红外反射膜区域 100、200、300 为厚度分别为 128 Å、157 Å 和 207 Å 的银层。

某些实施方案提供了第二和第三红外反射膜区域(均可以任选地为层，例如不连续的银层)，组合厚度为至少 325 Å、至少 335 Å、至少 340 Å、至少 350 Å，或者甚至至少 355 Å。在一些实施方案中，该组合厚度为 355-395 Å。这里，相对较大量的反射膜(例如银)集中在涂层的外部，其目的是大幅降低辐射率，同时便于形成特别良好的颜色、可见光透射和可见光反射性能。另外地或者可选地，至少一个红外反射膜区域可以比至少一个其它红外反射膜区域厚至少 50 Å、至少 75 Å，或者至少 80 Å。在具有这种性质的一些优选实施方案中，第三红外反射膜区域比第一红外反射膜区域厚，相比厚的量为上述量中的一个或多个。

一些实施方案提供了第二红外反射膜区域比第一红外反射膜区域厚至少 10 Å、至少 20 Å、至少 25 Å，或者甚至至少 30 Å 的设置。另外地或者可选地，第三红外反射膜区域可以比第二红外反射膜区域厚至少 25 Å、至少 35 Å、至少 40 Å，或者至少 50 Å。

一组实施方案提供了具有低辐射涂层 7 的涂覆的基底(例如涂覆的玻璃，如窗玻璃，任选地具有至少 1 米、或者至少 1.2 米的主要尺寸)，该低辐射涂层 7 包含组合厚度在 420Å 和 575 Å 之间的三个红外反射膜区域 100、200、300，任选地金属/介电质比在一个或多个上述范围内。

下面进一步详细描述红外反射膜区域 100、200、300。简言之，一些优

选实施方案以银层的形式提供了这些膜区域，各银层包含(或主要组成为)银，这三层任选地为涂层中仅有的银层。这三个含银层的厚度可以任选地均在约 50Å 到约 300Å 之间。但是，优选地，它们的厚度均在约 100Å 和约 250Å 之间。在一个这种具体的实施方案中，基底 12 为主要尺寸至少为 1 米(或者至少 1.2 米)的玻璃板，且该玻璃板为包括至少一个其它玻璃板的多板隔热玻璃单元的一部分，其中多板单元具有玻璃间空间 1500，该空间可以任选地抽真空、填充空气、或填充空气和绝缘气体(例如氩气)。

对于四个透明介电膜区域 20、40、60、80，在某些实施方案中，这些膜区域的总物理厚度均在约 50-约 900 Å 之间，也许更优选约 100-约 800 Å 之间。下面更详细地描述这些介电膜区域。

第一透明介电膜区域 20 施加在基底 12 的主表面 18 上(有时直接在其上)。该膜区域 20 可以具有包括至少一些(或者任选地主要组成为)透明介电膜的任何组分。在一些情况中，第一透明介电膜区域 20 是单层。在其它情况中，它包含多个层。如美国专利 No. 5,296,302(其中关于可用的介电材料的教导并入本申请中作为参考)所述，为此目的的可用的介电膜材料包括锌、锡、铟、铋、钛、铅、锆的氧化物以及它们的合金。也可以使用包含氮化硅和/或氧氮化硅的膜。膜区域 20 可以任选地包括一个或多个吸收介电质和/或金属膜，用来比如控制阴影、颜色或其它光学性能。

第一透明介电膜区域 20 可以是单一介电材料的单层。如果使用单层，通常优选此内部介电层由氧化锌和氧化锡(例如在下面的表 1 中，指“Zn+O”)的混合物形成。但是，应该理解，这种单层可以由两层或多层不同的介电材料代替。在某些实施方案中，第一透明介电膜区域 20 包含有坡度的膜厚度，膜的组成随着离基底 12 距离的增大而变化(例如，以渐进的方式)。

在一些具体的实施方案中，第一透明介电膜区域 20 包含折射率为 1.7 或更大的膜(任选地包含氧化锌，例如氧化锌锡)。例如，在第一红外反射膜区域 100 和基底 12 的表面 18 之间，可以有利地提供折射率为 1.7 或更大的理想总厚度的膜。在一些情况中，该理想总厚度小于 195 埃、小于 190 埃、小于 175 埃、小于 165 埃、小于 145 埃，或者甚至小于 140 埃。

再次参考图 4，第一红外反射膜区域以标记数字 100 来标识。该膜区域 100 优选地与第一透明介电膜区域 20 的外面相连接，即直接物理接触。可

以使用任何合适的红外反射材料。银、金和铜，以及它们的合金都是最常用的红外反射膜材料。优选地，红外反射膜主要由银组成，或者由银与不超过约 5% 的另一种金属组合组成，例如另一种金属选自金、铂和钯。但是，并不要求如此。

在施加随后的膜和/或任何热处理(例如回火)期间需要保护红外反射膜时，第一隔离膜区域 105 可以任选地设置在第一红外反射膜区域 100 之上并相连接。可以提供该隔离膜区域 105 来保护下面的红外反射膜区域 100 不受化学侵蚀。在这种情况下，可以使用任何材料，例如容易氧化的材料。在某些实施方案中，施加钛金属薄层，在一些情况中(例如其中氧化物膜反应地直接沉积在这种隔离膜区域上的情况)，在沉积上面的膜时至少最外层的钛金属转变为具有不同化学计量的氧化钛。在另一个实施方案中，隔离膜区域 105 以铌层沉积。包含铌的可用的隔离层在 PCT 国际公开 No. WO 97/48649 中有详细讨论。该 PCT 公开中有关隔离层的教导并入本申请中作为参考。在其它实施方案中，隔离膜区域 105 可以包含选自镍、铬、锌、锡、铝、铟和锆的材料。

任选的隔离膜区域的示例厚度一般在 3-35 Å 或 3-25 Å 的范围内，例如 3-18 Å。但是，如果需要，任何隔离膜区域可以使用较大的厚度。

在一些实施方案中，高透射隔离层材料(例如介电材料)用于一层或多层(任选各层)隔离膜区域 105、205、305。所使用的材料例如可以为氧化物、氮化物或者氧氮化物。该材料可以有利地在惰性气氛、氮化气氛或者在微氧化气氛中由陶瓷靶溅射。在一些实施方案中，使用不足化学计量的可溅射靶材。例如，靶材可以任选地包含不足化学计量的氧化钛 TiO_x ，其中 x 小于 2。可选地，可以使用 ZnAlO 靶。在其它的实施方案中，使用包含钛、硅和氧的陶瓷靶。如果需要，可以直接在红外反射膜上施加非常薄的金属膜(例如小于 25 Å、小于 20 Å、小于 15 Å、小于 10 Å、小于 9 Å，或者甚至小于 8 Å)，且可以直接在该薄金属膜上施加介电隔离膜区域(任选地具有小于 50 Å、小于 40 Å、小于 30 Å、小于 25 Å、小于 20 Å，或者甚至小于 15 Å 的厚度)。例如，当提供非常薄的金属膜时，非常薄的金属膜可以以包含钛、铌、镍、铬、镍-铬、锌、锡、锌-锡、铝、铟、锆、或者组合包括至少一种这些材料与一种或多种其它金属材料的金属膜。在一些实施方案中，

该薄金属膜理想地在惰性气氛中沉积，且介电隔离膜区域可以在惰性或反应性气氛中沉积。例如，当使用溅射时，可以在惰性或微反应性气氛中溅射陶瓷靶，或者可以在反应性气氛中溅射金属靶。

在一个具体实施方案组中，涂层 7 包含三个红外反射膜区域，在其中至少一个上面(并且任选在各隔离膜区域之上)直接提供隔离膜区域，该隔离膜区域以非金属形式沉积(例如选自氧化物、氮化物和氧氮化物，包括它们的不足化学计量形式的非金属材料)。在这组实施方案中，每个这种隔离膜区域的厚度可以在这里所述的任一个范围内，比如小于 50Å。相关的方法实施方案包括在以废金属膜沉积一个或多个阻隔膜区域的方法中，沉积这里公开的任何涂层实施方案。

在某些实施方案中，第一隔离膜区域 105 具有特别小的厚度，例如小于 25Å、小于 20 Å、小于 15Å、小于 10 Å、小于 7 Å、小于 6 Å，或者甚至小于 5 Å。尽管图 4 中未显示出，但隔离膜区域也可以任选地设置在第一红外反射膜区域 100 的下面。

第二透明介电膜区域 40 位于第一红外反射膜区域 100 和第二红外反射膜区域 200 之间(这两个膜区域 100、200 之间的区域 100、200 这里称为“第一腔”)。因此，膜区域 40 也可以称作“间隔”膜区域，其位于第一腔中。该第一间隔膜区域 40 可以为单一透明介电材料的单层，或者可以为不同透明介电材料的多层。在一些情况中，第二透明介电膜区域 40 包含至少三个透明介电层。任选地，有至少五个、或者至少七个这种层。作为使用一个或多个不连续的层的替代方式，部分或全部第二透明介电膜区域 40 可以具有渐次变化的组成(任选地特征为，随着离基底的距离的增大，从一个透明介电材料逐渐转变至另一个透明介电材料)。膜区域 40 可以任选地包括一个或多个吸收介电质和或金属膜，比如用来控制阴影、颜色或其它光学性能。

下面说明的膜区域是第二红外反射膜区域 200。该膜区域 200 优选地与第二透明介电膜区域 40 的外面相连接。可以使用任何合适的红外反射材料，例如银、金和铜，或者包括这些金属中的一种或多种的合金。在一些具体的实施方案中，红外反射膜主要由银组成，或由银与不超过约 5%的另一种金属组合组成，例如另一种金属选自金、铂和钯。

当需要保护第二红外反射膜区域 200 时，第二隔离膜区域 205 可以任

选地设置在第二红外反射膜区域 200 之上并相连接。该隔离膜区域 205 可以包含例如容易氧化的任何材料。在某些实施方案中,施加钛金属薄层,并且在一些情况中(例如其中氧化物膜反应地直接沉积在该隔离膜区域 205 上的情况),在沉积上面的膜时至少最外层的钛金属转变为具有不同化学计量的氧化钛。在其它情况中,隔离膜区域 205 可以包含选自镍、铬、锌、锡、铝、铟和锆的材料。在另一个实施方案中,隔离膜区域 205 以铌,或上述非金属隔离膜材料的一种的层沉积。例如,隔离膜区域 205 可以任选地包含上述设置:非常薄的金属膜直接位于膜区域 200 上;介电膜直接位于该非常薄的金属膜上。可选地,介电膜可以直接沉积在膜区域 200 上。

任选的第二隔离膜区域 205 的合适厚度一般在 $3\text{-}35\text{\AA}$ 、 $3\text{-}25\text{\AA}$ 、或者 $3\text{-}18\text{\AA}$ 。如果需要,可以使用较大的厚度。在某些实施方案中,第二隔离膜区域 205 具有特别小的厚度,例如小于 $25\text{\AA}$ 、小于 $20\text{\AA}$ 、小于 $15\text{\AA}$ 、小于 $10\text{\AA}$ 、小于 $7\text{\AA}$ 、小于 $6\text{\AA}$,或者甚至小于 $5\text{\AA}$ 。尽管图 4 中未显示出,但隔离膜区域也可以任选地设置在第二红外反射膜区域的下面。

第三透明介电膜区域 60 位于第二红外反射膜区域 200 和第三红外反射膜区域 300 之间。该透明介电膜区域 60 也是间隔膜区域(它位于“第二腔”内),并可以称为第二间隔膜区域。第三透明介电膜区域 60 可以为单一透明介电材料的单层,或者可以为不同透明介电材料的多层。在一些情况中,第三透明介电膜区域 60 包含至少三个透明介电层。任选地,有至少五个、或者至少七个这种层。作为一个或多个不连续层的替代方式,部分或全部第三透明介电膜区域 60 可以具有渐次变化的组成。膜区域 60 可以任选地包括一个或多个吸收介电质和/或金属膜,比如用来控制阴影、颜色或其它光学性能。

下面说明的膜区域为第三红外反射膜区域 300。该膜区域 300 优选与第三透明介电膜区域 60 的外面相连接。可以使用任何合适的红外反射材料(例如银、金、铜,或者包括这些金属中的一种或多种的合金)。在一些具体的实施方案中,第三红外反射膜区域 300 主要由银组成,或由银与不超过约 5%的另一种金属的组合组成,例如另一种金属选自金、铂和钯。

当需要保护第三红外反射膜区域 300 时,第三隔离膜区域 305 可以任选地设置在第三红外反射膜区域 300 之上并相连接。该隔离膜区域 305 可

以包含例如容易氧化的任何材料。在某些实施方案中，施加钛金属薄层，并且在有些情况中(例如其中氧化物膜反应地直接沉积在这种隔离膜区域 305 上的情况)，在沉积上面的膜时至少最外层的钛金属转变为具有不同化学计量的氧化钛。在其它情况中，隔离膜区域 305 可以包含选自镍、铬、锌、锡、铝、铟和锆的材料。在另一个实施方案中，隔离膜区域 305 以铌，或上述非金属隔离膜材料的一种的层沉积。例如，隔离膜区域 305 可以任选地包含上述设置：非常薄的金属膜直接位于膜区域 300 上；介电膜直接位于该非常薄的金属膜上。可选地，介电膜可以直接沉积在膜区域 300 上。

任选的第三隔离膜区域 305 的合适厚度一般为 3-35Å、3-25Å、或者 3-18 Å。如果需要，可是使用较大的厚度。在某些实施方案中，第三隔离膜区域 305 具有特别小的厚度，例如小于 25Å、小于 20 Å、小于 15Å、小于 10 Å、小于 7 Å、小于 6 Å，或者甚至小于 5 Å。尽管图 4 中未显示出，但隔离膜区域也可以任选地设置在第三红外反射膜区域 300 的下面。

在某些实施方案中提供大量隔离膜区域的情况下，可以有利地使用一个或多个厚度极小的隔离膜区域。因此，在一些实施方案中，直接在至少一个红外反射膜区域之上提供厚度小于 20 Å、小于 15Å、小于 7Å、小于 6Å，或者甚至小于 5Å 的隔离膜区域。此外，在一些实施方案中，涂层 7 包括三个隔离膜区域 105、205、305，并且所有这三层隔离膜区域的组合厚度小于 60Å、小于 45Å、小于 30Å、小于 25Å、小于 20Å、小于 18Å，或者甚至小于 15Å。

此外，某些实施方案提供了三个红外反射膜区域的组合厚度高(例如这里提到的任何组合厚度范围)，并且具有上述介电质或薄金属/介电质型的一个或多个(例如三个)隔离膜区域 105、205、305 的涂层。这些实施方案提供了良好的热绝缘性能和高可见光透射的优异组合。

第四透明介电膜区域 80(其可以为外涂层，但不是必要)比第三红外反射膜区域 300 距离基底 12 更远。在一些实施方案中，但不是全部，该膜区域 80 限定了涂层的最外面 77(该面可以任选地暴露在外，即不被任何其它膜或基底覆盖)。第四透明介电膜区域 80 可以为单一透明介电材料的单层，或者可以为不同透明介电材料的多层。在一些情况中，第四透明介电膜区域 80 包含至少三个透明介电层。任选地，有至少五个、或者至少七个这种

层。作为使用一个或多个不连续层的替代方式，部分或全部第四透明介电膜区域 80 可以具有渐次变化的组成。膜区域 80 可以任选地包括一个或多个吸收介电质和/或金属膜，比如用来控制阴影、颜色或其它光学性能。

因此，可以理解本发明的涂层 7 理想地包括至少四个透明介电膜区域 20、40、60、80。在一些实施方案中，涂层 7 包含一个或多个、两个或更多，或者三个或更多氮化物或氧氮化物膜，例如至少一个、至少两个，或者甚至至少三个包含氮化硅和/或氧氮化硅的膜。在一些这种实施方案中，涂层 7 包括至少一个厚度小于 150 埃、小于 140 埃，或者甚至小于 125 埃(这种用法一般指大于 0)的氮化物或氧氮化物膜(任选地包含氮化硅和/或氧氮化硅)，和至少一个厚度大于 50 埃、大于 75 埃、大于 100 埃、大于 150 埃、或者甚至大于 175 埃的其它氮化物或氧氮化物膜(任选地含有氮化硅和/或氧氮化硅)。在一些情况中，后面提到的膜位于第一红外反射膜区域 100 和第二红外反射膜区域 200 之间，或者位于第二红外反射膜区域 200 和第三红外反射膜区域 300 之间。即，它形成间隔膜区域中的一个，或者是间隔膜区域中的一个的一部分。理想地，涂层 7 的最外层膜包含氮化硅，如下面详细描述的例子方法所述。

可以改变本发明涂层 7 的总厚度以适合不同应用的要求。在某些优选的实施方案中，涂层 7 的总物理厚度大于 1750 埃、大于 1800 埃、大于 1900 埃、或者甚至大于 2000 埃。对于该申请书中公开的任何实施方案，涂层的总厚度可以任选地落入本段中说明的任何一个或多个范围内。

在一个具体的实施方案组中，第三红外反射膜区域 300 的厚度大于第二红外反射膜区域 200 的厚度，且第二红外反射膜区域 200 的厚度大于第一红外反射膜区域 100 的厚度。这组实施方案在提供优良的反射色彩性能方面是有利的。在这些实施方案的一个分组中，第一红外反射膜区域 100、第二红外反射膜区域 200 和第三红外反射膜区域 300 各包含(或者主要组成)银。任选地，涂层 7 的金属/介电质比在上述一个或多个范围内。

对于本申请文件，第一反射区域比例定义为第一红外反射膜区域 100 的厚度与第二红外反射膜区域 200 的厚度的比例，且第二反射区域比例定义为第二红外反射膜区域 200 的厚度与第三红外反射膜区域 300 的厚度的比例。在一些具体的实施方案中，第一和第二反射区域比例中的至少一个

小于 0.85、小于 0.83、或者甚至小于 0.80。任选地，第一和第二反射区域比例都小于 0.83，例如分别为约 0.819 和 0.723。

在该组的一些实施方案中，红外反射膜区域 100、200、300 中至少一个的厚度大于 150Å、大于 175Å、或者甚至大于 200Å。另外地或者可选地，第一、第二和第三红外反射膜区域的组合厚度可以任选地大于 425Å、大于 450Å、大于 460Å、大于 475Å、或者甚至大于 485Å。在某些实施方案中，盖组合厚度为约 477Å。比如，在一些情况中，第一、第二和第三红外反射膜区域 100、200、300 为厚度分别为 122 Å、149 Å 和 206 Å 的银层。在其它实施方案中，组合厚度为约 499Å。比如，在一些情况中，第一、第二和第三红外反射膜区域 100、200、300 为厚度分别为 128 Å、157 Å 和 207 Å 的银层。

在该组的一些实施方案中，第一介电膜区域 20 包含折射率为 1.7 或更大的膜(任选地包含氧化锌，例如氧化锌锡)。例如，在第一红外反射膜区域 100 和基底 12 的表面 18 之间，可以有利地提供折射率为 1.7 或更大的膜的理想的总厚度。在某些实施方案中，理想的总厚度小于 195 埃、小于 190 埃、小于 175 埃、小于 165 埃、小于 145 埃、或者甚至小于 140 埃。

对于本公开来说，主要介电区域比例(primary dielectric-region ratio)定义为第一透明介电膜区域 20 的厚度与第四透明介电膜区域 80 的厚度的比例。该比例可以有利地低于 0.75、或者甚至低于 0.6，而同时任选地大于 0.34、大于 0.35、大于 0.37、或者甚至大于 0.40。在一个示例的实施方案中，该比例为约 0.47。可以任选地采用这些范围中任何一个或多个内的主要介电区域比例，用于该组的任何实施方案，或者本申请文件所公开的任何其它实施方案(例如，与所述金属/介电质比的任选范围组合)。

本发明的某些实施方案提供了第一透明介电膜区域 20(它可以为基层涂层，即最靠近基底的介电膜区域)和第四透明介电膜区域 80(它可以是外涂层)的组合厚度除以第二与第三透明介电膜区域 40、60(可以分别是第一和第二间隔层)的组合厚度的特别的比。在这些实施方案中，该比例优选大于约 0.43，大于约 0.45，或者甚至大于约 0.475。已经发现具有这种介电质厚度布置的涂层便于形成优异的性能，包括良好的色彩、高的可见光透射等，甚至当使用大量红外反射膜时也如此。

下面的表 1 显示了可有利地用作高红外反射涂层 7 的一个示例膜层叠体：

表 1

膜	层叠体 A
TiO ₂	132 Å
Ag	122 Å
Ti	20 Å
TiO ₂	468 Å
Ag	149 Å
Ti	20 Å
TiO ₂	546 Å
Ag	206 Å
Ti	20 Å
TiO ₂	280 Å

下面的表 2 显示了可有利地用作高红外反射涂层 7 的另外三个示例的膜层叠体：

表 2

膜	层叠体 B	层叠体 C	层叠体 D
SnO ₂	165 Å	164 Å	164 Å
Ag	117 Å	117 Å	117 Å
Ti	20 Å	20 Å	30 Å
SnO ₂	591 Å	592 Å	591 Å
Ag	154 Å	147 Å	154 Å
Ti	20 Å	20 Å	35 Å
SnO ₂	665 Å	665 Å	665 Å
Ag	206 Å	208 Å	206 Å
Ti	20 Å	20 Å	35 Å
SnO ₂	314 Å	314 Å	310 Å

下面的表 3 显示了可以使用的另一个示例的膜层叠体(也许作为可回火的涂层)作为本发明的涂层 7。这里，涂层代表了一类实施方案，其中，直接在基底上提供了包含二氧化硅的膜的至少约 50 埃(例如约 100 Å)的三层银涂层。

表 3

膜	厚度
SiO ₂	>50Å
Zn+O	164 Å
Ag	130 Å
Ti	35 Å
Zn+O	599 Å
Ag	165 Å
Ti	35Å
Zn+O	667Å
Ag	218 Å
Ti	35 Å
Zn+O	313Å

下面的表 4 显示了可以使用的另一个示例的膜层叠体(也许作为可回火的涂层)作为本发明的涂层 7:

表 4

膜	厚度
SiO ₂	>50 Å
Zn+O	165 Å
Ag	135 Å
Ti	35 Å
Zn+O	626 Å
Ag	171 Å
Ti	35 Å
Zn+O	693 Å
Ag	225 Å
Ti	35Å
Zn+O	319Å

表 4 代表了一类实施方案,该实施方案中,低辐射涂层包括组合厚度至少约 525 埃的三个红外反射膜。另外,在这种实施方案中最外的两层红外反射膜的组合厚度任选地至少为约 385 埃。

本发明包括制备涂覆的基底(例如涂覆的玻璃板)的方法。本发明提供的方法包括用任何一种或多种薄膜沉积技术,将这里公开的任何实施方案的层按顺序沉积。根据本发明的方法,提供了具有表面(例如,主表面)18 的基底 12。如果需要,该表面 18 可以通过适当的洗涤或化学制备来制成。本发明的涂层 7 沉积在基底 12 的表面 18,例如作为一系列不连续的层、作为厚度有坡度的膜、或者作为包括至少一个不连续的层和至少一个厚度有坡度的膜的组合。可以使用任何合适的薄膜沉积技术来沉积涂层。一种优选

的方法利用工业中常用的 DC 磁控溅射。参考 Chapin's 的美国专利 No. 4,166,018, 其教导并入本申请中作为参考。

简言之, 磁控溅射包括将基底输送通过一系列低压区(或“室”或“隔间”)基底, 其中, 顺序地施加构成涂层的各个膜区域。通常在惰性气氛(如氩气)中从金属源或“靶”溅射金属膜。为了沉积透明介电膜, 所述靶可由电介质本身(例如氧化锌或氧化钛)形成。更一般地, 通过在反应性气氛中溅射金属靶来施加介电膜。例如, 为了沉积氧化锌, 可以在氧化气氛中溅射锌靶; 通过在含有氮气的反应性气氛中溅射硅靶(其可以掺杂铝等以改善导电性)来沉积氮化硅。可以通过改变基底的速度和/或改变靶上的功率来控制沉积膜的厚度。

在基底上沉积薄膜的另一种方法包括等离子体化学汽相沉积。参考美国专利 No. 4,619,729(Johncock 等)和美国专利 No. 4,737,379(Hudgens 等), 这两个文献均并入本申请中作为参考。这种等离子体化学汽相沉积包括通过等离子体来分解气相源, 接着在固体表面(例如玻璃基底)上形成膜。可以通过改变基底通过等离子体区时基底的速度, 和/或改变功率和/或各区域内的气流速度来调整膜的厚度。

现在参考图 6, 该图中描述了根据本发明的某些实施方案沉积高红外反射涂层 7 的示例方法。图 6 中示意地显示的涂布机用于沉积涂层 7, 该涂层 7 从主表面 18 向外顺序包括: 包含氧化锌锡的第一透明介电膜区域 20、包含银的第一红外反射膜区域 100、包含钛的第一隔离膜区域 105、包含氧化锌锡的第二透明介电膜区域 40、包含银的第二红外反射膜区域 200、包含钛的第二隔离膜区域 205、包含氧化锌锡的第三透明介电膜区域 60、包含银的第三红外反射膜区域 300、包含钛的第三隔离膜区域 305 和第四透明介电膜区域 80, 该膜区域 80 包括在包含氧化锌锡的层上包含氮化硅的最外层。

继续参考图 6, 将基底 12 置于涂布机的起始点, 并传送至第一涂覆区 CZ1(例如, 沿着输送辊 10 来传送基底)。该涂覆区 CZ1 具有三个溅射室(或“隔间”), C1 至 C3, 它们共同用于沉积包含氧化锌锡的第一透明介电膜区域 20。所有这三个隔间都具有包含锌和锡的混合物的溅射靶。图中所示每个隔间都有两个圆柱形溅射靶, 但数量和类型(例如圆柱与平面)可以按需要来改变。这些前面的六个靶在氧化气氛中溅射, 以沉积形式为包含锌和

锡的氧化物膜的第一透明介电膜区域 20。这里的氧化气氛可以主要由压力为约 4×10^{-3} mbar 的氧(例如约 100%的 O_2)组成。可选地,该气氛可以包含氩气和氧气。参考下面的表 4,将约 36.7kW 的功率施加于前面的两个靶,将约 34.6kW 的功率施加于接着的两个靶,并将 35.5kW 的功率施加于最后的两个靶。基底 12 在这六个靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送,同时在所述的功率水平下溅射各靶,从而沉积形式为包含锌和锡的氧化物膜,且厚度为约 159 埃的第一透明介电膜区域 20。

然后将基底 12 传送到第二涂覆区 CZ2,其中,第一红外反射膜区域 100 直接施加在第一透明介电膜区域 20 之上。第二涂覆区 CZ2 具有惰性气氛(例如压力约为 4×10^{-3} mbar 的氩气)。该涂覆区 CZ2 的活性溅射隔间 C4 和 C5 各具有平面靶,但靶的数量和类型可以改变。隔间 C4 中的靶是金属银靶,而隔间 C5 中的靶是金属钛靶。基底在银靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送,同时在约 7.1kW 的功率下溅射该靶,从而沉积形式为厚度约为 122 埃的银膜的第一红外反射膜区域 20。然后将基底在隔间 C5 中的钛靶下面传送,同时在约 7.8kW 的功率下溅射该靶,从而沉积形式为包含钛的膜,并且厚度为约 20 埃的第一隔离膜区域 105。

然后将基底 12 传送通过第三涂覆区 CZ3、第四涂覆区 CZ4 和第五涂覆区 CZ5,在这些区中,施加了形式为包含锌和锡的氧化物膜的第二透明介电膜区域 40。第三涂覆区 CZ3 和第四涂覆区 CZ4 各具有三个活性溅射隔间。第五涂覆区 CZ5 具有两个活性溅射隔间(可以有不用的隔间和/或涂覆区)。在 C6-C13 的各隔间中,安装了各包含(即包括的可溅射的靶材包含)锌和锡的混合物的两个圆柱形靶。这些 C6-C13 的各隔间具有氧化气氛。例如,第三涂覆区 CZ3、第四涂覆区 CZ4 和第五涂覆区 CZ5 中的氧化气氛可以各自主要由压力为约 4×10^{-3} mbar 的氧气(例如约 100%的 O_2)组成。可选地,这些气氛中的一种或多种可以包含氩气和氧气。

如下面的表 4 所示,将约 50.2kW 的功率施加于第三涂覆区 CZ3 中的前面的两个靶,将约 45.1kW 的功率施加于该涂覆区 CZ3 中的接着的两个靶,并将约 49.5kW 的功率施加于该区 CZ3 中的最后的两个靶。此处,将约 53.1kW 的功率施加于第四涂覆区 CZ4 中的前面的两个靶,将约 47.7kW 的功率施加于该涂覆区 CZ4 中的接着的两个靶,并将约 44.8kW 的功率施

加于该区 CZ4 中的最后的两个靶。此外, 将约 49.0kW 的功率施加于第五涂覆区 CZ5 中的前面的两个靶, 并将约 45.6kW 的功率施加于该涂覆区 CZ5 中的接着的两个靶。基底 12 在涂覆区 3-5(即由 CZ3 至 CZ5)中所有所述的靶下面传送, 同时以约 310 英寸每分钟的速率传送该基底并在所述的功率水平下溅射各靶, 从而施加形式为包含锌和锡的氧化物膜, 且厚度为约 562 埃的第二透明介电膜区域 40。

然后将基底 12 传送到第六涂覆区 CZ6, 其中, 第二红外反射膜区域 200 直接施加在第二透明介电膜区域 40 之上。第六涂覆区 CZ6 具有惰性气氛(例如压力为约 4×10^{-3} mbar 的氩气)。该涂覆区 CZ6 中的溅射隔间 C14 和 C15 各具有平面靶。隔间 C14 中的靶是金属银靶, 而隔间 C15 中的靶是金属钛靶。对银靶施加约 8.9kW 的功率, 同时将基底在该靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送, 以沉积厚度约 149 埃的金属银膜的第二红外反射膜区域 200。然后将基底在隔间 C15 中的金属钛靶下面传送(以相同的速度), 对该靶施加约 8.1kW 的功率, 以沉积包含钛并且厚度为约 20 埃的第二隔离膜区域 205。

然后将基底 12 传送通过第七涂覆区 CZ7、第八涂覆区 CZ8 和第九涂覆区 CZ9, 在其中一起施加了第三透明介电膜区域 60。这些涂覆区各具有三个溅射隔间, 并且各隔间具有两个圆柱形靶(隔间 C16 至隔间 C18 在 CZ7 中, 隔间 C19 至 C21 在 CZ8 中, 且隔间 C22 至 C24 在 CZ9 中)。这里的靶都包含可溅射材料, 其为锌和锡的混合物。这些涂覆区中每一个都具有主要由氧气组成的氧化气氛(例如压力为约 4×10^{-3} mbar 的约 100% 的 O_2)。可选地, 该气氛可以包含氩气和氧气。

将约 50.3kW 的功率施加于第七涂覆区 CZ7 中的前面的两个靶, 将约 45.5kW 的功率施加于该涂覆区 CZ7 中的接着的两个靶, 并将约 48.9kW 的功率施加于该区 CZ7 中的最后的两个靶。将约 52.5kW 的功率施加于第八涂覆区 CZ8 中的前面的两个靶, 同时将约 48.2kW 的功率施加于该涂覆区 CZ8 中的接着的两个靶, 并将约 44.7kW 的功率施加于该区 CZ8 中的最后的两个靶。将约 49.0kW 的功率施加于第九涂覆区 CZ9 中的前面的两个靶, 同时将约 45.5kW 的功率施加于该涂覆区 CZ9 中的接着的两个靶, 并将约 47.8kW 的功率施加于该区 CZ9 中的最后的两个靶。基底 12 在所有这些靶

下面(即,在 CZ7 至 CZ9 中的所有靶下面)以约 310 英寸每分钟的速率传送,同时在所述的功率水平下溅射各靶,从而施加形式为包含锌和锡的氧化物膜,且厚度为约 655 埃的第三透明介电膜区域 60。

然后将基底 12 传送到施加第三红外反射膜区域 300 的第十涂覆区 CZ10。该涂覆区 CZ10 含有惰性气氛(例如压力为约 4×10^{-3} mbar 的氩气)。该涂覆区 CZ10 中的活性隔间 C25 和 C26 各具有平面靶。隔间 C25 中的靶是金属银靶,而隔间 C26 中的靶是金属钛靶。对银靶施加约 12.6kW 的功率,同时该基底在该靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送,从而沉积厚度约为 206 埃的银膜的第三红外反射膜区域 300。然后将基底在室 C26 中的钛靶下面传送,同时在约 8.1kW 的功率水平下溅射该靶,从而沉积形式为包含钛的膜,并且厚度为约 20 埃的第三隔离膜区域 305。

然后将基底 12 传送通过第十一涂覆区 CZ11、第十二涂覆区 CZ12 和第十三涂覆区 CZ13,在其中一起沉积了第四透明介电膜区域 80 的内部。第十一涂覆区 CZ11 具有各有两个圆柱形靶的三个溅射隔间(隔间 C27 至隔间 C29 在 CZ11 中)。第十二涂覆区 CZ12 仅有一个活性溅射隔间 C30,并且该隔间 C30 具有两个圆柱形靶。第十三涂覆区 CZ13 具有三个溅射隔间,并且各隔间具有两个圆柱形靶(隔间 C31 至 C33 在 CZ13 中)。在涂覆区 CZ11 至 CZ13 中所述的各个靶包含可溅射的靶材,其为锌和锡的混合物。涂覆区 CZ11 至 CZ13 各具有主要由氧组成的氧化气氛(例如压力为约 4×10^{-3} mbar 的约 100%的 O_2)。可选地,这些气氛中的一种或多种可以包含氩气和氧气。

将约 17.9kW 的功率施加于第十一涂覆区 CZ11 中的前面的两个靶,将约 21.1kW 的功率施加于该涂覆区 CZ11 中的接着的两个靶,并将约 19.6kW 的功率施加于该区 CZ11 中的最后的两个靶。将约 20.1kW 的功率施加于第十二涂覆区 CZ12 中的两个靶。将约 21.5kW 的功率施加于第十三涂覆区 CZ13 中的前面的两个靶,将约 19.4kW 的功率施加于该第十三涂覆区 CZ13 中的接着的两个靶,并将约 19.3kW 的功率施加于该区 CZ13 中的最后的两个靶。基底 12 在 CZ11 至 CZ13 中所有所述的靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送,同时在所述的功率水平下溅射各靶,从而以包含锌和锡,且厚度为约 236 埃的氧化物膜来施加第四透明介电膜区域 80 的内部。

最后,基底 12 传送至第十四涂覆区 CZ14,在其中施加了第四透明介

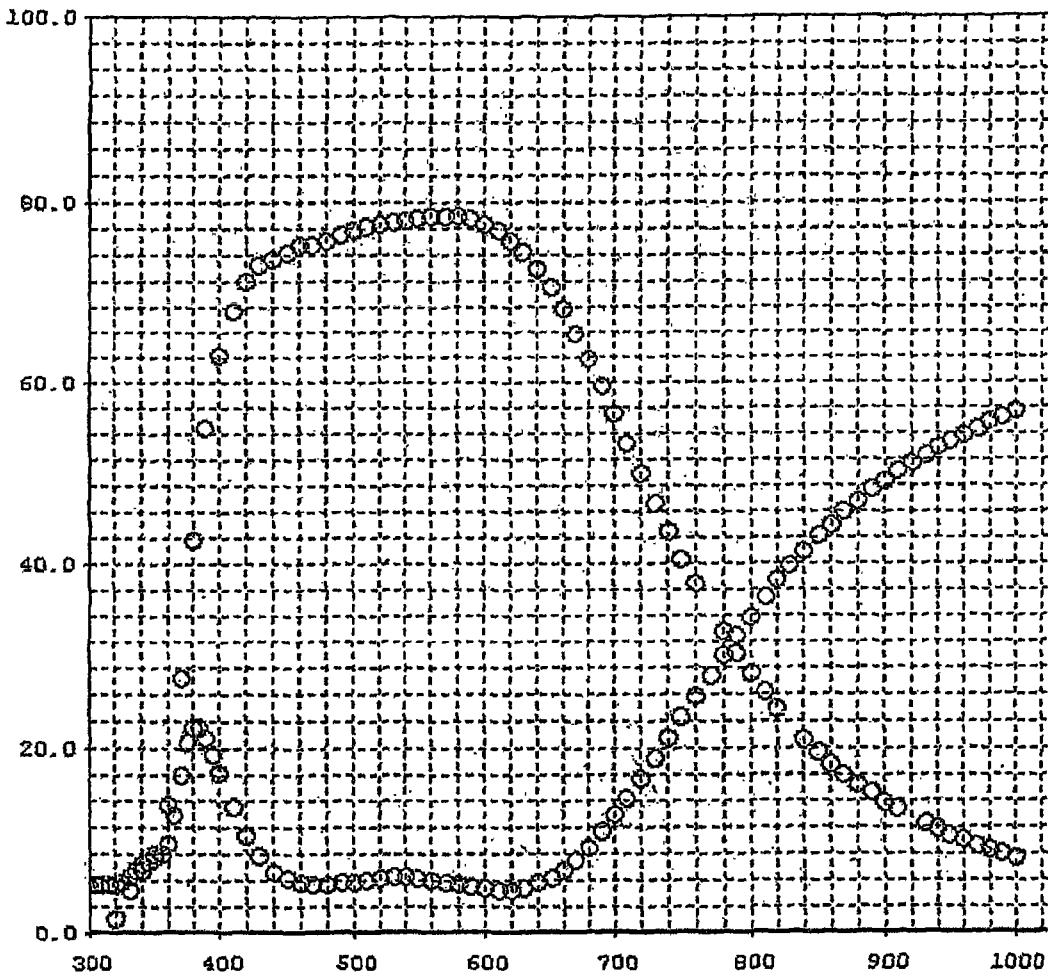
电膜区域 80 的最外部。该涂覆区 CZ14 具有三个溅射隔间 C34-C36，各含有氮气气氛，任选地具有一些氩气，压力为约 4×10^{-3} mbar。该涂覆区 CZ14 中的隔间 C34 至 C36 各具有两个圆柱形靶。这些靶各包含具有少量铝的硅的可溅射靶材。将约 31.9kW 的功率施加于第十四涂覆区 CZ14 中的前面的两个靶，将约 34.0kW 的功率施加于该区 CZ14 中的接着的两个靶，并将约 37.4kW 的功率施加于该区 CZ14 中的最后的两个靶。基底 12 在 CZ14 中的所有靶下面以约 310 英寸每分钟的速率传送，同时在所述的功率水平下溅射各靶，从而以包含硅和少量铝，且厚度为约 101 埃的氮化物膜来施加第四透明介电膜区域 80 的最外部。

表 5

隔间	功率(kW)	隔间	功率(kW)	隔间	功率(kW)	隔间	功率(kW)
C1	36.7	C11	44.8	C21	44.7	C31	21.5
C2	34.6	C12	49	C22	49	C32	19.4
C3	35.5	C13	45.6	C23	45.5	C33	19.3
C4	7.1	C14	8.9	C24	47.8	C34	31.9
C5	7.8	C15	8.1	C25	12.6	C35	34
C6	50.2	C16	50.3	C26	8.1	C36	37.4
C7	45.1	C17	45.5	C27	17.9		
C8	49.5	C18	48.9	C28	21.1		
C9	53.1	C19	52.5	C29	19.6		
C10	47.7	C20	48.2	C30	20.1		

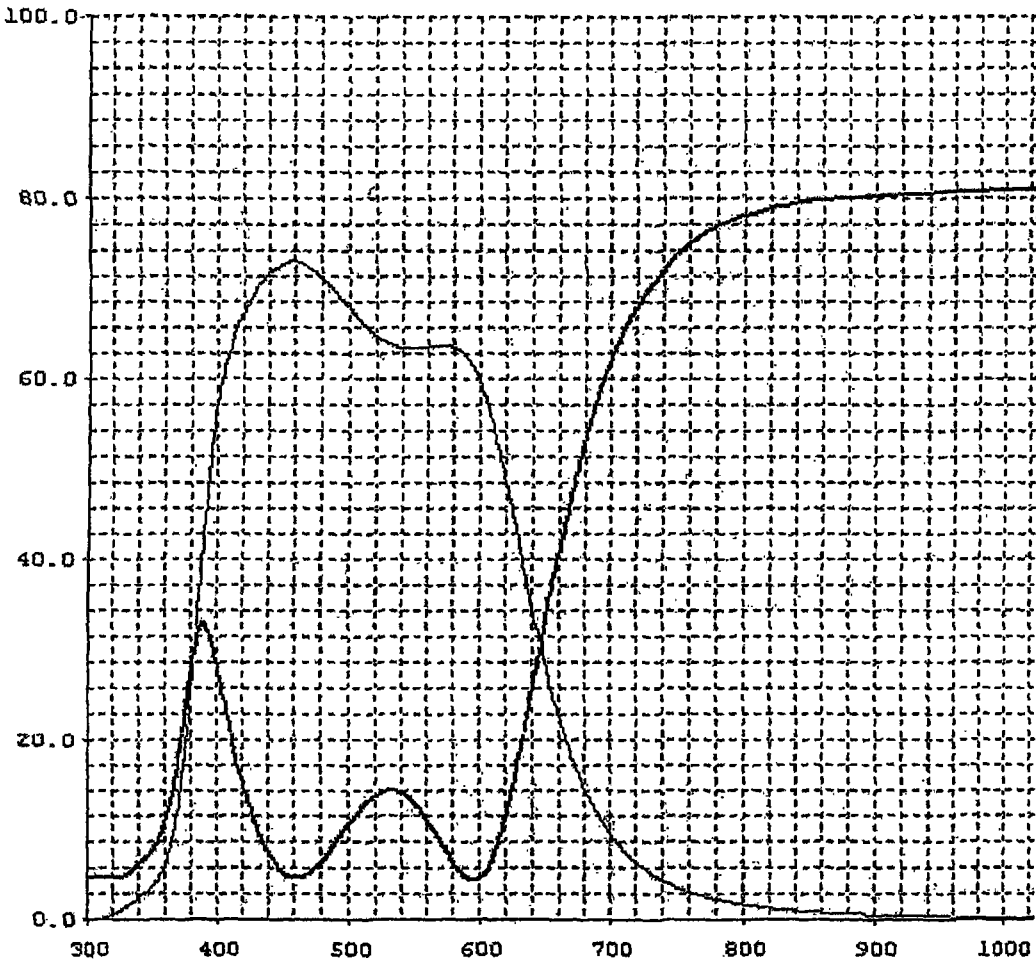
图 5 示意地图示了具有根据本发明某些实施方案的多腔低辐射涂层的多板隔热玻璃单元。这里，多腔低辐射涂层 7 在 IG 单元 3 的#2 表面上，且#1 表面暴露到外部环境。这里的 IG 单元包括通过两层密封剂 1700、1800 的沉积粘在两层玻璃 12、12'之间的间隔层 130。间隔层可选地为窗框、框架等的组成部分。此外，可选地可以使用密封剂的单沉积(single deposit)。在这种实施方案中，IG 单元优选设置在将 IG 单元保持在所示/所述的构造中的窗框和/或框架上。

尽管描述了本发明的一些优选的实施方案，但应该理解在不背离本发明的精神以及所附的权利要求书的范围的情况下可以在本发明中作出各种改变、适应和修改。



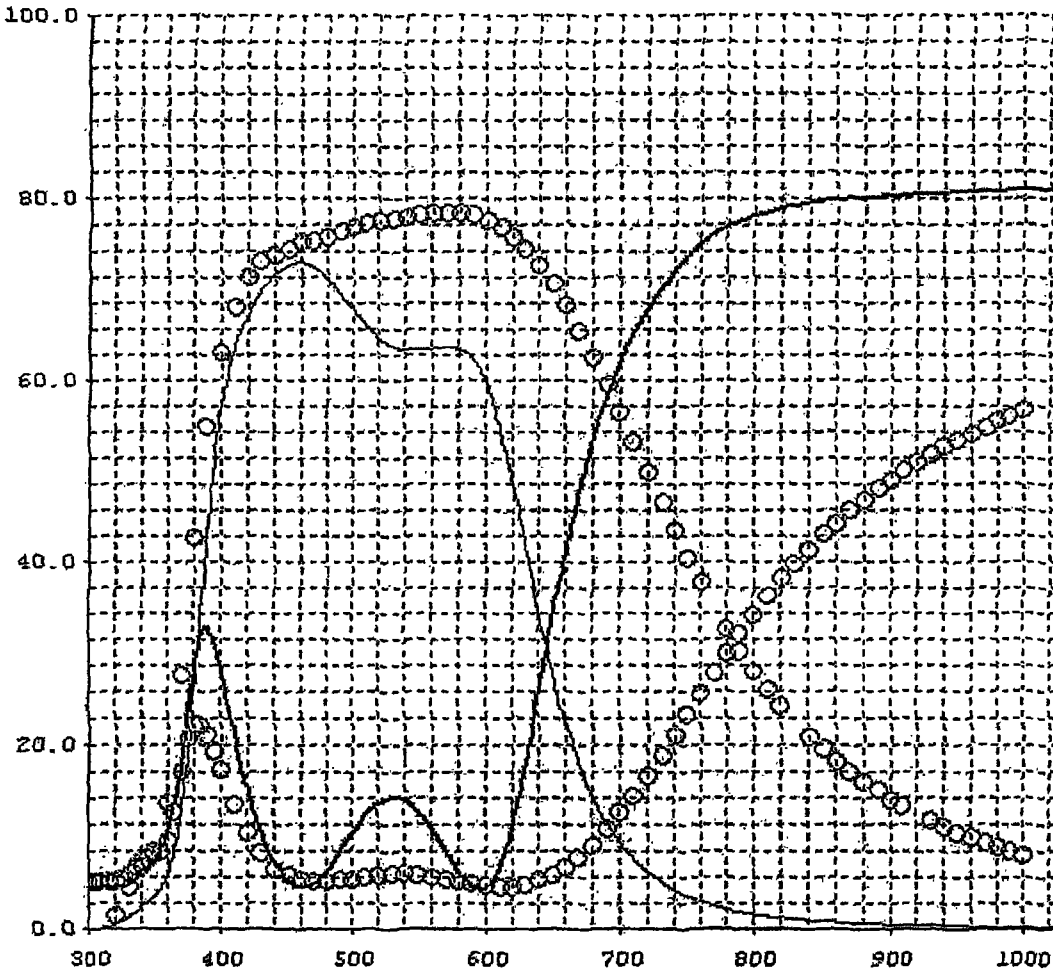
反射率(%)和透射率(%)与波长的关系

图1



反射率(%)和透射率(%)与波长的关系

图2



反射率 (%) 和透射率 (%) 与波长的关系

图3

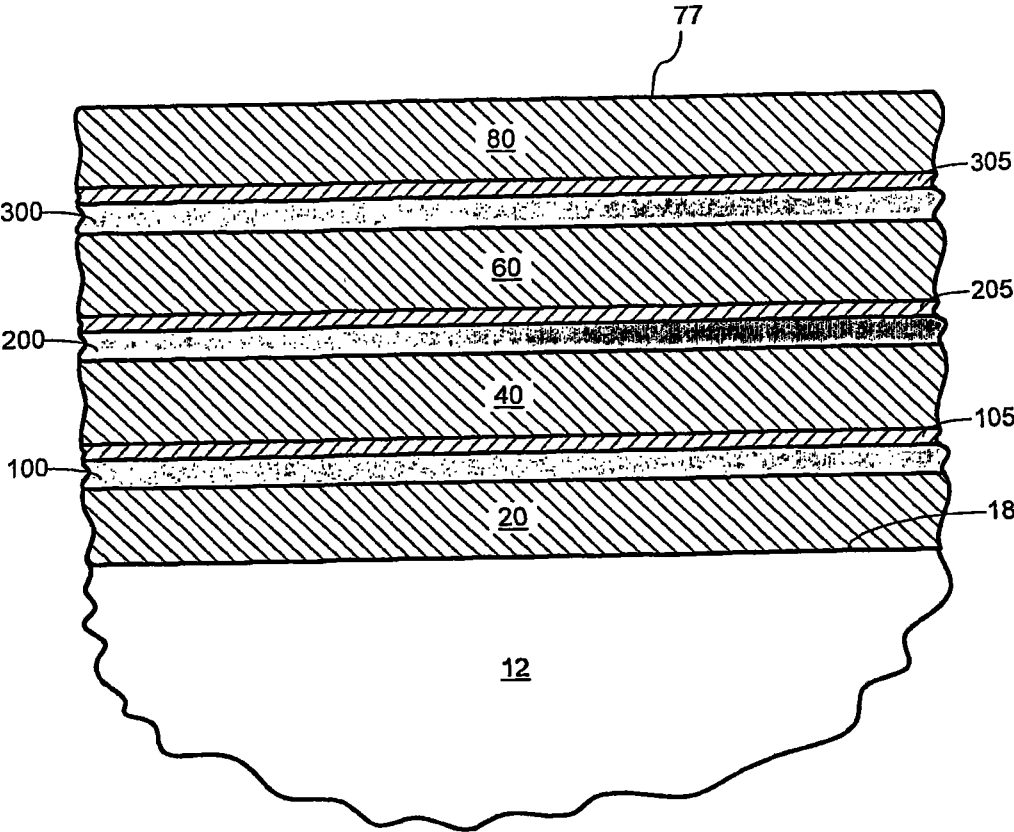


图4

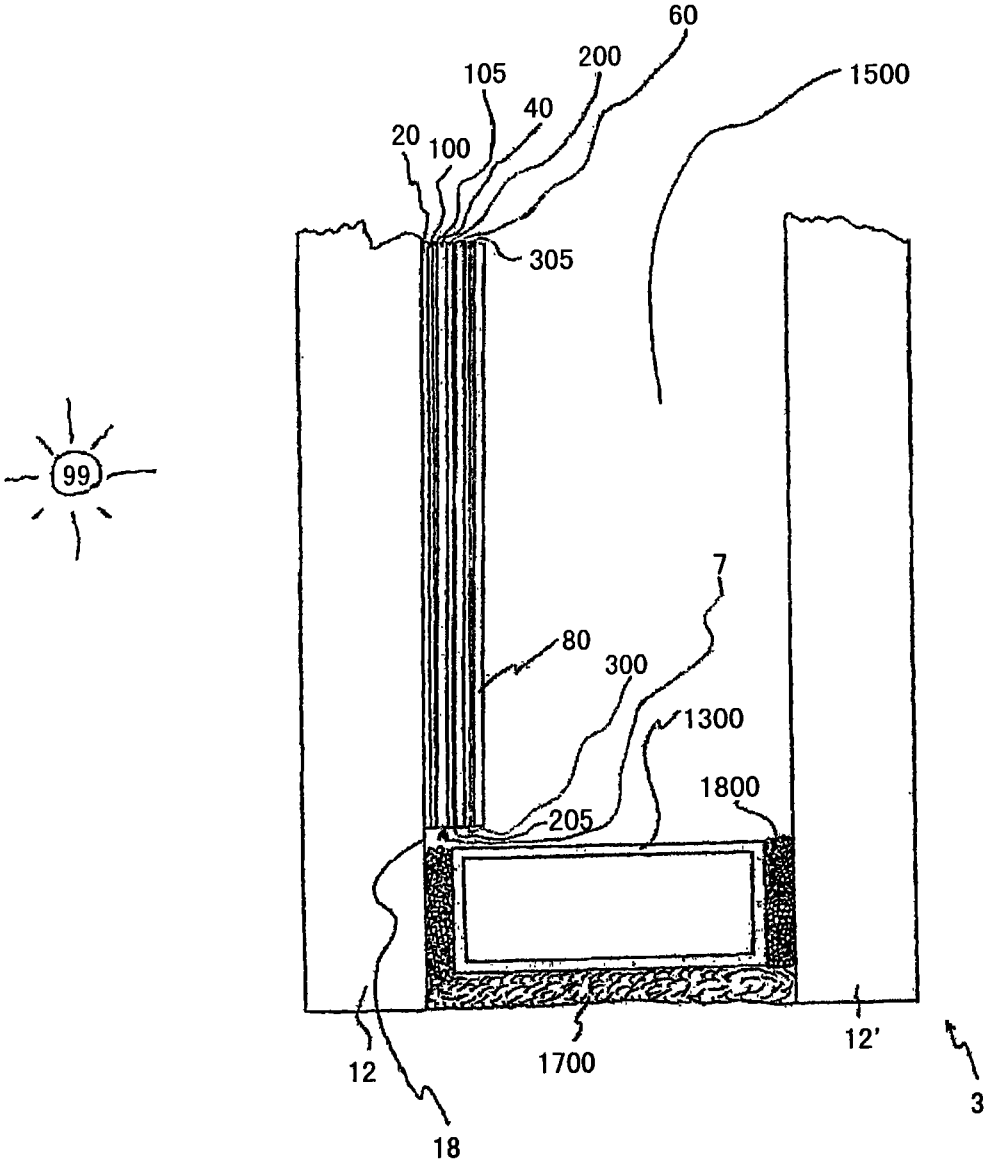
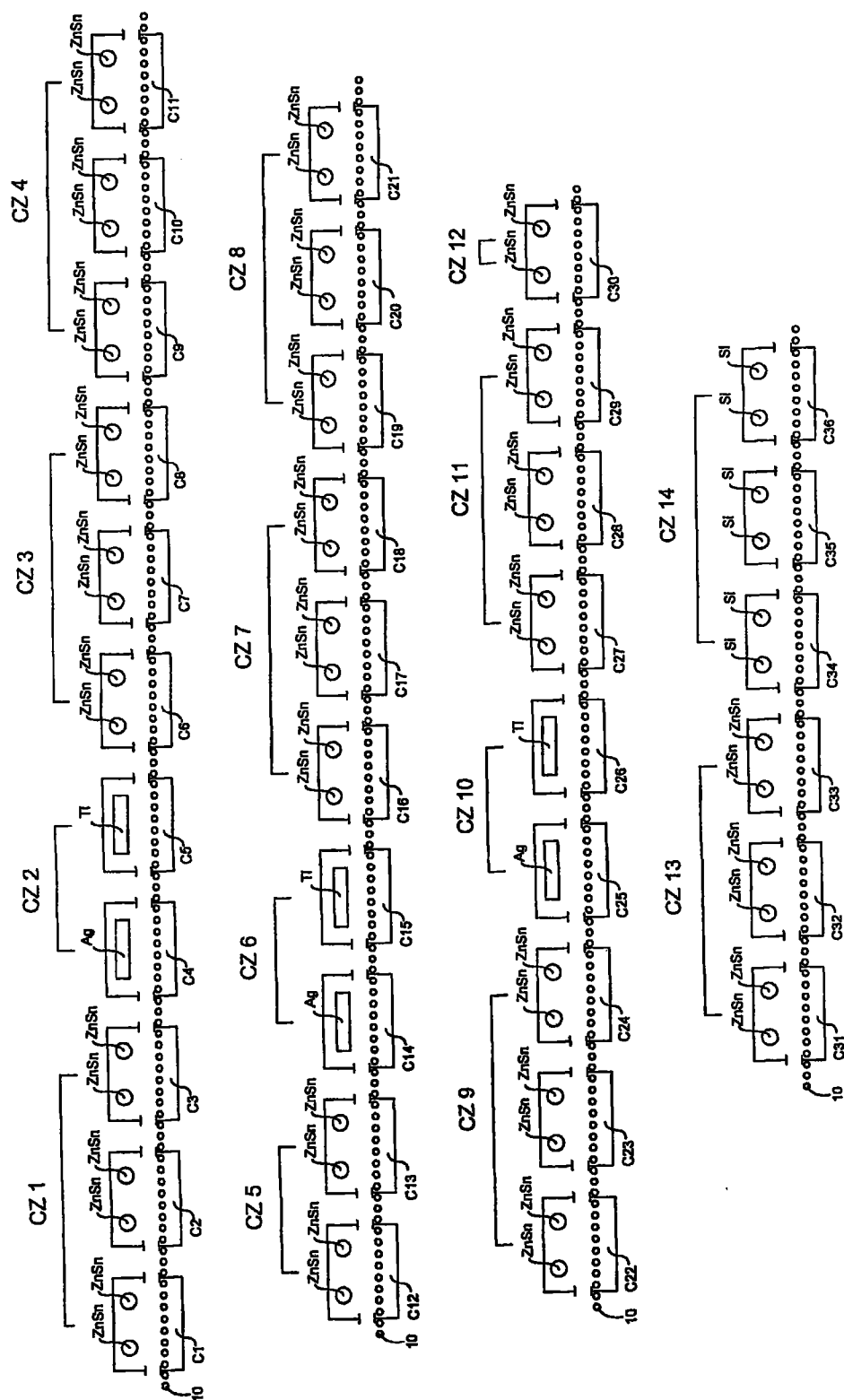


图5



6
