



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00817886.0

[43] 公开日 2003 年 4 月 30 日

[11] 公开号 CN 1414919A

[22] 申请日 2000.12.28 [21] 申请号 00817886.0

[30] 优先权

[32] 1999.12.30 [33] US [31] 60/173,920

[86] 国际申请 PCT/US00/35529 2000.12.28

[87] 国际公布 WO01/49564 英 2001.7.12

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.27

[71] 申请人 达特茅斯学院理事会

地址 美国新罕布什尔

[72] 发明人 维克托·F·彼得连科

列夫·德雷什

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

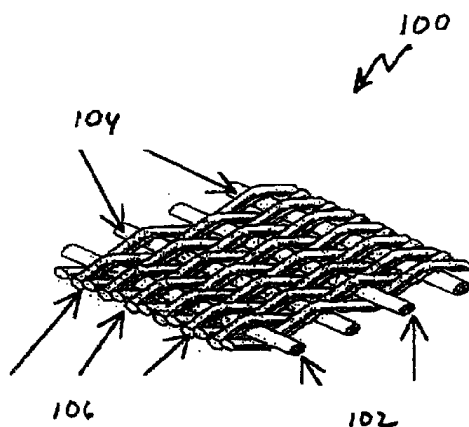
代理人 王敬波

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于电除冰涂层的系统和方法

[57] 摘要

一种改变粘着到物体上的冰的冰粘着强度的系统，包括一个复合涂层，该复合涂层含有覆盖要受保护的表面的金属线电极。在一个实施例中，复合涂层含有电极线路和绝缘体纤维。该复合涂层被附加到要修改其冰粘着强度的物体表面。所述电极线路连接到一个 DC 偏压电源并被交替用作阴极线路和阳极线路。当由于冰的作用而完成了阳极和阴极线路之间的电路连接时，所述电源对冰和所述表面之间的接触面产生一个 DC 偏压。在另一个实施例中，将一个金属线编织网放在物体的导电表面，将一个反向 DC 偏压加到所述编织网和所述表面。在另一个实施例中，涂层具有与绝缘体纤维编织而成的阳极和阴极线路，作为合成织物加到表面上以防该表面结冰。



1. 一种改变粘着到导电表面的冰的冰粘着强度的系统，包括：

一个复合涂层，具有覆盖所述表面的金属线编织网，所述涂层包括导电路径；

一个非导电绝缘层，置于所述涂层和所述表面之间；以及

一个DC电源，用于通过与所述冰形成的电路将一个DC偏压加在所述编织网和所述表面之间。

2. 如权利要求1所述的系统，还包括用于将所述复合涂层粘合到所述表面的粘合剂。

3. 如权利要求1所述的系统，其中，所述表面和所述金属线编织网连接所述DC电源的相反两端。

4. 如权利要求1所述的系统，其中，所述DC偏压对所述冰提供约为1-10mA/cm²之间的电流密度。

5. 如权利要求1所述的系统，其中，所述DC偏压在所述表面和所述编织网之间提供约为2-100V之间的电压。

6. 一种改变粘着到导电表面的冰的冰粘着强度的系统，包括：

一个复合涂层，覆盖所述表面，该涂层具有多个导电电极线路和多个电绝缘绝缘体纤维，该绝缘体纤维将每一个电极线路相互分开并且使所述电极线路与所述表面绝缘；

一个DC电源，用于通过与所述冰形成的电路将一个DC偏压加在所述电极线路和所述表面之间。

7. 如权利要求6所述的系统，还包括用于将所述复合涂层粘合到所述表面的粘合剂。

8. 如权利要求6所述的系统，其中，所述表面与所述DC电源的

一端相连接，并且所述电极线路与所述DC电源的另一端相连接。

9. 如权利要求6所述的系统，其中，所述电极线路包括阴极线路和阳极线路。

10. 如权利要求6所述的系统，其中，所述复合涂层是合成织物。

11. 如权利要求10所述的系统，其中，所述合成织物是由电极线路和绝缘体纤维编织而成的。

12. 如权利要求11所述的系统，其中，所述电极线路被编织的方向基本上与所述绝缘体纤维的方向垂直。

13. 如权利要求6所述的系统，其中，所述电极线路是由金、铜、黄铜、青铜、银以及它们的混合物中的一种构成的。

14. 如权利要求13所述的系统，还包括覆盖在所述线路上的一个涂层，该涂层是从由铂、金和无定形碳所组成的组中选出来的。

15. 如权利要求6所述的系统，其中所述电极线路包括阳极线路和阴极线路，所述电源交替地在所述表面和所述阳极线路之间以及在所述表面和所述阴极线路之间产生偏压。

16. 一种改变粘着到一个表面的冰的冰粘着强度的系统，包括：

一个复合涂层，覆盖所述表面，该涂层具有多个阴极线路、多个阳极线路和多个电绝缘绝缘体纤维，该绝缘体纤维使所述阴极线路与所述阳极线路绝缘；

一个DC电源，用于通过与所述冰形成的电路将一个DC偏压加在所述阴极线路和所述阳极线路之间。

17. 如权利要求16所述的系统，其中，所述阴极线路连接到所述DC电源的一端，而所述阳极线路连接到所述DC电源的另一端。

18. 如权利要求16所述的系统，其中，所述DC电源是电池。

19. 如权利要求16所述的系统，其中，所述表面包括飞机机翼

的表面。

20. 如权利要求16所述的系统，其中，所述表面包括输电线路的表面。

21. 如权利要求16所述的系统，还包括用于将所述复合涂层粘合到所述表面的粘合剂。

22. 如权利要求16所述的系统，其中，所述复合涂层是合成织物。

23. 如权利要求22所述的系统，其中，所述合成织物是由所述阴极线路、阳极线路和绝缘体纤维编织而成的。

24. 如权利要求23所述的系统，其中，所述阴极线路和阳极线路被编织的方向基本上与所述绝缘体纤维相垂直。

25. 如权利要求16所述的系统，其中，所述阴极线路是由金、铜、黄铜、青铜、银以及它们的混合物中的一种构成的。

26. 如权利要求16所述的系统，其中，所述阳极线路是由金、铜、黄铜、青铜、银以及它们的混合物中的一种构成的。

27. 如权利要求26所述的系统，还包括覆盖在所述阳极线路上的一个涂层，该涂层是从由铂、金和无定形碳所组成的组中选出来的。

用于电除冰涂层的系统和方法

技术领域

本发明涉及用于改变冰和被选物体之间的冰粘着强度的方法、系统和结构。更具体讲，本发明涉及将电能施加到冰和物体之间的接触面上从而增强或降低冰粘着强度以助于达到所需结果的方法、系统和结构。

背景技术

对于某些表面的冰粘着会带来很多问题。例如，飞机机翼上过多的冰层堆积会给飞机及其乘客带来危害。轮船船身上结的冰会造成航行困难，需要额外消耗功率来在水和冰以及某些不安全条件下航行。而对于许多成年人来说，需要刮掉形成在汽车挡风玻璃上的冰已经被看作是一件令人烦恼并且是经常性的杂务劳动；并且，任何残留的冰都对驾驶员的能见度和安全性构成危险。

结冰及冰粘着还会给直升机的桨叶以及公共道路带来问题。对于冰雪的铲除和控制已经花掉了数十亿美元。冰还会粘着到金属、塑料、玻璃及陶瓷制品上，带来其它的日常困难。输电线路上的冰也会有问题。结冰会增加输电线路的重量，这会造成电力储运损耗，花费数十亿美元的直接和间接成本。

在现有技术中，有多种处理冰粘着的方法，然而多数技术都涉及某种形式的刮擦、融化或破裂。例如，飞机制造工业采用除冰溶液，如乙二醇-乙醚(溶纤剂)来浸泡飞机机翼，以融化其上的冰。这种处理既花费高又对环境造成危害；但是，对乘客安全的危险给它的使用带来了正当的理由。有些飞机采用排列在飞机机翼前方的橡

皮管，这种橡皮管周期性地膨胀以破碎附在其上的任何冰。还有些飞机将喷气发动机的排热方向改向机翼以融化冰。

上面所述的这些现有技术方案都有限制和困难。首先，螺旋桨推进的飞机没有喷气发动机。其次，飞机机翼前方的橡皮管从空气动力学上讲不是很有效。第三，除冰的费用相当高，每次使用都在\$2500-\$3500之间；并且在某些飞机上它可能会每天用到大约十次。对于其它类型的物体来说，对冰和雪加热是常用手段。但是，加热某些物体在技术上不切实际。此外，大量的能量耗费和复杂的加热设备常常使得加热非常昂贵。

上面所述问题的产生常常来自冰形成并附着到各种表面的倾向。然而，冰还会因为其具有极低的磨擦系数而造成多种困难。例如，道路上的冰每年都会造成无数的汽车交通事故，付出生命和巨大财产两方面的损失。如果汽车轮胎能更有效地抓紧冰，就有可能发生更少的事故。

美国专利No.6,027,075（在此将其引用为参考文献）公开了某种发明的实施例，其中，直流(“DC”)偏压形式的电能被施加到冰和冰所覆盖的物体之间的接触面上。结果，冰对该物体表面的冰粘着强度被改变了。通常，冰粘着强度会降低，这样就能够通过风压、振动或少量的人工刷洗来除掉物体上的冰。在其它应用场合，冰和与冰接触的物体表面之间的冰粘着强度会增强。例如，当汽车轮胎和覆盖着冰的道路之间的冰粘着强度增强时，就会减少打滑现象并减少事故。总的来说，如果在与物体接触的冰的表面产生电荷，则能够选择性地改变冰和物体之间的粘着性。

总的来说，美国专利No.6,027,075公开了一种电源，该电源的连接能够将DC电压加到冰和冰形成的表面之间的接触面上。举例来说，具有传导性表面的物体可以是飞机机翼或轮船船身（或者甚至可以是这种结构上的油漆）。美国专利No.6,027,075公开的内容包

括：与所述表面连接的第一电极；用作所述表面上的格栅的非导电性或者说电绝缘材料；采用导电性材料（例如导电性油漆）形成的第二电极，处在所述绝缘材料上但不与所述表面接触；然而，采用美国专利No.6,027,075中公开的格栅电极系统的一个实际问题是格栅电极和相关的绝缘层的形成。格栅系统的这种单独的部件，包括电极、导线和绝缘体都是小规模制造的。照相平版印刷技术能够制造这种格栅系统。照相平版印刷术在集成电路制造方面非常有效。然而，采用照相平版印刷术来形成改变冰粘着性的格栅系统却不是很合适。这包括大量的模型形成和蚀刻步骤。将照相平版印刷术应用于冰控制技术是昂贵、复杂并且不现实的。

发明内容

本发明代替了美国专利No.6,027,075中所述的格栅。本发明的一个实施例提供了一种复合涂层，包含分开的、间距很小的金属线电极，这些电极由绝缘纤维隔开。所述金属线电极和绝缘纤维通常被采用已知且可靠的工业技术编织在一起。金属线电极被交替连接到一个DC电源，其连接方式使得该金属线电极用作阴极和阳极。所述复合涂层是耐用并且是可变形的，并且被使用常规的粘合剂附加到要受保护的表面。所述金属线可以是金、镀铂的钛或铌制成，或者由对于电侵蚀具有高阻抗性的其它金属制成。作为电介质绝缘纤维，可以使用尼龙、玻璃或其它电绝缘材料。电介质纤维能保持金属电极相互分开，同时还能使涂层成为一个整体。此外，电介质纤维使金属电极与复合涂层所附加的表面电绝缘。通常，金属线的直径在10-100 μm 的范围内，电极线路和绝缘体纤维之间的间隔范围与此相同。如果冰形成在复合涂层之中或之上，则将一个DC偏压加到电极。结果，冰和受保护物体表面的接触面的冰粘着强度会被改变。

在本发明的另一个实施例中，复合涂层的金属线电极连接到一个DC偏压电源从而使它们具有相同的DC偏压。复合涂层所附加的表面是可导电的并且具有相反的DC偏压。形成在复合涂层间隔处的冰完成了闭合电路的形成。

在本发明的另一个实施例中，形成包含导电金属线路的金属线编织网。该金属线编织网置于导电表面，在该金属线编织网和表面之间插入一个绝缘层。将DC偏压施加到所述金属线编织网，并且将相反的DC偏压施加到所述表面。形成于金属线编织网的间隔处的冰完成了闭合电路的形成。

本领域技术人员应当明白，上面描述的系统可以应用于许多物体的表面，用来减小冰粘着强度，比如为汽车挡风玻璃、飞机机翼、轮船船身和输电线路。当本发明采取复合织物的形式时，则其包含系统工作所必需的阳极和阴极两方面的功能。因此，受保护的物体表面是导电性的还是非导电性的都不重要。

下面将结合优选实施例来进一步描述本发明，对于本领域技术人员来讲，很显然可以在不脱离本发明的范围的情况下作出各种增加、删节和修改。

附图说明

通过参照附图，将能够更全面地理解本发明，附图中：

图1示出了按照本发明的一种除冰系统，该系统包括一个电涂层，用来除去表面的冰；

图2示出了按照本发明的另一种除冰系统，该系统包括一个电涂层，用来除去表面的冰；

图3描述了按照本发明的一种复合涂层，具有阴极线路和阳极线路，用来进行操作以改变形成在一个表面上的冰的粘着性；

图4描述了按照本发明的一种复合涂层，其中的电极线路具有

相同的偏压；并且

图5描述了按照本发明的一种金属线编织网。

具体实施方式

本发明包括通过将DC偏压施加到冰和物体之间的接触面而改变物体的冰粘着强度的方法、系统和结构，所述物体比如为金属和半导体。图1示出了一种系统10，包括电除冰涂层12以对付有可能粘着到表面16上的冰14。表面16例如可以是飞机机翼、直升机桨叶、喷气机进气口、用于厨房及工业设备的热交换器、冰箱、道路标志、轮船上多种设施(overstructures)、或者其它处于冷、湿和结冰条件下的物体。更具体讲，涂层12附加在表面16上，以保护表面16以免结冰14。涂层12最好是能变形的，以便从物理上与表面16的形状相适应。在操作过程中，通过电源18将电压施加到涂层12上。通常，该电压超过2V并且一般在2到100V之间，温度越低则施加的电压越高。举例来讲，如果温度为-10C而涂层12内阳极到阴极的间距为50 μm (微米)(下面将对其进行详细描述)，则将大约20V的电压施加到涂层12上，以提供通过非常纯的大气冰(比如说在飞机机翼上发现的冰)的10mA/cm²的电流密度。

当被施加了电压时，冰14通过电解被分解为气态氧和氢。此外，形成于冰14内的气体产生高压的气泡，使得冰14从涂层12（即从表面16）片状剥落。通常，施加于涂层12的电流密度在大约1-10mA/cm²之间。如果需要，电压调节器子系统20与电源18反馈连接，因此与由涂层12和冰14形成的电路反馈连接，以便按照最佳条件增加或减小施加到涂层12的DC电压。

图2示出了一种系统40，包括电除冰涂层42以对付有可能粘着到传导性表面46上的冰44。传导性表面46例如可以是飞机机翼、直升机桨叶、喷气机进气口、用于厨房及工业设备的热交换器、冰

箱、道路标志、轮船上多种设施、或者其它处于冷、湿和结冰条件下的物体。更具体讲，涂层42附加在表面46上，以保护表面46以免结冰44。涂层42最好是能变形的，以便从物理上与表面46的形状相适应。在操作过程中，通过电源48将电压施加到涂层42和表面46之间。施加到涂层42的偏置电压可以与施加到表面46的电压大小相等而方向相反。如果需要，绝缘体45可被置于涂层42和表面46之间；绝缘体45最好包括下面所描述的电介质编织网结构。

通常，涂层42和表面46之间的电压超过2V并且一般在2到100V之间，温度越低则施加的电压越高。

当被施加了电压时，冰44通过电解被分解为气态氧和氢。此外，形成于冰44内的气体产生高压的气泡，使得冰44从涂层42（即从表面46）片状剥落。通常，施加于涂层42的电流密度在大约1-10mA/cm²之间。如果需要，电压调节器子系统50与电源48反馈连接，因此与由涂层42、表面46和冰44形成的电路反馈连接，以便按照最佳条件增加或减小施加到涂层42的DC电压。

于是，上面所述的系统10、40改变形成冰和金属之间的结合的静电交互作用。通过在冰和金属之间施加小的DC（直流）偏压而有效地改变（减小或增加）所述交互作用。如下面所描述的，复合涂层包括金属电极线路，它们由处于可变形形式的电介质绝缘体纤维隔开，以便被施加到需要受保护不结冰的表面16上。通过施加DC偏压，冰和涂层电极之间以及冰和表面之间的冰粘着强度可被改变。

冰具有某种物理特性，这种特性允许本发明有选择地改变冰与传导性（及半导体性）表面的粘着性。如果在表面及即将接触的冰之间产生电荷，则可以有选择地改变这两个表面之间的粘着性。首先，冰是一种质子半导体，属于其电荷载体是质子而不是电子的那一小类半导体。造成这种现象的原因是氢在冰内的结合。与典型的基于电子的半导体相似，冰是可以导电的，尽管这种导电性一般来

说比较弱。

冰的另一种物理特性是其表面覆盖有一个液状层（LLL）。这种LLL具有重要的物理特性。首先，这种LLL仅仅有毫微米（nanometers）量级的厚度。其次，它的粘性范围从温度处于或接近冰点情况下的几乎与水相似的粘性，到较低温度情况下的非常粘的范围。此外，在温度低到-100°C时仍存在LLL。

LLL还是冰粘着强度的主要因素。冰的半导体特性和LLL的结合使得人们能够有选择地操纵冰和其它物体之间的冰粘着强度。一般来说，水分子基本上各向同性的，要么向外要么向内。结果，它们的所有质子及由此产生的正电荷要么朝外要么朝内。尽管确切的机制还不知道，但有可能水分子变化的随机性造成了LLL内的有序方向性。然而，排序的实际结果是发生在表面的电荷的高密度，要么为正要么为负。因此，如果在就要与冰结合的表面产生电荷，则能够有选择地修改这两个表面之间的粘着性。由于电荷同性相斥而异性相吸，因此在冰和其它表面之间的接触面上的外部所加的电偏压减小或增加冰与其它物体的粘着性。

冰包括极性水分子，它们与任何具有与冰不同的介电常数的固态基底都发生很强的相互作用。此外，理论和实践都证明冰中还存在表面电荷。这种表面电荷也可以与基底相互作用。

电解是一个重要因素。当DC电流流过冰时，由于冰的电解作用，气态氢(H₂)和氧(O₂)以小气泡的形式累积在冰上。这些气泡在形成界面爆裂、减少冰粘着强度方面起作用。

图3描述了按照本发明的一种复合涂层100，具有阴极线路102和阳极线路104。绝缘线106与线路102和104形成绝缘编织物以防止短路。线路102、104例如与电源18（或电源48）连接，使得以适当的电流密度影响冰对涂层100的粘着性。通常，电流密度的作用是减小冰和涂层100之间的粘着强度，使得涂层100起作用去保护表面，

比如说表面16，以防结冰。线路102之间的典型间距为10-50 μm ；线路104之间的典型间距也是10-50 μm 。线路102、104例如由金、镀铂的钛或铌制成，或者由对于电侵蚀具有高阻抗性的金属制成。

图4描述了按照本发明的一种复合涂层120。涂层120具有另一种电极线路122，每根电极线路都具有与所连接的电源的相同偏压。涂层120例如可以加到图2的表面46上，其中表面46是可传导性的；在表面46和线路122之间存在电压。绝缘编织网124防止线路122短路，并进一步防止线路122和表面46之间短路。冰44完成线路122和表面46之间的电路连接，以引起本发明的冰粘着性改变。

图5描述了按照本发明的一种金属线编织网涂层150。编织网涂层150通常是可传导性的，并且线路152和编织元件154都是可传导性的。编织网涂层150于是加到传导性表面46上，在其间置有绝缘体46。当冰44完成编织网涂层150和表面之间的电路连接时，绝缘体45的构成能够保护表面46。编织网涂层150和表面46按照需要改变冰44的粘着强度。

加到本发明的涂层的典型电流密度的范围为1-10mA/cm²。运行电压通常在2-约100V的范围之间，这取决于冰的温度和线路之间的间距。温度越低，所需电压就越高。线路间间距越大，所需电压就越高。对于温度为-10°C而间距为50 μm 的典型情况来讲，大约20V的偏压会给非常纯的冰提供大约10mA/cm²的电流密度。

重要的一点是，图3中的阳极线路104对于阳极腐蚀要有非常高的抵抗性。为此，该阳极线路可以涂有铂、或金或无定形碳的薄层。也可使用其它的合金。阴极线路102也应当对氢具有不可入性。好的阴极材料的例子包括金、铜、黄铜、青铜和银。

按照本发明的复合涂层或编织网是可变形的。可以保护很多种类的表面材料和形状，例如包括：飞机机翼、直升机桨叶、喷气发动机进气口的格栅、用于厨房及工业用冰箱的热交换器、道路标

志、以及轮船的上层结构。

本文描述的金属线编织网和复合涂层可以采用工业上所用的传统方法来制造。本发明的编织网或复合涂层可以通过将其伸展到一个表面来应用于该表面，并且将一薄层的粘合剂置于编织网或复合涂层与所述表面之间。

图1

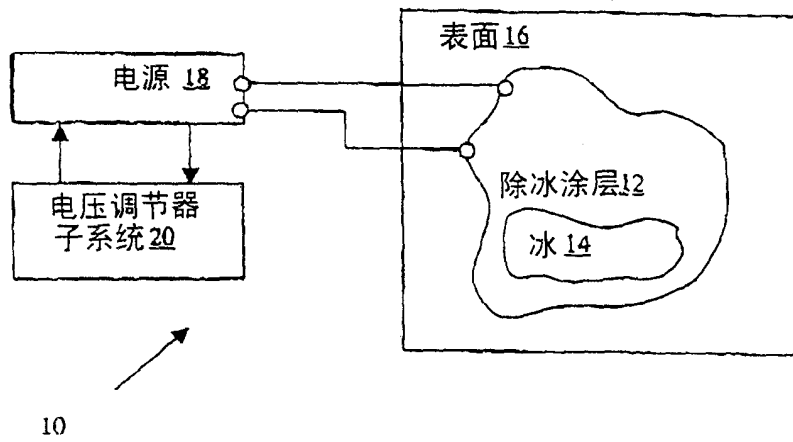


图2

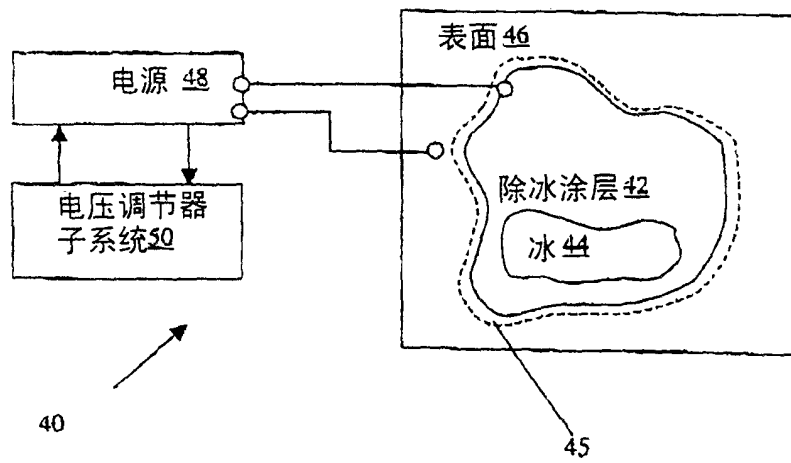


图3

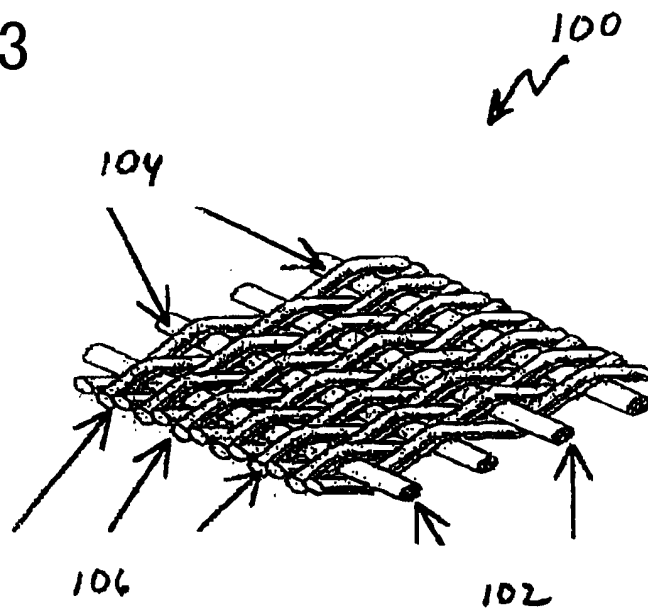


图4

