

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380106279.1

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100362687C

[22] 申请日 2003.10.14

[21] 申请号 200380106279.1

[30] 优先权

[32] 2002.11.14 [33] US [31] 10/294,224

[86] 国际申请 PCT/US2003/032448 2003.10.14

[87] 国际公布 WO2004/045010 英 2004.5.27

[85] 进入国家阶段日期 2005.6.16

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 M·K·德比 L·A·舒莱夫

T·赫德特勒 A·J·斯坦恩巴赫

[56] 参考文献

JP61148770A 1986.7.7

CN1379495A 2002.11.13

JP11273657A 1999.10.8

审查员 杨 倩

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张宜红

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

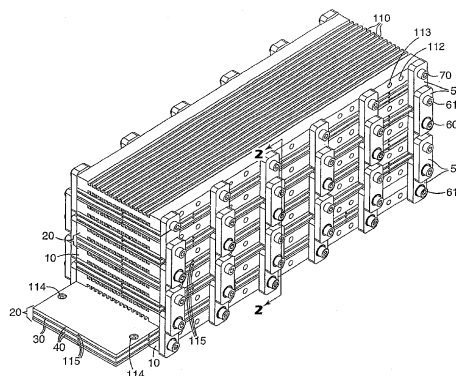
[54] 发明名称

燃料电池层叠体

[57] 摘要

本发明提供一种燃料电池层叠体，它包括一个或多个燃料电池模块，每个燃料电池模块包括：至少一个没有硬止层的膜电极组件；两个或多个压缩板；和至少一个复杂机械连接件，连接位于至少一个燃料电池模块任一侧上的一对压缩板，它们可以是接合的，在这对压缩板之间保持预定间隙。本发明还提供了一种燃料电池层叠体，其包括：与三个或多个压缩板交错层叠的两个或多个燃料电池模块；第一复杂机械连接件，连接在任一侧与第一燃料电池模块直接相邻的第一对压缩板；第二复杂机械连接件，连接在任一侧与第二燃料电池模块直接相邻的第二对压缩板；其特征在于第一和第二对压缩板具有一个共同的压缩板；其中 a) 第一和第二燃料电池模块在压力下保持接合在一起，和 b) 可以独立地调节施加在每个燃料电池模块上的压力，基本

与其他燃料电池模块上的压力无关。



1. 一种燃料电池层叠体, 包括:

一个或多个燃料电池模块, 每个燃料电池模块中都包括至少一个膜电极组件, 该膜电极组件中不包括硬止层;

两个或多个压缩板; 和

至少一个机械连接件, 连接至少一对压缩板, 该至少一对压缩板中间夹有至少一个燃料电池模块, 该成对的压缩板是接合的, 以保持成对压缩板之间的预定间距;

所述机械连接件包括这样一个机械连接件: 它包含栓销, 该栓销在第一压缩板上的第一结合点处与第一压缩板接合, 并在第二压缩板上的第二结合点处与第二压缩板接合, 所述机械连接件具有这样的有效长度: 该长度是第一和第二结合点之间的间距, 所述栓销通过可调节的结合装置被固定在第一和第二压缩板中的至少一个上, 使得通过调节所述可调节的结合装置来改变机械连接件的有效长度;

所述可调节的结合装置包括偏心凸轮装置;

所述栓销包括两个孔: 第一孔(52)和第二孔(51), 所述的压缩板具有孔, 所述偏心凸轮装置包括通过所述栓销中的第一孔并插入压缩板中的孔的凸轮螺栓, 其中该凸轮螺栓包括偏心凸轮, 适于接触所述栓销第一孔的内表面, 通过施加合适转矩能使该凸轮螺栓转动。

2. 如权利要求1所述的燃料电池层叠体, 其特征在于所述栓销通过不可调节的结合装置被结合在第一和第二压缩板的其中之一上, 该不可调节的结合装置包括通过所述栓销第二孔并插入第一和第二压缩板其中之一的孔中的螺栓。

3. 如权利要求1-2中任一项所述的燃料电池层叠体, 其特征在于所述压缩板包括用于输送流体冷却剂的冷却通道。

4. 如权利要求1-2中任一项所述的燃料电池层叠体, 其特征在于每个燃料电池模块中都包括至少两个分布板, 以及用于向和/或自分布板来回输送流体的反应物/产物通路。

5. 如权利要求1-2中任一项所述的燃料电池层叠体, 其特征在于所述燃料电池模块中包括与三个分布板交错层叠的两个膜电极组件。

6. 如权利要求1-2中任一项所述的燃料电池层叠体, 包括  
两个或多个燃料电池模块,

三个或多个压缩板；和

至少两个机械连接件，连接至少两对压缩板，该至少两对压缩板的中间夹有燃料电池模块，从而在固定的压缩应变下将所述燃料电池模块保持接合在一起。

7. 一种从权利要求 6 所述的燃料电池层叠体中取出燃料电池模块的方法，包括以下步骤：

- a) 选择要取出的燃料电池模块；
- b) 解除所述燃料电池模块上的压力，不改变所述燃料电池层叠体中任何其他燃料电池模块上的压力；和
- c) 从所述燃料电池层叠体中取出燃料电池模块。

## 燃料电池层叠体

本发明在 DOE 授权的合作协议 DE-FC02-99EE50582 的政府支持下完成。政府对本发明享有权利。

### 发明领域

本发明涉及包括燃料电池模块的燃料电池层叠体，它包括膜电组件，与通过机械连接件相连的压缩板交错层叠，由此燃料电池模块在固定应变的压力下保持接合在一起。通常可以独立调节施加在燃料电池模块上的压力，与任何其他燃料电池模块上的压力无关。

### 发明背景

构成燃料电池层叠的典型方法和装置中，通过同样的压力将所有 MEA 压缩在层叠中。可以通过使用位于层叠周围或通过层叠中央的连杆，长脚螺栓或夹具实现。在这些层叠中，所有点处的压力在名义上都是相同的，但是任意独立 MEA 的压缩应变是无法独立控制也无法预测的。为了限制层叠中独立 MEA 受到的压缩应变，MEA 中可以包括一个硬止单元，比如位于 MEA 密封圈或垫圈下方或其中的一片基本无法压缩的材料。这种方法使 MEA 的设计和制造变复杂。或者，可以使用精确模量的垫圈或密封圈，从而在整个层叠上所施加的压力上获得精确应变。除了紧密要求之外，这种方法还要求该垫圈或密封圈具有高模量，这与防止漏气的主要目的是矛盾的。而且，在所有 MEA 都是共同压缩在一起的层叠中，必须拆卸整个层叠才能取出或者更换失效的 MEA。这必须解除所有 MEA 上的压力，可能对 MEA 重新密封恢复原有性能造成不利影响。

### 发明概述

简单地说，本发明提供了一种燃料电池层叠体，其中包括一个或多个燃料电池模块，每个燃料电池模块都包括至少一个没有硬止层的膜电组件；两个或多个压缩板；以及至少一个复杂机械连接件，连接位于至少一个燃料电池模块任一侧上的至少一对压缩板，它们可以是接合的，以便在这对压缩板之间保

持预定间隙。

本发明另一方面提供了一种燃料电池层叠体，其中包括：与三个或多个压缩板交错层叠的两个或多个燃料电池模块；第一复杂机械连接件，连接与第一燃料电池模块直接相邻并位于其任一侧上的第一对压缩板；第二复杂机械连接件，连接与第二燃料电池模块直接相邻并位于其任一侧的第二对压缩板；其中第一和第二对压缩板有一个共同的压缩板；其中 a) 第一和第二燃料电池模块可以在压力下被接合在一起，和 b) 可以独立调节每个第一和第二燃料电池模块上的压力，基本与其他燃料电池模块无关。

本发明另一方面提供了从燃料电池层叠体中取出燃料电池模块的方法，包括以下步骤：a) 选择需要取出的燃料电池模块；b) 解除所述燃料电池模块上的压力，基本不改变层叠体中任何其他燃料电池模块上的压力；和 c) 从层叠体中取出选定的燃料电池模块。

没有在本领域中描述过的，本发明提供的燃料电池层叠中，有受控量的压缩应变被施加在燃料电池模块上，或者通过具有可调节有效长度的机械连接被独立施加在每个多重燃料电池模块上。

在本说明书中：“硬止”或“硬止层”表示膜电极组件（MEA）中除了离子传导膜层，催化剂层，气体扩散层，密封或垫圈层或粘性层之外，能在固定厚度和应变情况下停止 MEA 压缩的层。

本发明的优点是，在提供的燃料电池层叠中，有受控量的压缩应变被施加在燃料电池模块上，或者独立施加在每个多重燃料电池模块上。本发明进一步的优点是，在提供的燃料电池层叠中，可以解除任何一个燃料电池模块上的压力，能够不解除任何其他燃料电池模块上压力的情况下取出该模块。本发明进一步的优点是，在提供的燃料电池层叠中，包括双重功能的板，能够提供压力和进行冷却。

#### 附图简要说明

附图 1 所示是本发明燃料电池层叠正交投射的等角投影图。

附图 2 所示是本发明燃料电池层叠的截面图。

附图 3 所示是本发明栓销的截面图。

附图 4 (a) 和 (b) 所示是本发明实施例 1 的压缩板。

附图 5 (a) 和 (b) 所示是本发明实施例 1 和 2 的栓销。

附图 6 (a) 和 (b) 所示是本发明实施例 1 和 2 的实际或模拟燃料电池模块的压缩。

附图 7 所示是本发明压缩板装置正交投射的等角投影图。

附图 8 所示是本发明燃料电池层叠正交投射的等角投影图。

#### 优选实施方式具体说明

燃料电池利用氢作为燃料和氧作为氧化剂，产生电流。这两种化学反应物，即，燃料和氧化剂，分别在两个独立的含催化剂电极处反应。在电极之间有一个离子交换单元，能防止两种反应物发生直接化学反应，并用于传导离子。在典型的氢燃料电池中，离子交换单元是离子传导膜 (ICM)。ICM 从氢电极传导质子 ( $H^+$ ) 到氧电极。电子沿着独立的外部电路运动，从而产生电流。ICM 和电极的组合通常被称为“膜电极组件”，或 MEA。催化电极材料可以被直接涂布在 ICM 上，形成催化剂涂布膜 (CCM)。通常，ICM 两侧都应用有流体传输层，可以称之为气体扩散层 (GDL)，扩散器/继电器 (DCC) 或流体传输层 (FTL)。GDL 是一层导电性的多孔材料，也能允许反应物和产物流体通过。典型的气体扩散层包括碳纤维，通常是纸或布形式的。术语 MEA 表示附着或没有附着 GDL 的 CCM。术语 5 层 MEA 特指附着有 GDL 的 CCM。制造过程中，催化电极层可以被应用于 ICM 或 GDL 上，只要它们被沉积在完成的 MEA 中 ICM 和 GDL 之间即可，所以制得的 5 层 MEA 中依次包括：GDL，催化剂，ICM，催化剂，GDL。在实施本发明时，可以使用任何适用的 MEA。

任何适用的 ICM 都可以被用于实施本发明。ICM 通常具有小于 50 微米的厚度，较常见的是小于 40 微米，更常见小于 30 微米，最常见是约 25 微米。ICM 中的聚合物电解质通常是酸官能的含氟聚合物，比如 Nafion® (DuPont Chemicals, Wilmington DE) 和 Flemion™ (Asahi Glass Co.Ltd., Tokyo, Japan)。适用于本发明的聚合物电解质通常优选是四氟乙烯和一种或多种氟化酸官能共聚单体的共聚物。通常该聚合物电解质具有磺酸酯官能团。最常用的聚合物电解质是 Nafion®。该聚合物电解质通常具有 1200 或以下的酸当量，较常见是 1100 或以下，更常见是 1050 或以下，最常见是约 1000。

任何适用的 GDL 都能被用于实施本发明。典型的 GDL 包括含有碳纤维的片材。典型的 GDL 选自机织或无纺的碳纤维结构。适用于实施本发明的碳纤维结构包括：Toray™ Carbon Paper, SpectraCarb™ Carbon Paper, AFN™ 无纺碳

布, Zoltek™ Carbon Cloth 和类似物。GDL 可以涂布或浸渍有各种物质, 包括碳颗粒涂层, 亲水处理和疏水处理, 比如涂布有聚四氟乙烯 (PTFE)。

任何适用的催化剂都可以被用于实施本发明。通常使用碳承载的催化颗粒。典型的碳承载催化颗粒是 50-90 重量%的碳和 10-50 重量%的催化金属, 催化金属通常包括作为阴极的 Pt 和作为阳极的 2: 1 重量比 Pt 和 Ru。通常, 催化剂以油墨形式被应用于 ICM 或 GDL 上。催化剂油墨通常包括聚合物电解质物质, 与组成 ICM 的聚合物电解质物质相同或者不同。聚合物电解质通常是酸官能含氟聚合物, 比如 Nafion® (DuPont Chemicals, Wilmington DE) 和 Flemion™ (Asahi Glass Co.Ltd., Tokyo, Japan)。适用于本发明的油墨状聚合物电解质通常优选是四氟乙烯和一种或多种氟化酸官能共聚单体的共聚物。通常该聚合物电解质中具有磺酸酯官能团。最典型的聚合物电解质是 Nafion®。该聚合物电解质通常具有 1200 或以下的当量, 较常见是 1100 或以下, 更常见是 1050 或以下, 最常见是大约 1000。催化剂油墨通常是催化颗粒在聚合物电解质中的分散体。油墨中通常含有 5-30%的固体 (即聚合物和催化剂), 更常见是 10-20%的固体。该电解质分散体通常是含水分散体, 另外还含有醇或多元醇, 比如丙三醇和乙二醇。可以调节水, 醇和多元醇的含量, 改变油墨的流变性质。油墨中通常含有 0-50%的醇和 0-20%的多元醇。另外, 油墨中可以含有 0-2%的合适分散剂。该油墨通常是由加热搅拌, 然后稀释成可涂布稠度而制备的。

可以采用任何适当的方法将催化剂应用于 ICM 或 GDL 上, 包括用手和机械方法, 包括手刷, 凹口棒涂, 液压轴承模涂, 绕线杆涂, 液压轴承涂布, 槽馈刮涂, 三辊涂布或贴花转印。通过一次或多次应用可以得到涂层。

或者, 可以使用纳米结构的催化剂制造 CCM, 如美国专利 5338430 (嵌入固体聚合物电解质的纳米结构电极) 或 5879828 (具有含纳米结构单元的电极层的 MEA) 中所公开。

MEA 通常被夹在两个硬板之间, 被称为分布板, 也被称为双极板 (BPP) 或单极板。与 GDL 类似, 分布板必须是导电性的。分布板通常由碳复合物, 金属或镀金属材料制成。分布板在 MEA 电极表面上分布反应物或产物流体, 通常是利用雕刻, 切削, 模塑或压印在朝向 MEA 表面中的一个或多个流体传导通道而实现的。这些通道有时候形成一种流场。分布板能在层叠的两个相邻 MEA 上分布流体, 一个表面朝向流向第一 MEA 阳极的燃料, 而另一表面朝向流向下一 MEA

阴极（和排出产物水）的氧化剂，从而被称为“双极板”。或者，只有分布板的一个侧面上具有通道，只能在该侧面上在 MEA 上分布流体，可以被称为“单极板”。本领域中使用的双极板术语，通常也包括单极板的意思。典型的燃料电池层叠中包括与双极板交错层叠的许多 MEA。

MEA 和分布板之间接触区域的外围通常是密封或填密的，防止意外漏气或者反应物或产物气体发生交叉。在实施本发明时，可以使用任何适用的垫圈设计或材料，包括专利申请 10/294098 中公开的闭孔泡沫垫圈。在实施本发明时，不要求垫圈具有较高或控制很好的模量。通常使用低模量材料。当 MEA 设计中包括添加的硬止层时，该层通常位于垫圈或密封圈下方，可以夹在 ICM 和垫圈之间。在实施本发明时，不要求 MEA 中包括硬止层。

使用时保持 MEA 处于压力之下。根据给定的 MEA 选择压缩程度，避免压缩过度或压缩不足。压缩不足会导致不同层之间电接触变差以及垫圈处密封不好。压缩过度会堵塞 GDL 中的孔，或者使分布板流场通道中的 GDL “拱翘”，从而导致 MEA 损坏，堵塞气体通路。

参见附图 1-3，本发明的燃料电池层叠中包括与燃料电池模块 20 交错层叠的压缩板 10。燃料电池模块 20 包括至少一个膜电极组件 MEA30，可以包括两个或多个 MEA30。MEA30 与分布板 40 交错，形成燃料电池模块 20。压缩板 10 可以由任何适用材料制成。压缩板 10 通常是由导电材料制成的，比如金属或镀金属材料。

压缩板 10 中通常包括用于空气或液体冷却燃料电池模块 20 的冷却剂通道 110。压缩板 10 在冷却方面的第二种用途减少了部件数量，从而简化了层叠设计和制造过程，并且允许冷却板压缩板与燃料电池模块 20 直接接触。以这种方式将压缩板 10 用于冷却时，它们通常是由导热材料制成的，比如金属或镀金属材料。其他需要考虑的方面包括重量，成本和可制造性。通常压缩板是铝。附图 1 和 7 所示冷却通道 110 是为空气冷却设计的，它们向压缩板 10 的表面敞开。相反，用于液体冷却剂的通道通常位于压缩板内部，只向进口和出口端开放，比如附图 8 中所示液体冷却剂通道 111。空气冷却通道 110 是纵向的，便于通过低成本的铝材挤压过程制造。燃料电池模块 20 中通常包括 2 个 MEA，每个 MEA30 都与压缩板 10 相邻，获得冷却。在实施本发明时，可以利用任何

适当的方式将冷却流体输送至需要的层叠处，包括风扇和泵，还包括专利申请 10/294074 中所述的液体冷却剂多支管。如本申请中所述，该层叠可以被包裹在隔热材料中，这样层叠的外部 and 内部就可以保持相似的温度。

参见附图 1 和 8，压缩板 10 中可以包括入口和出口 112, 113，如附图 1 中所示，适合于与外部多支管共同作用，在分布板 40 上来回输送反应物或产物流体，然后在 MEA30 上来回输送反应物或产物流体。附图 8 所示是安装有外部多支管 121, 122, 123, 124 的层叠。则入口和出口 112, 113 中包括在所述分布板上回来输送流体的反应物/产物通路。压缩板 10 上的入口和出口 112, 113 通过 O 形环与分布板 40 上的端口 114 共同作用，该 O 形环在取出和更换燃料电池模块 20 时能重新对准并自动密封。由于通过入口和出口 112, 113 的流体可能对压缩板 10 的材料产生腐蚀，所以入口和出口 112, 113 的内表面上可以具有耐腐蚀涂层，或者通过插入件未示出进行固定，插入件材料不同于压缩板，通常是对其中输送的反应物或产物为惰性的材料，包括聚醚醚酮 PEEK 聚合物。可选使用探针孔 115 作为电压或温度探针。

或者，多支管可以位于燃料电池层叠的内部。反应物/产物多支管和/或冷却剂多支管都可以位于内部。对于内部多支管，每个多支管中都包括一系列通过连续燃料电池模块 20 和压缩板 10 的重合开口，通常是正交于每个板或模块平面。通常 O 形环或其他密封圈位于燃料电池模块 20 和压缩板 10 之间，形成密封的多支管通路。反应物和产物多支管与开口在分布板 40 中合适通道的每个燃料电池模块 20 的通路连通。冷却剂多支管与每个压缩板 10 中的通路连通。

在使用过程中，成对的压缩板 10 通过机械连接接合在一起，这些机械连接可以使燃料电池模块在压力下保持接合在一起，能够独立调节每个燃料电池模块上的压力。机械连接可以由可调节的结合装置连接，使该连接的有效长度成为第一和第二压缩板上第一和第二结合点之间的距离，可以通过调节该可调节结合装置而改变。该可调节结合装置可以是一种偏心凸轮装置，比如附图 1-3 中所示的偏心凸轮装置。

参见附图 1-3，成对的压缩板 10 通过机械连接件接合在一起，机械连接件中包括被凸轮螺栓 60, 61 和螺栓 70 固定到位的栓销 50。凸轮螺栓 60, 61 包括轴 62，凸轮 63 以及某些形式的端头 64。凸轮 63 可以与端头 64 相邻，如在

凸轮螺栓 60 中，或者与端头 64 间隔，如在凸轮螺栓 61 中。凸轮螺栓 60，61 和螺栓 70 通过栓销 50 中的孔 51，52，被固定在压缩板 10 中的接受孔中。压缩板 10 中的螺栓轴 62 和接受孔通常都是有螺纹的。凸轮螺栓 60，61 和螺栓 70 可以由任何适用材料制成，比如不锈钢，可以是任何尺寸的，能够提供必要的机械特性。

栓销 50 中包括两个孔 51，52。轴孔 51 可以是伸长的，形成切口，使栓销能做横向运动。凸轮孔 52 大到足以容纳凸轮 63，使凸轮在其中旋转。一个或两个孔 51，52 中可以包括管套，垫片或硬止插入件，形成承重表面，可以是金属或任意适用材料制成的。栓销 50 必须是不导电的，能够避免燃料电池模块 20 发生短路。

参见附图 3，发现对凸轮螺栓 60，61 施加适当的转矩，使长度 A 和长度 B 之间由栓销 50，轴 62 和两个凸轮螺栓 60，61 的凸轮 63 之间所形成的有效长度发生变化，使孔 52 中的凸轮 63 发生旋转。

参见附图 1 和 2，发现连接后续成对压缩板 10 的栓销 50 形成“肩式重叠”结构。在这种结构中，两个栓销之间共用凸轮螺栓 60，61。单个凸轮螺栓 60，61 通过一个栓销 50 的轴孔 51 和另一个栓销的凸轮孔 52。很容易发现，这个结构中轴 62 上凸轮 63 的位置使凸轮螺栓 60 和 61 彼此区分。附图 7 所示是一种替代结构，即“并排”结构，其中连接后续成对压缩板 10 的栓销 50 不会发生重叠，相反是并排的。在该结构中，螺栓 70 通过每个栓销 50 的轴孔 51，凸轮螺栓 60 通过每个栓销 50 的凸轮孔 52，但是栓销之间并没有共用螺栓和凸轮螺栓。混合结构也是可能的。在一个混合结构中，层叠每侧上栓销的两个末端柱是“肩式重叠”结构的，中间的柱是“并排”结构的。

在本发明的典型燃料电池层叠中，每个燃料电池模块都是通过在压力下使每对压缩板靠近到选定距离，或者与应用选定压力相比达到压缩应变，而排列安放的。结果是，要用于层叠中的 MEA30 中不一定必须要包括一个与其垫圈相连的“硬止”单元，来防止压缩过度。根据燃料电池模块 20 的设计和选定 MEA30 要求的压缩应变，选择合适的位移量。因此，栓销通常是由比较硬或不会发生应变的材料制成的，即通常是 Young's 弹性模量大于 1 千兆帕的材料，较常见的材料具有大于 2 千兆帕的 Young's 弹性模量，更常见的材料具有大于 3 千兆帕的 Young's 弹性模量。为了在燃料电池模块中获得受控的应变程度，使栓销中的应变比 MEA 中的小得多是有利的，更具体地说是 DCC 中。

通过 Young's 弹性模量选择合适材料的参数由以下等式具体表示：

$$(1) Y_{\text{栓销}}/Y_{\text{DCC}} > (X/N) \times (A_{\text{DCC}}/A_{\text{栓销}})$$

其中  $Y_{\text{栓销}}$  是栓销材料的 Young's 弹性模量， $A_{\text{栓销}}$  是栓销最弱点（比如穿过该栓销的孔侧）处的最小交叉面积， $N$  是栓销数目， $Y_{\text{DCC}}$  是 DCC 材料的 Young's 弹性模量， $A_{\text{DCC}}$  是 DCC 的平面面积。该等式表明，栓销的应变不超过 DCC 的  $1/X$ ，DCC 通常是燃料电池模块中最容易受到压缩的层。 $X$  通常至少是 5，更常见的至少是 10 但是也可能更高。以下实施例 1 中将参考模型层叠进一步讨论等式 1。

另外该栓销材料通常是不导电的，因此是比较强的聚合非导体，比如常用聚醚醚酮（PEEK）。或者，可以使用金属与聚醚醚酮（PEEK）等强聚合非导体的复合体，比如覆盖有聚合物的金属部件。

在本发明的方法中，可以在不解除任何其他燃料电池模块上压力的情况下，从层叠中取出单个燃料电池模块。选择要取出的燃料电池模块，解除该燃料电池模块上的压力，比如转动适当的凸轮螺栓，在不改变层叠中任何其他燃料电池模块上压力的情况下，从层叠中取出燃料电池模块（如附图 1 中最底层模块所示）。

本发明适用于制造，操作，维修，保养和修理燃料电池层叠和系统。

以下实施例进一步说明了本发明的目的和优点，但是这些实施例中引用的特定材料及其量，以及其他条件和细节，不应被理解为对本发明的过度限制。

## 实施例

### 实施例 1

本实施例中说明了凸轮螺栓和栓销的制造过程，以及在向铝压缩板之间的模拟 MEA 和双极板施加压缩应变时的用途，其中的栓销设计能允许 DCC 发生 15% 的应变。

用从 LEXAN 机械加工的、具有相同尺寸和流动场的全尺寸双极板模拟具有两个 MEA 的燃料电池模块，加工金属双极板。该板的外部尺寸是  $3.72'' \times 12.19''$ （9.45 厘米  $\times$  30.96 厘米），其组合厚度为  $0.467 \pm 0.001''$ （ $1.186 \pm 0.003$  厘米）。在板组之间装配两个 MEA，由涂布的 Textron 碳布 DCC 和 2 密尔（51 微米）厚的 PTFE 片组成，模拟催化剂涂布的离子交换膜。用千分尺测得预先压缩的两个 MEA 的厚度是  $0.056'' \pm 0.002''$ （ $0.142 \pm 0.005$  厘米）。DCC 的面积是 31 平方英寸（200 平方厘米）。如附图 4a 和 4b 中所示，从  $0.5''$ （1.27

厘米)厚的 A1 6061-T6 原料制造两个外部尺寸与有机玻璃双极板相同的铝压缩板 10。测得两个铝板加工之后的总厚度是  $0.996 \pm 0.002$ " ( $2.530 \pm 0.005$  厘米)。如附图 4a 和 4b 中所示, 10-32 螺纹孔 80 沿着 0.5" (1.27 厘米) A1 板 10 的边缘中心线等距排列, 每块板的每侧上都有 6 个凸轮-螺丝。这些凸轮-螺丝对压缩模块的栓销施加压力。

按照以下方法制造凸轮-螺丝。使用 5/8" (1.588 厘米) 长的标准六角 10-32UNC 螺丝。在 0.375" (0.953 厘米) 直径的钢制钻杆中钻取并形成 0.0412" (0.1046 厘米) 偏心的 10-32 螺纹, 制造凸轮螺母。然后切割钻杆形成厚度为 0.188" (0.478 厘米) 的段, 制成螺母。将凸轮螺母固定在 10-32 螺丝上, 完全旋上, 并用 Lok-Tite 拧紧。

用 0.188" (0.478 厘米) 厚度的 PEEK, 聚醚醚酮和工程塑料制造栓销。在栓销的一端形成 3/8" (0.953 厘米) 的矩形孔, 在另一端形成 10-32 螺丝的较小间隙螺栓。附图 5 (a) 所示是本实施例中使用的栓销尺寸。

在附图 4 中所示的两个 A1 压缩板之间装配有机玻璃板和 MEA。增加一片厚度为 0.0085" (0.0216 厘米) 的基本不可压缩材料, 使层叠的预先压缩总厚度为  $1.528$ " ( $3.881$  厘米) =  $0.996$ " ( $2.530$  厘米) (A1 板) +  $0.467$ " ( $1.186$  厘米) (有机玻璃) +  $0.0085$ " (0.0216 厘米) (垫片) +  $0.056$ " (0.142 厘米) (MEA)。在外围使用垫圈, 作为层叠 DCC 的对准导引。即, 其厚度基本小于 DCC, 所以无法作为压缩的硬止单元。有 12 个 PEEK 栓销和凸轮-螺丝固定在 A1 压缩板上, 每块板的一个边缘上都有标准 10-32 螺丝使栓销固定到位。凸轮-螺丝被旋转至“开启位置”, 使板之间形成空隙, 直至所有凸轮-螺丝和栓销都达到位置。在该“开启位置”处, 凸轮轴平行对准 A1 压缩板的平面。然后顺时针旋转凸轮-螺丝 1/4 圈, 达到凸轮轴垂直于压缩板平面的位置, 获得 MEA 的最大压缩。使用游标卡尺记录整个组件在 12 个栓销位置处的压缩厚度 L, 组件的每侧都有 6 个栓销。这些测得的厚度值概括在附图 6 (a) 中。在 6 个顶部栓销位置处的平均组件厚度 L 是  $1.520 \pm 0.002$ " ( $3.861 \pm 0.005$  厘米)。在 6 个底部栓销位置处的平均组件厚度 L 是  $1.516 \pm 0.002$ " ( $3.851 \pm 0.005$  厘米), 两侧差值为 0.004" (0.010cm)。压缩的整体平均厚度是 1.518" (3.856 厘米)。由于预先压缩厚度是 1.528" (3.881 厘米), 表示压缩应变是 0.010" (0.025 厘米)。因为 DCC 基本上组件中唯一的可压缩部件, 所以其预先压缩厚度是 0.056" (0.142 厘米), 表示 DCC 的%应变压缩是 18%。

重要的是要注意到 PEEK 栓销起到非常硬的弹簧的作用。这样，它们还会在压缩 DCC 时承受一定的拉伸应变。如果  $F$  是应用于栓销上的力， $A_{\text{栓销}}$  是最弱点处栓销的最小截面积（比如附图 5 中 3/8"（0.953 厘米）孔侧），应变  $S_{\text{栓销}}$  通过材料模量  $Y_{\text{栓销}}$  与  $F$  相关，即  $F/A_{\text{栓销}} = Y_{\text{栓销}} S_{\text{栓销}}$ 。实际上，利用栓销的拉伸应变产生 DCC 的压缩应变。将类似关系应用于 DCC， $F/A_{\text{DCC}} = Y_{\text{DCC}} S_{\text{DCC}}$ 。为了能产生受控的 DCC 压缩应变，对栓销进行设计使其符合 DCC 的指定模量或压缩应变曲线是有利的，栓销应变不超过 DCC 的 10%。由于两者承受的压力是相同的，所以要求 DCC 应变是栓销应变的 10 倍，对于第  $N$  个栓销，

$$(1) Y_{\text{栓销}}/Y_{\text{DCC}} > (10/N) \times (A_{\text{DCC}}/A_{\text{栓销}})。$$

对于该实施例 1，当  $N=12$ ， $A_{\text{DCC}}=200$  平方厘米=31.0 平方英寸，而且  $A_{\text{栓销}}=2(0.187 \times 0.125)=0.0468$  平方英寸（ $2(0.475 \times 0.317)=0.302$  平方厘米）时，要求  $Y_{\text{栓销}} > 552 \times Y_{\text{DCC}}$ 。用 Instron 测量 Textron 碳布 DCC 的应力应变曲线，发现模量 400 磅/平方英寸（2.76 兆帕）时具有相当线形的超过 0-25% 的应变范围。从工程塑料的机械和热学性质手册可知，PEEK 的拉伸模量是  $4.9 \times 10^5$  磅/平方英寸（3.38 千兆帕），附图 5（a）中的栓销设计能很容易地提供要求的模量，仅为 DCC 承受应变的 1/10。但是在实施过程中，附图 5（a）中的栓销设计在其末端有一定程度的偏差，因为 3/8"（0.953 厘米）孔和栓销末端之间的材料厚度太小，导致 3/8"（0.953 厘米）孔在应力下变成略微长方形。在实施例 2 中对其进行了改正。

## 实施例 2

在本实施例中，略微改变 PEEK 栓销的设计，使其强度更高。

制造附图 5（b）中所示栓销设计并进行试验。由 0.25"（0.635 厘米）厚度的 PEEK 制成，增加 3/8"（0.953 厘米）直径孔之外的末端厚度，减轻实施例 1 中栓销的弯曲偏差。同样，将大约 1/32"（大约 0.08 厘米）壁厚和 3/8"（0.953 厘米）内径的钢环压合在栓销的大孔中，在栓销的整个末端上更均匀地分布应力。较小的钢环也被插入另一侧 10-32 螺丝的较小孔中，防止螺纹压入间隙孔中的 PEEK 中。装配新的栓销和相同的凸轮螺丝以及与实施例 1 中相同的模块和 A1 板。将凸轮转到压缩位置时测得的压缩厚度概括在附图 6（b）中。对于这种强化的栓销，栓销顶部和底部位置处的平均厚度分别是  $1.508 \pm 0.002$ "（ $3.830 \pm 0.005$  厘米）和  $1.507 \pm 0.002$ "（ $3.828 \pm 0.005$  厘米）。总体压缩厚度是 1.507"（3.828 厘米）。由于预先压缩厚度是 1.528"（3.881

厘米)，表明压缩应变为 0.021" (0.053 厘米)。因为 DCC 基本上是组件中唯一的可压缩部件，而且其预先压缩厚度是 0.056" (0.142 厘米)，所以 DCC 的%应变压缩是 37%。是实施例 1 中第一栓销所产生应变的 2 倍，超过这种碳布 DCC 的目标应变 25-30%。而且，两侧差值从 0.004" (0.010 厘米)降低到 0.001" (0.0025 厘米)以下。所以，这种栓销和凸轮-螺丝的设计能够为包括 2 个 MEA 的模块提供理想的压缩应变。达到要求的 25-30%应变，栓销孔之间的间隔缩小，或者凸轮-螺母偏差略有增加，或者不可压缩的垫片厚度减小。

必须选择合适的栓销材料，栓销设计和栓销数目，提高不会引起破裂的整体压力。在本实施例中，DCC 的 31 平方英寸面积 (200 平方厘米)和 400 磅/平方英寸 (2.76 兆帕)压缩模量表示 30%的应变，必须向 DCC 施加总共 3720 磅 (16547 牛)的压力。另外，如果 MEA 工作时的内部压力为 30psig (0.21 兆帕规)，附加的 930 磅 (4137 牛)压力能使铝压缩板分开。因此，栓销必须能施加 4650 磅 (20684 牛)的压力而不造成破裂。PEEK 在破裂点处的拉伸强度是 145000 磅/平方英寸 (100 兆帕)。因此，对于实施例 2 中的栓销设计，这 12 个栓销能够承受破裂点处总计  $12 \times 2 \times 0.25" (0.635 \text{ 厘米}) \times 0.125" (0.318 \text{ 厘米}) \times 14500 \text{ 磅/平方英寸 (100 兆帕)} = 10875 \text{ 磅 (48400 牛)}$  的压力，这是最大要求值的 2.3 倍。使栓销在其最窄点处略微变宽，就能很简单地放大这个限制。

在 0 到 290° F (-18 到 143°C) 温度范围内 PEEK 的线性热膨胀系数是  $2.6 \times 10^{-5}$ 。对于从室温加热到 176° F (80°C) 的工作燃料电池，103° F (57°C) 的温度升高使长度增加 0.267%。对于附图 5 中间隔 1.059" 的栓销孔，这种热膨胀在理论上会产生 0.0028" (0.0071 厘米)的长度变化，导致压缩应变从 0.021" (0.053 厘米)降低至 0.018" (0.046 厘米)，或者以百分比表示，DCC 应变从 37%降低至 32%。但是，内部 MEA 和其他部件也会在该温度下发生膨胀，因此 PEEK 的热膨胀最好能防止内部部件发生压缩过度。

在不超出本发明范围和原理的情况下，能对本发明进行各种改进和变化，这对本领域技术人员是显而易见的，应当理解上述说明性实施例并没有过度限制本发明。

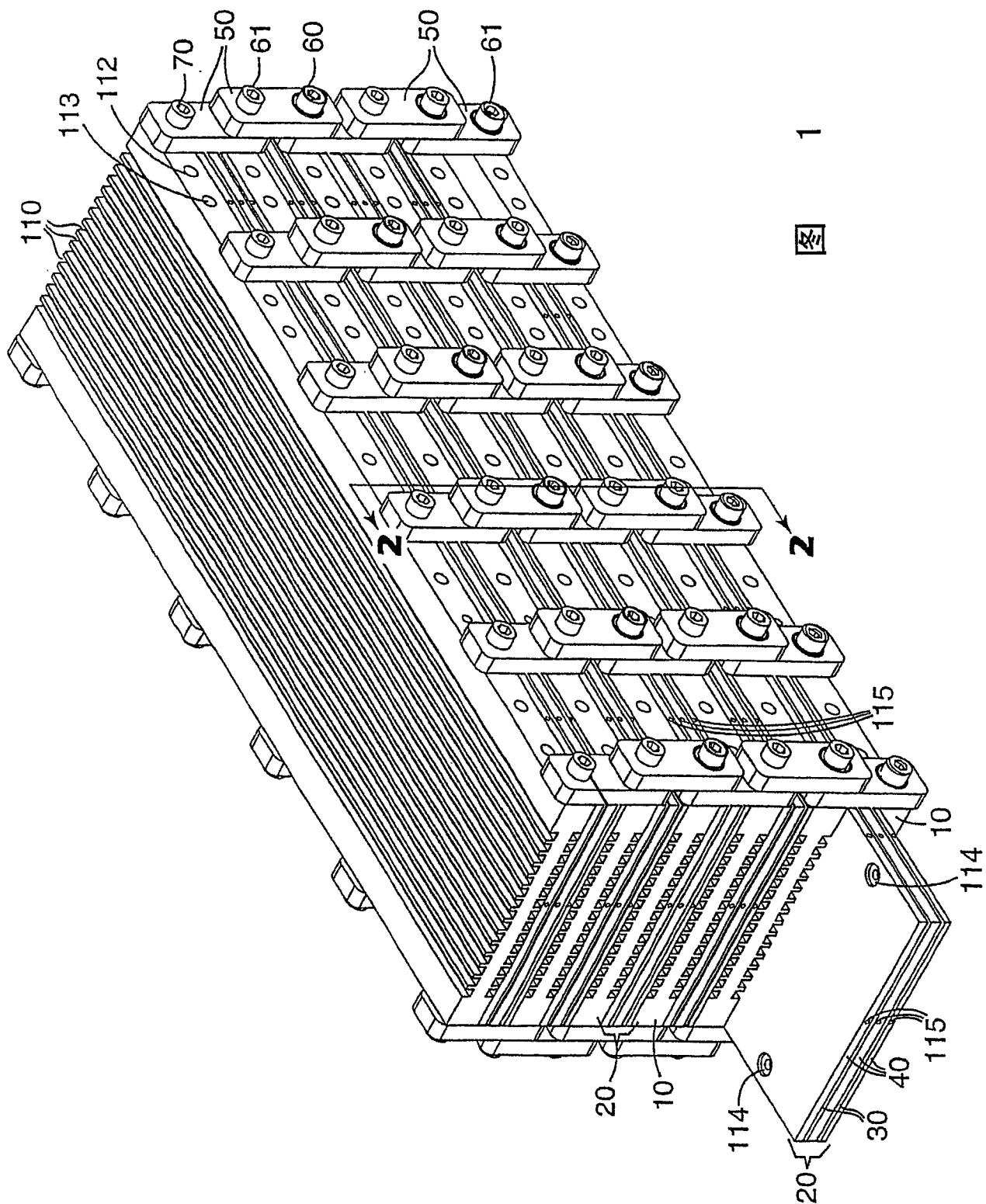


图 1

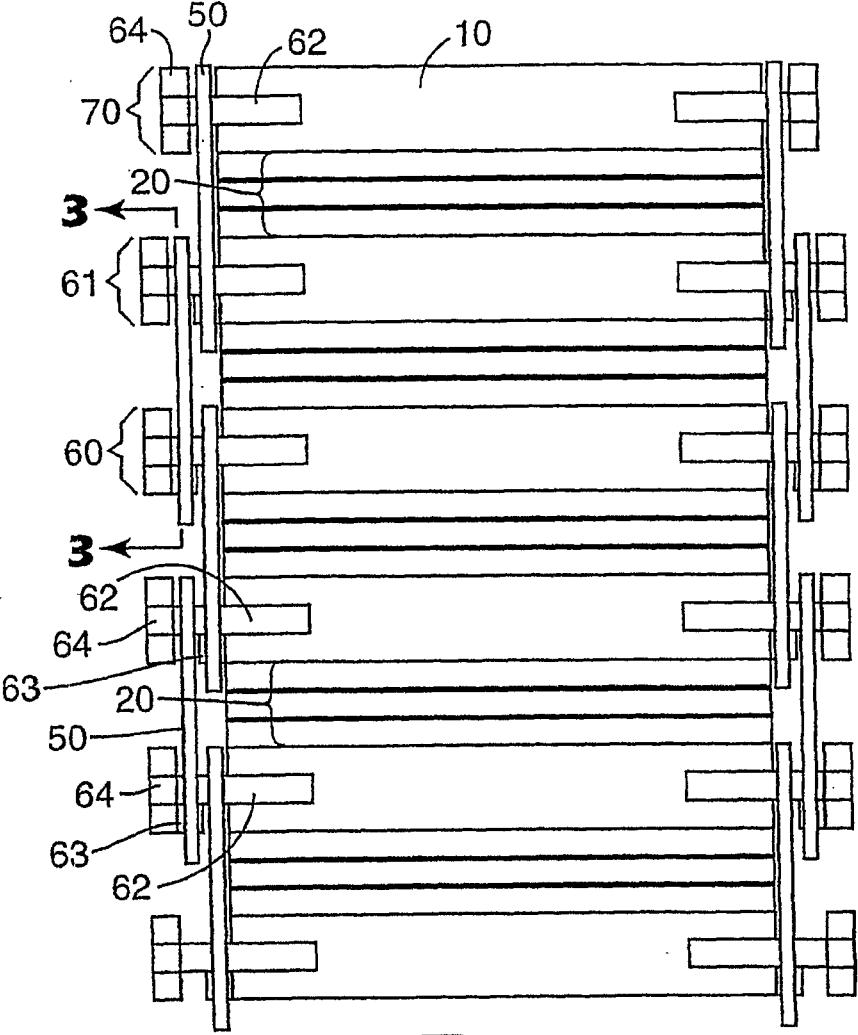


图 2

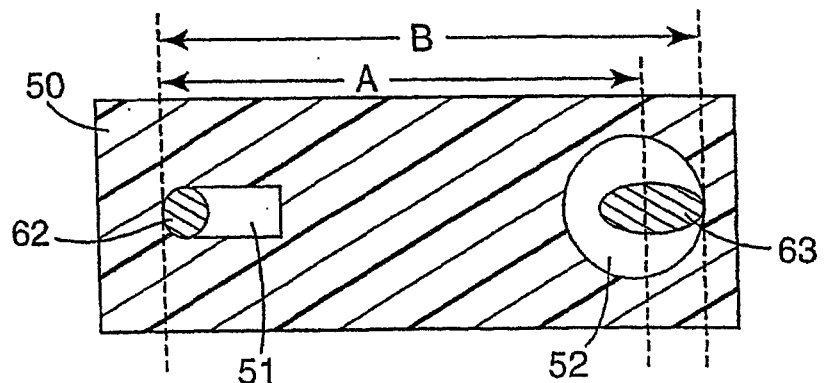


图 3

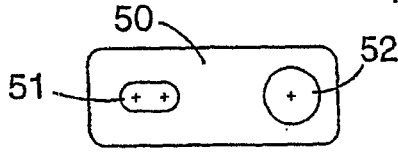


图 5a

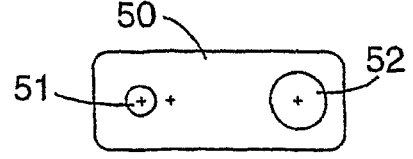


图 5b

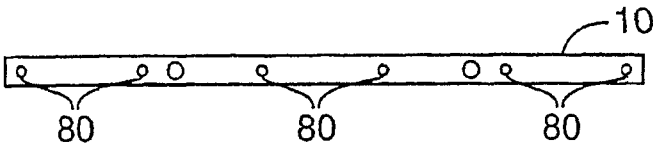


图 4a

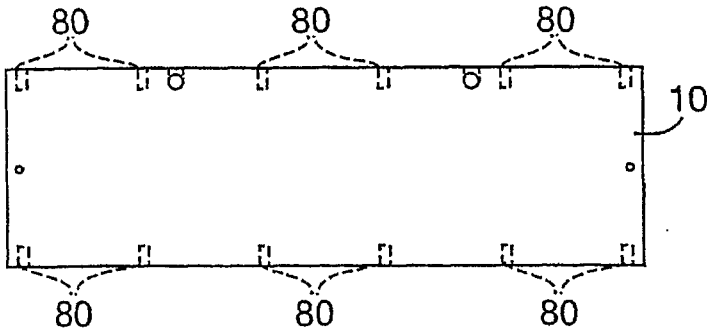


图 4b

|    |         |         |         |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    | 3.858cm | 3.856cm | 3.858cm | 3.861cm | 3.866cm | 3.866cm |
| L= | 1.519"  | 1.518"  | 1.519"  | 1.520"  | 1.522"  | 1.522"  |
| ↑  | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
| L  |         |         |         |         |         |         |
| ↓  | 12      | 11      | 10      | 9       | 8       | 7       |
|    | 1.518"  | 1.517"  | 1.516"  | 1.513"  | 1.515"  | 1.516"  |
|    | 3.856cm | 3.853cm | 3.851cm | 3.843cm | 3.848cm | 3.851cm |

图 6a

|   |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | 3.825cm | 3.825cm | 3.828cm | 3.830cm | 3.833cm | 3.828cm |
|   | 1.506"  | 1.506"  | 1.507"  | 1.508"  | 1.509"  | 1.507"  |
| ↑ | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
| L |         |         |         |         |         |         |
| ↓ | 12      | 11      | 10      | 9       | 8       | 7       |
|   | 1.5065" | 1.509"  | 1.510"  | 1.5075" | 1.506"  | 1.503"  |
|   | 3.827cm | 3.833cm | 3.835cm | 3.829cm | 3.825cm | 3.818cm |

图 6b

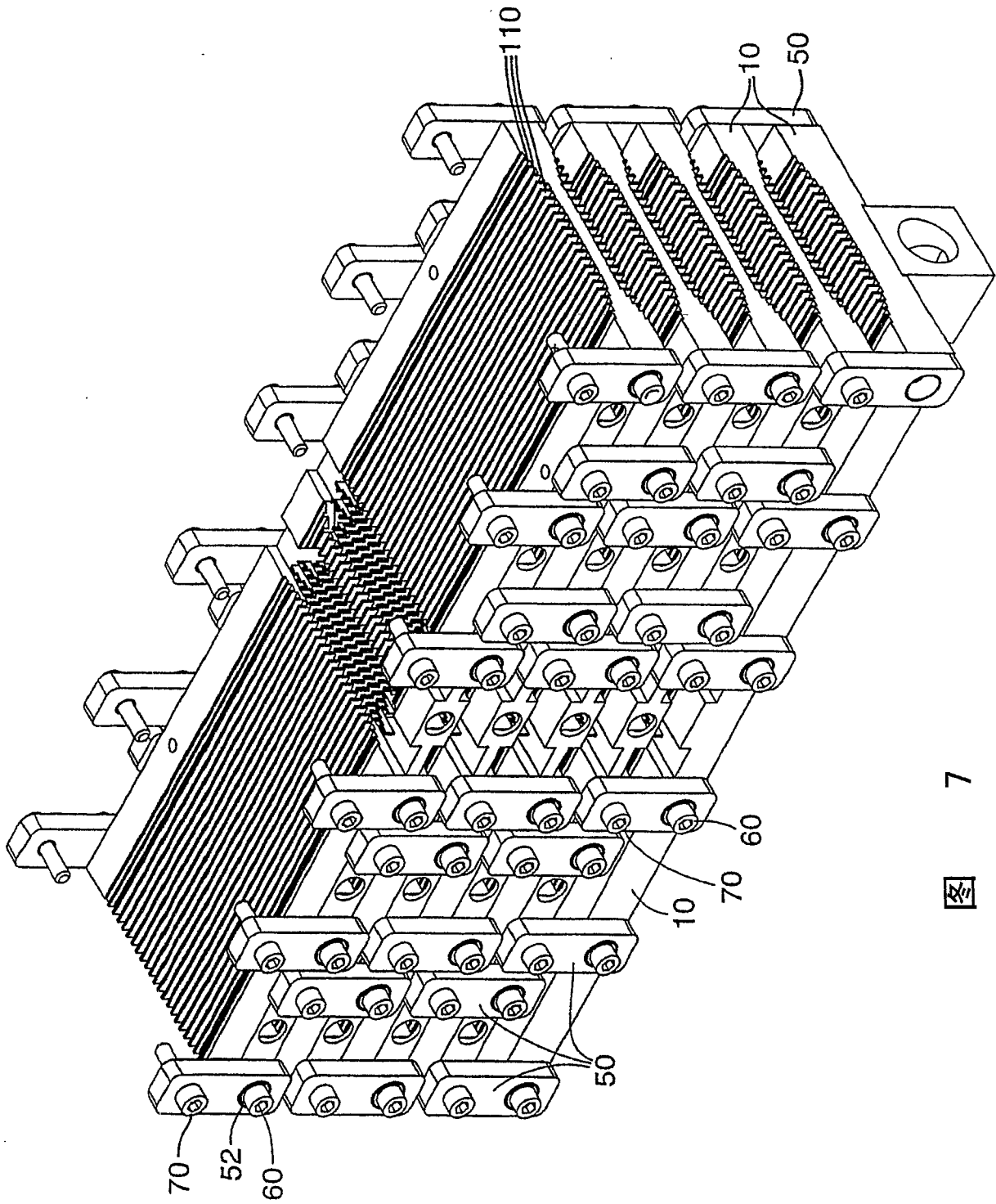
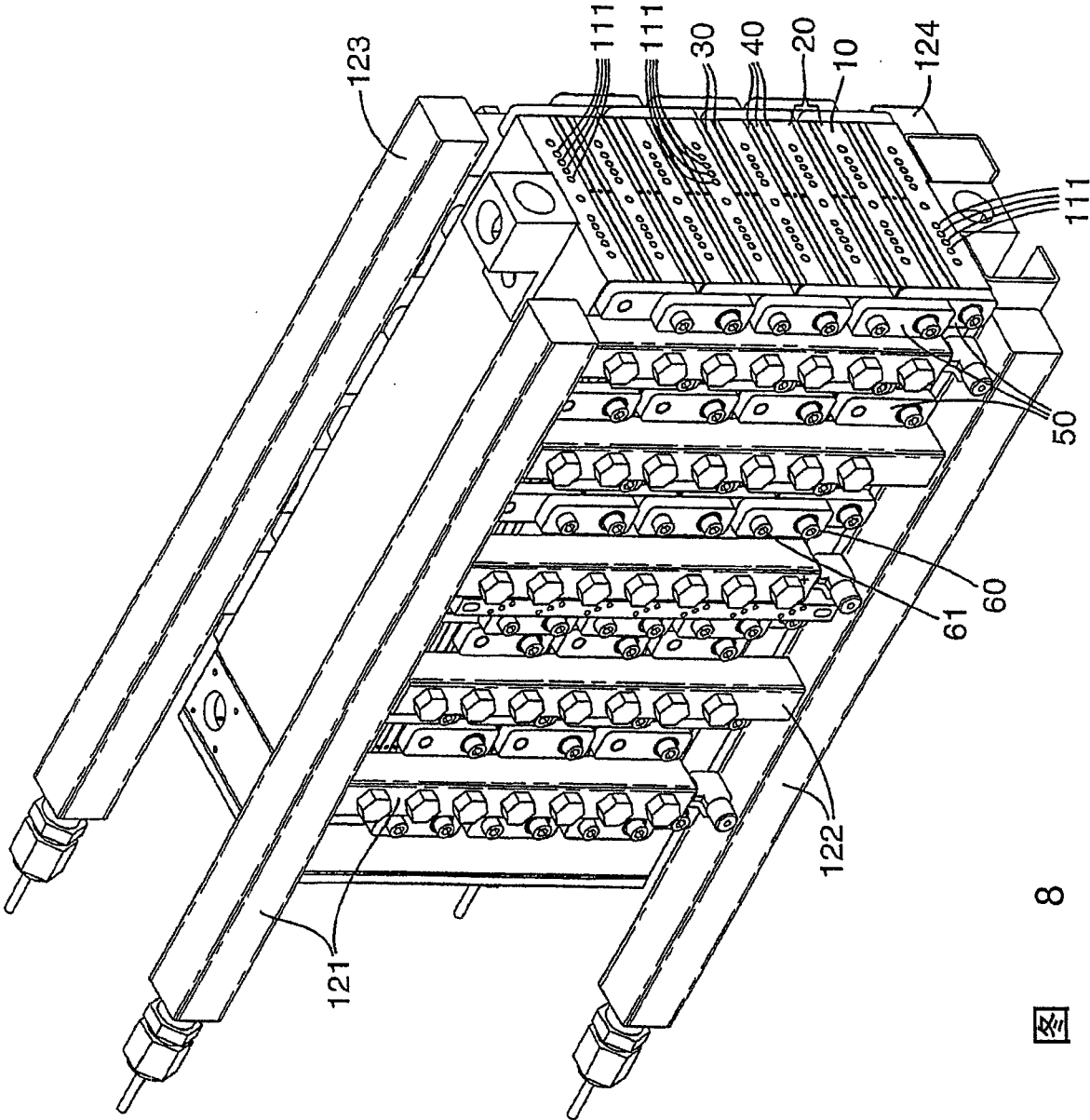


图 7



8

