



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 95197156.5

[43] 授权公告日 2003 年 3 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1102743C

[22] 申请日 1995.10.30 [21] 申请号 95197156.5

[30] 优先权

[32] 1994.10.31 [33] US [31] 08/332,291

[86] 国际申请 PCT/US95/14688 1995.10.30

[87] 国际公布 WO96/13688 英 1996.5.9

[85] 进入国家阶段日期 1997.6.28

[71] 专利权人 维拉特克薄膜有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 E·J·比约纳德

小·W·A·梅雷迪思

审查员 杜广元

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

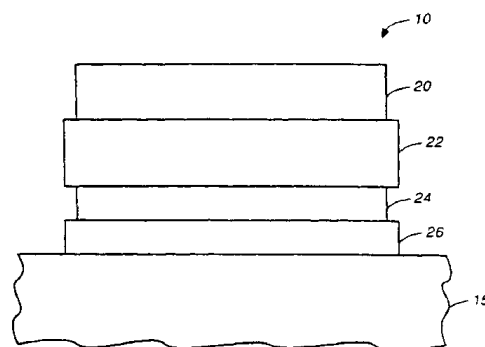
代理人 林蕴和

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称 用于温敏基底的防反射涂层

[57] 摘要

一种用于温敏基底(15)如塑料的多层防反射涂层(10)。一层是可以迅速沉积的并且不传给基底大量热的直流反应溅射金属氧化物。另一层的折射率比基底低。



1. 一种涂层制品, 它包括:
 - 一种熔点比玻璃低的温敏基底;
 - 一种包括对可见光基本透明的多层防反射涂层, 至少一层所述的层
- 5 是折射率比所述基底高的直流反应溅射材料。它选自氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺锑的氧化锡、锡-铋氧化物和锡-锌氧化物, 并且至少另一层的折射率比所述基底低。
2. 权利要求1的制品, 其中所述的基底是塑料。
3. 权利要求1的制品, 其中所述的另一层基本是二氧化硅。
- 10 4. 权利要求3的制品, 其中所述的直流反应溅射材料是氧化锡。
5. 权利要求3的制品, 其中所述的直流反应溅射材料是掺锡的氧化铟。
6. 权利要求1的制品, 其中所述的直流反应溅射材料的折射率为1.9 ~ 2.2。
- 15 7. 权利要求1的制品, 其中所述的多层为4层, 其顺序号以距基底最远的那层开始, 称为第一、第二、第三和第四层;
 - 所述第一层的折射率比所述的基底低, 在波长480 ~ 560nm下光学厚度为约1/4波长;
 - 所述的第二层的折射率比所述的基底高, 在波长480 ~ 560nm下光
- 20 学厚度为约1/4 ~ 1/3波长;
 - 所述的第三层的折射率比所述的第二层低;
 - 所述的第四层的折射率比所述的第三层大;
 - 所述的第三和第四层的总光学厚度在波长480 ~ 560nm下比1/4波长低; 和
- 25 所述的第二、第四层的至少一层是所选择的溅射材料。
8. 用于基底的防反射涂层, 它包括:
 - 对可见光基本透明的四层涂层, 其顺序号以距基底最远的那层开始, 称为第一、第二、第三和第四层;
 - 所述第一层的折射率比所述的基底低, 在波长480 ~ 560nm下光学
- 30 厚度为约1/4波长;
 - 所述的第二层的折射率比所述的基底高, 在波长480 ~ 560nm下光

学厚度为约 $1/4 \sim 1/3$ 波长;

所述的第三层的折射率比所述的第二层低; 所述的第四层的折射率比所述的第三层大;

所述的第三和第四层的总光学厚度在波长 $480 \sim 560\text{nm}$ 下比 $1/4$ 波长低; 和

所述的第二、第四层的至少一层是选自氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺铟的氧化锡、锡-铋氧化物和锡-锌氧化物的直流反应溅射材料。

9. 权利要求 8 的涂层, 其中所述第二和第四层两者均是直流反应溅射材料, 它们选自氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺铟的氧化锡、锡-铋氧化物和锡-锌氧化物。

10. 权利要求 9 的涂层, 其中所述的第一和第三层基本由二氧化硅组成。

11. 权利要求 10 的涂层, 其中所述的第二和第四层的所述的直流反应溅射材料是氧化锡。

12. 权利要求 11 的涂层, 其中所述的第一层的物理厚度为约 94.2 纳米, 所述的第二层的物理厚度为约 76.4 纳米, 所述的第三层的物理厚度为约 31.9 纳米, 所述的第四层的物理厚度为约 20.3 纳米。

13. 权利要求 11 的涂层, 其中所述的第一层的物理厚度为约 92.2 纳米, 所述的第二层的物理厚度为约 78.1 纳米, 所述的第三层的物理厚度为约 32.2 纳米, 所述的第四层的物理厚度为约 18.6 纳米。

14. 一种制造涂层制品的方法, 它包括如下步骤:

提供一种熔点比玻璃低的温敏表面; 和

将包括对可见光基本透明的多层的防反射涂层, 沉积在所述表面上, 所述的沉积步骤包括:

直流反应溅射选自氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺铟的氧化锡、锡-铋氧化物和锡-锌氧化物的材料, 和

至少沉积另一层, 其折射率不同于所述的直流反应溅射材料。

用于温敏基底的防反射涂层

发明背景

5 概括地说, 本发明涉及用于基底的多层防反射涂层, 更具体地说, 涉及由直流反应溅射沉积在温敏基底上的多层防反射涂层。

最简单的防反射涂层是折射率比其所沉积的基底低的透明材料的单层涂层。在波长约 520 纳米 (nm) 下, 即约在可见光谱的中间值下, 这样一层的光学厚度可以为约 $1/4$ 波长。可见光谱波长为约 420nm 至约 10 680nm。在某涂层的光学厚度是某波长的 $1/4$ 的那个波长下, 该单层涂层的反射值最小。在所有其他波长下, 反射均比该最小值高, 但是比未涂层基底的反射低。折射率为约 1.52 的未涂层玻璃表面反射约 4.3 % 的垂直入射光。

多层防反射涂层是通过将两层或两层以上透明绝缘材料沉积在基底 15 上制备的。至少一层的折射率比基底高。该层系统通常包含至少三层, 并且设计成在可见光谱的所有波长下均减少反射。多层防反射涂层在可见光谱范围内可产生的反射值为 0.25 % 以下。

大多数多层防反射涂层是由基本三层系统得到的。该系统的第一层即最外层的折射率比基底低, 在波长约 520nm 下, 其光学厚度为约 $1/4$ 20 波长。第二层即中间层的折射率比基底高, 在波长约 520nm 下, 其光学厚度为约 $1/2$ 波长, 第三层, 即沉积于基底的那层, 折射率比基底大, 但比第二层低。在波长约 520nm 下, 第三层的光学厚度也是约 $1/4$ 波长。该基本设计首先在 Lockhart 和 King 的论文“三层减反射涂层”中被叙述, 美国光学学会会志 (J. Opt. Soc. Am) 第 37 卷, 第 689 ~ 694 页 (1947)。

25 基本三层系统的缺点是, 为产生最佳性能, 各个层的折射率必须具有特定数值。第三层的折射率的选择和控制是特别重要的。特定折射率数值的偏差不能用改变层厚补偿。

为克服这些缺点, 对 Lockhart 和 King 系统进行了各种改进。例如: 通过形成至少一层涂层由折射率分别比该层所需要的数值高和低的两种 30 材料的混合物组成的涂层, 改进了该层系统。一层或一层以上的折射率也通过使用具有与所需要层的光学厚度相同的总光学厚度的较薄层的组

合来模拟，但是所包括的层的折射率有的比所需数值高，而有的比所需数值低。

其他改进方法包括将一层或一层以上的折射率作为厚度的函数来改变，即在厚度方向上使层的折射率不均匀。美国专利 3,960,441 叙述了这个方法。另一种改进是在基本三层系统和基底之间使用另一层。这另一层的光学厚度可为约 $1/2$ 波长，即约为基本系统厚度的 $1/2$ ，而其折射率比基底低。该改进方法公开在美国专利 3,781,090 中。

以上讨论的层系统一般采用热蒸发沉积。在热蒸发中，沉积各层所需要的时间仅为总生产时间的较小部分。生产时间可以由下述因素决定，如涂层室降压时间、将基底加热至加工温度所需要的时间以及涂层后冷却基底需要的时间。涂层层数、层厚和层材料对生产时间乃至成本都不能有大的影响。

直流反应溅射是工业上大面积涂层操作最经常使用的方法。例如：金属氧化物层是由在含有氧气氛中溅射适当的金属沉积的。在反应溅射工艺中，待涂层制品经过一系列串联真空室，每个室均有溅射源，即溅射阴极。这些室通过真空阀被彼此隔开。这种系统可称为串联系统或简称为玻璃涂层器。

沉积各层花费的时间主要决定于层数和材料的溅射速率。使用玻璃涂层器沉积多层防反射涂层可以大大降低其成本、扩大其应用范围。这类涂层可以应用于陈列的画框玻璃，也可用做建筑和汽车窗用玻璃的热控涂层。

在热蒸发工艺中使用的许多材料，特别是氟化物和硫化物，是不易溅射的。相反，通常使用于建筑玻璃溅射系统的少数材料如氧化锌（ ZnO ），在热蒸发工艺中（如果曾被使用过）则是极易溅射的。不同材料的溅射速率可以以大于 20 的因数改变。所以材料的选择对沉积时间和制造成本能有很大影响。在多室串联溅射系统中，可以安排每室沉积一种具体材料。这样，能够沉积的层数是由室数决定的。所以为溅射沉积而设计的涂层应尽可能简单。假如可能，也应该以具有高溅射速率的材料制备。

美国专利 3,432,225 叙述了一项适用于串联溅射的对于 Lockhart 和 King 系统的简单改进。特此引用该专利的全部公开内容作为参考。该系统称为 Rock 系统，包括 4 层。第一层即最外层的折射率比基底低，在波

长约 520nm 下光学厚度为约 $1/4$ 波长。第二层即中间层的折射率比基底高，在波长约 520nm 下光学厚度为约 $1/2$ 至 $6/10$ 波长。第三层的光学厚度在波长约 520nm 下为约 $1/10$ 波长，其折射率比第二层低。第四层的光学厚度为约 $1/10$ 波长，折射率比第二层和基底大。第三层可以是与第一层相同的材料，第四层可以是与第二层相同的材料。

Rock 系统可以使用材料的不同组合。可以用不同层厚补偿折射率差异。具体地说，对于选择的一组材料，可以调节 Rock 系统的层厚，以便提供最佳性能。对于各层不要求特定的折射率值。假若外层使用了折射率较高的材料，那末第二层的折射率也需要较高，以便得到最低反射率。但是，为了得到最低的反射值，第一层和第三层的折射率应低于约 1.5，第二层和第四层的折射率应大于约 2.2。适用于溅射的 Rock 系统，第一层和第三层可以使用在 520nm 下折射率为约 1.46 的二氧化硅 (SiO_2)，第二层和第四层可用在 520nm 下折射率为约 2.35 的二氧化钛 (TiO_2)。

氟化镁 (MgF_2) 也能被用于形成外层和第三层。它可以通过溅射而被沉积，但需要含有氟或氟化氢的反应性气氛。

Rock 系统是简单的，因为它只有四层。然而，由于它需要折射率较高的材料，例如二氧化钛，所以难以得到高溅射速率。一般，从钛反应溅射的二氧化钛的沉积速率仅为从硅反应溅射二氧化硅的 $1/4$ 。对于使用二氧化钛和二氧化硅的 Rock 系统，沉积二氧化钛花费的时间是沉积二氧化硅的约 4 倍。

Rock 系统可能要求二氧化钛和二氧化硅的厚度大致相等。溅射二氧化硅的速度可以是二氧化钛的 4 倍。为了以最佳速度操作，玻璃涂层器需要的二氧化钛溅射阴极为二氧化硅的 4 倍。然而涂层器不能有足够的室容纳所有这些二氧化钛阴极。因此，必须把二氧化硅的沉积速率降低至与二氧化钛的沉积速率“相一致”。这样使产量降低，使生产成本增加。

一般认为，能由直流反应溅射以高速率沉积的材料具有较低折射率。比较沉积速率在溅射源与源之间可稍有差异。所使用的机器和阴极类型也可以影响这些结果。比较如下近似速率用于说明该通则。所列的折射率数值是在约 520nm 波长下的近似值。二氧化钛折射率为约 2.35，氧化钽 (Ta_2O_5) 折射率为约 2.25。氧化钽可以以二氧化钛沉积速率的约 2 倍沉积。氧化锆 (ZrO_2) 折射率为约 2.15，可以以二氧化钛速率的

约 2 倍沉积。氧化锡折射率为约 2.0，可以以二氧化钛速率的约 10 倍沉积。氧化锌的折射率为约 1.90，可以以二氧化钛速率的约 15 倍沉积。

在防反射涂层中可以包含诸如氧化锌或氧化锡的一层材料，以便使涂层成为导电的。通过将铝掺入氧化锌可以使氧化锌成为导电的，将铟掺入氧化锡，使氧化锡导电。这类掺杂材料的折射率仍为约 2.0。折射率为约 2.0 的其他透明导电材料包括氧化镉锡（锡酸镉）和氧化铟锡（ITO）。

在 Rock 型防反射涂层中使用高折射率材料的问题是，这类材料沉积较慢，并且将大量热传给待涂层的基底。虽然直流反应溅射材料如二氧化钛、五氧化铌或五氧化钽或相似材料的折射率高于 2.2，但这类材料将如此多的热传给基底，以致只有高熔点基底如玻璃才适用。因为沉积过程较缓，而有较多传热时间，并且因为材料较硬，在较高温度下才能溅射，所以将大量热传到基底。因此，难以将防反射涂层沉积在温敏基底如塑料上。温敏基底是指熔点或燃点比玻璃的软化点低的一种基底。就防反射涂层而论，通常使用的玻璃是钠钙浮法玻璃，其软化点为约 620℃。

所以，本发明的目的是提供用于温敏基底如塑料的防反射涂层。

本发明的另一个目的是提供一种在串联反应溅射装置中能经济大批量生产的防反射涂层。

本发明的再一个目的是提供一种使用能快速溅射的材料的防反射涂层，以便减少传到基底的热量。

本发明还有一个目的是提供一种防反射涂层，其中至少一层是氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、铋-锡氧化物、锌-锡氧化物或掺铟的氧化锡。

本发明的另外目的和优点将在下文中提出。部分内容从叙述中显而易见，或者可以通过实施本发明认识到。本发明的目的和优点可以借助权利要求中特别指出的手段和组合而被认识和获得。

发明概述

本发明的目的是用于温敏基底的防反射涂层，以及具有带该防反射涂层的温敏基底的制品。防反射涂层包括对可见光基本透明的两层或两层以上涂层。其中一层是可以很快沉积的并且不将大量热传给基底的溅射金属氧化物。适用的金属氧化物包

括氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺锑的氧化锡、铋-锡氧化物和锌-锡氧化物。另一层的折射率比基底低。

- 防反射涂层可以有四层，从距离基底最远的一层开始，以连续数码，分别称之为第一、第二、第三及第四层。第一层的折射率比基底低，光学厚度为约 $\lambda_0/4$ 。第二层的折射率比基底高，光学厚度为 $\lambda_0/4 \sim \lambda_0/3$ 。第三层的折射率比第二层低，而第四层折射率比第三层大。合起来，第三层和第四层的总光学厚度小于 $\lambda_0/4$ 。设计波长 λ_0 为 480 - 560nm。第二层和第四层中的至少一层，优选两层，由金属氧化物层组成，如氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺锑的氧化锡、铋-锡氧化物和锌-锡氧化物。

附图简述

详述中所包括的并构成其一部分的附图，与上述概述和下述优选实施方案的详述一起，示意说明了本发明的优选实施方案，并用于解释本发明的原理。

- 图 1 示意说明在温敏基底上的四层防反射涂层。

图 2 图示说明，对于无防反射涂层的基底、使用了二氧化钛的具有四层防反射涂层的基底和具有按照本发明的四层防反射涂层的基底，所计算的反射值与波长的函数关系。

发明详述

- 本发明的目的是至少包括一层直流反应溅射的金属氧化物层的多层防反射涂层。金属氧化物层必须迅速沉积，这样只有少量热传递到作基础的基底。通常软金属具有快的金属氧化物沉积速率。“沉积速率快”意谓沉积该层能比二氧化钛至少快五倍，可能达到快 20 或 50 倍。另外，金属氧化物层对可见光必须是基本透明的。适用的金属包括锡、铟、锌、掺锡的铟、掺锑的锡、铋-锡和锌-锡。对金属氧化物层的另一个要求是，它具有相当高的折射率。尽管如二氧化钛有一高于 2.2 的折射率，但由于如此材料沉积太慢而不适用。适用的金属氧化物层的折射率应为 1.95 - 2.2。

- 按照本发明的防反射涂层可有两层或两层以上对可见光是基本透明的。外层应是折射率比基底低的绝缘材料，如二氧化硅。内层应是折射率相当高的可迅速沉积而不将大量热传给基底的金属氧化物。

因为只有少量的热传到基底，温敏基底如塑料可以用这种防反射涂

层覆盖，涂层可以覆盖塑料表面如聚碳酸酯、丙烯酸塑料、聚苯乙烯、聚乙烯和 CR39。一般，塑料的折射率为 1.43 ~ 约 1.62。

如图 1 所示，本发明可以取 Rock 型防反射涂层的形式。涂层 10 可以在塑料基底 15 上形成。基底的折射率在约 510nm 波长下为约 1.5。

5 本发明的四层涂层包括层 20、22、24 和 26。层 20、22、24 和 26 可以用其光学厚度和其物理厚度两方面描述。光学厚度是层的物理厚度及其折射率的数学乘积。光学厚度被描述为设计波长 λ_0 的几分之一。在本发明中， λ_0 可以是约 480 ~ 560nm 范围内的某一波长，约相当于可见光谱的中间值。具体设计波长 λ_0 的选择随涂层必须有效的波长范围而定。10 优选 λ_0 为约 510 ~ 520nm。

第一层即最外层 20 的折射率低，优选较基底 15 低。在设计波长 λ_0 下，层 20 的光学厚度为约 1/4 波长。第二层 22 的折射率比基底高。在设计波长 λ_0 下，第二层 22 的光学厚度为约 1/4 ~ 1/3 波长。这可以与利用二氧化钛的第二层为 1/2 波长或甚至 1/2 波长以上的传统 Rock 型光学涂层形成对照。15 第三层 24 的折射率较第二层低，可以等于第一层的折射率。第三层 24 的光学厚度在设计波长 λ_0 下为 1/10 波长或低于 1/10 波长。与基底相邻的第四层即最内层 26 的折射率比基底大。第四层 26 的折射率可以等于第二层 22 的折射率。第四层 26 的光学厚度在设计波长 λ_0 下可以为约 1/10 波长。层 24 和层 26 的总光学厚度在设计波长 λ_0 下通常小于约 20 1/4 波长，并且更优选约 1/6 波长。层 20 和 22 的折射率必须具有特殊关系，以便在可见光谱范围中得到最低反射。第一层和第三层的折射率可为约 1.2 ~ 1.5，而第二层和第四层的折射率可为约 1.9 ~ 2.2。

在直流反应溅射涂层中，层 20 和 24 的优选材料是二氧化硅。优选该材料是因为它耐用并且易通过直流反应溅射沉积。二氧化硅的折射率 25 在波长约 520×10^{-9} 米下约为 1.46。

层 22 和 26 是直流反应溅射金属氧化物层。层 22 或 26 之一是可快速沉积的金属氧化物层，如氧化锡、氧化铟、氧化锌、掺锡的氧化铟、掺铟的氧化锡、铋-锡氧化物和锌-锡氧化物。为了减少传到基底的热量，优选较厚层即第二层选自该组。然而更优选为第二层 22 和第四层 26 30 两者都选自该金属氧化物组。

金属氧化物层可以是导电的或绝缘的。优选将氧化锡用于绝缘金属氧化物层。优选将掺锡的铟用于导电金属氧化物层。

本发明在相对折射率顺序和光学厚度范围方面已被描述。各层的准确物理厚度和光学厚度随所使用的材料和所需要的性能而定。另外，对于一所选定层的不同沉积方法也可以得到不同的折射率值。

人眼对可见光某些波长比其他波长更敏感。测量防反射涂层效率的一种方法是比较涂层的亮度。亮度是涂层在可见波长范围内反射的集合（以人眼的反应能力判断）。

图2表示对于三种不同系统计算的折射性能。曲线30示出无任何防反射涂层的平面玻璃或塑料基底的反射率。就折射率为约1.5的玻璃或塑料基底而论，在整个可见光谱范围中约4.3%反射。如曲线30所示，虽然玻璃和塑料两者对光谱的蓝端反射率稍高，但是折射率可近似为一单一值。未涂层基底的亮度为约4.3%。

曲线33表示，对于按照Rock构成的使用二氧化钛层的四层防反射涂层的玻璃基底，反射率与波长的函数关系，如以下所述，参见表1。曲线36表示，对于按照本发明构成的利用了可以迅速沉积的氧化锡层的具有四层涂层的塑料基底，反射率与波长的函数关系。

在表1的实例中，形成层20和24的材料是二氧化硅，其折射率为约1.46，而形成层22和26的材料是二氧化钛，其折射率为约2.35。利用了两层二氧化钛的四层涂层的亮度约为0.10%。这比起无防反射涂层的玻璃基底来在亮度方面改善了40倍。

20

表 1

	材料	在 550nm 下的 折射率	厚度 (nm)	光学厚度 $\lambda_0=550\text{nm}$
	空气	1.0		
1	SiO ₂	1.48	88.97	0.239
2	TiO ₂	2.38	105.78	0.459
3	SiO ₂	1.48	30.89	0.083
4	TiO ₂	2.38	12.31	0.053
	基底	1.52		

按照本发明构成的涂层10的两个具体实例叙述如下，参见表2和表3。图2中的曲线36是表2实施方案的计算性能。表3的实施方案的计

算性能实际上与曲线 36 所表示的表 2 实施方案的性能相同，所以未表示出。

在表 2 的实施方案中，第一层 20 和第三层 24 是二氧化硅（ SiO_2 ），而第二层 22 和第四层 26 是氧化锡（ SnO_2 ）。在参考波长 λ_0 为 510×10^{-9} 米下，二氧化硅层折射率为约 1.48，氧化锡层为约 2.13。第一层为 94.16×10^{-9} 米厚，第二层为 76.35×10^{-9} 米厚，第三层为 31.87×10^{-9} 米厚，第四层为 20.29×10^{-9} 米厚。该涂层的计算亮度为约 0.19 %。这与没有防反射涂层的塑料基底比起来在亮度方面改善了约 20 倍，并可与表 1 涂层相匹敌。

10

表 2

	材料	在 550nm 下的折射率	厚度 (nm)	光学厚度 $\lambda_0=550\text{nm}$
	空气	1.0		
1	SiO_2	1.48	94.16	0.253
2	SnO_2	2.00	76.35	0.278
3	SiO_2	1.48	31.87	0.086
4	SnO_2	2.00	20.29	0.074
	基底	1.52		

在表 3 的实施方案中，二氧化硅用于第一层 20 和第三层 24，氧化锡用于第二层 22 和第四层 26。在参考波长 λ_0 为 550×10^{-9} 米下，二氧化硅层的折射率为约 1.48。在参考波长为 550×10^{-9} 米下，氧化锡层的折射率为约 2.0。第一层为 92.22×10^{-9} 米厚，第二层 78.13×10^{-9} 米厚，第三层为 32.21×10^{-9} 米厚，第四层为 18.64×10^{-9} 米厚。该实施方案的计算亮度为约 0.22 %，这与表 2 实施方案大致相同。

15

表 3

	材料	在 510nm 的折射率	厚度 (nm)	光学厚度 $\lambda_0=510\text{nm}$
	空气	1.0		
1	SiO ₂	1.48	92.22	0.268
2	SnO ₂	2.13	78.13	0.302
3	SiO ₂	1.48	32.21	0.094
4	SnO ₂	2.13	18.64	0.072
	基底	1.52		

用掺锡的氧化铟层代替一层或两层氧化锡层，可以构成用于温敏基底的导电涂层。在表 4 实施方案中，二氧化硅用于第一层 20 和第三层 24，掺锡的氧化铟用于第二层 22，氧化锡用于第四层 26。这个实施方案计算亮度近似为 0.20 %。

表 4

	材料	在 550nm 下 的折射率	厚度 (nm)	光学厚度 $\lambda_0=550\text{nm}$
	空气	1.0		
1	SiO ₂	1.48	92.02	0.248
2	ITO	2.04	76.11	0.282
3	SiO ₂	1.48	28.35	0.076
4	SnO ₂	2.00	22.83	0.083
	基底	1.52		

10 可以按照本发明构成用于具有低折射率的塑料基底的绝缘涂层。在表 5 的实施方案中，基底 15 是折射率为 1.475 的丙烯酸塑料。二氧化硅用于第一层 20 和第三层 24，氧化锡用于第二层 22 和第四层 26。本实施方案的计算亮度为约 18 %。

表 5

	材料	在 550nm 下 的折射率	厚度 (nm)	光学厚度 $\lambda_0=550\text{nm}$
	空气	1.0		
1	SiO ₂	1.48	93.54	0.252
2	TiO ₂	2.00	76.35	0.278
3	SiO ₂	1.48	35.10	0.094
4	TiO ₂	2.00	19.13	0.070
	基底	1.52		

5 本发明的涂层中使用的金属氧化物的沉积速率很高，比二氧化钛约高 5 ~ 50 倍，可以等于或超过二氧化硅的溅射速度。因此，本发明的涂层可在一台基底以高的恒定线速度运动的串联装置中沉积。这样因为生产速度较高，大大降低了生产成本。

10 例如，在含氩和氧的大气中，如表 2 涂层通过直流反应溅射可将二氧化硅和氧化锡涂层沉积在线速度为 80 英寸/分钟的 42 英寸 × 50 英寸的基底上。串联机器可以有一个在约 8KW 下操作的锡阴极、二个每个均在约 15KW 下操作的硅阴极、二个每个均在约 10KW 下操作的锡阴极，最后还有六个每个均在约 15KW 下操作的硅阴极。

15 沉积本发明的金属氧化物层仅使用以相同线速度操作的二氧化钛层所需要的输入功率的约 2 %。例如，为沉积二氧化硅层和二氧化钛层的涂层，如表 1 的防反射涂层，在线速度 80 英寸/分下，串联涂层器至少需要 7 个每个均在 150KW 下操作的钛阴极。所以，按照本发明构成的涂层传给基底的热，仅为使用二氧化钛的涂层的约 2 %。另外，按照本发明构成的涂层能在合理的输入功率下以主线速度沉积。

20 在优选实施方案方面叙述了本发明。然而，本发明并不限于所叙述的实施方案。确切地说本发明范围以所附的权利要求限定。

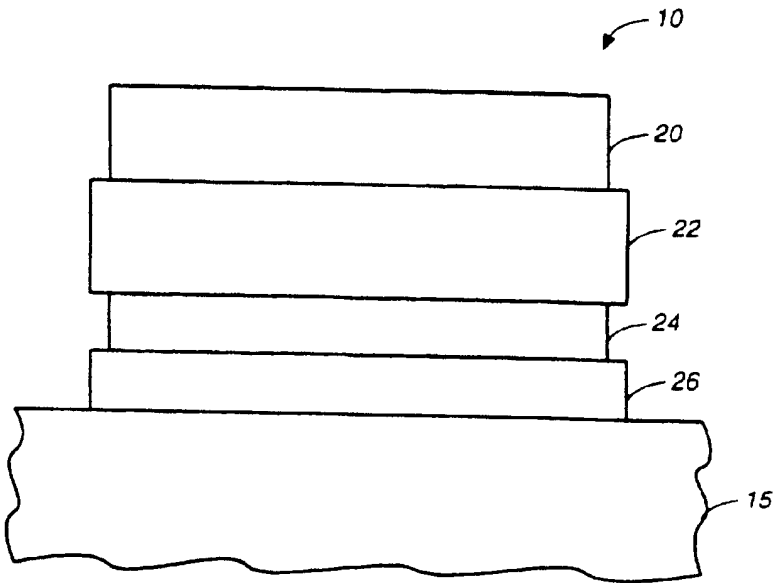


图 1

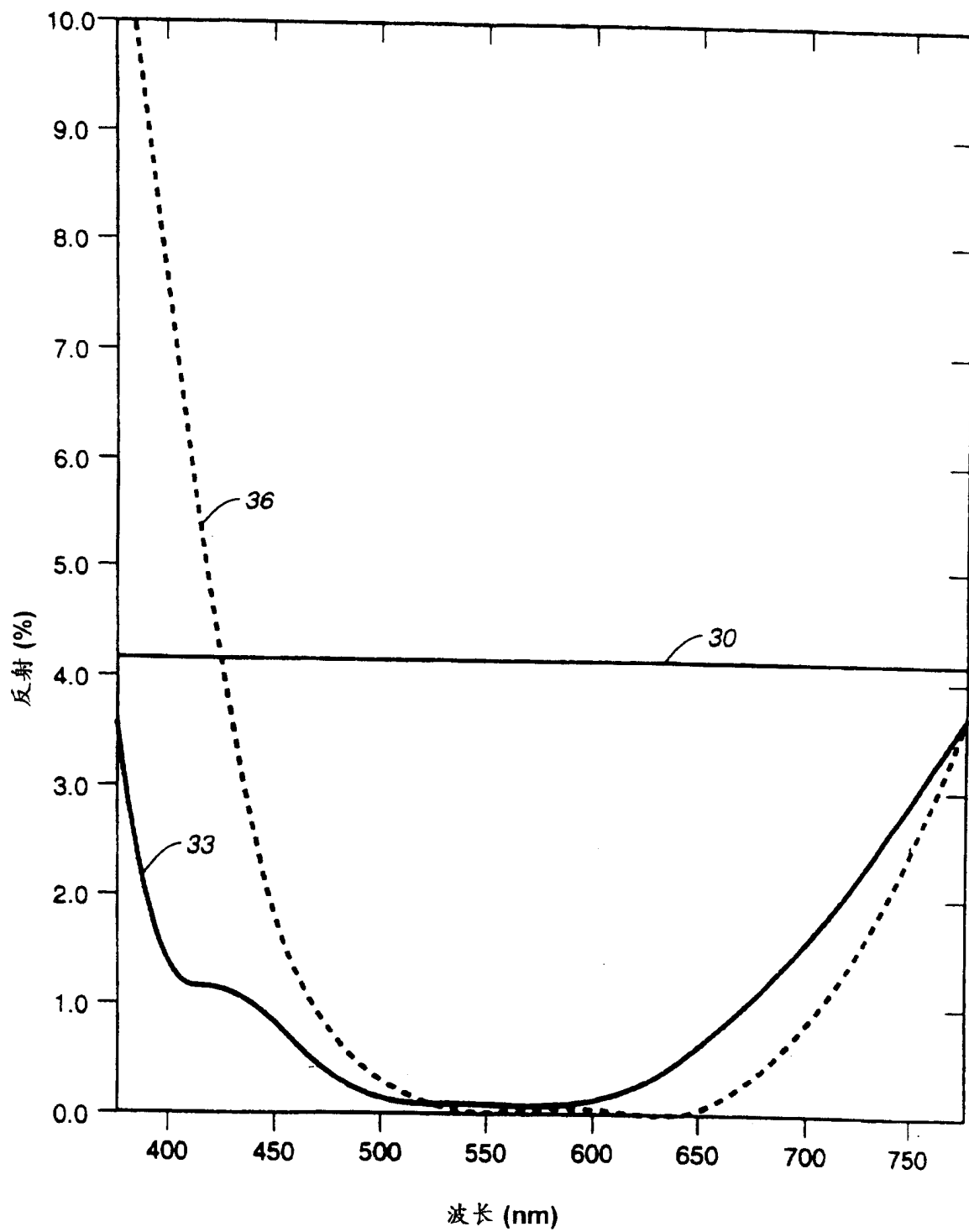


图 2