(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 1875659 B
(45)授权公告日 2011.06.08

(21)申请号 200480032446.7

(22)申请日 2004.11.03

(30)优先权数据
10352464.9 2003.11.07 DE

(85)PCT申请进入国家阶段日
2006.04.30

(86)PCT申请的申请数据
PCT/FR2004/002818 2004.11.03

(87)PCT申请的公布数据
WO2005/048656 FR 2005.05.26

(73)专利权人 法国圣戈班玻璃厂
地址 法国库伯瓦

(72)发明人 J·安德尔特

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 苏娟

(51)Int.Cl.
H05B 3/84(2006.01)

(56)对比文件
US 2878357 A,1959.03.17, 说明书第1栏第41行-第2栏第10行,第4栏第44-73行、图2.
US 5798499 A,1998.08.25, 说明书第1栏第10行-第2栏第28行, 第3栏第65行-第4栏第67行、图1-5.
EP 0506521 A1,1992.09.30, 全文.
US 5182431 A,1993.01.26, 说明书第2栏第47行-第5栏第53行、图1.

审查员 陈嘉佳

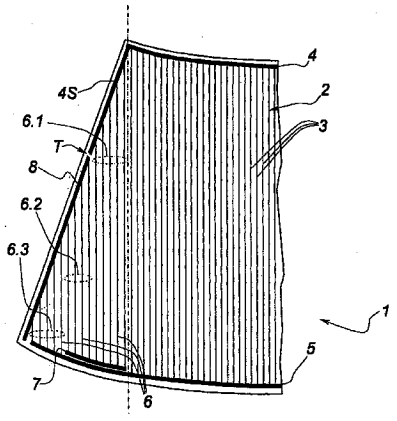
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54)发明名称

可加热的多层窗玻璃

(57)摘要

一种可加热的多层窗玻璃(1)具有梯形轮廓和具有埋入所述复合件中并由各加热导线(3)构成的加热区域(2),各加热导线(3)被并排地敷设;和至少两根母线(4,5),一些加热导线(3)的各端部在电路上彼此平行地连接于母线(4,5),并且母线(4,5)沿着多层窗玻璃(1)的各侧边沿被相对地布置,所述各侧边沿彼此平行走向;同时至少一根母线(4S,5S;8)也沿着梯形轮廓的外部三角形表面区域的侧边沿延伸;而在此情况下梯形轮廓的至少一个外部三角形表面也被另外的各加热导线(6)占据,经母线(4S,5;5S;8)向各加热导线(6)供电,而各加热导线(6)的走向基本彼此平行和平行于加热区域(2)的加热导线(3),各加热导线(6)还造成了具有至少两组加热导线,所述至少两组加热导线电路上彼此串联连接;其特征在于:在至少一个外部三角形表面区域中,彼此并排布置并且具有不同长度的各加热导线(6)被组合以形成平行连接的组(6.1,6.2,6.3),和其特征在于:这些组的至少两个在电路上彼此串联连接,使得两根主母线之间的有效导线长度增大,以便使三角形表面中的加热功率与加热区域(2)中的加热功率是均匀的。



CN 1875659 B

1. 可加热的多层窗玻璃 (1)，具有梯形轮廓和具有：埋入复合件中的加热区域 (2)，该加热区域由各加热导线 (3) 构成，各加热导线 (3) 并排地敷设；和至少两根母线 (4,5)，一根在上而另一根在下，其将多个加热导线 (3) 的端部彼此连接，所述加热导线 (3) 沿多层窗玻璃 (1) 的侧面设置在相对位置上，其中至少一根母线的分支沿着梯形轮廓的外部三角形表面区域的侧面延伸，梯形轮廓的至少一个外部三角形表面设有另外的加热导线 (6)，所述另外的加热导线 (6) 彼此平行并且平行于加热区域 (2) 的加热导线 (3) 地取向，由母线或母线的分支向另外的加热导线 (6) 供电，其特征在于：在至少一个外部三角形表面的区域中，彼此平行布置并且具不同长度的所述另外的加热导线 (6) 汇集成平行连接的组 (6.1, 6.2,6.3)，这些组中的至少两个彼此串联连接，使得两根主要电流母线之间的有效导线长度增大，以便使三角形表面中的加热功率与加热区域 (2) 中的加热功率一致。

2. 如权利要求 1 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：附加的母线 (7,8) 被用在两组 (6.1,6.2 ;6.2,6.3) 之间的连接件。

3. 如权利要求 2 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：附加的母线 (7,8) 被布置成与母线 (5) 或母线的分支 (4S) 平行。

4. 如权利要求 1 或 2 或 3 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：在单个组 (6.1, 6.2,6.3) 中的导线的数目是不同的或是相同的。

5. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：两根母线 (4, 5) 的分支 (4S,5S) 沿着梯形轮廓的外部三角形表面的区域中的至少一个侧面延伸，并终止于中断点 (T) 的两侧。

6. 如权利要求 5 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：两根母线 (4,5) 的外部连接件被布置在中断点 (T) 两侧的分支 (4S,5S) 的自由端部区域中。

7. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：至少两根母线 (4,5) 的外部连接件连接到靠近所述多层窗玻璃的一个拐角的位置。

8. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：至少一根母线 (4,5) 被分成两个电隔离的部分，它们中的每一个设有外部连接件。

9. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：所述另外的加热导线 (6) 具有的每单位长度欧姆电阻与中央加热区域 (2) 中的各加热导线 (3) 的单位长度欧姆电阻不同。

10. 如权利要求 9 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：所述另外的加热导线 (6) 具有比中央加热区域 (2) 中的各加热导线 (3) 更小的电阻。

11. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：一根或多根所述另外的加热导线 (6) 被切断，以便生成单个或多个无源导线，所述无源导线不提供加热功率。

12. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：所述加热导线 (3) 和所述另外的加热导线 (6) 以螺旋形状布置在支架的薄膜上。

13. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：所述加热导线 (3) 和所述另外的加热导线 (6) 以波纹及短的幅度相对于它们的纵轴线被波纹化，所述纵轴线基本直线敷设。

14. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：一根或多根

母线设有相对所述母线隔离的单独的外部连接件。

15. 如权利要求 1-3 中任一项所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：边缘区域设有不透明的带颜色的带。

16. 如权利要求 15 所要求的可加热的多层窗玻璃，其特征在于：所述不透明的带颜色的带光学掩盖所述母线。

17. 如前述各权利要求中的一项所要求的可加热的多层窗玻璃在机动车中的应用。

18. 如权利要求 17 所要求的可加热的多层窗玻璃的应用，其特征在于：所述可加热的多层窗玻璃用作挡风玻璃或后挡风玻璃。

可加热的多层窗玻璃

[0001] 本发明涉及加热多层窗玻璃，它可利用埋入的导线进行加热，并且它具有专利权利要求 1 的前序部分的特征。

[0002] 现有技术的说明

[0003] US 5,798,499 描述了具有梯形轮廓的这种性质的窗玻璃，它的外部三角形表面以及其表面中央区域设有彼此平行设置的导线，所述各导线被施加了加热电流。与设置在表面中央区域的近似相同长度的各导线相比，在三角形表面中的（侧面）各导线的有效长度越来越短，因此对于单位长度相同欧姆电阻来说具有较小的电阻值。由此，如果不采取其它的措施，该处将流过较大的电流，这将导致不希望的和可能是不可接受的温度峰值。

[0004] 在此情况下，近似梯形轮廓的表述意味着具有一个或多个弧形的或弯曲的侧边沿的轮廓。因此在任何情下，在许多这类的加热的窗玻璃中，所述梯形的较长各边沿是弧形的。相反，较短各（侧）边沿基本是直线的。

[0005] 温度均匀分布的基本问题，已经根据上面列举的美国专利以不同方法加以解决。

[0006] 根据一个有益的实施例，在外部三角形表面中的较短各导线用较小横截面的导线来制成，并因此具有较大的电阻，以便尽可能预防局部过热。在一个变型中，侧面加热导线布置成这样：它们彼此相间隔的距离大于布置在中央加热区域中的各导线的间隔的距离。则较短各导线公认地比它们的较长平行线更热，但是热量密度低于中央加热区域中的热量密度。因此多层窗玻璃的材料仍然无损害地消散更大量的热量。未在这个构造中被加热的中间区段差不多用作冷却表面。

[0007] 先前的专利申请 DE 103 16 387.5-34 也公开了同样问题的另一个可选方案。根据一个有益的实施例，侧面的各加热导线所被提供的供电电压低于施加给布置在加热区域中的各导线上的电压，因为通过在母线内设分压器或输入电阻，或是因为侧面的各加热导线由单独的母线供电的。

[0008] 在另一个优先实施例中，侧面的各加热导线具有比布置在中央加热区域的各导线更高的电阻率。这可使侧面的各加热导线被供以与加热区域的电压相同供给电压，而没有局部过热的任何风险。这可通过对加热区域中的各导线和对侧面的各导线使用不同的材料来实现，这些不同的材料还用于由尽管相同导线厚度但不同长度电阻的材料导致的结果。在各导线由相同材料构成，例如通常基于较好的强度的理由用钨材料构成的情况下，例如利用合金或利用不同的直径 / 断面积来实现实现电阻差值。

[0009] 最后，通过合适的分开电流母线，可以将较短的加热导线的加热功率调整适于低电压电源。

[0010] 上述各措施可单独地或以任何组合来完成。另外，将它们在两个外部三角形表面中对称设置不再是绝对必须的，相反如果需要，所述设置也可彼此不相同。

[0011] 另外，原则上，可承认：在所述表面的多个区域中产生减小的加热功率，所述各区域是由另外的加热导线加热的，因为在机动车的挡风玻璃和后挡风玻璃的优先应用中，所述各外部三角形表面在车辆乘员的最佳视觉外。

[0012] 另外，原则上，（从 EP-B1-773 705，EP-B1-788294）已公知为多层窗玻璃在其整个

表面上装设以不规则间隔、彼此不平行和/或以弧形方式设置的加热导线。因此，与上述的窗玻璃的生产相比，必须要求成本更高的机器和控制系统。

[0013] 最后，在用于窗玻璃的薄膜加热领域中已知一种装置(US2,878,357)，其中，在梯形轮廓的窗玻璃上的透明的、导电的覆盖层被分为若干个轨道，所述若干个轨道彼此并排地布置，并可利用各母线彼此电器串联，在各种情况下，所述各母线可交替设置在各轨道的上边缘及下边缘。因此形成了分压器，相同的电流流入所有的轨道中。因此，总循环电流（包括在短的轨道中）被限制在允许其通过具有最大电阻（和最大压降）的轨道的值。通过具有相同宽度但具有不同长度的薄膜，却不可能实现均匀的热量分布。

[0014] 文件 US 5,182,431 描述了基本平行并相同长度的加热导体的分离为 4 个组，所述加热导体通过网板印刷或通过敷设各导线来生成，所述 4 个组利用附加的各母线串联连接。因为在窗玻璃的两个平行侧边沿之间形成稍微分开加热导体，所以避免了窗玻璃的梯形轮廓的三角形侧表面中的过热。

[0015] 通过合适地减少最好用于加热的一些串联电路的组中或一些区域中的导体数量，提供了一个具有增加的加热温度的中央区域，因为加热导体的最大电流流量在此形成，而加热导体的较小电流在其它区域中循环。

[0016] 本申请人的文件DE 101 26 869 A1描述了非对称的梯形多层窗玻璃，它可通过各导线加热，具有三角形的侧表面，所述窗玻璃设有被两根母线供电的导线圈，所述两根母线彼此紧密地平行布置在一个侧面上。在不高的三角形区域中，所述导线圈比在直角区域中三角形长以便稍微补偿其较小的电阻。

[0017] GB 2 091 527 描述了具有梯形轮廓、装设有通过网板印刷生成的加热导体的可加热的窗玻璃，其中各加热导体以相等距离在彼此构成角度的两个侧边沿之间延伸。为了防止较短的各加热导体的区域中的过热，根据该文件，断开了加热导体中的一部分。

[0018] 由首先提及的现有技术开始，本发明的技术问题是：提出另一种方案以解决尽可能合谐地加热具有梯形轮廓的可加热的多层窗玻璃的外部三角形表面的问题。

[0019] 根据本发明，这个问题通过权利要求 1 的特征来实现。附属的各权利要求的特征表明了这个解决方案的各个有益改进。

发明内容

[0020] 根据本发明，在先前的申请中作为可能解决方案的已经被提及的分压器应用，可通过将多个彼此平行连接的加热导线按组相互串联，所述组彼此并排布置，并通过合适的附加的电流母线部分或等效装置以小的欧姆电阻相互连接。这和在两个主电流母线之间的有效导线长度的延长等效，因此可为侧加热导线提供相同的（外部）供给电压，甚至有可能提供等于或小于中央加热区域的电阻值的电阻值。因此有多个可能的实施例。

[0021] 通过用于把各加热导线放置在待安装的薄膜上的传统设备，可有利地实现根据本发明的解决方案，因为这里，在最简单情况下，导线可以总是螺旋线形等间隔设置，并且常常在所述薄膜上彼此平行，所述薄膜被固定在鼓形的转动可移动支架上。

[0022] 如果根据本发明的诸如这些的窗玻璃优先用于机动车中作为挡风玻璃或后窗玻璃时，则可以构思根据本发明专门设有加热导线以便在该构造领域中应用。

[0023] 从下文中的详细描述和从示例性实施例的附图中，本发明主题的其它细节及各优

点将变得明显，其中以简化非精确比例的形式进行了图释：

[0024] 图 1 显示多层窗玻璃的第一实施例，其中，彼此平行的三组加热导线在外部三角形区域中相互以串联方式相互连接成分压器；和

[0025] 图 2 显示第一实施例的变型，其中两组平行的加热导线在外部三角形区域中以串联方式相互连接成分压器。

[0026] 根据图 1，近似矩形的加热区域 2 具有加热导线族 3，它们彼此平行沿直线敷设，加热场 2 以本身已知的方式埋设在具有基本梯形（弧形的）轮廓的可加热的多层窗玻璃中。在此情况下，只图释了约一半的窗玻璃 1；其另一半以相同方式实施。加热区域 2 还具有上母线 4 及下母线 5，它们同样以已知的方式埋在所述复合件中。

[0027] 这个复合件通常包括：两个坚硬的玻璃制的和 / 或塑料材料制的窗玻璃，和把它们表面连接起来的粘结层。在粘结层插入多层窗玻璃中之前，加热区域和各母线被埋入所述粘结层（例如是由聚乙烯醇缩丁醛“PVB”或乙烯乙酸乙烯酯“EVA”组成的热塑性粘结薄膜）中。

[0028] 在导线加热的多层窗玻璃的情况下，各母线通常由薄的和窄的金属薄膜带（铜，铝）构成，在各加热导线敷设之前和 / 或之后实施所述薄膜带。所述各薄膜带用钎料预覆盖（预镀锡）并与各导线钎焊，同时钎料必须保证各（钨）导线尽可能紧密地被插入。这些特征在现有技术中是已知的。与各加热导线相比，所有的各母线具有可忽略的电阻，在加热系统工作期间不应加热。

[0029] 此处只简略地再现了各加热导线之间的间隔。一般，各导线以彼此相距非常短的距离 (2-5mm) 被敷设，以便实际上实现窗玻璃表面的均匀加热。事实上，它们比母线 4 及 5 也比这里所示出的情况薄得多。然而，通过改变所述间隔，按需要调节对于预定的导线电阻可得到的表面加热功率值。另外，为简单起见，在此情况下的图释仅显示了直线敷设的各导线。然而，在实践中，各导线以通常的方式被略微“波纹化”，这就是说它们以具有小的波长及幅值的波纹形状被敷设，因为这使它们非常不明显（特别是减小光的衍射作用）。

[0030] 因为在工业规模制造中，所述薄膜以连续方式螺旋设置导线，通常多个薄膜同时敷设在一个鼓形支架上（特别见上述的文件 EP-B1-773705），所述导线必须沿它们的边缘被切断，以允许连接所述薄膜。所述导线纵轴相对于窗玻璃中心轴的小倾斜角是由各导线以螺旋形状敷设引起的，为简单起见，此处没有图释。

[0031] 以已知的方式，（通过例如在窗玻璃中心的划分）在多层窗玻璃 1 中设置可单独供电的两个（或多个）加热区域 2，当然这些加热区域也必须经独立的外连接件连接于相应电压源。在此情况下，对于两个加热区域可应用公共的接地导体，以便只有母线 4 或母线 5 必需分成两部分，同时其余部分是连续的。在第一变型中，要求有 4 个外连接件，而在第二变型中只要 3 个。

[0032] 在现有技术中已许多次描述过所述外部连接件，因此此处将不浪费时间在所述外部连接件上。总之，在图 1 中所示的构造中，可以把相靠近位置中的各连接件布置在所述多层窗玻璃 1 的两个下拐角处或在一个下拐角处。

[0033] 上母线 4 平行于多层窗玻璃 1 的上弧形边缘延伸，在两个互邻的拐角处弯曲上母线 4，而后由分支 4S- 以本身已知的方式延长在多层窗玻璃 1 的可见的左侧面的长度的大部分上，平行于该侧面延长。直到下母线 5。下母线 5 实际上以距多层窗玻璃 1 边缘近似固定

距离在多层窗玻璃 1 的弧形下边缘的整个长度上延伸。

[0034] 多层窗玻璃 1 的右侧面（此处看不见）通常是对称的。因此在下文中，将仅仅讨论用于该窗玻璃 1 的左三角形侧面区域的导线的走向布置和敷设的细节。

[0035] 侧加热导线族 6 布置在多层窗玻璃 1 的外部三角形区域中，在加热区域 2 左侧。垂直的虚线代表中央加热区域 2 和侧导线 6 之间限制。它们的长度像竖琴一样从右至左缩减。因此如果选择相同材料则较短的导线具有较小的欧姆电阻。

[0036] 根据本发明，多层窗玻璃在左外部三角形区域中装有三组有源的加热导线串联电路，所述三组有源的导线彼此平行设置（出于图释目的，所述各组用虚线椭圆相连）。这些加热导线较好是由相同材料构成。然而，也可用其他材料，以便更好地适合局部加热功率。然而，从上述的制造技术的观点出发，在各导线敷设时，材料的改变是相当昂贵的。

[0037] 在中央加热区域 2 与多层窗玻璃 1 的侧面区域之间的虚线分隔线的左方，相对较长的第一组 6.1 加热导线与母线 4 的分支 4S 在高处电连接（在本例子中有 5 根导线）。它们的下端部电连接于母线的附加的部分 7，所述部分 7 在电路上独立于母线 5，特别是没有它自己的外连接件。它以较小距离平行于母线 5 设置，并且只用作使组 6.1 中循环的电流流至第二组 6.2 加热导线（中等长度；在这种情况下有 4 根导线），所述第二组 6.2 从底部（部分 7）延伸至分开的母线的另外的部分 8。

[0038] 所述另外的部分 8 沿窗玻璃 1 的左边缘布置，轴向上与分支 4S 对齐，可以说构成其延长部分，然而并没有与该分支直接连接。然而，如同部分 7，另外的部分 8 没有它自己的外部电连接件。它可容易地通过在不同组中的两根加热导线之间的中断点 T 处中断如同图 1 中所示的长分支 4S 被形成。此处这个中断点也以夸大的宽度来显示。

[0039] 第三组 6.3 非常短的有源导线现在仅从母线的部分 8 至母线 5 并由此形成串联电路中的最后元件。

[0040] 假定加热电流通过所述导线从母线 4 循环至母线 5，则在第一组 6.1 中加热电流从顶部循环至底部（母线 7），在组 6.2 中该加热电流向上循环（至母线 8），而在组 6.3 中该加热电流再次从顶部循环至底部。

[0041] 在所述三组的各侧加热导线中循环的总电流由具有最大欧姆电阻的组确定。因为一个组的总电阻不仅取决于各导线的长度，而且还取决于在一个组中的导线的数量，并且也可根据需取决于它们的每单位长度的电阻，本领域技术人员通过合适地组合组 6.1-6.3 而非常容易地获得在这个区域中的非常均匀的加热。此外，当然可利用本身已知形式的多个中断，在组 6.1、6.2 和 / 或组 6.3 中形成一个或多个不提供加热功率的无源导线。

[0042] 如果相同的导线材料和相同数量的有源导线用于实施所述三个组，具有最长导线的组 6.1 当然将具有最大的限定电阻，用于给定电压下的总电流，并且该最大的限定电阻特别地比该组 6.3 的电阻显著大。

[0043] 图 1 所示的试验用窗玻璃在该加热区域 2 中用具有 150Ω/m 电阻的加热导线 3 和电阻为 100Ω/m 的加热导线 6。由此所述侧加热导线具有比各加热导线 3 更小的单位长度电阻。从温度记录图可看出所述分开为三组将使各三角形表面与加热区域 2 非常良好地均匀化 - 所述外部组 6.3 除外，在所选的结构中，所述外部组 6.3 很明显将传输非常小的电流，从而甚至不会仅仅变热。

[0044] 尽管如此，在三个组的电阻彼此相同的构造中，将不必然导致在所有地方产生相

同的加热功率。

[0045] 图 2 变形地以图 1 的实施例示出分为两组 6.1 及 6.2 平行加热导线。这个构造仅要求单个附加母线 7，该母线 7 再次以很小距离平行母线 5 设置。然而，这要求利用分支 5S 围绕多层窗玻璃 1 的下左拐角延长该母线 5，类似于上母线的分支 4S（一种等效措施，使组 6.2 中的各导线的上端部用小欧姆电阻共同地连接于母线 5）。

[0046] 在本示例性实施例中，沿相同轴线上延伸的两个分支 4S 及 5S 彼此大致紧临地终止于多层窗玻璃 1 的高度的中间或该窗玻璃侧面的高度的中间。如果需要，可将两根彼此直接相邻的母线 4/4S 和 5/5S 的外连接件在这个位置布置在该空间 T 的两侧。

[0047] 然而，在此情况下，还可以将母线 4 及 5 的外部连接件布置在窗玻璃 1 的下或上拐角处（与所述图释相反）。为此目的，在图 1 中，分支 4S 应该平行于附加的母线 8 延长，或在图 2 中的将必须平行于 5S 延长至左下拐角。

[0048] 如图 1 所示的结构中，组 6.1 从分支 4S 开始终止于附加的母线部分 7。从这个部分开始，第二组 6.2 再次向上并终止于分支 5S 中。这也适用于电流，当再次假定电流从母线 4 循环至母线 5 时则上述情况对于所述电流非常重要。在组 6.1 中，该电流向下流动，而在组 6.2 中向上流动。

[0049] 对于图 2 的两个组 6.1 及 6.2 的详细构造来说，对图 1 的组 6.1-6.3 已经描述的情况同样重要。侧加热导线 6 重新用具有 100Ω/m 的电阻和具有 150Ω/m 电阻的加热导线 3 实施。

[0050] 用图 2 中所示的实施例来实现所有样品的温度记录的最好结果。能够实现加热多层窗玻璃的整个表面上的加热功率的完全均匀化，确切地说不管在 4 分钟还是 8 分钟的加热之后都同样好地实现。在 12V 时的额定功率是 477W（总电流约为 41A），因此完全在用户说明书范围内。任何位置都没有发生不可接受的热量峰值。

[0051] 关于上述的敷设各导线的方法，应注意：把图 1 及 2 中的附加母线 7 直接连接于母线 5 的导线必须被切断；如果需要，在切断之后，相关的短的部分可整个地从所述复合件上移走。因此事实上导致在母线 7 与母线 5 之间的狭窄中间空间中没有导线外露，如为简单起见在两个图中被图释的情况。

[0052] 多层窗玻璃 1 的边缘，由此还有母线 4 及 5 以及 7 和 8，或者它们的外部连接件，在伸出所述窗玻璃的边缘时，可以以已知的方式用不透明带颜色的框架被覆盖，此处没有图释它以便可以看见各母线。

[0053] 最后，应该指出：母线部分 7 及 8 上的外部电连接件不必须用于加热功能，例如用于不同应用的天线电位可以连接附加母线，例如将所述多层窗玻璃（附加地）用作天线窗玻璃，就像所述母线 4 及 5 和它们的分支那样。举例来说，相对母线 5 的隔离的单独的外部连接件则应该与母线 5 交叉以便从外部与母线 7 接触。

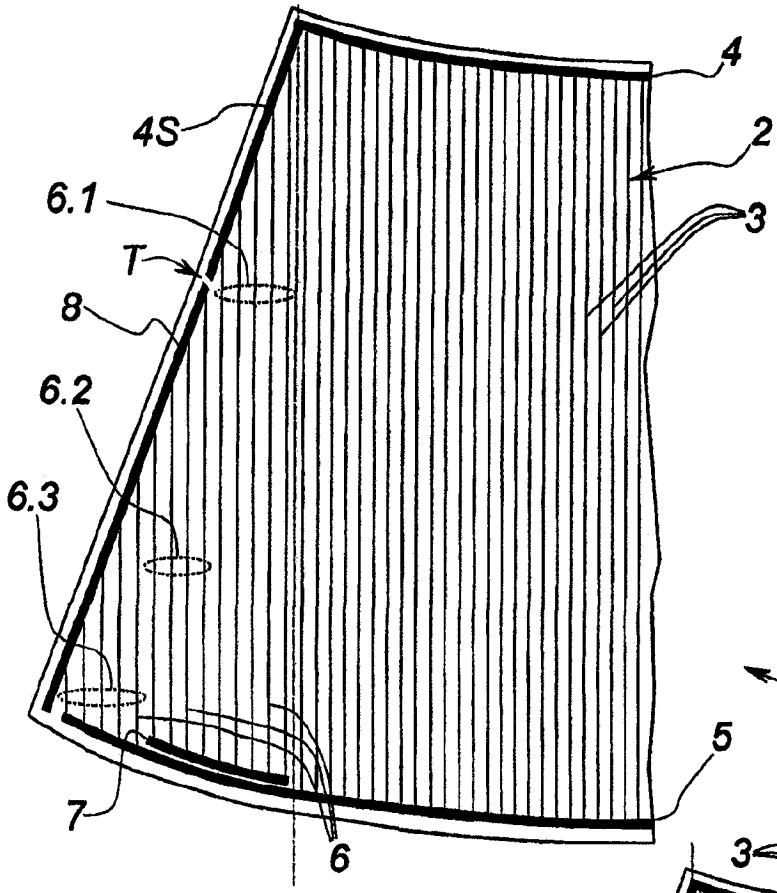


图 1

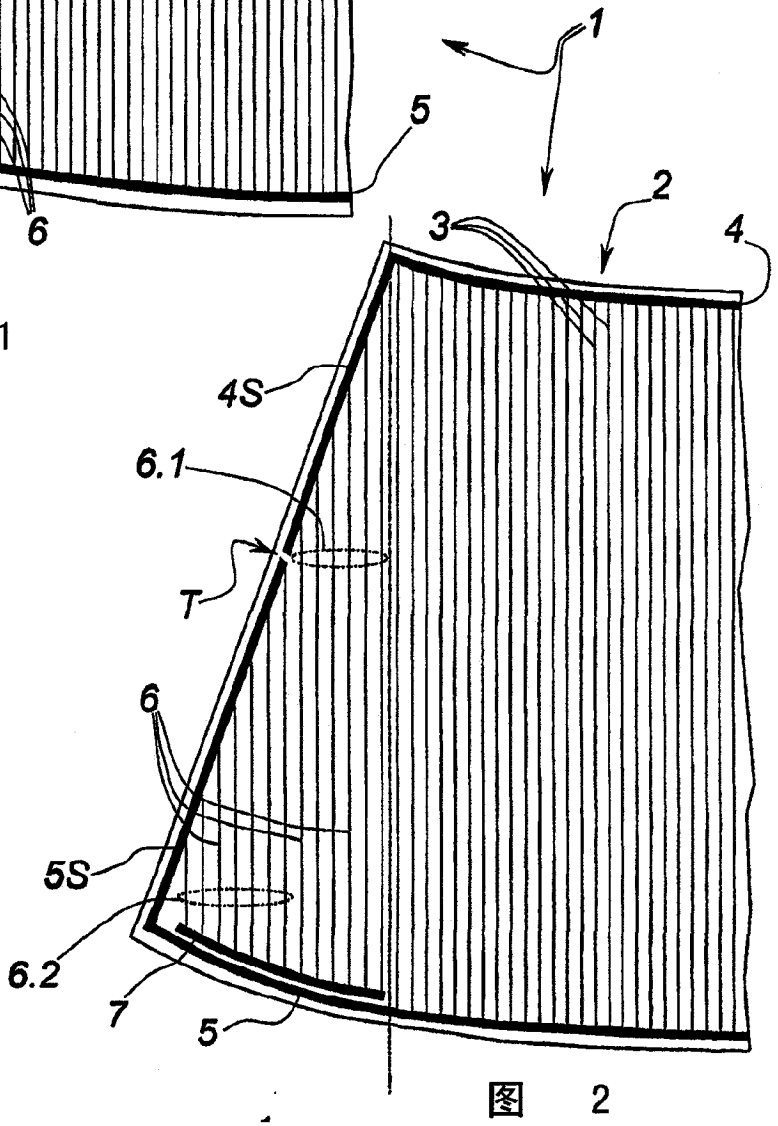


图 2