



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101815584 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 26

(21) 申请号 200880013694. 5

(22) 申请日 2008. 05. 15

(30) 优先权数据

11/764, 077 2007. 06. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2009. 10. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2008/063635 2008. 05. 15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02008/156933 EN 2008. 12. 24

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 A·T·珀迪 T·N·瓦德

J·S·克莱门茨 M·G·安德松

J·K·贝内特 K·D·帕特

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

B05D 5/00 (2006. 01)

B05D 7/02 (2006. 01)

B05D 7/14 (2006. 01)

B64D 37/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 7050286 B2, 2006. 05. 23,

WO 2007/039650 A1, 2007. 04. 12,

审查员 曹旭

权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

绝缘涂层的应用

(57) 摘要

公开了一种用于将绝缘底层涂料不连续地应用于碳纤维增强塑料 (CFRP) 部件的系统及方法。在一个实施例中, 一种被用于缓解 CFRP 部件表面放电的方法包括: 首先, 应用绝缘底层涂料于金属部件。然后, 向毗邻金属部件的 CFRP 部件不连续地应用绝缘底层涂料。不连续地应用绝缘底层涂料可以形成底层部分及非底层部分。非底层部分被构造成能够使静电耗散。

1. 一种用于缓解表面放电的方法,包括:
向金属部件应用绝缘底层涂料,以及
向将要附连所述金属部件的碳纤维增强塑料 CFRP 部件 (100) 不连续地应用绝缘底层涂料以形成多个底层部分和至少一个非底层部分,
其中所述至少一个非底层部分使电子从所述绝缘底层涂料的表面耗散到所述碳纤维增强塑料 CFRP 部件 (100) 内。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成部分地毗邻所述金属部件的至少一个非底层部分。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中向金属部件应用绝缘底层涂料包括向铝部件应用绝缘底层涂料。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括:形成具有第一纵向侧面的第一非底层部分,以及形成具有第二纵向侧面的第二非底层部分,所述第一纵向侧面与所述第二纵向侧面不平行并且沿其长度相隔的距离在 1 英寸至 2.25 英寸之间。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成第三非底层部分,其中所述第三非底层部分终止于所述第一纵向侧面及所述第二纵向侧面之间。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成至少一个非底层部分,该至少一个非底层部分具有毗邻所述多个底层部分的一对纵向侧面。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成至少一个非底层部分,该至少一个非底层部分具有毗邻所述多个底层部分的一对平行的纵向侧面。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成至少一个非底层部分,该至少一个非底层部分具有毗邻所述多个底层部分的一对平行的纵向侧面,所述平行的纵向侧面相隔的距离在 0.23 英寸至 0.27 英寸之间。
9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中应用绝缘底层涂料包含形成具有第一对纵向侧面的第一非底层部分及形成具有第二对纵向侧面的第二非底层部分,其中所述第一非底层部分终止于所述第一对纵向侧面与所述第二对纵向侧面相交处。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,其中应用绝缘底层涂料包括形成具有第一对纵向侧面的第一非底层部分及形成具有第二对纵向侧面的第二非底层部分,其中所述第一非底层部分延伸至超过所述第一对纵向侧面与所述第二对纵向侧面相交处 1 英寸。
11. 一种用于缓解表面放电的方法,包括:
向金属部件应用绝缘底层涂料;
向将要附连所述金属部件的碳纤维增强塑料 CFRP 部件提供一个或多个静电耗散构件;以及
向所述 CFRP 部件不连续地应用用于防止电化学腐蚀的绝缘底层涂料来形成至少一个底层部分及至少一个非底层部分,所述至少一个底层部分被置于毗邻所述静电耗散构件。
12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成所述至少一个底层部分来使其从所述静电耗散构件延伸出不超过 2.25 英寸。
13. 根据权利要求 11 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成所述至少一个底层部分来使其从所述金属部件处延伸出至少 1.75 英寸。
14. 根据权利要求 11 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成多个底层

部分及至少一个非底层部分来使每个底层部分均与毗邻的底层部分由至少 0.25 英寸的一些非底层部分分隔开。

15. 根据权利要求 11 所述的方法,其中不连续地应用绝缘底层涂料包括形成所述至少一个底层部分来使其从所述金属部件处延伸出至少 1.0 英寸且从所述静电耗散构件延伸出不超过 2.25 英寸。

绝缘涂层的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及用于提供电绝缘的系统及方法,且更加具体地,涉及用于提供电绝缘以防止表面放电的系统及方法。

背景技术

[0002] 将薄的绝缘涂层应用于导体材料表面上在许多行业中都很普遍。在一些场合,这些绝缘涂层可以被有目的地应用以便缓解或阻止导体材料的腐蚀降解。比如,绝缘涂层可以通过阻止电荷移动来缓解或阻止飞行器金属构件的电化学腐蚀。在另一些场合,应用绝缘涂层可以用来增强后续应用的涂层或材料的附着力,保护基体不受到有害的辐射照射(即紫外线照射),起到适度的反射材料的作用,以及延缓微生物滋生。除此外,在其它一些场合,只应用装饰涂层于导体材料也可以起到非预期的绝缘涂层的作用。这通常是由于装饰涂层很少有静电学要求。

[0003] 在接地的导体材料或基体上结合绝缘涂层会使得随着静电荷积聚在涂层的表面上而产生电容。在静电荷无法释放到大地时电容会导致自发(spontaneous)自创(self-initiated)的表面放电。这些自发自创的表面放电就是通常所指的传播型刷形放电(PBD)。一般来说是非常不希望发生传播型刷形放电。装饰涂层可以做成导电的以便缓解或消除这样的表面放电。尽管如此,导电涂层无法取代绝缘涂层来防止电化学腐蚀的产生。因此,非常有用的是一种绝缘涂层应用的新系统及方法,其不包括绝缘涂层的电化学腐蚀防护及其它常用功能,但仍能减少或消除表面放电的可能性。

发明内容

[0004] 本发明是针对用于减少或消除绝缘涂层表面放电的系统及方法,但该绝缘涂层不具有防止绝缘层电化学腐蚀及提供其它常用功能的能力。如前所述,这些其它常用功能可以包括增强后续应用的涂层或材料的附着力、保护基体不受有害辐射照射(即紫外线发射),起到适度的反射材料的作用,以及延缓微生物滋生。根据本公开内容的系统及方法的实施例可以有利地减少或消除从覆盖有导电材料的非导电绝缘涂层进行表面放电,也被称之为传播型刷形放电。

[0005] 在一个实施例中,一种被用于缓解覆盖底层涂料的碳纤维增强塑料(CFRP)部件的表面放电现象的方法,该方法包括:首先应用绝缘底层涂料于金属部件。然后将绝缘底层涂料不连续地应用于毗邻金属部件的CFRP部件。不连续地应用绝缘底层涂料可以形成底层部分及非底层部分。非底层部分被构造成能够使静电耗散。

[0006] 在另一个实施例中,一种被用于缓解从碳纤维增强塑料(CFRP)部件进行表面放电的方法,该方法包括首先将绝缘底层涂料应用于金属部件。一个或更多个静电耗散特征也被应用于毗邻金属部件的CFRP部件。此外,在CFRP部件上不连续地应用绝缘底层涂料来形成底层部分及非底层部分。底层部分被设置在毗邻静电耗散特征。总的来说,不连续地应用的绝缘底层涂料被构造成防止金属部件的电化学腐蚀。

[0007] 在另外一个实施例中,一种飞行器被公开。该飞行器包括一个机身及一个与机身操作地连接的推进系统。这个飞行器还包括被置于机身和机翼中至少一者内部的金属部件及被置于毗邻金属部件的碳纤维增强塑料(CFRP)部件。该CFRP部件包括燃油保护壳表面(a fuelcontainment surface)。此外,在燃油保护壳表面上不连续地设置绝缘底层涂料来形成底层部分及非底层部分。非底层部分被构造成能够使静电耗散。

[0008] 以上所述的以及下面将要接着讨论的特征、功能以及优点,都可以在不同的实施例中独立地实现,或是结合在其它的实施例中,具体的细节可以在以下的描述及示意图中看到。

附图说明

[0009] 下面将参考附图详细描述根据本发明公开内容的教导的系统及方法的具体实施例。

[0010] 图1为示范性的碳纤维增强塑料(CFRP)部件的等角投影图。示范性的CFRP部件描述了根据本发明实施例的应用绝缘底层涂料来防止表面放电的概念;

[0011] 图2为根据一个实施例的用于将绝缘底层涂料应用到金属部件及CFRP部件的示范性工序的流程图;

[0012] 图3为根据一个实施例的用于限定将绝缘底层涂料非连续地应用到CFRP部件的示范性工序的流程图;

[0013] 图4为根据一个实施例的用于向包括静电耗散特征的金属部件及CFRP部件提供绝缘底层涂料的示范性工序的流程图;

[0014] 图5为根据一个实施例的用于限定向包括静电耗散特征的CFRP部件非连续地应用绝缘底层涂料的示范性工序的流程图;

[0015] 图6为CFRP部件末端的等角投影图;

[0016] 图7为根据图2-5中的工序配备了至少一个CFRP部件的飞行器侧视图,其中所述CFRP部件制备有绝缘底层涂料。

具体实施方式

[0017] 根据本公开内容的系统及方法针对不连续地应用绝缘底层涂料来缓解碳纤维增强塑料(CFRP)飞行器部件的表面放电。同时,绝缘底层涂料的不连续应用并不抑制对毗邻金属(即铝)部件的电化学腐蚀防护,也不损害绝缘底层涂料的其它有用功能。本发明的某些实施例中的很多具体细节将会在以下的描述及图1-8中被阐明以提供对于这些实施例的整体理解。本发明可以具有附加实施例,或者可以在省略下述一个或更多个细节的基础上被实施。

[0018] 图1为一个碳纤维增强塑料(CFRP)部件100样本的等角投影图。CFRP部件100样本阐明了应用绝缘底层涂料以防止表面放电且同时提供电化学腐蚀防护的示范性概念。根据不同的实施方式,CFRP部件100可由被伊利诺斯州芝加哥波音公司命名为BMS 8-276的CFRP制造而成。

[0019] CFRP部件100可以包括表面区域102,该表面区域102包括多个附连占地面(attachment footprints)104。附连占地面104被布置成使它们接触一个或更多个金属结

构构件（例如金属支架、金属剪力杆等等）。这样，附连占地面 104 可使 CFRP 部件 100 被附连到存在于飞行器中的一个或多个金属部件。举例来说，金属结构构件可能包含铝部件。不过，可以意识到，金属部件附连占地面 104 可以使 CFRP 部件 100 被附连到由其它类型的导电金属所构成的部件。

[0020] 根据多种实施方式，绝缘底层涂料可被应用于表面区域 102。绝缘底层涂料被应用以防止被连接到 CFRP 部件 100 上的金属结构构件的电化学腐蚀。此外，绝缘底层涂料也可被用来增强后续应用的涂层或材料的附着力，保护基体不受有害辐射照射（即紫外线发射），起到适度的反射材料的作用以及延缓在 CFRP 部件 100 上的微生物滋生。

[0021] 然而，如图 1 所示，一个或多个非底层区域 106 可以被置于绝缘底层涂料覆盖的 CFRP 部件 100 内。非底层区域 106 能够使电子从绝缘底层涂料的表面耗散到 CFRP 部件 100 内。这样，非底层区域 106 能够有利地防止在覆盖有底层涂料的 CFRP 部件 100 中累积可能触发传播型刷形放电的静电荷。

[0022] 在不同的实施例中，底层涂料涂层可以被不连续地应用到 CFRP 部件的表面以便形成一个或多个非底层区域。比如，下面的表 I 列出了根据本发明的一个实施例向金属部件及一个或多个毗邻的 CFRP 部件表面不连续应用底层涂料涂层的第一组示范性行为。

[0023] 参考表 I，方法包括在一个或多个金属（例如铝）部件之下且毗邻的位置上向 CFRP 部件应用一层或更多层防腐蚀罩面层。在这些实施例中，防腐蚀罩面层或底层涂料，可以是适用于油罐的 BMS10-20 II 型 A 类 A 等级罩面层。在一些应用中，也可应用单层的底层涂料来起到密封剂粘附的作用。根据不同的实施例，防腐蚀罩面层可以是局部厚度最大可达到 0.003 英寸或 3 密耳（“密耳”指千分之一英寸）。在一些实施例中，在 CFRP 部件上底层边界应用区域的边缘可以保持成距邻近的金属部件在一个合适的最小距离处（例如近似 1.75 英寸）。同样地，非底层条纹宽度也可以保持在所需的宽度（例如近似 0.25 英寸 $\pm$ 0.020 英寸）。

[0024] 如表 I 进一步所示，非底层条纹并不要求是平行的。不过，在不同的实施例中，每个非底层条纹与毗邻的非底层条纹之间的间距可以被保持在不小于最大距离（例如近似 2.2500 英寸）和不大于最小距离（例如近似 1.000 英寸）。此外，在一些实施例中非底层条纹会延伸到毗邻的非底层区域内。在一些实施例中，非底层条纹可以在与另一条非底层条纹相交之后终止。此外，非底层条纹也可终止于两个毗邻的且彼此间距小于合适距离（例如，近似 2.25 英寸）的非底层条纹之间。根据许多实施例，非底层条纹可以延伸到紧固件及帽形密封部位之下，只要所有其它的非底层条纹参数合适。在不同的实施例中，非底层条纹优选地不位于切割的 CFRP 部件（例如 CFRP 边缘）上，以便不会对腐蚀防护构成损害。不过，如果非底层条纹方向平行于横穿切割的 CFRP 部件边缘的最短可能距离，则可以例外。最后，可以意识到，在之前讨论的不同实施例中所讨论的距离可以是沿着完全湿润的结构表面被测量的。换句话说，要相对于包括碳纤维及金属部件的已装配结构进行测量。

Table I: 不连续应用的第一组示范行为

在金属部件下方且毗邻处应用两层 BMS10-20II 型 A 类 A 等级（用于整体油罐的防腐蚀罩面层）底层涂料以起到腐蚀防护的作用。根据需要在局部应用一层 BMS10-20II 型 A 类 A 等级底层涂料以起到密封剂粘附的作用。BMS10-20 最大局部厚度可以为 0.003 英寸（3 密耳）。
碳纤维增强塑料（CFRP）上的底层边界应用区域的边缘可以被保持在距离金属部件在 1.75 英寸的最小距离处。
非底层条纹宽度可以是 0.25+/-0.020 英寸。
非底层条纹不要求平行，但毗邻的非底层条纹之间间距可以不小于 2.2500 英寸和不大于 1.0000 英寸。
非底层条纹可以延伸到毗邻的非底层区域内。非底层条纹可以在与另一条非底层条纹相交之后终止或可以在两个毗邻的且彼此间距小于 2.25 英寸的非底层条纹之间终止。
只要所有其它的非底层条纹参数合适，非底层条纹也可延伸到附连金属或碳纤维增强塑料（CFRP）部件之下。
非底层条纹可延伸到紧固件及盖封部位之下，只要其它的非底层条纹需要被满足。
由于腐蚀防护的原因，非底层条纹优选不位于切割的 CFRP 部件边缘上，除非非底层条纹方向平行于横穿切割的 CFRP 部件边缘的最短可能距离。
所有的距离测量可以沿着完全湿润的结构表面进行。

[0025] 同样地，下面的表 II 列出了向金属部件及一个或更多个毗邻的碳纤维增强塑料（CFRP）部件表面不连续地应用底层涂料涂层的第二组示范行为。根据表 II，在一些实施例中，方法包括在一个或更多个金属（例如铝）部件之下且毗邻的位置处向 CFRP 部件应用一层或更多层防腐蚀罩面层的方法。在一些实施例中，防腐蚀罩面层或底层涂料可以是适用于油罐的 BMS10-20II 型 A 类 A 等级罩面层。在一些应用中，可以应用一层底层涂料以起到密封粘附剂的作用。根据不同的实施例，防腐蚀罩面层局部最大厚度可高达到近似 0.003 英寸（3 密耳）。

[0026] 在一些实施例中，CFRP 部件表面可以配置一个或更多个适当的静电耗散特征。适当的静电耗散特征可以包括：(1) 应用 BMS 10-20 底层涂料的金属部件，(2) 具有或不具有盖封的 k-码（k-code）或裸紧固硬件（垫圈、顶盖或套环 / 螺母），或 (3) 合适配置的裸 CFRP 部件表面（例如在每侧上最大宽度近似 2.25 英寸且最小宽度近似 0.25 英寸的裸 CFRP 的底层涂料条纹）。如下面要进一步描述的，k-码可以指带有酚醛涂层或颜料涂层的紧固件。在这些实施例中，覆盖碳纤维增强塑料（CFRP）部件表面的底层涂料的最大宽度可以距离静电耗散特征不超过近似 2.25 英寸。

[0027] 用于腐蚀防护的底层涂料覆盖区的最小宽度可以延伸到至少距离一个或更多个

金属部件在最小距离（例如近似 1.75 英寸）处。根据附加的实施例，用于密封应用的底层涂料覆盖区的最小宽度可以是确保密封剂在考虑了所有的零件公差、装配公差以及密封剂应用公差后只应用于底层表面所需的宽度。在一个实施例中，密封剂应用区域包括倒角密封、刷密封、封盖密封及接合密封。

[0028] 在许多实施例中，底层涂料覆盖面物的允许长度可以是不受限制的，只要（1）满足距离耗散材料的最大宽度参数（例如近似 2.25 英寸），（2）满足距离金属部件的最小宽度参数（例如近似 1.75 英寸），而且（3）在考虑了所有公差之后应用密封剂于底层表面。因此，根据这些参数可以将底层涂料应用于 CFRP 部件表面。在附加的实施例中，底层涂料的毗邻区域可由最小宽度的非底层 CFRP（例如近似 0.25 英寸）分隔。基于这种考虑，底层涂料可以选择性地应用于 CFRP 部件。而且，在一些实施例中，在不导致重叠的底层区域距离耗散材料的距离大于最大距离（例如近似 2.25 英寸）的情况下，如果距离金属部件的最小尺寸（例如近似 1.75 英寸）无法被满足，则底层涂料涂层覆盖区区域与金属部件的距离可以减小到新的最小距离（例如近似 1.0 英寸）。最后，可以意识到，以上各实施例中所述的距离可以是沿着完全湿润的结构表面被测量的。换句话说，测量要相对于包括碳纤维及金属部件的已装配结构进行。表 II：不连续应用的第二组示范行为在金属部件下方且毗邻处应用两层 BMS10-20II 型 A 类 A 等级（用于整体油罐的防腐蚀罩面层）底层涂料以起到腐蚀防护的作用。根据需要在局部应用一层 BMS10-20II 型 A 类 A 等级底层涂料以起到密封剂粘附的作用。BMS10-20 最大局部厚度可以为 0.003 英寸（3 密耳）。覆盖有底层涂料的碳纤维增强塑料（CFRP）表面的最大宽度可以是距离静电耗散特征不超过 2.25 英寸。适当的静电耗散特征可以包括：（1）以 BMS 10-20 为底层涂料被涂覆的金属部件，（2）具有或不具有盖封的 k-码（k-code）或裸紧固硬件（垫圈、顶盖或套环 / 螺母），或（3）裸 CFRP 部件（例如在每侧上具有 2.25 英寸最大宽度和 0.25 英寸最小宽度底层涂料条纹的裸 CFRP）。用于腐蚀防护的底层涂料覆盖区的最小宽度可以是距离金属部件至少 1.75 英寸。用于密封剂应用的底层涂料覆盖区的最小宽度可以是确保密封剂在考虑了所有的零件公差、装配公差以及密封剂应用公差后仅被应用于底层表面所需的宽度。密封剂应用区域包括倒角密封、刷密封、封盖密封及接合密封。底层涂料覆盖面物的允许长度可以是不被限制的，只要（1）满足距离耗散材料的最大宽度参数为 2.25 英寸，（2）满足距离金属部件的最小宽度参数为 1.75 英寸，而且（3）在考虑了所有公差之后应用密封剂于被涂覆了底层涂料的表面。底层涂料的毗邻区域可由 0.25 英寸的最小非底层 CFRP 分隔。在不导致重叠的底层区域距离耗散材料大于 2.25 英寸的情况下，如果距离金属部件的 1.75 英寸最小尺寸无法得到满足，则底层涂料涂层覆盖区与金属部件的距离可以减小到 1.0 英寸的最小距离。所有距离的测量可以沿着完全湿润的结构表面进行。

[0029] 应该意识到，表 I 及表 II 为向金属部件及一个或更多个毗邻的碳纤维增强塑料（CFRP）部件表面不连续地应用底层涂料的示范行为组。因此，可以意识到，在附加的实施例中，不连续地应用底层涂料涂层的替代行为也可以实现电化学腐蚀防护且同时防止静电荷累积。

[0030] 图 2-5 表明了不连续地应用绝缘底层涂料来获得非底层区域（比如之前所述的非底层区域 106）的示范性工序。该工序可以包括在表 I 及表 II 中所概述的一个或更多个示范性规则。对于每项工序中的操作顺序不被认为是限定性的，并且上述任意数量的程序块

可以以任意顺序组合及 / 或同时进行以实现工序。

[0031] 图 2 为向金属及 CFRP 部件应用绝缘底层涂料的示范性工序的流程图。在程序块 202 中, 向金属部件应用绝缘底层涂料以用于腐蚀防护。比如, 绝缘底层涂料可被应用于铝飞行器结构部件。在程序块 204 中, 绝缘底层涂料可以被不连续地应用于毗邻的 CFRP 部件, 比如 CFRP 部件 100 (图 1)。下面相对于图 3 描述关于绝缘底层涂料的不连续应用的其它细节。

[0032] 此外, 根据不同的实施例, 绝缘底层涂料的应用可以包括向整体油罐应用多层防腐罩面层, 如伊利诺斯州芝加哥波音公司命名的“BMS 10-20”。在一个具体实施例中, “BMS 10-20”的最大厚度可高达 0.003 英寸 (3 密耳)。

[0033] 图 3 为用于限定向碳纤维增强塑料 (CFRP) 部件非连续地应用绝缘底层涂料的示范性工序的流程图。图 3 表示了有助于示范性工序 200 中的程序块 204 的工艺。换句话说, 一旦绝缘底层涂料的不连续区域被规划好, 则绝缘底层涂料可被应用于 CFRP 部件。

[0034] 在程序块 302, 为 CFRP 部件规划第一个底层涂料部分以使底层涂料在所有方向上均可从毗邻的金属部件延伸至少最小长度。比如, 如图 1 所示, 如果金属支架 108 被附连于附连占地面 (未示出), 那么底层涂料部分可以被指定成使得碳纤维部件 100 的覆盖区从金属支架 108 的边缘延伸最小尺度“L”。在一个实施方式中, 最小长度“L”可以包括近似 1.75 英寸的长度。因此, 最小长度“L”的规划底层涂料可保护毗邻的金属部件 108 (其与 CFRP 部件 100 接触) 不受电化学腐蚀。在一些实施方式中, 底层涂料的第一个部分可以被指定到最小长度“L”所到达的端部。这种指定的终止能够保证当应用底层涂料时, 底层涂料以如下方式被应用, 即在 CFRP 部件上存在至少一些非底层部分。

[0035] 在程序块 304 中, 在 CFRP 部件 100 上可以规划一个附加的底层涂料部分。附加的底层涂料可以被规划成以便形成非底层部分。非底层部分是在 CFRP 部件上没有应用底层涂料的区域。在一个实施方式中, 可通过在毗邻第一个底层部分处放置屏蔽材料后应用附加的底层部分来制成非底层部分。因此, 在应用了附加的底层涂料部分后可被移除的屏蔽材料可确保非底层部分的形成。如图 1 所示, 在一个实施例中, 非底层部分 (比如非底层部分 106) 被形成为其具有近似 0.125 英寸 $\pm$ 0.020 英寸的宽度。如上所述, 非底层部分可通过使得能够向 CFRP 部件 100 无害地耗散静电累积来防止表面放电。

[0036] 在决策块 306, 需要判断规划的附加底层涂料部分是否已达到防护的部件表面的末端。如图 1 所示, 在一个实施方式中, 防护的部件表面的末端可以包括 CFRP 部件 100 的边缘 110。在另一个实施方式中, 防护的部件表面的末端可以是 CFRP 部件上必须有底层涂料的区域的末端 112。如果规划的附加底层涂料部分达到了防护的部件表面的末端 (在决策块 306 处“是”), 那么该附加的底层涂料部分的边界可在程序块 308 被确定。具体地说, 底层涂料部分范围的边界可以被限定成对应于防护的部件表面的末端。换句话说, 在应用底层涂料时, 底层涂料可以终止于部件表面上的这个边界。

[0037] 然而, 如果规划的附加底层涂料部分没有延伸到防护的部件表面的末端 (在决策块 306 处“否”), 则工序 300 可以继续到决策块 310, 此时需要做出另一个判断。在一些实施例中, 在 CFRP 部件上不存在防护的表面的末端, 因为部件的所有表面均必须由绝缘底层涂料进行防护。

[0038] 在决策块 310, 需要判断是否应限定非底层涂料部分的至少一个边界。在一些实

施方式中,通过指定用于覆盖邻近非底层部分的表面区域的规划的附加底层涂料部分的所在位置来限定非底层部分的至少一个边界。在另一些实施方式中,可以通过指定另一个底层涂料部分所应用的位置来限定非底层部分的边界。确定一个或更多个非底层部分的边界可确保 CFRP 部件的大多数表面得到防护。举例来说,如前所述,一个非底层部分的边界可被限定成确保非底层部分的宽度在沿其长度方向上的任何一点处都不会超过 0.25 英寸 ± 0.020 英寸。

[0039] 如果在决策块 310,确定一个非底层部分的边界应该被限定(在决策块 310 处“是”),则在决策块 312 需要做出附加的判断。然而,如果确定一个非底层部分的边界不应被限定(在决策块 310 处“否”),则工序 300 将进入决策块 316。

[0040] 回到决策块 312,可以判断被限定的非底层部分的至少一部分是否在另两个被限定的非底层部分之间延伸。如果非底层部分没有在另两个被限定的非底层部分之间延伸(决策块 310 处“否”),则工序 300 回到程序块 306,此时附加的底层涂料部分可以进一步被指定成限定非底层部分。

[0041] 然而,如果被限定的非底层部分在另两个被限定的非底层部分之间延伸(决策块 310 处“是”),则在程序块 314 处被限定的非底层部分可被指定成终止于另两个非底层部分之间。这种对于被限定的非底层部分的指定终止的一个实施例如图 6 所示。

[0042] 图 6 表示碳纤维增强塑料(CFRP)部件 600 的末端。如图 6 所示,CFRP 部件 600 包括了被限定的非底层部分 602-606。每个被限定的非底层部分都包括一对纵向侧面。而且,被限定的非底层部分 602 被指定成终止于被限定的非底层部分 604 及 606 之间。指定非底层部分终止于其它的底层部分之间可以确保非底层部分被限定成相互基本接近以便 CFRP 部件表面没有区域有静电荷积聚的危险。如上所述,这种对非底层部分的指定终止可以由表 I 中所描述的示范行为所规定。

[0043] 回到图 3,在决策块 316 处,进一步判断被限定的非底层部分是否与另一个被限定的非底层部分相交。如果被限定的非底层部分没有与另一个非底层部分相交(决策块 316 处“否”),则工序 300 将转到程序块 306,此时附加的底层涂料可以进一步被指定成限定非底层部分。然而,如果被限定的非底层部分与另一个被限定的非底层部分相交(决策块 316 处“是”),则在程序块 318 处被限定的非底层部分可以被指定成终止在相交处或距相交处一预定长度处。比如,在一些符合表 I 所述规则的实施例,被限定的非底层部分可以被指定成在与另一个被限定的非底层部分相交后不能延伸超过近似 1.0000 英寸。

[0044] 在决策块 318 处指定了被限定的非底层部分的终止处后,工序 300 可以返回到程序块 304,此时可以限定另一个附加的底层涂料部分。实际上,工序 300 可根据需要循环多次来用规划的底层涂料部分和被指定的非底层部分完全地覆盖 CFRP 部件。在一些实施例中,与表 I 中示范性的规则相一致,规划一个或更多个底层涂料部分来指定非底层部分,从而使被指定的非底层部分呈条纹状。而且,被指定的非底层条纹的纵向侧面被构造成在第一条纹的第一侧面上的任意一点距离毗邻的第二条纹的第二侧面上的任一点小于近似 2.2500 英寸且大于近似 1.0000 英寸。换言之,底层涂料部分可以被规划成它们形成在近似 1.0000 英寸~2.2500 英寸之间的条纹。在一个实施方式中,条纹可以包括基本平行的纵向侧面。但是,条纹也可以包括不基本平行的纵向侧面。这样的话,足够数量的非底层部分可以被指定以防止静电荷积聚。

[0045] 图 4 为向包括静电耗散特征的金属部件及碳纤维增强塑料 (CFRP) 部件应用绝缘底层涂料的示范性工序的流程图。在程序块 402, 可以向金属部件应用绝缘底层涂料来进行腐蚀防护。比如, 绝缘底层涂料可被应用在铝飞行器结构部件上。

[0046] 在程序块 404, 一个或更多个静电耗散特征可以被提供给毗邻的 CFRP 部件, 比如 CFRP 部件 100 (图 1)。以一个例子为证, 静电耗散特征可以包括被绝缘底层涂料覆盖的金属部件。在另一个例子中, 静电耗散特征可以包括“k- 码”或裸紧固硬件 (比如垫圈、顶盖、套环及螺母组合等等)。而且 k- 码紧固硬件可包括被酚醛涂层或颜料涂层覆盖的紧固硬件。酚醛涂层通常是不导电的, 因为它们提供弱的电介质隔离。可是, 当这些酚醛涂层承受低电压时, 它们会击穿从而使电荷流向大地。这样, k- 码紧固硬件在一些情况下会起到“静电耗散特征”的作用。在其它情况下, 裸 CFRP 可起到静电耗散特征的作用。在一个特定的情况下, 裸 CFRP 可以是非底层条纹的形式, 即 CFRP 部件 100 表面上未覆盖底层涂料的区域。该非底层条纹可以包括基本平行的纵向侧面。

[0047] 在程序块 406, 向毗邻的 CFRP 部件 (比如 CFRP 部件 100) 不连续地应用绝缘底层涂料。关于不连续应用绝缘底层涂料的附加细节将根据图 5 在下文中予以描述。

[0048] 此外, 根据不同的实施例, 绝缘底层涂料的应用可以包括向整体油罐应用多层防腐腐蚀罩面层, 如伊利诺斯州芝加哥波音公司命名的“BMS 10-20”。在一个具体的实施例中, “BMS 10-20”的最大厚度可高达 0.003 英寸 (3 密耳)。

[0049] 图 5 为用于限定向包括耗散特征的碳纤维增强塑料 (CFRP) 部件非连续地应用绝缘底层涂料的示范性工序的流程图。图 5 表明了有助于工序 400 的程序块 406 的工艺。换言之, 一旦绝缘底层涂料的不连续区域被规划好, 绝缘底层涂料即可应用于 CFRP 部件。

[0050] 在程序块 502, 要确定毗邻一个 CFRP 部件的多个金属部件之间的最短距离。在程序块 504, 多个金属部件之间的最短距离可与单个支架的最小覆盖需要相比较。根据不同的实施例, 最小覆盖需要是应用的底层涂料从铝支架边缘延伸出的最小长度, 以便支架免受电化学腐蚀。在一些实施例中, 最小长度可以近似为 1.75 英寸。

[0051] 如果在多个金属部件之间的最短距离使从多个金属部件延伸出的覆盖区域导致了不可接受的重叠, 那么最小长度“L”且从而最小的底层涂料覆盖区会在受影响区域内减小。比如, 如图 7 所示, 有两个铝支架 702 且被安装成使得它们的最靠近的边缘间相距 2.50 英寸。这个实施例符合表 II 中的示范行为, 因而最小长度“L”在理想状况下被设定为从每个铝支架的边缘延伸出 1.75 英寸。这会导致一种情况的产生, 即两个铝支架之间整个 2.50 英寸的距离上均被底层涂料覆盖 (因为 $1.75 \text{ 英寸} \times 2$ 超过了 2.50 英寸)。可是, 如上所述, 表 II 中的示范行为同时要求覆盖 CFRP 表面的底层涂料的最大宽度不能超过距静电耗散特征 (比如铝支架) 近似 2.25 英寸。换言之, 铝支架之间的 2.50 英寸的覆盖宽度会产生不可接受的重叠 704, 因为这不满足 2.25 英寸最大长度的规定。

[0052] 因此, 如果毗邻多个金属部件的最小覆盖区导致了不可接受的重叠 (决策块 404 处“是”), 则每个金属部件的最小覆盖需要可被减小以便规划静电耗散的非底层部分。回到在图 7 中两个铝支架 702 被安装在一个 CFRP 部件上且相距 2.50 英寸的实施例, 其中最小长度“L”可被减小到距金属部件不小于近似 1.0 英寸 (例如, 符合表 II 中示范行为)。在一个实施方式中, 第一个铝支架的最小长度“L”可被减小到近似 1.25 英寸。这种减小需要下述情况配合, 即第二个铝支架的最小长度“L”被减小到近似 1.0 英寸, 以便产生近似 0.25

英寸宽的非底层部分来作为静电耗散特征。该 0.25 英寸的非底层部分可以符合表 II 中的示范行为。应该意识到,只要能产生必要的静电耗散特征,则可以在两个金属部件(比如铝支架)之间使用其它的减小组合(例如 1.20 英寸和 1.05 英寸,1.15 英寸和 1.10 英寸)。这可以包括,在可行的情况下,减小多个金属部件中一个的最小长度“L”,而非减小两者的最小覆盖区。在减小了最小覆盖区后,工序 500 可进入程序块 508。

[0053] 然而,如果毗邻多个金属部件的最小覆盖区并不导致不可接受的重叠产生(决策块 404 处“否”),则工序 500 可直接进入程序块 508。

[0054] 在程序块 508,可以邻近金属部件规划底层涂料部分。在一个实施方式中,规划的底层涂料部分一般从金属部件边缘延伸出近似 1.75 英寸的最小长度“L”来防止电化学腐蚀。然而,如上所述,如果与毗邻的底层涂料覆盖区发生不可接受的重叠时,则底层涂料部分的被限定覆盖区需要被减小。

[0055] 在决策块 510,判断规划的底层涂料部分是否从耗散部件(例如金属部件、k-码或裸紧固硬件、裸 CFRP)延伸出了最大距离。在一个实施方式中,规划的底层涂料部分必须从耗散特征延伸出不超过近似 2.25 英寸。这样可确保提供足够的耗散特征来防止静电荷累积。如果被限定的底层涂料部分已从耗散特征延伸出最大距离(决策块 510 处“是”),则工序 500 会进行到程序块 516。在程序块 516,被限定的底层涂料部分可以被指定成终止于边界,如果超过该边界进一步应用了底层涂料会导致底层涂料超过上述的近似 2.25 英寸的限制。在一个实施例中,规划的底层涂料部分应用的终止可以通过指定一个耗散特征的构造来实现。该指定的耗散特征可以是宽度近似 0.25 英寸的非底层部分。在其它实施方式中,指定的耗散特征可以包括以上描述的金属部件或裸紧固部件。在底层涂料应用过程中,可以通过将 CFRP 部件表面与应用的底层涂料屏蔽开来提供非底层部分。

[0056] 在决策块 512,可以判断规划的底层涂料部分是否已延伸到防护的部件表面末端。在一个实施方式中,防护的部件表面末端可以对应于 CFRP 部件的边缘。在另一个实施方式中,防护的部件表面末端可以是 CFRP 表面上必须有底层涂料的区域的末端。如果被限定的底层涂料部分已延伸到了防护的部件表面末端(决策块 512 处“是”),则在程序块 516,可以在防护的部件表面末端处为规划的底层涂料部分指定一个边界。

[0057] 然而,如果被限定的底层涂料部分没有达到防护的部件表面末端(决策块 512 处“否”),则工序 500 可以继续到决策块 514,此时需要作出另一个判断。

[0058] 在决策块 514,可以判断是否应该为被限定的底层涂料部分指定至少再多一个边界。为被限定的底层涂料部分指定至少再多一个边界可以用来确保大多数需要底层涂料防护的 CFRP 部件表面都被覆盖了。在一些实施方式中,可以指定一个或更多个边界来使被应用于邻近金属部件的规划的底层涂料部分具有上面所描述的充分的最小覆盖区。因此,如果做出了应该指定至少一个边界的判断(决策块 514 处“是”),则工序 500 将进入程序块 516。

[0059] 然而,如果做出了不应该为规划的底层涂料部分指定附加边界的判断(决策块 514 处“否”),则工序将回到步骤 410,此时决策块 510-514 可以继续做出判断直到在程序块 516 中指定了至少一个边界,并且工序 500 进入程序块 518。

[0060] 在决策块 518,可以判断是否指定了规划的底层涂料部分的所有边界。指定被限定的底层涂料部分的每个边界可以是指完成了对底层涂料部分的限定。如果被限定的底层涂

料部分的所有边界均未被指定（决策块 518 处“否”），则工序 500 回到程序块 510 直至规划的底层涂料部分的所有边界均被指定。

[0061] 然而，如果限定的底层涂料部分的所有边界均被指定（决策块 518 处“是”），则工序 500 回到程序块 504 来规划更多的底层涂料部分以使它们接近附加的耗散特征。这样的话，在绝缘底层涂料的应用过程中，底层涂料可以被应用在 CFRP 部件上来形成非底层部分从而有利地提供电化学腐蚀防护及防止表面放电。

[0062] 图 8 为根据本发明的实施例的飞行器 800 的侧视图。总得来说，除了根据本发明的一个或更多个部件外，为简洁起见，在此不再赘述飞行器 400 中是已知结构的各部件及子系统。如图 8 所示，飞行器 800 包括与机身 802 相连的一个或更多个推进单元 804、在机身 802 内的座舱 806、机翼组件 806（或其它升力表面）、尾翼组件 810、起落架组件 812、控制系统（不可见）以及使飞行器 800 正常运转的其他系统及子系统。根据各实施例，应用不连续底层涂料层的至少一个碳纤维塑料（CFRP）增强部件 814 位于飞行器 800 的机身 402 及机翼组件 808 中至少一个的内部。

[0063] 尽管图 8 中所示的飞行器 800 为一般的有代表性的商用客机，比如从伊利诺斯的芝加哥波音公司可商业获得的 737、747、757、767、777 和 787 型号的商用机型，不过在此处公开的发明设备及方法可应用于几乎任何其它的飞行器的组件中。更具体地说，本发明的教导可用于其它客机、货机、旋翼飞行器及其它类型的飞行器的制造及装配，包括比如在 2001 年 9 月由 Book Sales Publishers 出版的 EnzoAngelucci 所著的 The Illustrated Encyclopedia of Military Aircraft（“军用飞行器图解百科全书”）中及由英国萨里寇斯顿 Jane's Information Group 出版的 Jane's All the World's Aircraft 中所描述的，其通过引用结合到本文中。也可以意识到，根据本发明的系统及方法的可替换实施例可以用于其它飞行器。

[0064] 根据本公开内容的系统及方法的实施例提供了比之前的工艺更为显著的优势。在毗邻金属部件的碳纤维增强塑料（CFRP）部件上不连续地应用绝缘底层涂料可以同时缓解电化学腐蚀并通过使静电荷逃逸至大地而降低了静电积累的可能性。因此，静电积累及不希望发生的表面放电可被减小或消除。

[0065] 该发明的实施例已在上文中进行了图解及说明，可以在不违背本发明精神及范围的情况下进行很多改动。比如，表 I 及表 II 中所描述的不同的尺寸及宽度可以根据不同形式的碳纤维增强塑料（CFRP）、不同类型的绝缘底层涂料或不同的静电耗散特征进行适当地调整。因此，本发明的适用范围并不局限于这些实施例的公开。而本发明将参照所附权利要求被整体限定。

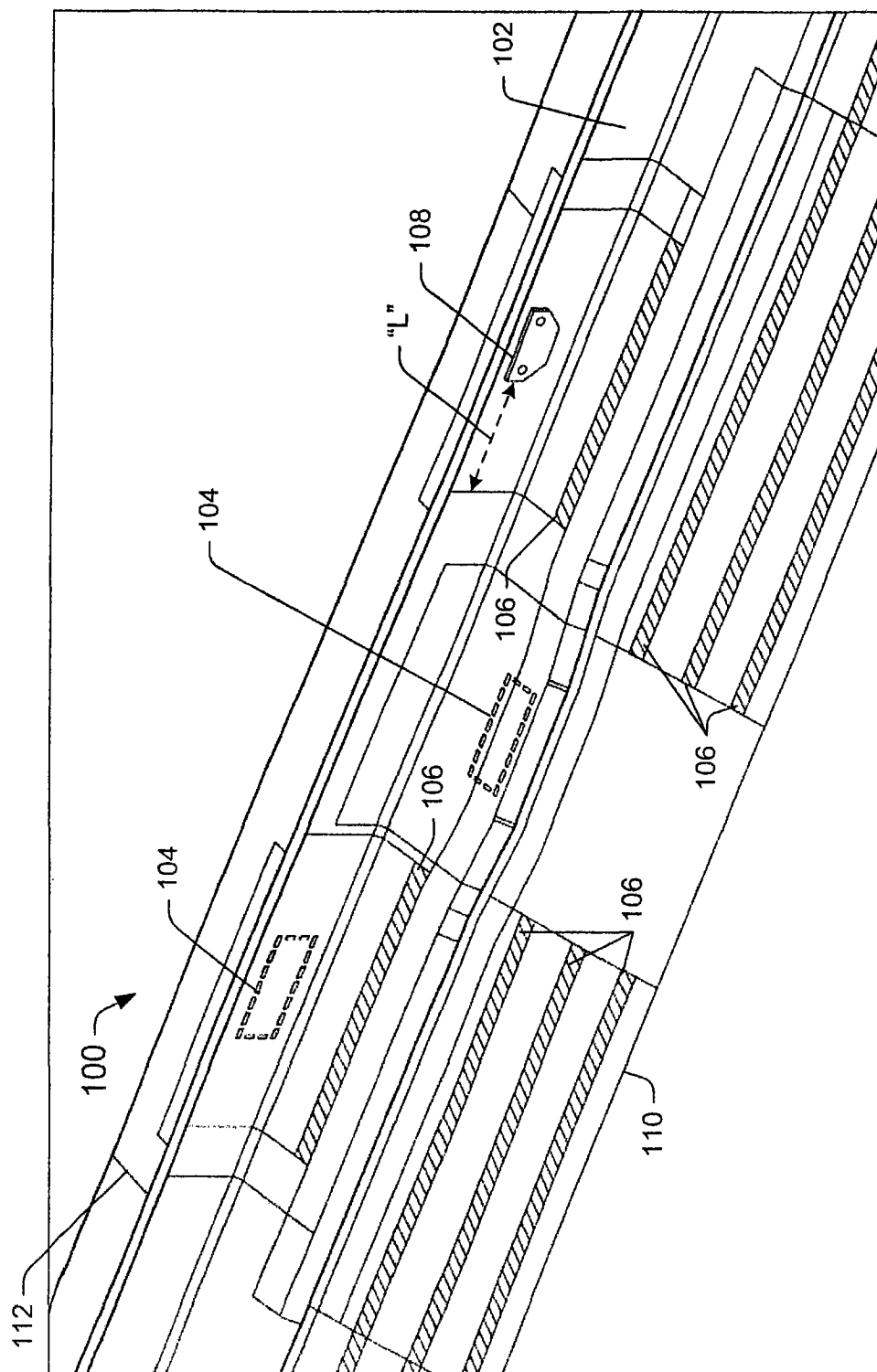


图 1

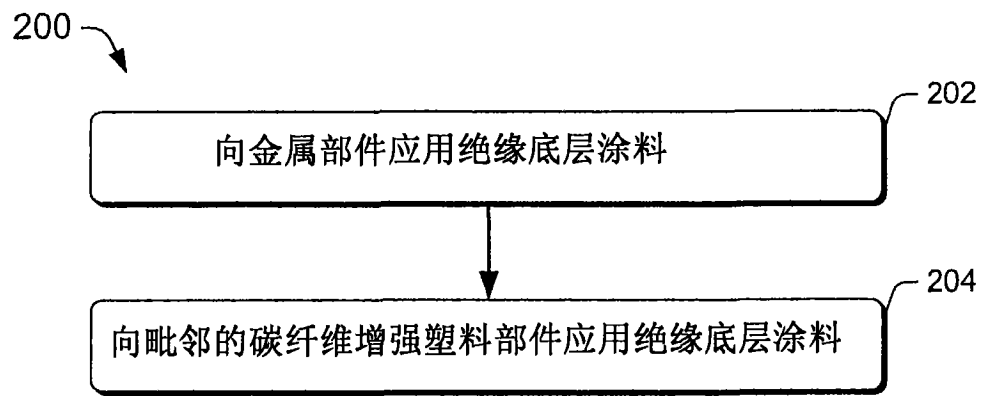


图 2

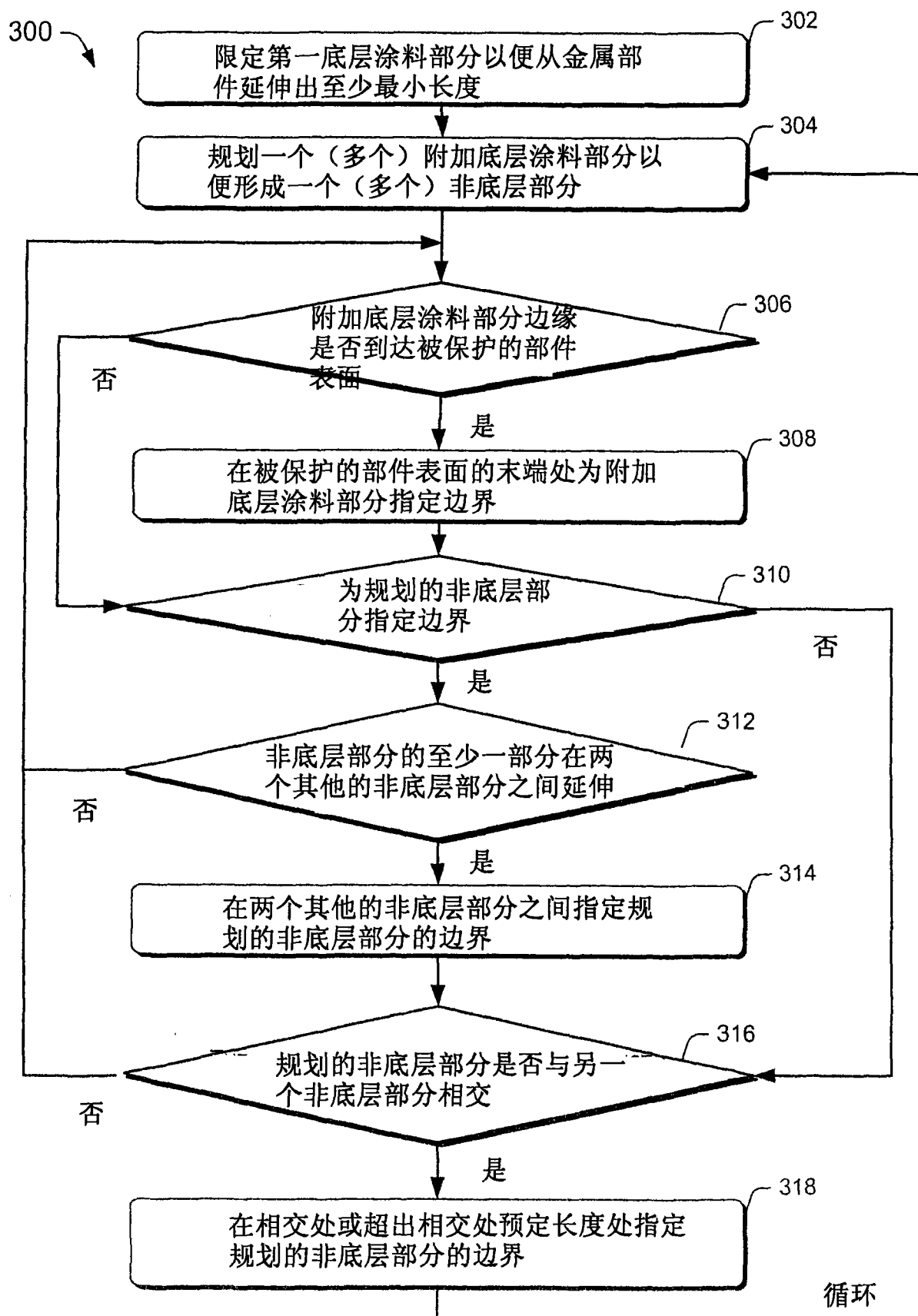


图 3

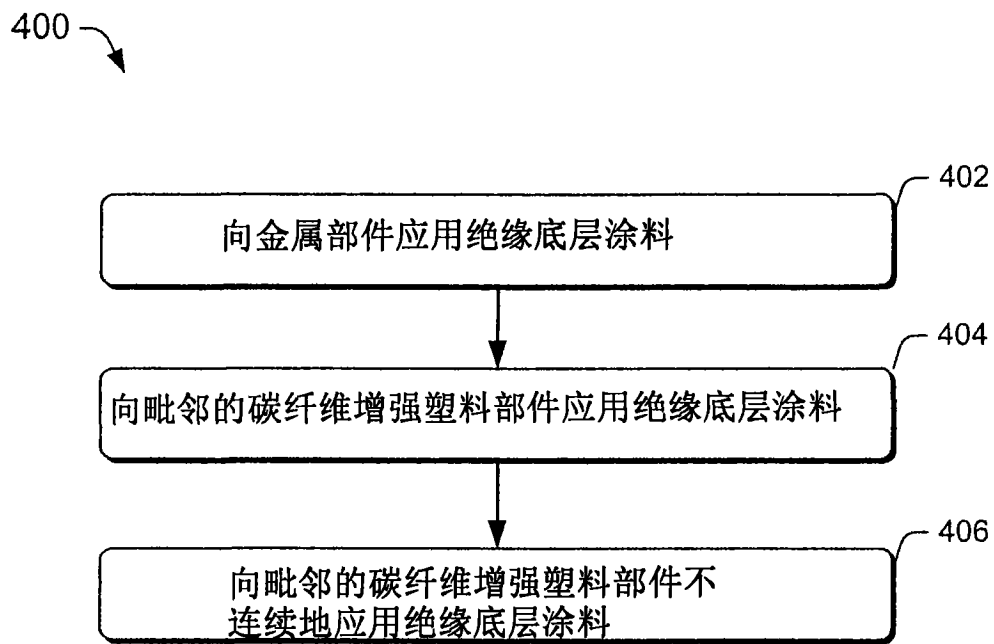


图 4

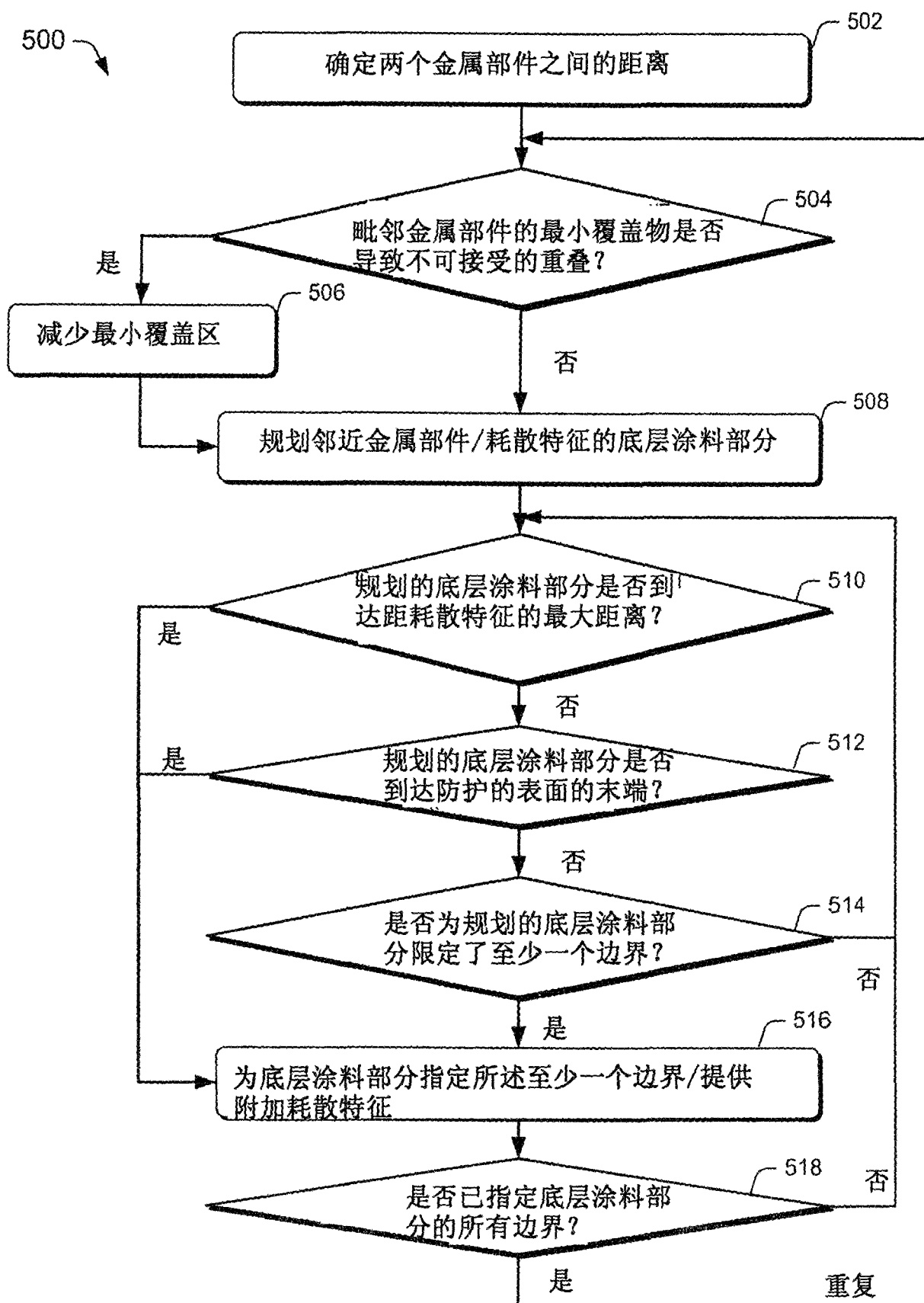


图 5

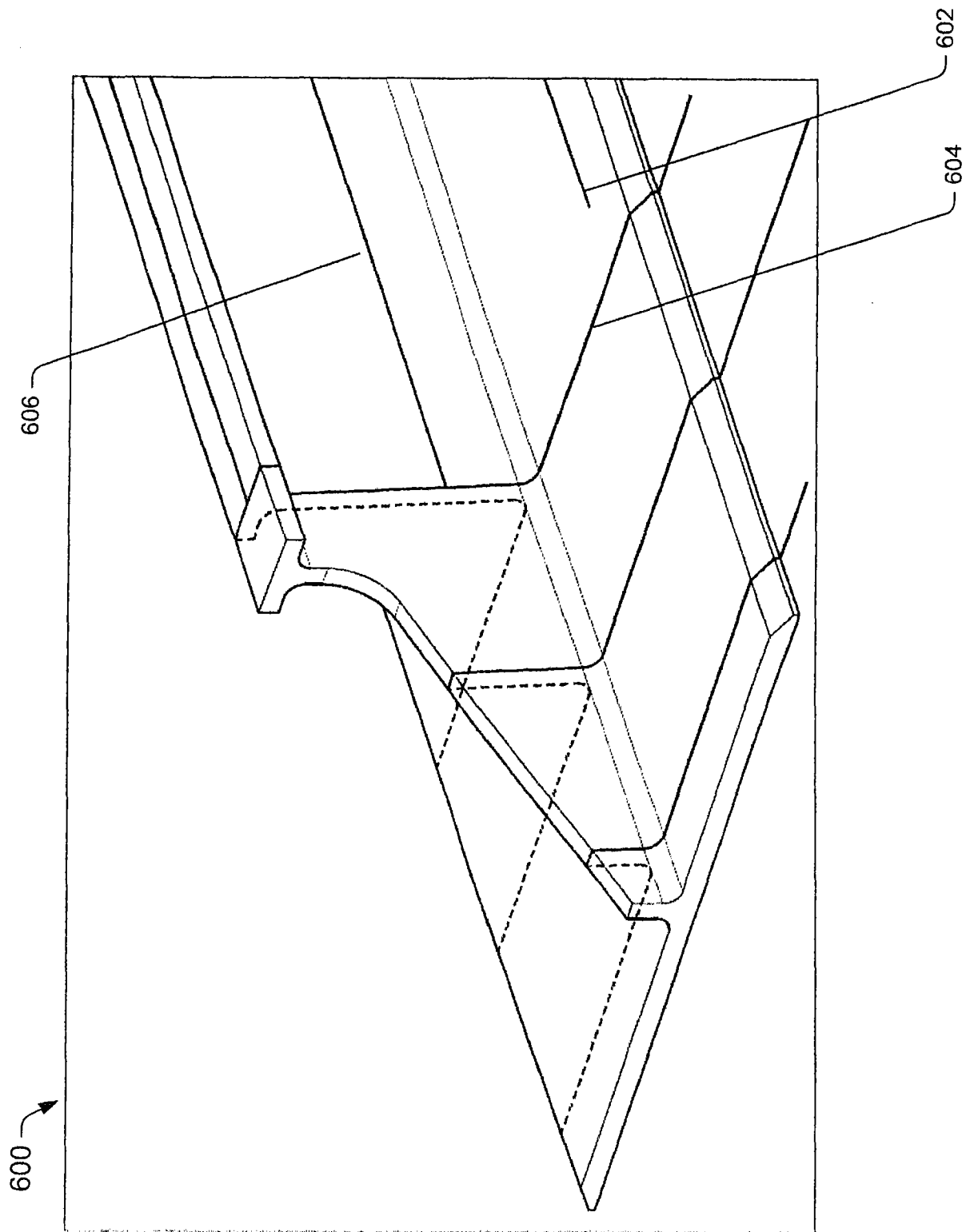


图 6

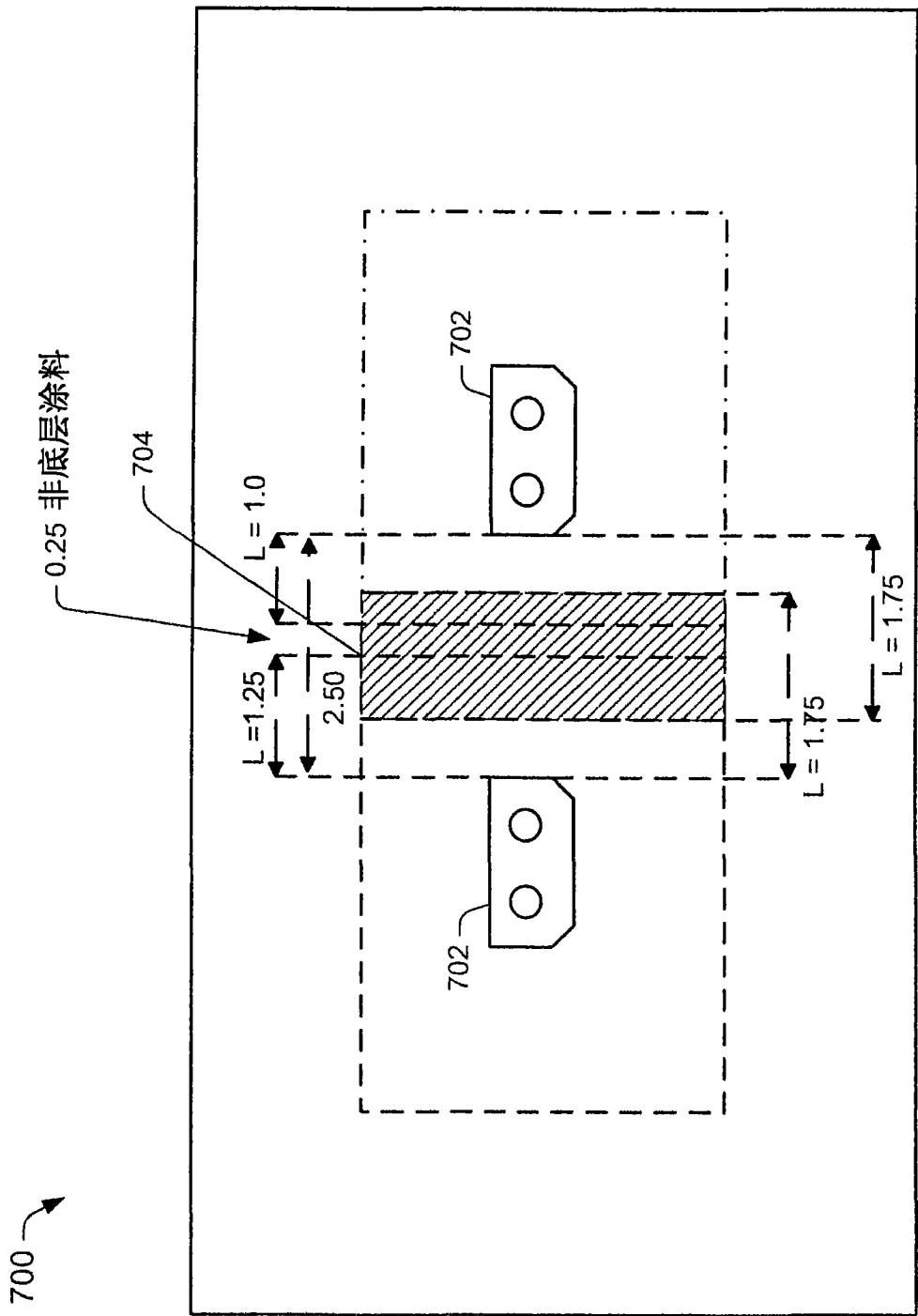


图 7

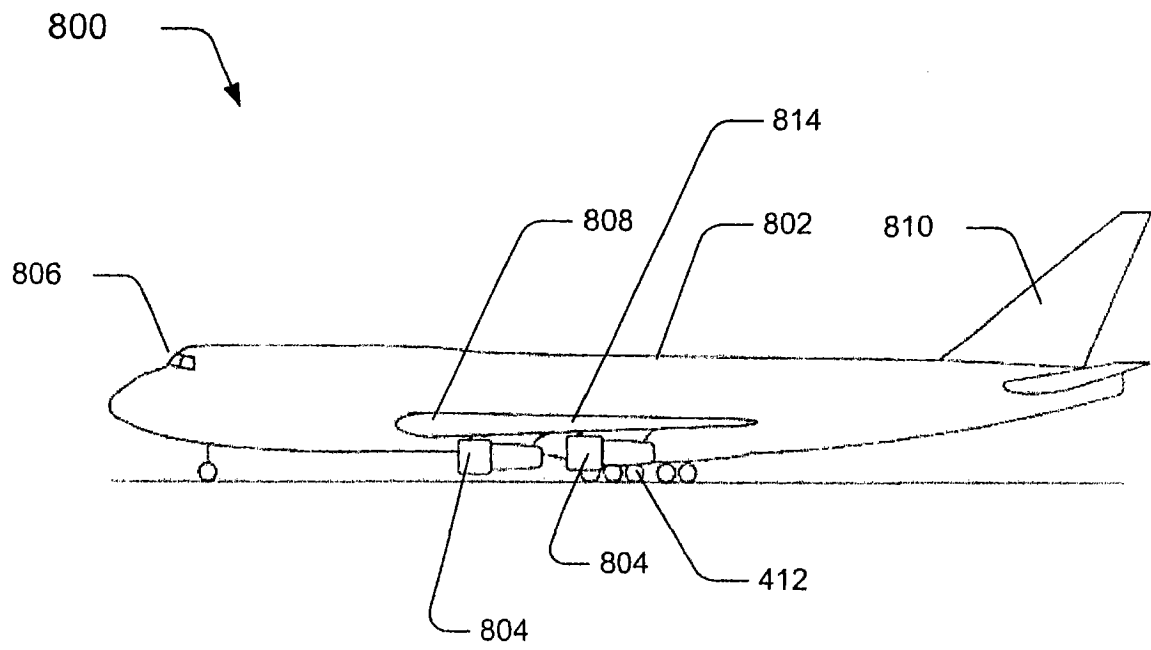


图 8