



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104395066 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201280071821. 3

(22) 申请日 2012. 11. 14

(30) 优先权数据

13/411, 476 2012. 03. 02 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/064979 2012. 11. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/130137 EN 2013. 09. 06

(71) 申请人 PPG 工业俄亥俄公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 克里希纳·K·乌普雷蒂

胡什鲁·H·拉克达瓦拉

亚历山大·比曼安德

(74) 专利代理机构 北京德崇智捷知识产权代理

有限公司 11467

代理人 王金双

(51) Int. Cl.

B32B 3/08(2006. 01)

B32B 3/14(2006. 01)

B32B 3/16(2006. 01)

B32B 15/08(2006. 01)

B32B 15/09(2006. 01)

B32B 15/20(2006. 01)

B32B 27/40(2006. 01)

B32B 15/082(2006. 01)

B32B 15/095(2006. 01)

B32B 17/10(2006. 01)

B32B 17/06(2006. 01)

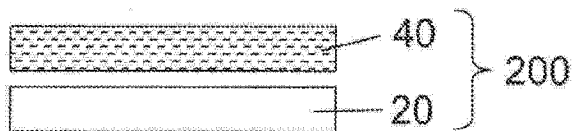
权利要求书2页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

包含喷墨印刷导电路径的透明层叠体及其形成方法

(57) 摘要

本发明公开了一种包括导电网的透明体。该导电网由在聚合物膜上或玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯或聚氨酯基底之上的多条喷墨印刷导电路径形成,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。本发明还公开了一种包括透明体的飞行器,该透明体包括导电网。此外,本发明还公开了一种将聚合物膜及基底层压在一起以制备透明体的方法,其中导电网由多条喷墨印刷导电路径形成于聚合物膜上。



1. 一种透明体,包括:
基底;
聚合物膜,所述聚合物膜在所述基底之上;以及
导电网,所述导电网由在所述聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路形成,
其中至少一条喷墨印刷导电路与至少一条其它喷墨印刷导电路相交。
2. 根据权利要求1所述的透明体,其中配置所述透明体用来提供电磁干扰屏蔽。
3. 根据权利要求1所述的透明体,其中配置所述多条喷墨印刷导电路,当电流通过至少一条喷墨印刷导电路时,通过加热所述透明体而使所述透明体除冰。
4. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述导电网的薄层电阻范围为约0.02至约1000欧姆/平方米。
5. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述多条喷墨印刷导电路包括喷墨印刷金属。
6. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述多条喷墨印刷导电路包括选自铜、金、镍、银及其组合组成的组中的金属。
7. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述聚合物膜包括聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯或聚氨酯。
8. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述基底包括玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯或聚氨酯。
9. 根据权利要求1所述的透明体,还包括:
覆盖层,所述覆盖层在所述聚合物膜之上;
第一粘合膜,所述第一粘合膜在所述覆盖层和所述聚合物膜之间;
第二粘合膜,所述第二粘合膜在所述聚合物膜和所述基底之间。
10. 根据权利要求9所述的透明体,其中所述覆盖层包括玻璃、聚碳酸酯、聚丙烯酸酯或聚氨酯。
11. 根据权利要求9所述的透明体,其中所述第一粘合膜包括聚氨酯、聚乙烯醇缩丁醛或硅胶。
12. 根据权利要求9所述的透明体,其中所述第二粘合膜包括聚氨酯或聚乙烯醇缩丁醛。
13. 根据权利要求1所述的透明体,其中所述透明体具有约60%或更高的可见光透射率。
14. 一种飞行器,包括权利要求1所述的透明体。
15. 一种智能窗,包括权利要求1所述的透明体,其中所述导电网是第一透明电极,且所述智能窗还包括:
透射率控制层,所述透射率控制层在所述第一透明电极之上,配置所述透射率控制层以改变智能窗的透光率;以及
第二透明电极,所述第二透明电极在所述透射率控制层之上。
16. 一种透明体,包括:
基底,所述基底包括玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯或聚氨酯;以及
导电网,所述导电网由所述基底上的多条喷墨印刷导电路形成,

其中至少一条喷墨印刷导电路路与至少一条其它喷墨印刷导电路路相交。

17. 一种制备透明体的方法,所述方法包括:

将聚合物膜和基底层压在一起,

其中导电网由在所述聚合物膜之上的多条喷墨印刷导电路路形成。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中将所述聚合物膜和所述基底层压在一起包括:

将覆盖层,第一粘合膜,所述聚合物膜,第二粘合膜,和所述基底层压在一起。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中将所述覆盖层,所述第一粘合膜,所述聚合物膜,所述第二粘合膜以及所述基底层压在一起包括:

将所述聚合物膜,所述第二粘合膜以及所述基底层压在一起形成层压基底;

将所述覆盖层和所述第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层;以及

将所述层压基底和所述层压覆盖层层压在一起。

20. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述聚合物膜和所述基底层压在一起包括,在约 125 至约 300 °F 的温度范围内加热,并且在约 50 至约 220psi 压力范围内加压约 15 分钟到约 5 小时。

包含喷墨印刷导电路径的透明层叠体及其形成方法

技术领域

[0001] 以下描述主要涉及一种包括导电网的透明体。更具体地说,以下描述涉及一种包括导电网的透明体,该导电网由多条喷墨印刷导电路径形成,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交,并且涉及一种包括该透明体的飞行器或地面车辆。此外,以下描述涉及一种包括导电网的透明体的制备方法。

背景技术

[0002] 导电透明体具有各种用途。例如,导电透明体可以用作飞行器(如,飞机)的顶篷、窗户或挡风玻璃,或者地面车辆的装甲级透明体,例如,AM General HMMWV(“HUMVEE®”)的挡风玻璃或窗户。HUMVEE®是AM General有限责任公司的注册商标。当用作飞机的顶篷、窗户或挡风玻璃,或者用作地面车辆的装甲级透明体时,该透明体最好具有除雾和除冰功能。例如,除了其它之外,除雾和除冰功能可以利用透明体的导电部分(如氧化铟锡(ITO)层或电镀网格)加热透明体(如,窗户或挡风玻璃),从而防止或减少在透明体上形成冰或冷凝物,或者使已经在透明体上形成的冰或冷凝物融化或蒸发来完成。ITO层有时作为装甲级透明体的导电部分。

[0003] 导电透明体最好也能够防止或减少静电荷累积,并且具有电磁干扰(EMI)屏蔽功能,从而避免车辆里的电子系统受电磁干扰。可以通过放出或消除静电来防止或减少静电荷累积,静电是由于静电累积和/或雷击的原因而导致其在透明体上累积。此外,可以防止或减少破坏性电磁辐射(即干扰电子系统的电磁辐射)通过透明体的传播,从而提供EMI屏蔽。

[0004] 典型的飞机透明体包括生产成本低,而且产量低的导电部分。例如,透明体的导电部分可以是编织的电线网。此外,一些飞机窗户包括电镀网格,需要施加有机底漆、铜、光掩模和抗腐蚀层,并且电镀铜和镍。这些工艺步骤的每一步都增加了工艺的复杂性,增加了生产成本,并且增加了操作损伤的风险。例如,典型的飞机透明体和装甲级透明体都是用真空沉积工艺制备的,这需要昂贵的腔室,相当费时,并且本身会在透明体或者其涂料中产生缺陷。

[0005] 此外,现有的飞机透明体不能提供满意的除冰、消除静电和/或EMI屏蔽功能,一些目前使用的导电透明体的使用寿命不尽如人意。因此,需要耐久的导电飞机透明体和导电装甲级透明体,对其进行配置以提供除冰、消除静电和/或EMI屏蔽功能,并且可以通过比传统工业工艺,如电镀、真空沉积和编织电线网形成,更简单、更经济的方法来生产。

发明内容

[0006] 本发明的实施方式涉及一种透明体,其包括基底;基底上的聚合物膜;由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路径形成的导电网,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。通过包括导电网,根据本发明实施方式的透明体,相比现有的飞机或者装甲级透明体,其生产成本显著降低,因为例示的导电网(和例示的透明体自

身)的生产不需要传统透明体生产时所需的非常昂贵的真空沉积腔室。此外,本发明实施方式的导电网可以有非常大范围的导电性,并且因此,可被配置以提供优异的 EMI 屏蔽或静电消除和/或除冰或除雾。

[0007] 在一些实施方式中,配置透明体以提供电磁干扰(EMI)屏蔽。

[0008] 可以配置多条喷墨印刷导电路,当电流通过至少一条喷墨印刷导电路时,加热透明体而使得透明体除冰。

[0009] 导电网的薄层电阻范围可以是约 0.02 到约 1000 欧姆/平方米(ohms/sq)。

[0010] 导电网的薄层电阻范围可以是约 0.02 到小于 400 欧姆/平方米(ohms/sq)。

[0011] 导电网的薄层电阻范围可以是约 0.02 到约 100 欧姆/平方米(ohms/sq)。

[0012] 导电网的薄层电阻范围可以是约 0.02 到约 4 欧姆/平方米(ohms/sq)。

[0013] 在一些实施方式中,多条喷墨印刷导电路包括喷墨印刷的金属。

[0014] 例如,多条喷墨印刷导电路可包括选自由 Cu、Au、Ni、Ag 及其组合组成的组中的金属。

[0015] 在一些实施方式,聚合物膜包括聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯、或聚氨酯。

[0016] 在一些实施方式中,基底包括玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯、或聚氨酯。例如,基底的聚氨酯可以是 OPTICOR,其可得自 PPG 工业股份有限公司。OPTICOR 是 PPG 工业股份有限公司的商标。

[0017] 在一些实施方式中,透明体进一步包括:在聚合物膜之上的覆盖层;覆盖层和聚合物膜之间的第一粘合膜;以及聚合物膜和基底之间的第二粘合膜。

[0018] 覆盖层可以包括聚碳酸酯、聚丙烯酸酯、玻璃或聚氨酯。例如,覆盖层的聚氨酯可以是 OPTICOR,其可得自 PPG 工业股份有限公司。OPTICOR 是 PPG 工业股份有限公司的商标。

[0019] 第一粘合膜可以包括聚氨酯、聚乙烯醇缩丁醛或硅胶。

[0020] 第二粘合膜可以包括聚氨酯、聚乙烯醇缩丁醛或硅胶。

[0021] 在一些实施方式中,透明体的可见光透射率为约 60%或更高。

[0022] 在一些实施方式中,飞行器包括上述任意透明体。

[0023] 本发明的实施方式还涉及一种透明体,包括:基底,该基底包括玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯或聚氨酯;以及由在基底上的多条喷墨印刷导电路形成的导电网,其中至少一条喷墨印刷导电路与至少一条其它喷墨印刷导电路相交。

[0024] 本发明的实施方式的其他方面还涉及一种制备透明体的方法,该方法包括:将聚合物膜和基底层压在一起,其中导电网由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路形成。

[0025] 将聚合物膜和基底层压在一起包括:将覆盖层、第一粘合膜、聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起。

[0026] 将覆盖层、第一粘合膜、聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起,可以包括:将聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起形成层压基底;将覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层;并将层压基底和层压覆盖层层压在一起。

[0027] 在一些实施方式中,将聚合物膜和基底层压在一起包括,在约 125 至 300° F 温度范围内加热,并在约 50 至约 220psi 的压力范围下加压约 15 分钟至约 5 小时。

[0028] 例如,将聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起,可以包括在约 150 至 300° F 温度范围内加热。

[0029] 将聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起,可以包括在约 50 到约 220psi 压力范围内加压。

[0030] 将聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起可在约 15 分钟至约 5 小时的时间范围内进行。

[0031] 将覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层,可以包括在约 100 至 300° F 温度范围内加热。

[0032] 将覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层,可以包括在约 100 到约 250psi 压力范围内加压。

[0033] 将覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层可在约 1 小时至约 5 小时的时间范围内进行。

[0034] 将层压基底和层压覆盖层层压在一起,可以包括在约 100 至 300° F 温度范围内加热。

[0035] 将层压基底和层压覆盖层层压在一起,可以包括在约 100 到约 250psi 压力范围内加压。

[0036] 将层压基底和层压覆盖层层压在一起可在约 1 小时到约 5 小时的时间范围内进行。

[0037] 本发明的实施方式还涉及一种飞机透明体除冰或除雾的方法,该方法包括:加热透明体,该透明体包括:基底;基底上的聚合物膜;和导电网,其由通过喷墨印刷而沉积在聚合物膜上的多条交叉导电路形成,其中透明体贴附到飞机上,并且加热该透明体包括施加电流到至少一条导电路。

[0038] 本发明的其它实施方式涉及一种飞机透明体除冰或除雾的方法,该方法包括:加热透明体,该透明体包括:基底;和导电网,其由通过喷墨印刷而沉积在基底上的多条交叉导电路形成,其中透明体贴附到飞机上,并且加热该透明体包括施加电流到至少一条导电路。

[0039] 本发明的实施方式还涉及一种为飞机配置屏蔽电磁干扰 (EMI) 的方法,该方法包括:将透明体贴附到飞机上,其中透明体包括:基底;基底上的聚合物膜;和导电网,其由通过喷墨印刷沉积在聚合物膜上的多条交叉导电路形成。

[0040] 本发明的其它实施方式涉及一种为飞机配置屏蔽电磁干扰 (EMI) 的方法,该方法包括:将透明体贴附到飞机上,其中透明体包括:基底;和导电网,其由通过喷墨印刷沉积在基底上的多条交叉导电路形成。

[0041] 本发明的实施方式还涉及一种装甲级透明体的除冰或除雾方法,该方法包括:加热该装甲级透明体,该装甲级透明体包括:弹道基底;在弹道基底上的聚合物膜;和导电网,其由通过喷墨印刷沉积在聚合物膜上的多条交叉导电路形成,其中加热装甲级透明体包括施加电流到至少一条导电路。

[0042] 本发明的其它实施方式还涉及一种装甲级透明体的除冰或除雾方法,该方法包括:加热该装甲级透明体,该装甲级透明体包括:弹道基底;和导电网,其由通过喷墨印刷沉积在弹道基底上的多条交叉导电路形成,其中加热装甲级透明体包括施加电流到至少一条导电路。

[0043] 本发明的实施方式还包括一种为车辆配置屏蔽电磁干扰 (EMI) 的方法,该方法

包括：将装甲级透明体贴附到车辆上，其中透明体包括：弹道基底；在弹道基底上的聚合物膜；和导电网，其由通过喷墨印刷沉积在聚合物膜上的多条交叉导电路径形成。

[0044] 本发明的其它实施方式涉及一种为车辆配置屏蔽电磁干扰 (EMI) 的方法，该方法包括：将装甲级透明体贴附到车辆上，其中透明体包括：弹道基底；和导电网，其由通过喷墨印刷沉积在弹道基底上的多条交叉导电路径形成。

[0045] 本发明的实施方式还涉及一种智能窗，该智能窗包括：透明基底；透明基底上的第一透明电极；在第一透明电极上的透射率控制层，配置透射率控制层来改变智能窗的透光率；和在透射率控制层上的第二透明电极，其中第一透明电极和第二透明电极中的一个包括由多条喷墨印刷导电路径形成的导电网，其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。

[0046] 在一些实施方式中，智能窗还包括在第一透明电极和透明基底之间的聚合物膜。

[0047] 在一个实施方式中，智能窗包括在第二透明电极上的聚合物膜。

[0048] 导电网可以在聚合物膜上直接喷墨印刷或在透明基底上直接喷墨印刷。

附图说明

[0049] 附图与说明书一起说明了本发明的示例性实施方式，并且与说明书一起用来解释本发明的原理。

[0050] 图 1 是包括导电网的透明体的分解剖视图。

[0051] 图 2 是根据本发明的示例性实施方式的多条导电路径的示意图。

[0052] 图 3 是包括导电网的透明体的分解剖视图。

[0053] 图 4 是包括导电网的透明体的分解透视图。

[0054] 图 5 显示的是聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起形成层压基底的流程图。

[0055] 图 6 显示的是聚合物膜、第二粘合膜和基底层压在一起形成层压基底的示意图。

[0056] 图 7 显示的是覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层的流程图。

[0057] 图 8 显示的是覆盖层和第一粘合膜层压在一起形成层压覆盖层的示意图。

[0058] 图 9 显示的是层压覆盖层和层压基底层压在一起形成透明体的流程图。

[0059] 图 10 显示的是层压覆盖层和层压基底层压在一起形成透明体的示意图。

[0060] 图 11 是示例性透明体在一定频率范围内的 EMI 屏蔽效率的曲线图。

[0061] 图 12 是显示根据本发明的示例性实施方式的透明体加热模式的热像图。

[0062] 图 13 是示例性透明体在一定光波长范围内的透光率的曲线图。

[0063] 图 14 是根据本发明的示例性实施方式的智能窗的分解剖视图。

[0064] 图 15 是根据本发明的另一示例性实施方式的智能窗的分解剖视图。

[0065] 图 16 是根据本发明的另一示例性实施方式的智能窗的分解剖视图。

具体实施方式

[0066] 在下面的详细说明和权利要求书中，描述的是一个或多个额外膜和层“上”的各种膜和层。该语言简单地表示膜和层的相对位置。因此，在一些实施方式中，两个膜和 / 或层在字面上正好彼此邻接，然而在其它实施方式中，相同的两层膜和 / 或层由一个或多个额外的膜和 / 或层分开。在每种情况下，两层膜和 / 或层中的一个被认为是在其它膜和 / 或

层“上”。同样,“在……之上”可以意味着“在……之下”。例如一个膜和 / 或层在另一个膜和 / 或层之上,可以理解为在其它膜或层之下,这取决于观察角度。此外,这里使用的术语“膜”是指薄的、软的片材,当它不被另一元件支持时就不会保持静态形状。

[0067] 本发明的实施方式涉及一种包括导电网的透明体。这样的透明体具有多种用途,例如作为飞行器(如,飞机)的顶篷、窗户或挡风玻璃,或者作为地面车辆的装甲级挡风玻璃或窗户。例如,根据本发明实施方式的透明体可以用作 AM General HMMWV(“HUMVEE®”)的挡风玻璃或窗户。因此,本发明的示例性实施方式涉及一种包括透明体的飞行器,该透明体包括导电网。

[0068] 在一些实施方式中,导电网由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路形成,其中至少一条喷墨印刷导电路与至少一条其它喷墨印刷导电路相交。示例性导电网可以得自 CIMA Nanotech 公司, Dontech 公司, Applied Nanotech Holdings 公司, NanoMas Technologies 公司,以及 FUJIFILM Dimatix 公司。在其它实施方式中,导电网是由在基底上(如,物理接触)的多条喷墨印刷导电路形成,其中至少一条喷墨印刷导电路与至少一条其它喷墨印刷导电路相交。例如,多条喷墨印刷导电路可以直接喷墨印刷在基底上,例如玻璃,聚丙烯酸酯,聚碳酸酯或聚氨酯。在一些实施方式中,基底的聚氨酯是 OPTICOR,其得自 PPG 工业公司。OPTICOR 是 PPG 工业公司的商标。例如,基底的聚氨酯可以是任何记载在美国专利申请 US2009/0280329A1 中的聚氨酯,该专利的全部内容通过引用纳入本文。示例性导电路可以通过喷墨印刷导电墨水制备,例如购自 Novacentrix 的 METALON®导电墨水。METALON®是 Novacentrix 的注册商标。本发明的实施方式涉及制备包括导电网的透明体的方法。

[0069] 本发明将结合附图进行描述,其中在附图中示出了本发明的示例性实施方式。附图是示例性的,不能被解释成是对本发明的限制。在附图中,膜、层和区域的厚度都被放大以便于说明。

[0070] 如图 1 所示的是透明体的示例性实施方式。图 1 中的透明体 200 可以用作飞机的顶篷、窗户或挡风玻璃,或用作装甲级透明体,例如用作地面车辆的装甲级透明体。如图 1 所示,透明体 200 包括基底 20 和导电网 40。导电网 40 包括多条喷墨印刷导电路,其中至少一条喷墨印刷导电路与至少一条其它喷墨印刷导电路相交。导电网 40 可以在聚合物膜之上,并且多条喷墨印刷导电路与聚合物膜物理接触。或者,多条喷墨印刷导电路直接在基底 20 上喷墨印刷(例如,喷墨印刷导电路与基底 20 物理接触)。然而,透明体并不限于具有单一导电网。例如,导电网 40 可以在基底 30 上重叠形成层叠式结构。导电网 40 还可以在基底 20 的两对面形成三明治结构。在基底 20 两对面的导电网 40 可以是单一膜,或者形成层叠式结构的多层膜。

[0071] 根据本发明的一些实施方式,多条导电路彼此分开。例如,多条喷墨印刷导电路可以任何间距隔开,只要该间距适合导电网提供 EMI 屏蔽、除冰和 / 或除雾。例如,间距应该有一定大小,其适合防止或减少正在屏蔽的特定范围的电磁辐射穿透透明体而透射。如果间距太大(例如,大于被屏蔽的电磁辐射的波长),导电网就不能提供预期的屏蔽作用。考虑到这些间距对导电网的 EMI 屏蔽性能的影响,网中的间距应该较小或者大体上小于需要被屏蔽的电磁辐射的波长(例如,大体上小于干扰电子系统的破坏性电磁辐射的波长)。

[0072] 然而,喷墨印刷导电路在网中的排列并不限于此。也就是说,该网(即,多条喷

墨印刷导电路)可以以任何形式的图案或棋盘形式(tessellation)进行排列。例如,导电网可以排列成方格网,三角形,六边形,或者由直线、波纹线、正弦线或锯齿线形成的格子。该网可以排列一致、不一致、重复或者不规则图案的形式。在图2的导电网的示意图中可以看到,多条喷墨印刷导电路的方格网排列的示例性实施方式。在图2中可以看到,多条喷墨印刷导电路显示为直线,其在喷墨印刷导电路之间限定出重复的方格图案。在特定实施方式中,每条喷墨印刷导电路的宽度约为 $25\mu\text{m}$,但是并局限于此。此外,在特定实施方式中,喷墨印刷导电路之间的每个方格的宽度约为 $250\mu\text{m}$,但是并不局限于此。

[0073] 现在将描述根据本发明的实施方式的透明体的额外的膜和层。根据特定实施方式,透明体中可以存在或者不存在这些额外的膜和/或层。例如,如图3中所示的本发明实施方式的透明体。此外,图4中也示出了根据本实施方式的透明体的分解透视图。从图3和4可以看出,透明体300包括覆盖层60,第一粘合膜50,由在聚合物膜42上多条喷墨印刷导电路形成的导电网,第二粘合膜30,以及基底20。覆盖层60,第一粘合膜50,聚合物膜42和第二粘合膜30可以在基底20上堆叠一次,或者它们可以重复地堆叠多次以形成多重层叠式结构。此外,这些膜和层可以在基底20的两对面,以形成三明治结构。基底20两对面的膜和层可以堆叠一次,或者它们重复堆叠多次以形成多重层叠式结构。

[0074] 覆盖层60保护透明体。它应该是耐用的,并能够抵抗划伤或其他形式的物理损伤。覆盖层应该也能够抵抗来自天气或者其它方式的化学侵蚀。例如,覆盖层60可以包括任何合适的有机树脂,例如聚丙烯酸酯(如,聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)),聚碳酸酯(如,双酚A聚碳酸酯),或聚氨酯,玻璃,或者具有合适透射率和防护性能的任何其它材料。在一些实施方式中,覆盖层的聚氨酯是OPTICOR,其得自PPG工业公司。OPTICOR是PPG工业公司的商标。例如,覆盖层的聚氨酯可以是美国专利申请US2009/0280329A1中所记载的任意聚氨酯,该专利的全部内容通过引用纳入本文。该覆盖层的厚度范围是约0.1到约0.75英寸。

[0075] 第一粘合膜50覆盖覆盖层60的缺陷,并促进覆盖层60与聚合物膜42粘合。例如,第一粘合膜50将覆盖层60与聚合物膜42连接,并且应该能够使之粘合。在一些实施方式中,第一粘合膜50包括聚氨酯,聚乙烯醇缩丁醛(PVB),硅胶,或有合适粘合性能的任何其它材料。该聚氨酯的分子量范围为100,000到300,000g/mol,但是并不限于此。聚乙烯醇缩丁醛的分子量范围为200,000到300,000g/mol,但是并不限于此。第一粘合膜50的厚度范围为约0.003到约0.100英寸。

[0076] 与第一粘合膜50类似,第二粘合膜30覆盖基底20的缺陷,并促进基底20与聚合物膜42的粘合。因此,第二粘合膜30将基底20与聚合物膜42连接,并且应该能够使之粘合。在一些实施方式中,第二粘合膜30包括聚氨酯,聚乙烯醇缩丁醛(PVB),硅胶,或有合适粘合性能的任何其它材料。该聚氨酯的分子量范围为100,000到300,000g/mol,但是并不限于此。聚乙烯醇缩丁醛的分子量范围为200,000到300,000g/mol,但是并不限于此。第二粘合膜30的厚度范围为约0.003到约0.100英寸。

[0077] 正如上面所述,在一些实施方式中,导电网是由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路形成。多条喷墨印刷导电路可以在任何合适的聚合物膜上喷墨印刷,例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯或聚氨酯。根据本发明的其它实施方式,导电网是由在玻璃、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯或任何其它合适基底上喷墨印刷的多条喷墨印刷导电路形

成。在本发明的任何实施方式中,多条导电路径可以使用喷墨印刷导电墨水制备,例如得自 Novacentrix 的 METALON® 导电墨水。在一些实施方式中,多条喷墨印刷导电路径包括任何合适的喷墨印刷金属,例如选自由铜 (Cu)、金 (Au)、镍 (Ni)、银 (Ag) 及其组合组成的组中的金属。例如,多条喷墨印刷导电路径可以包括 Cu。多条导电喷墨印刷线路还可以包括环氧树脂,或者具有合适粘合性能的任何其它材料。

[0078] 如下进一步描述,可以成形多条喷墨导电路径,使得配置的透明体具有 EMI 屏蔽。此外,如下进一步描述,可以配置多条喷墨印刷导电路径,当电流经过至少一条喷墨印刷导电路径时,可以加热透明体来为透明体除冰。示例性透明体的 EMI 屏蔽或除冰性能是由于导电网 40 的薄层电阻。例如,在一些实施方式中,导电网 40 可以具有约 0.02 到约 1,000 欧姆/平方米 (ohms/sq) 的薄层电阻。在其它实施方式中,导电网 40 可以具有小于 400 欧姆/平方米 (ohms/sq) 的薄层电阻。在其它实施方式中,导电网 40 可以具有小于 100 欧姆/平方米 (ohms/sq) 的薄层电阻。

[0079] 导电网 40 是在聚合物膜 42 之上。聚合物膜可以包括任何合适的聚合物,例如聚对苯二甲酸乙二醇酯,聚碳酸酯或聚氨酯,但本发明并不局限于此。在一些实施方式中,多条导电路径与聚合物膜物理接触。例如,多条喷墨印刷导电路径可以在聚合物膜上喷墨印刷形成(例如,通过喷墨印刷在聚合物膜上沉积)。聚合物膜具有约 70 μm 到约 1,000 μm 的厚度范围。多条喷墨印刷导电路径中每条具有约 20 μm 到约 50 μm 的宽度范围。多条喷墨印刷导电路径中每条具有约 50nm 到约 5 μm 的厚度范围。可以改变导电路径的厚度和/或宽度,以改变透明体的 EMI 屏蔽、除冰和/或除雾性能。

[0080] 与覆盖层 60 类似,基底 20 同样保护透明体 300。因此,基底 20 应该耐用并且应该能够抵抗划伤或其它形式的物理损伤。基底同样也能抵抗天气或其它形式的化学侵蚀。例如,基底 20 可以包括任何合适的有机树脂,例如聚碳酸酯(如双酚 A 聚碳酸酯),聚丙烯酸酯(如聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)),或者聚氨酯,玻璃,或者具有合适透射率和防护性能的任何其它材料。在一些实施方式中,基底的聚氨酯是 OPTICOR,可以得自 PPG 工业公司。OPTICOR 是 PPG 工业公司的商标。例如,基底的聚氨酯可以是美国专利申请 US2009/0280329A1 中记载的任意聚氨酯,该专利的全部内容通过引用纳入本文。该基底的厚度范围是约 0.125 到约 0.75 英寸。

[0081] 现在将大致描述制备透明体的方法。例如,根据本发明的一个实施方式,制备透明体的方法包括在基底上喷墨印刷,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。如上所述,基底可以包括玻璃,聚丙烯酸酯,聚碳酸酯,OPTICOR,或具有合适透射率和防护性能的任何其它材料。在一些实施方式中,基底的聚氨酯是 OPTICOR,其得自 PPG 工业公司。OPTICOR 是 PPG 工业公司的商标。例如,基底的聚氨酯可以是美国专利申请 US2009/0280329A1 中记载的任意聚氨酯,该专利的全部内容通过引入纳入本文。可以通过在基底上喷墨印刷任何合适的墨水形成喷墨印刷导电路径。例如,通过在基底上喷墨印刷导电墨水形成导电路径,例如得自 Novacentrix 的 METALON® 导电墨水。喷墨印刷可以根据任何合适的喷墨印刷技术进行,例如 Huang, Lu 等, Graphene-based conducting inks for direct inkjet printing of flexible conductive patterns and their applications in electric circuits and chemical sensors, Nano Research (2011), vol. 4, issue 7, 675-684 中所描述的,其全部内容通过引用纳入本文。

[0082] 喷墨印刷具有低成本,非接触应用的优点,与一系列广泛的基底相兼容。此外,喷墨印刷不需要掩模图案,可以在低温下完成,并且不需要真空处理。喷墨印刷能够不接触基底而沉积导电液体。喷墨打印机可以用电脑数字化驱动以精确绘制网格线。喷墨打印机具有多个相距约 254 微米的喷嘴,并可以形成约 1 到约 10 皮升范围的液滴,但是本发明并不局限于此。在一些实施方式中,由于压电效应,喷嘴施加墨滴到基底。例如,如 Griggs, C. 等, Opportunities for Inkjet Printing in Industrial Applications, Industrial+Specialty Printing, 2010 年 5 月/6 月(来自 <http://www.dimatix.com/files/isp05-0610p18-22.pdf>) 所述,其全部内容通过引用纳入本文,喷墨印刷可以用来印刷小至 20 μm 的特征。

[0083] 在本发明的另一实施方式中,制备透明体的方法包括,将聚合物膜和基底层压在一起,其中导电网是由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路径形成。例如,如图 5 所示,聚合物膜,第二粘合膜,以及基底(如,聚合物膜 42,第二粘合膜 30,以及基底 20)可以通过层压工艺 400 将其层压在一起以形成层压基底 70。层压工艺的示意图如图 6 所示。层压工艺可以包括在约 200 至 300° F 温度范围内加热聚合物膜,第二粘合膜,和基底。此外,该层压工艺包括在约 50 至约 250psi 的压力范围内压制聚合物膜,第二粘合膜和基底。将聚合物膜,第二粘合膜,和基底层压约 15 分钟至约 5 小时。

[0084] 如图 7 所示,可以在层压工艺 500 中将覆盖层和第一粘合膜(如,覆盖层 60 和第一粘合膜 50)层压在一起,以形成层压覆盖层 80。层压工艺的示意图如图 8 所示。这个层压工艺可以包括在约 100 至约 300° F 温度范围内加热覆盖层和第一粘合膜。另外,这个层压工艺可以包括在约 100 至约 250psi 的压力范围内压制覆盖层和第一粘合膜。将覆盖层和第一粘合膜层压约 1 小时至约 5 小时。

[0085] 如图 9 所示,可以在层压工艺 600 中将层压覆盖层 80 和层压基底 70 层压在一起,以形成透明体 300。层压工艺的示意图如图 10 所示。这个层压工艺可以包括在约 100 至约 300° F 温度范围内加热层压覆盖层和层压基底。另外,这个层压工艺可以包括在约 100 至约 250psi 的压力范围内压制层压覆盖层和层压基底。将层压覆盖层和层压基底一起层压约 1 小时到约 5 小时。上述的一个或多个层压工艺可以在已经抽空的真空密封塑料袋中进行。此外,上述一个或多个层压工艺可以在高压灭菌锅中进行。

[0086] 根据本发明的实施方式的透明体,可以是平面的或者成形的透明体。因此,上述制备透明体的方法还可以包括透明体成型。透明体可以是在上述任一制备工艺之前、之中或之后成型。例如,基底可以在多条导电路径在基底上喷墨印刷之前、之中或之后成型。此外,基底可以在基底与聚合物膜层压之前、之中或之后成型。例如,基底可以在聚合物膜,第二粘合膜和基底层压形成层压基底之前、之中或之后成型,或者可以在层压过程中成型。此外,基底可以在覆盖层与第一粘合膜层压形成层压覆盖层之前或之后成型,或者可以在层压过程中成型。同样地,基底可以在层压覆盖层和层压基底层压形成透明体之前或之后成型,或者可以在层压过程中成型。

[0087] 根据本发明实施方式的透明体,与现有的飞机透明体和装甲级透明体相比,具有显著的优势。例如,通过使用这里描述的导电网,可以制造根据本发明的透明体,而不必使用制备现有的飞机透明体和装甲级透明体所需的数百万美元的真空沉积腔室。因此,相比现有飞机和装甲级透明体,这里描述的透明体的生产成本低得多。

[0088] 尽管已获得导电网,但是它们从未被用于航天应用(如,用于飞机透明体),并且这样的导电网也没有用于与装甲级透明体相关的应用。这些应用(如,航空和装甲级透明体应用)具有特殊要求(以下将进一步讨论),并且之前并不知晓根据本发明实施方式的导电网将适宜地满足这些要求。事实上,本发明的发明人意外地发现,当前所述的透明体和导电网在飞机和装甲级应用中具有卓越的性能。然而,通过测试这些导电网和透明体,本发明人意想不到地发现,它们表现出优异的耐用性、EMI 屏蔽、除冰和 / 或除雾功能。

[0089] 尽管导电网还适合用于,例如,显示设备,但是本发明的导电网是针对飞机和装甲级应用的特殊需求。例如,根据本发明实施方式的导电网包括这里所述的特定厚度、材料、配置,和 / 或薄层电阻。不会为了满足飞机和装甲级透明体应用的需求,而配置用于其它应用的导电网,例如显示设备。例如,用于显示设备的导电网,其中灰尘是一个主要问题,它对于飞机和装甲级透明体应用来说可能太薄,而且薄层电阻太高。此外,用于显示设备的导电网不会配置除冰或除雾功能。

[0090] 配置本发明的示例性透明体,来为飞机和装甲级透明体需求提供 EMI 屏蔽。也就是说,可以配置该透明体以防止或减少破坏性电磁辐射(即,干扰电子系统的电磁辐射)穿过该透明体的透射。通过防止或减少破坏性电磁辐射穿过该透明体的透射,该透明体可以防止或减少电子系统的电磁干扰作用,例如,飞机的电子系统的电磁干扰作用。此外,透明体的 EMI 屏蔽可以防止或减少飞机内的电子系统发出的电磁辐射对飞机外的电子系统发生干扰作用。

[0091] 导电网的 EMI 屏蔽功能至少在某种程度上是由于其导电性所致。例如,在导电网的一侧施加电场会在导电网中感应电流,这可引起导电网中的电荷移动,从而抵消透明体另一侧的场电。由于感应电流的缘故,一些电磁辐射(如,干扰电子系统的电磁辐射)至少部分会被导电网反射,从而防止或减少电磁辐射穿过透明体的透射。振荡磁场以基本相似的方式与导电网相互作用,但是静磁场不会。

[0092] 由于导电网的 EMI 屏蔽会至少部分程度上是由于导电网中的感应电流所致,所以导电网的屏蔽效率至少部分取决于导电网的电阻(或薄层电阻;即,导电性)。例如,随着导电网的电阻(或薄层电阻)增加,在导电网中感应出电流就变得更困难。因此,增加导电网的电阻通常会降低导电网的 EMI 屏蔽效率。因此,可以通过适当选择导电网的导电性(或薄层电阻)为配置的透明体提供 EMI 屏蔽。例如,包括在聚碳酸酯基底和聚碳酸酯覆盖层之间的示例性导电网的示例性透明体,其 EMI 屏蔽效率如图 11 的曲线图所示。从图 11 可以看出,对于频率范围约 1GHz 到约 18GHz 电磁辐射,透明体提供的 EMI 屏蔽范围约 20 到约 50dB,且在 18GHz 时的平均屏蔽效率为 25dB。当配置满足飞机或装甲级透明体的 EMI 屏蔽需求时,透明体可以包括电子连接,例如母线,但是这种电子连接对于提供 EMI 屏蔽而言并不是必需的。

[0093] 此外,导电网的导电率可以使得透明体能够防止或者减少透明体上由沉积和 / 或雷击所致的静电荷累积。例如,导电网可以具有低的薄层电阻(即,高导电性),从而消耗或消除静电荷,否则静电荷会在透明体上累积。具有低薄层电阻的导电网还可以有额外的优势,例如雷达衰减。因此,导电网的薄层电阻范围为约 0.02 至约 1,000 欧姆 / 平方米 (ohms/sq)。例如导电网的薄层电阻可以低于 400 欧姆 / 平方米 (ohms/sq),或者低于 100 欧姆 / 平方米 (ohms/sq)。与本发明的实施方式相比,薄层电阻低于 0.3 欧姆 / 平方米 (ohms/sq)

就不能由连续的氧化铟锡 (ITO) 导电涂层实现,在某些情况下,其对于特定飞机透明体是需要的。

[0094] 除了导电网的电阻 (或薄层电阻),导电网的 EMI 屏蔽同样取决于导电网的组成 (例如,喷墨印刷导电路径的组成),每条喷墨印刷导电路径的厚度,屏蔽体积的大小,被屏蔽的电磁辐射的频率和大小,以及导电网中喷墨印刷导电路径之间的间距特征。

[0095] 除了或者替代需要配置提供 EMI 屏蔽功能,透明体可以通过当电流通过导电网的至少一条喷墨印刷导电路径时加热透明体,而使透明体除冰或除雾。也就是说,可以通过施加电流到导电网的至少一部分来加热透明体 (如,飞机的顶篷、窗户或挡风玻璃,或者装甲车辆的挡风玻璃或窗户) 从而实现除雾或除冰,从而防止或者减少冷凝物或冰的形成,或者蒸发或融化在透明体上已经形成的冷凝物或冰。

[0096] 例如,根据本发明的示例性实施方式的透明体的加热模式,如图 12 中的红外热像图所示。使用热成像照相机,检测电磁光谱中红外范围内的辐射,并产生挡风玻璃/窗户的热图像,可以获得红外热像图。挡风玻璃/窗户使用 14/18 直流 (DC) 伏特供电,直到挡风玻璃/窗户的表面温度达到 100 至 150° F,然后记录挡风玻璃/窗户的热图像。如在红外热像图中所示,尽管导电网具有非常低的薄层电阻 (如,约 0.02 至约 4 欧姆/平方米 (ohms/sq)),但是示例性透明体表现出适合飞机的顶篷、窗户或挡风玻璃除雾或除冰的卓越的加热模式。如图 12 中观察的加热模式,比现有技术的飞机透明体和装甲级透明体,表现出了意想不到的和令人满意的结果,这是由于与一些现有的透明体相比,示例性透明体表现出更均匀的加热。

[0097] 此外,可以为特殊应用而调整示例性透明体的特殊除冰和/或除雾功能。通常,飞机驾驶舱挡风玻璃比飞机驾驶舱侧面窗户需要更好的除冰功能,因此,施加在飞机驾驶舱挡风玻璃的瓦特每平方英寸数 (如,约 4 至约 5W/in. sq.),相比飞机驾驶舱侧窗 (如,约 1 至 2W/in. sq.) 通常更大。因此,通过为导电网选择合适的薄层电阻,可以调整透明体的除冰和/或除雾功能以适应特殊应用。此外,透明体可以包括电子连接,例如母线,以实现除冰或除雾功能。

[0098] 虽然,根据本发明实施方式的透明体可以配置具有单独的除冰或 EMI 屏蔽功能,但是本发明人同样意外地发现,根据本发明实施方式的透明体可以同时具有除冰和 EMI 屏蔽功能 (如,有利于飞机透明体的功能)。根据本发明实施方式的透明体的除冰和 EMI 屏蔽功能的结合,比现有的飞机透明体,具有意想不到的和令人满意的结果。

[0099] 除了除冰和/或 EMI 屏蔽功能之外,根据本发明实施方式的透明体还具有非常高的可见光透射率。例如,这样的透明体可以具有高于 60%,高于 65%,高于 70%,或高于 84% 的可见光透射率。如图 13 所示,根据本发明示例性实施方式的透明体在可见光范围 (如,约 400nm 至约 750nm 的波长) 与近红外范围 (如,约 700 至约 900nm 的波长) 均具有高透光率。例如,图 13 显示,根据本发明示例性实施方式的透明体,在约 700 至约 900nm 波长范围内具有约 74% 的透光率。近红外范围对夜视设备应用是非常重要的,夜视设备是通过将近红外光转换为可见光的装置,让使用者利用比肉眼观察范围更广的电磁辐射光谱以看见影像。

[0100] 此外,本发明的实施方式涉及具有可变的透光特性的透明体,例如智能窗或者可开关窗户。例如,本发明的实施方式涉及电致变色设备,悬浮颗粒设备,和液晶设备。上述

导电网可以用作前述任何设备中的一种或多种透明电极。例如,电致变色设备,悬浮颗粒设备,或液晶设备可以包括透明电极,该透明电极包括由多条喷墨印刷导电路径形成的导电网,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。如以上本发明其它实施方式所述,当用作这些设备中的透明电极时,导电网可以在聚合物膜之上,或者在基底上。导电网的操作或配置与前述示例性实施方式基本相同,因此,在此不再赘述。

[0101] 在一个实施方式中,智能窗包括:透明基底;透明基底上的第一透明电极;第一透明电极上的透射率控制层,配置透射率控制层以改变智能窗的透光率;以及透射率控制层上的第二透明电极,其中第一和第二透明电极中的一个包括透明基底上的由多条喷墨印刷导电路径形成的导电网,其中至少一条喷墨印刷导电路径与至少一条其它喷墨印刷导电路径相交。图 14 是智能窗的分解剖视图,智能窗包括根据本发明的示例性实施方式的导电网。从图 14 可以看出,智能窗包括基底 720,第一透明电极 791,透射率控制层 793,和第二电极 794。第一和第二透明电极 791 和 794 中的一个或者两个分别包括导电网。基底 720 可以是任何合适的基底,包括前面示例性实施方式中所述的那些基底。透射率控制层 793 可以包括适于改变智能窗透射率的任何电致变色材料、悬浮颗粒或液晶。

[0102] 在一些实施方式中,智能窗还包括聚合物膜。例如,图 15 是示例性智能窗的分解剖视图,其包括在基底 720 和第一透明电极 791 之间的聚合物膜 792。此外,图 16 是示例性智能窗的分解剖视图,包括在第二透明电极 794 之上的聚合物膜 792。该聚合物膜可以是上述任何合适的聚合物膜。如上所述,导电网可以在聚合物膜 792 上直接喷墨印刷,或者在透明体基底 720 上直接喷墨印刷。

[0103] 作为透明电极,可以配置导电网以提供电信号,通过引起透射率控制层中的电致变色材料、悬浮颗粒、聚合物或液晶的变化,从而导致设备的透明度和/或颜色发生变化。该设备可以包括任何合适的电致变色材料,如电致变色聚合物(如,聚苯胺),紫罗碱、多钨酸盐(polyoxotungstates)、氧化钨、氧化镍、和/或二氧化钨。示例性电致变色设备的更多细节参见美国专利 7,256,923,其全部内容通过引用纳入本文。额外的示例性智能窗的更多详细描述参见 Niklasson, G. A., 和 Granqvist, C. G., *Electrochromics for smart windows: thin films of tungsten oxide and nickel oxide, and devices based on these*, J. Mater. Chem., 17, 127-156 (2007), 其全部内容通过引用纳入本文。

[0104] 下面的实施例仅是为了解释的目的,不能被视为是对本发明范围的限制。

[0105] 实施例 1

[0106] 根据本发明的实施方式制备几个示例性透明体。透明体通过层压导电网、第二粘合膜和玻璃基底,以形成层压基底来制备,其中导电网是由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路径形成。聚合物膜上的示例性导电网可以得自 CIMA Nanotech 公司, Dontech 公司, Applied Nanotech 控股公司, NanoMas Technologies 公司和 FUJIFILM Dimatix 公司。层压之前,将两个导电母线(1cm 宽)垂直施加到导电网上,提供编织体应用位点。这些编织体被用来记录层压透明体的电阻。在这个特定的实施例中,第二粘合层包括聚氨酯。导电网是由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路径形成,导电网、第二粘合膜以及基底被放置在真空密封塑料袋中,然后抽空真空塑料袋。由在聚合物膜上的多条喷墨印刷导电路径形成的导电网,第二粘合膜以及基底在约 200 至约 250° F 温度范围内,约 50 至约 100psi 压力下层压约 60 至约 90 分钟,形成层压基底。

[0107] 覆盖层和第一粘合膜层压在一起,形成层压覆盖层。在这个特定实施例中,该覆盖层包括聚碳酸酯,并且该第一粘合层包括聚氨酯。该覆盖层和该第一粘合膜被放置在真空密封塑料袋中,其然后被抽空。覆盖层和第一粘合膜在约 200 至约 250° F 温度范围内,约 120 至约 150psi 压力下层压约 1 小时至约 2 小时,形成层压覆盖层。

[0108] 将层压覆盖层和层压基底层压在一起,形成示例性透明体。该层压覆盖层和层压基底被放置在真空密封塑料袋中,其然后被抽空。层压覆盖层和层压基底在约 125 至约 175° F 温度范围内,约 100 至约 200psi 压力下层压约 1 小时至约 2 小时,形成示例性透明体。

[0109] 对根据实施例 1 制备的层压试样进行环境耐用性测试。每个层压试样接近飞机挡风玻璃的特性。试样的光学和防护性能都没有实质的减退。环境耐用性的测试结果如下表 1 所示。试样的 QUV 和湿度测试显示对电阻和透光率没有实质的减退。此外,带有喷墨印刷膜的层压窗户的粘合抗张强度测得为 1200psi。为了表征粘合强度,每个层压试样被剪成 2 英寸×2 英寸的样本。将每个样本使用环氧粘合剂 (9460HYSOL) 粘结在两个铝方块 (2 立方英尺大小) 之间。HYSOL 是 Henkel Corporation 的注册商标。使用 United Calibration 公司的抗张测试机器,通过沿垂直于粘合表面的方向拉伸每个铝方块直到粘合被破坏,测试粘合强度。测试拉伸速度是 0.05 英寸/分钟,使用电脑来控制拉伸速度和进行数据采集。

[0110] 雾度和光透射率测试

[0111] 根据本发明实施例 1 制备的 6×12 英寸试样使用 Haze-Gard Plus 仪器根据 ASTM D1003 进行测试。雾度是透明体 (该透明体不应分散大量的光) 的清晰度和透明度的测试,然而发光透射率或者可见光透射率表明透过样品的可见光的数量。试样具有 68-70% 的可见光透射率和 3-4% 的雾度。根据测试结果得知,试样满足飞机顶篷、挡风玻璃和窗户的可见光透射率和雾度值的要求,两值分别要求 65% 或以上和 10% 或以下。

[0112] 薄层电阻测试

[0113] 根据本发明实施例 1 制备的 6×12 英寸试样的薄层电阻,是使用 Guardian Manufacturing Inc 的四点探针表面电阻仪测试的。在层压之前,测得电网的薄层电阻是 0.15-0.3 欧姆/平方米 (ohms/sq),层压后是 0.25-0.48 欧姆/平方米 (ohms/sq)。

[0114] 湿度测试

[0115] 根据本发明实施例 1 制备的 6×12 英寸的试样,在 100% 冷凝湿度,122° F (50°C) 暴露 13 周。进行湿度测试前,根据上述雾度和光透射率测试得知,试样的可见光透射率是 69.3%,雾度 3.65%。湿度测试之后,根据上述雾度和光透射率测试得知,试样的可见光透射率是 70%,雾度是 3.61%。根据测试结果,试样的可见光透过率和雾度并不会因为湿度测试而发生明显改变。

[0116] 湿度和太阳辐射 (QUV) 测试

[0117] 根据本发明实施例 1 制备的 6×12 英寸的试样,在 158° F (70°C) 暴露在紫外线 (UV) 辐射 8 小时。然后试样在 122° F (50°C) 暴露在冷凝状况下 4 小时。该循环重复共计 2,184 小时 (10 星期)。QUV 测试之前,试样的可见光透射率是 68.9%,雾度是 3.87%。QUV 测试之后,根据上述雾度和光透射率测试得知,试样的可见光透射率是 68.7%,雾度是 3.76%。如表 1 所示,QUV 测试不会显著改变试样的可见光透射率或雾度。

[0118] 上述的一些测试结果总结在下表 1 和 2 中。

[0119] 表 1

[0120]

	初始	1 星期	2 星期	3 星期	4 星期
QUV 测试后的电阻 (Ω)	0.45	0.37	0.37	0.37	0.42
QUV 测试后的光透射率 (%)	68.9	69.2	69.1	69.1	69
QUV 测试后的雾度 (%)	3.87	3.19	3.08	3.14	3.26
湿度测试后的电阻 (Ω)	0.25	0.32	0.37	0.4	0.37
湿度测试后的光透射率 (%)	69.6	69.7	70	69.8	70.02
湿度测试后的雾度 (%)	3.65	3.46	3.19	3.39	3.33

[0121] 表 2

[0122]

	5 星期	7 星期	8 星期	9 星期	10 星期	13 星期
QUV 测试后的电阻 (Ω)	0.42	0.45	0.42	0.42	0.42	0.37
QUV 测试后的光透射率 (%)	69	68.9	68.9	68.9	68.2	68.7
QUV 测试后的雾度 (%)	3.37	3.47	3.13	3.13	3.63	3.76
湿度测试后的电阻 (Ω)	0.42	0.45	0.35	0.35	0.37	0.4
湿度测试后的光透射率 (%)	70	70	69.1	69.9	70.2	70
湿度测试后的雾度 (%)	3.70	3.41	3.60	3.6	3.87	3.61

[0123] 热量循环数据

[0124] 进行层压试样的热量（温度）循环测试，以评估极端天气条件下（如， -40°F 至 150°F ），试样的环境耐用性。在热量循环测试中，在室温 (RT), 20°F , 0°F , -20°F , -40°F , 室温, 以及 150°F 下测试电网的母线-母线电阻。层压试样 -40°F 至 150°F 之间的热量循环, 经过 20 次循环后显示电阻无显著影响。热量循环的结果总结在表 3 中。

[0125] 表 3

[0126]

循环/温度	室温的电阻 (Ω)	20°F 的电阻 (Ω)	0°F 的电阻 (Ω)	-20°F 的电阻 (Ω)	-40°F 的电阻 (Ω)	室温的电阻 (Ω)	150°F 的电阻 (Ω)
-------	--------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--	--	--------------------	--

[0127]

第 1 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52
第 2 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52	0.52
第 3 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52
第 4 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.52
第 5 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.57
第 6 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.57
第 7 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.52
第 8 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.57
第 9 个循环	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.52	0.57
第 10 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52	0.52
第 11 个循环	0.52	0.48	0.48	0.48	0.48	0.57	0.57
第 12 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52
第 13 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48	0.52
第 14 个循环	0.48	0.52	0.48	0.48	0.48	0.48	0.52
第 15 个循环	0.52	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.57
第 16 个循环	0.48	0.48	0.52	0.48	0.48	0.48	0.57
第 17 个循环	0.48	0.48	0.52	0.48	0.48	0.48	0.57
第 18 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.57
第 19 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.57
第 20 个循环	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.57

[0128] 虽然本发明已经参考一些示例性实施方式进行了说明,需要理解的是,本发明并不局限于所公开的实施方式,恰恰相反,本发明意在涵盖各种变型和等同配置,这些都包含在附加的权利要求书及其等同物的精神和范围内。



图 1

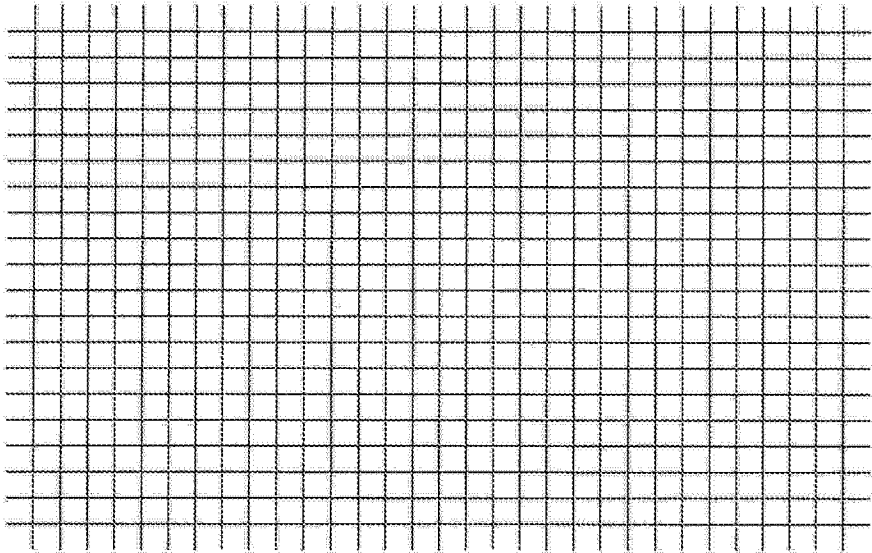


图 2

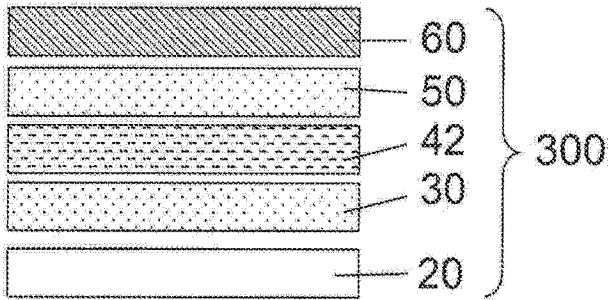


图 3

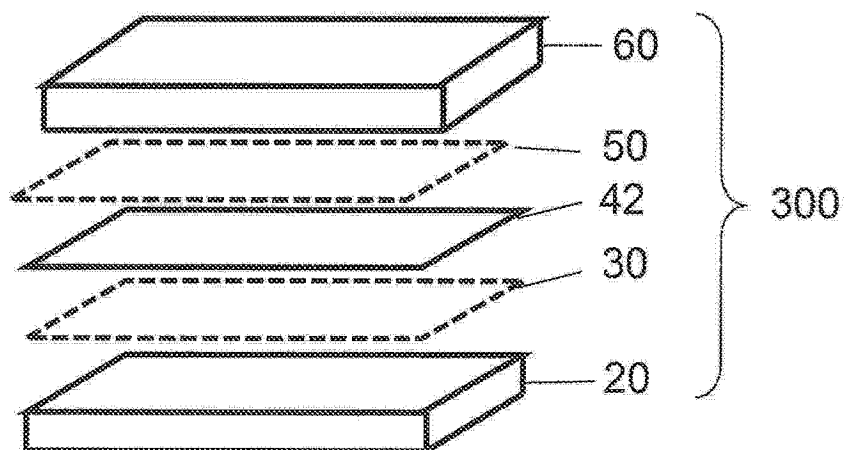


图 4

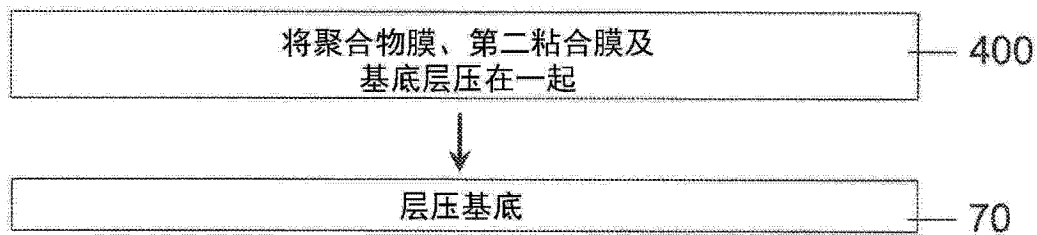


图 5

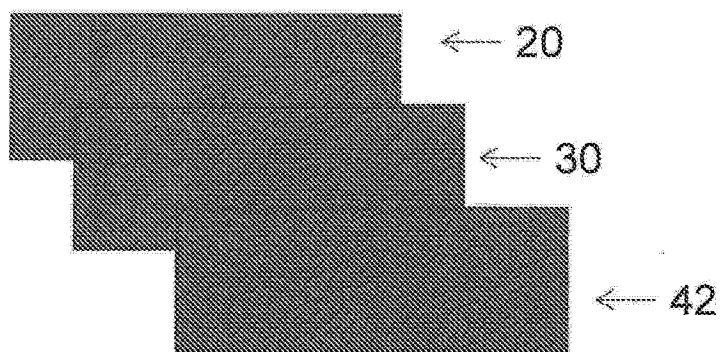


图 6

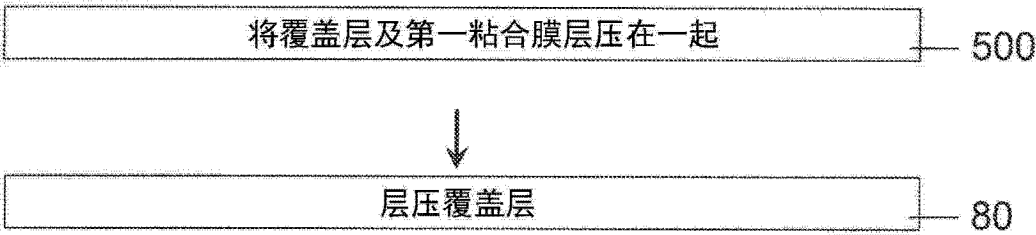


图 7

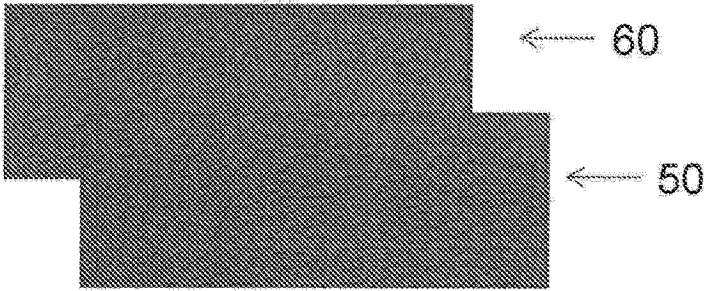


图 8

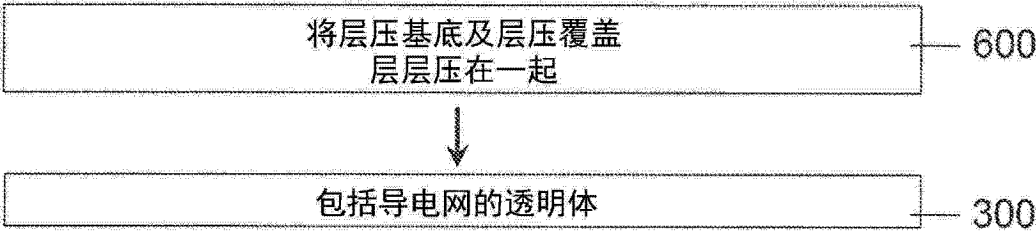


图 9

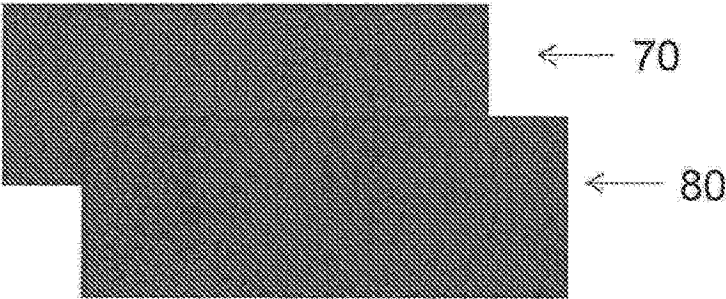


图 10

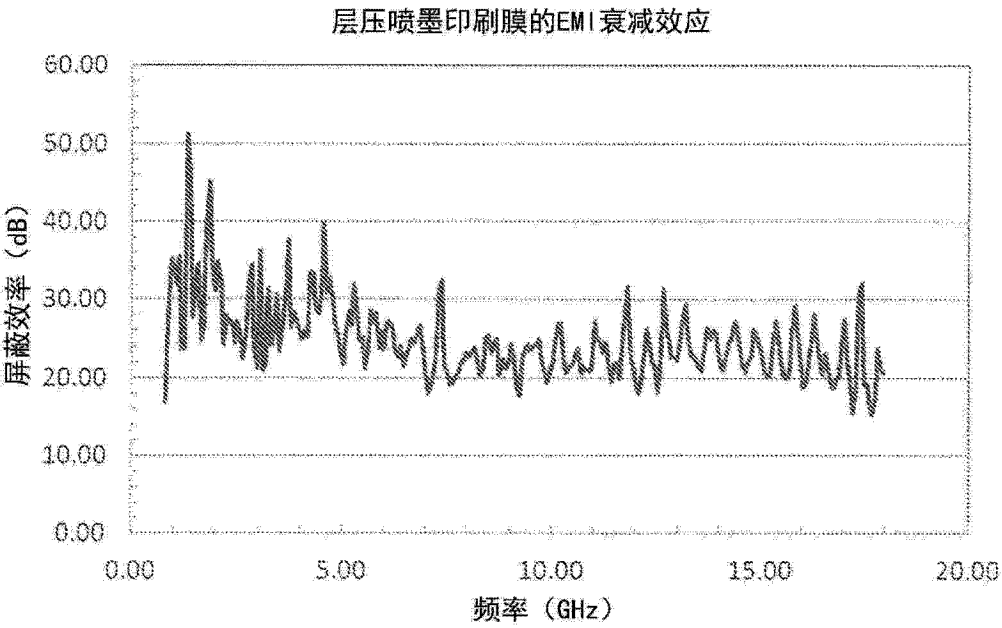


图 11



图 12

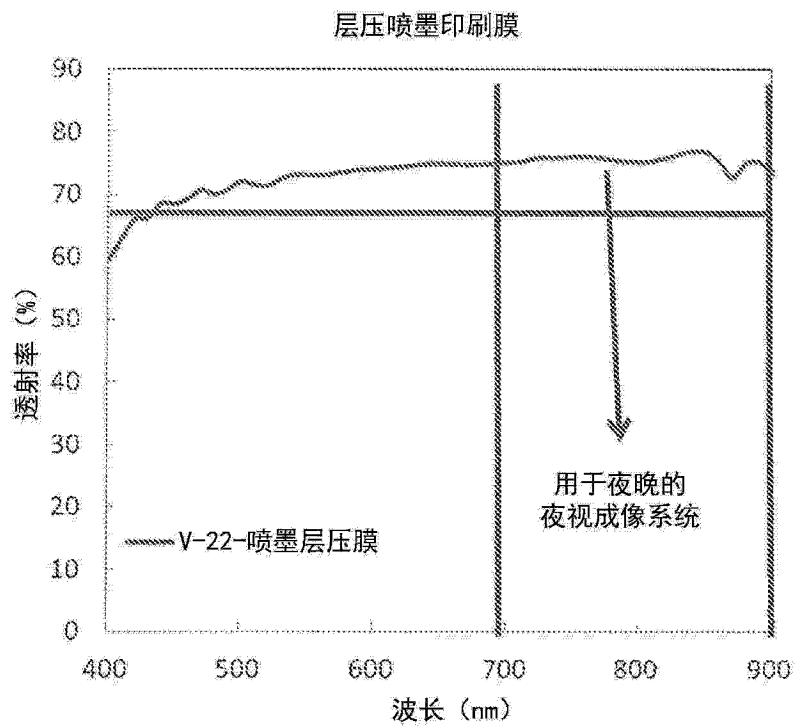


图 13

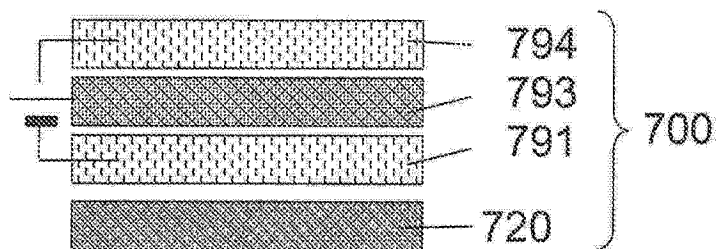


图 14

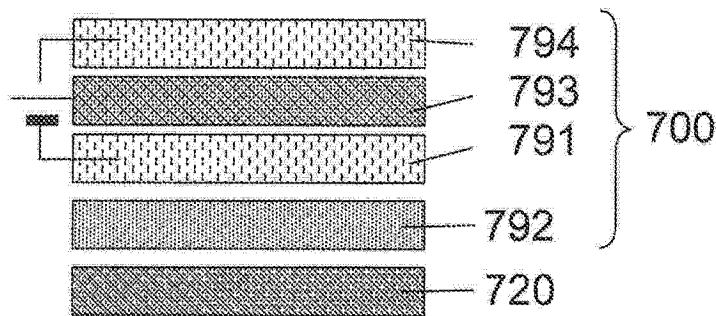


图 15

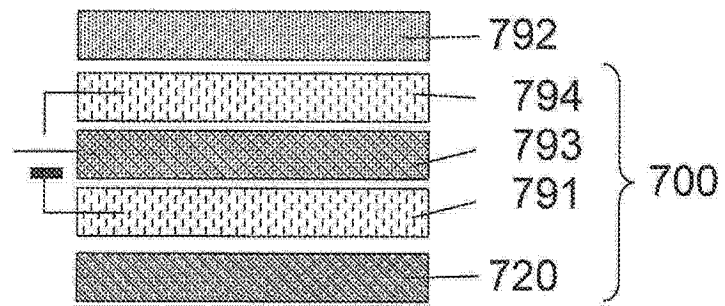


图 16