

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/12 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780051061.9

[43] 公开日 2009年12月16日

[11] 公开号 CN 101606263A

[22] 申请日 2007.12.7

[21] 申请号 200780051061.9

[30] 优先权

[32] 2006.12.12 [33] US [31] 60/874,431

[86] 国际申请 PCT/US2007/025135 2007.12.7

[87] 国际公布 WO2008/073328 英 2008.6.19

[85] 进入国家阶段日期 2009.8.7

[71] 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 M·E·波丁 J·L·布朗

S·F·霍伊森 T·D·凯查姆

S·C·波拉德 D·J·圣朱利安

S·维佐佳

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 沙永生 周承泽

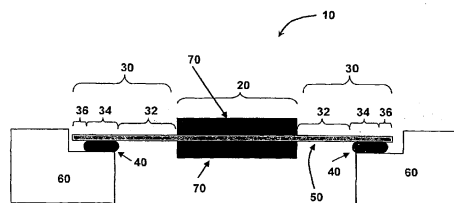
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于固体氧化物燃料电池的热-机械牢固的密封结构

[57] 摘要

揭示了一种固体氧化物燃料电池(10)，其包括具有增大带宽度(22)的陶瓷电解质薄片(50)。还揭示了固体氧化物燃料电池，其包括：基本平坦的陶瓷电解质片(50)，基本平坦的陶瓷电解质片具有厚度大于电解质片的活性区域的密封区域(34)，陶瓷电解质片(50)悬伸(36)于密封区域(34)，陶瓷电解质片和至少一种基本平坦的边界材料，而且边界材料具有非线性边缘。还揭示了制造依据所揭示实施方式的固体氧化物燃料电池的方法。还揭示了制造具有均匀厚度密封物(40)的固体氧化物燃料电池(10)的方法，其中加热该密封物(40)以去除挥发性组分，然后进行密封，所述装置(10)的框架(60)和陶瓷电解质片(50)之间的距离恒定。



1. 一种固体氧化物燃料电池装置，其包括：

框架；和

与框架连通的陶瓷电解质片，所述陶瓷电解质片包括：

活性区域，集中位于陶瓷电解质片的中央；和

非活性区域，设置在活性区域周围，非活性区域包括：

带宽度区域，邻近于活性区域设置，和

密封区域，设置在带宽度区域周围；

其中，密封区域和活性区域之间的距离大于约 5 毫米，陶瓷电解质片的至少一部分的厚度小于约 50 微米。

2. 如权利要求 1 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，密封区域和活性区域之间的距离大于约 7 毫米。

3. 如权利要求 1 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，带宽度包括陶瓷电解质片厚度的至少约 500 倍。

4. 如权利要求 1 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，陶瓷电解质片的密封区域是基本平坦的。

5. 如权利要求 4 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，陶瓷电解质片的厚度小于 30 微米。

6. 如权利要求 4 所述的固体氧化物燃料电池，其特征在于，所述陶瓷电解质片不包括一个或多个以下特性的折皱，折皱的幅度大于(i)约 300 微米，并且波形长度小于约 1 厘米；或者(ii)约为电解质片厚度的 50 倍。

7. 如权利要求 6 所述的固体氧化物燃料电池，其特征在于，所述陶瓷电解质片不包括一个或多个幅度大于或等于厚度的约 25 倍的折皱。

8. 如权利要求 4 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，所述密封区域具有厚度，密封区域的厚度大于活性区域的厚度。

9. 如权利要求 1 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，所述陶瓷电解质片包括至少一种边界材料，其中，边界材料的至少一部分与密封区域的至少一部分接触，所述边界材料是基本平坦的。

10. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，进一步包括第二边界材料，其中，第二边界材料的至少一部分与密封区域的至少一部

分接触，所述密封区域设置在至少一种边界材料的背面，第二边界材料是基本平坦的。

11. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料的模数小于陶瓷电解质片的模数。

12. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料的厚度小于约 20 微米。

13. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料包含银、钯，或它们的组合。

14. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料包括多个层。

15. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料和第二边界材料各自包括多个层。

16. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一个层包含粘合促进剂。

17. 如权利要求 16 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，粘合促进剂包含至少一种过渡金属氧化物。

18. 如权利要求 4 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，非活性区域还包括悬伸区域，其集中位于陶瓷电解质片周边的密封区域周围。

19. 如权利要求 9 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，至少一种边界材料具有第二边缘，其位置靠近带宽度区域，第二边缘是非线型的，至少一种边界材料的至少一部分与带宽度区域接触。

20. 如权利要求 19 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，第二边缘是非线型的，非线型边缘包括至少一个波形长度约为 0.5 毫米至约 100 厘米并且幅度约为 0.5 毫米至约 5 厘米的变体。

21. 如权利要求 20 所述的固体氧化物燃料电池装置，其特征在于，活性区域包括一个以上的电极，非线型边缘包括至少一个具有以下性质的变体，其波形长度为电池间隔的周期、为电池间隔周期的倍数、或为电池间隔周期的整数分数。

用于固体氧化物燃料电池的热-机械牢固的密封结构

发明领域

本发明一般性涉及燃料电池装置，更具体地，涉及利用能将热机械应力造成的装置失效减至最小的设计和/或密封结构的固体氧化物燃料电池装置。

政府资助声明

本发明按照由国家标准技术研究院(NIST)授予的合作协议 70NANB4H3036 在政府资助下完成。美国政府享有本发明的一定权益。

背景技术

固体氧化物燃料电池(SOFC)近年来一直是一大研究主题。固体氧化物燃料电池通过燃料在一定温度(例如约 700-1000°C)的电化学氧化，将氢和/或烃之类的燃料的化学能转化为电能。典型的 SOFC 包括夹在阴极层和阳极层之间的负电荷氧离子传导电解质。分子氧在阴极还原并结合在电解质中，其中，将氧离子传送通过该电解质，与(例如)氢在阳极反应，形成水。

如在美国专利第 6,852,436 号中描述的那些具体设计包括电极-电解质结构，该结构包括固体电解质片，电解质片结合有多个正电极和负电极，这些电极与挠性无机电解质薄片的相背侧面粘结。

其他设计，如美国专利第 5,273,837 号和第 5,085,455 号中揭示的那些设计，描述了抗热冲击的固体氧化物燃料电池和无机薄片，所述薄片具有能够弯曲但不会破裂的强度和挠性，并在燃料电池的操作温度范围内具有优异的温度稳定性。

SOFC 装置通常经受由高操作温度和装置的快速温度循环造成的大的热机械应力。这些应力可导致装置的元件变形，并对 SOFC 装置的操作可靠性和寿命产生不利的作用。

SOFC 装置的电解质片通常被密封在框架支承结构中，以保持将燃料和氧化剂气体分开。在某些情况中，热机械应力和产生的变形可能集中在电解质片和密封物之间的界面上，导致密封物、电解质片和/或 SOFC 装置失效。当使用挠性陶瓷薄片作为 SOFC 装置中的电解质时，电解质片本身极可能过早失效。装置、密封物和框

架之间因温度梯度和元件性质(如膨胀和刚性)不匹配产生的不同气体压力和相互作用可能导致在密封物和与密封物相邻的电解质片的未支承区的应力增大。大的电解质片尤其会发生因应力诱发电解质片折皱破裂造成的失效。

美国专利公开 2006/0003213 描述了应力相关的 SOFC 装置的电解质片开裂的问题,并揭示了一种图案化的电解质片,设计用来补偿环境诱导的应变并为装置提供增强的抗失效性。美国专利公开 2003/0215689 和 2003/0224238 描述一种金属泡沫密封物 and 高温毡密封材料,可用来解决在电解质、密封物和框架的粘结区中累积的应变。但是,备选和/或另外的使热应力最小化的方法也可以作为缓解方案,克服燃料电池装置的热机械失效问题。

因此,需要解决固体氧化物燃料电池密封物和电解质片的热机械整体性以及与固体氧化物燃料电池相关的其他缺点,以及制造和操作固体氧化物燃料电池的方法。由本发明的制品、装置和方法满足了这些需要和其他需要。

发明概述

本发明涉及陶瓷电解质和用于将电解质薄片贴附于支承件的密封结构,能将热机械应力导致的装置失效减至最小。通过使用新颖的电解质设计、新颖的密封结构和制造固体氧化物燃料电池的方法,本发明解决了至少部分的上述问题。

在第一实施方式中,本发明提供一种固体氧化物燃料电池装置,该装置包括框架和与框架连通的陶瓷电解质片,其中,电解质片包括集中位于陶瓷电解质片中央的活性区域,以及集中位于活性区域周围的非活性区域,上述非活性区域包括集中在与活性区域相邻位置的带宽度区域,以及集中位于带宽度区域周围的密封区域,密封区域和活性区域之间的距离大于约 5 毫米,所述陶瓷电解质片的厚度小于约 50 微米,优选小于 45 微米。

在第二实施方式中,本发明提供一种固体氧化物燃料电池装置,该装置包括框架和与框架连通的陶瓷电解质片,其中,陶瓷电解质片包括集中位于陶瓷电解质片中央的活性区域,以及集中位于活性区域周围的非活性区域,上述非活性区域包括集中在与活性区域相邻位置的带宽度区域,以及集中位于带宽度区域周围的密封区域,其中,陶瓷电解质片密封区域是基本平坦的,陶瓷电解质片的至少一部分的厚度小于约 50 微米,优选小于 45 微米。

在第三实施方式中,本发明提供一种固体氧化物燃料电池装置,该装置包括框架、与框架连通的陶瓷电解质片和至少一种边界材料,其中,陶瓷电解质片包括

集中位于陶瓷电解质片中央的活性区域，以及集中位于活性区域周围的非活性区域，上述非活性区域包括集中在与活性区域相邻位置的带宽度区域，以及集中位于带宽度区域周围的密封区域，其中，至少一种边界材料的至少一部分与密封区域的至少一部分接触，所述边界材料是基本平坦的。

在第四实施方式中，本发明提供一种制造固体氧化物燃料电池装置的方法，该方法包括：提供框架和包括陶瓷电解质片的装置，在陶瓷电解质片的至少一部分上施加密封物，然后将该装置贴附于框架，使密封物具有均匀的厚度。

在第五实施方式中，本发明提供一种制造固体氧化物燃料电池装置的方法，该方法包括：提供框架和包括陶瓷电解质片的装置，使用密封物将装置贴附于框架，从而使所述密封物具有均匀的厚度，并从而使框架和装置之间的距离恒定。

本发明的其他实施方式和优点将部分地在详细描述、附图和随后的权利要求书中提出，并部分地源自详细描述或者可以通过实施本发明获知。通过所附权利要求书中具体指出的要素和组合可认识并实现下面所述的优点。应理解，前面的概要描述和下面的详细描述都是示例和说明，并不构成对所揭示的本发明的限制。

附图简述

附图结合在说明书中并构成说明书的一部分，附图说明本发明的一些实施方式，并与描述内容一起用来说明本发明的原理，但是不构成限制。类似的附图标记表示全部附图中相同的要素。

图 1 是说明按照本发明的各实施方式的陶瓷电解质片的各区域的示意图。

图 2 示出有限元计算，说明电解质片的非活性区域上的最大拉伸应力在温度负荷下随固体氧化物燃料电池装置的带宽度发生的变化。

图 3 是说明按照本发明的各实施方式的基本平坦的密封区域的示意图，该密封区域具有增大的厚度。

图 4 是说明按照本发明的各实施方式的包含边界材料的陶瓷电解质片的示意图。

图 5 示出按照本发明的各实施方式具有非线型第一边缘的示例边界材料。

图 6 示出各固体氧化物燃料电池装置在 725°C 的断裂压力，其中一些装置是按照本发明的各实施方式使用边界材料制造的。

图 7 示出各固体氧化物燃料电池装置在 725°C 的断裂压力，其中一些装置是按照本发明的各实施方式使用悬伸的电解质片制造的。

发明详述

通过参考以下详细说明、附图、实施例和权利要求，以及以上和以下的说明，可以更容易地理解本发明。但是，在揭示和描述本发明的组合物、制品、装置和方法之前，应该理解，本发明不限于所揭示的具体组合物、制品、装置和方法，除非有特别的指明，因此，当然是可以变化的。还应该理解，本文使用的术语仅仅是为了描述具体实施方式的目的，并不意在构成限制。

提供以下对本发明的描述作为本发明目前已知的实施方式的说明。为了这个目的，相关领域技术人员能够理解，可以对本文所述本发明的不同实施方式进行许多变化，而仍然能获得本发明的有益结果。通过选择本发明的一些特征而不利用其它特征，可以获得本发明所需益处中的一些，这也是显而易见的。因此，本领域技术人员能够认识到，可以对本发明进行许多改进和修改，在某些情况下这些改进和修改甚至是需要的，成为本发明的一部分。因此，提供以下说明作为本发明原理的例证而非限制。

揭示了可使用的、可联合使用的、可用于制备的材料、化合物、组合物和组分，或者是所揭示的方法和组合物的产物。本文揭示了这些和其它材料，应该理解，揭示了这些材料的组合、子集、交集(interaction)、组等，虽然没有明确揭示这些化合物的各个不同个体、集合和排列的具体引用，但是本文已经对这些个体、集合和排列中的每一种进行了具体的考虑和描述。因此，如果揭示了一类要素 A、B 和 C，一类要素 D、E 和 F，以及一种组合的实施方式 A-D，则应该认为已经个别和集合地考虑了各要素和各组合。因此，在该例子中，已经具体考虑了以下各组合：A-E、A-F、B-D、B-E、B-F、C-D、C-E 和 C-F，而且，应该认为这些组合的揭示来自于对要素 A、B 和 C，要素 D、E 和 F，以及组合例子 A-D 的揭示。类似地，还具体考虑和揭示了这些要素的任意子集或组合。因此，例如，通过对要素 A、B 和 C，要素 D、E 和 F，以及组合例子 A-D 的揭示，应该认为，对以下子集进行了具体考虑和揭示：A-E、B-F 和 C-E。这种概念应用至所揭示内容的全部实施方式，其包括但不限于组合物的任何组分以及制造和应用所揭示组合物的方法的各步骤。因此，如果有多个可以进行的附加步骤，则应该理解，这些附加步骤中的每个步骤都能够与所揭示方法的任何具体实施方式或实施方式的组合一起进行，而且应该认为对这些组合中的每一种都进行了具体考虑和揭示。

在本说明书和所附权利要求中，引用了一些术语，它们的含义如下：

如本文所用，除非上下文中有明确相反的指示，否则，单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数的指示物。因此，例如，对“一种组分”的引用包括具有两种或更多种这类组分的实施方式，除非上下文中有明确相反的指示。

“任选的”或“任选地”表示随后描述的事件或情况可能发生或可能不发生，所描述的内容包括该事件或情况发生的情形以及该事件或情况不发生的情形。例如，词语“任选组分”表示该组分可能存在或可能不存在，所描述的内容包括本发明包含该组分以及本发明不包含该组分的两种实施方式。

在本文中，范围可以表述为从“约”一个具体值和/或至“约”另一个具体值。表述这样的范围时，另一种实施方式包括从一个具体值和/或至另一个具体值。类似地，以近似值表述数值时，使用先行词“约”，应该理解，具体值构成另一种实施方式。应该进一步理解，范围的各端点明显既与另一个端点相关、又独立于该另一个端点。

如本文所用，除非有相反的具体陈述，否则，组分的“重量%”或“重量百分数”或“重量百分比”表示组分的重量相对于包含该组分的组合物的总重量的百分比。

如以上简单介绍的，本发明提供了新颖的电解质设计和新颖的密封结构，该结构可以减少和/或防止装置因热机械压力造成的失效。所提出的方法可以得到固体氧化物燃料电池装置改进的热机械整体性和牢固性(robustness)。本文揭示了几种改进燃料电池元件的热机械整体性的方法。

虽然下面参见固体氧化物燃料电池描述了本发明的电解质、密封物和方法，但是应理解，相同或类似的电解质、电极和方法可以用于需要将陶瓷片密封于支承框架的其他应用中。因此，不应将本发明限制于有限的方式中。

固体氧化物燃料电池

常规的固体氧化物燃料电池通常具有框架构件支承的电极组件。电极组件包括夹在阳极和阴极之间的陶瓷电解质片。陶瓷电解质可以包含适合用于固体氧化物燃料电池的任何离子传导材料。电解质可包含多晶陶瓷，例如，氧化锆、氧化钇、氧化铈、氧化铈或它们的组合，并可以任选掺杂至少一种选自下组的掺杂剂：Y、Hf、Ce、Ca、Mg、Sc、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、In、Ti、Sn、Nb、Ta、Mo、W的氧化物，或它们的混合物。电解质还可以包含其他填料和/或加工材料。示例的电解质是平面片，由掺杂氧化钇的氧化锆(也称作氧化钇稳定

的氧化锆(YSZ))构成。固体氧化物燃料电池的电解质材料可以商业获得(美国纽约州宾尼杨, 弗瑞公司(Ferro Corporation, Penn Yan, New York, USA)), 本领域的技术人员能够容易地选择合适的陶瓷电解质材料。

固体氧化物燃料电池可以进一步包括至少一个阳极和至少一个阴极, 阳极和阴极位于电解质的相背表面上。固体氧化物燃料电池可以包括单一的室, 其中阳极和阴极都位于电解质的同一侧。电极可以包含适合促进固体氧化物燃料电池反应的任何材料。阳极和阴极可以包含不同材料或类似材料, 对材料或设计没有任何限制。阳极和/或阴极可以形成适合用于固体氧化物燃料电池的任意几何图形。电极可以是平行于陶瓷电解质表面以及位于该表面上的涂层或平面材料。电极还可以排列成包含多个独立电极的图案。例如, 阳极可以是位于电解质一个侧面上的单一连续的涂层, 或者是设置成图案或阵列的多个单独元件(例如带)。

阳极可以包含例如氧化钇、氧化锆、镍, 或它们的组合。也可以使用各种其他的电子和离子导体以及混合的电子和离子导体。它们是例如, 镓酸镧、掺杂氧化铈或其他稀土元素的氧化锆, 单独或组合的铜、铁、钴和锰。示例的阳极可包含含镍的金属陶瓷和电解质材料(例如氧化锆)。

阴极可以包含例如氧化钇、氧化锆、锰酸盐、钴酸盐、铋酸盐, 或它们的组合。示例的阴极材料可包括: 氧化钇稳定的氧化锆、锰酸镧铈, 以及它们的组合。

电极组件通常由设置在框架和电解质片之间的密封组合物与支承框架连接。因此, 固体氧化物燃料电池的密封物可包括适合用于对固体氧化物燃料电池的电解质和框架进行密封的任何材料。例如, 密封物可包括玻璃料组合物或金属(如泡沫金属)。玻璃料密封物可进一步包含陶瓷材料和/或热膨胀系数匹配填料。通常优选密封物包含玻璃料。固体氧化物燃料电池的元件(如电极、框架和密封材料)可以商业购得, 且本领域技术人员能容易地选择用于固体氧化物燃料电池的元件的适当材料。

在燃料电池运行期间, 电解质、框架和密封物可遭遇约 600-1000°C 的运行温度。此外, 这些元件可经历快速温度循环, 例如在启动和关闭循环期间。施加于这些元件上的热机械应力可能导致元件或者整个燃料电池装置变形, 破裂和/或失效。本发明提供了几种方法将这种变形、破裂和/或失效减至最小。各种方法可以单独使用或适当组合, 发明人无意将本发明限制于单一的实施方式。在此所述的所有实施方式都意在描述包括电解质, 电解质和密封物, 以及/或者电解质、密封物和框

架的实施方式。如果没有具体列出燃料电池运行所需要的要素，则包括该要素以及不包括该要素的实施方式都应被认为是本发明的一部分。

增大的带宽度

参见图 1，示出示例的固体氧化物燃料电池装置 10 的示意截面图。燃料电池装置 10 包括电极组件，该组件由框架 60 连接并支承。电解质组件进一步包括电解质片 50，该电解质片具有至少一个与之连接的电极 70。该至少一个电极 70 与电解质片的第一部分 20 相连，形成电极组件的活性区域。也可以使用多个电极对（阳极和阴极）。电解质片的其余部分 30 提供非活性区域。

在一个实施方式中，电极组件的活性区域相对于其余非活性部分 30 集中设置，使非活性区域 30 包围活性区域。非活性区域还可以进一步延伸至陶瓷电解质片的边缘。因此，如本文中所示“集中的”或“集中地”表示电极组件和/或元件的一个区域、部分或区包围电极组件和/或元件的不同区域、部分或区。应理解，本文中所示的集中区域、部分或区并不只限于具有同一中心的那些实施方式。此外，使用术语“集中的”意图表示没有限定几何结构或形状。例如，所述区域可以是同心圆、正方形或者适合于固体氧化物燃料电池设计的其它图形。一种区域可以具有与其它区域相同或不同的几何结构。此外，不要求特定集中区域的设计或形状是均匀的，可以是例如拉长的椭圆形、矩形、或者具有恒定变化的边界的设计。

非活性区域 30 可以进一步包括多个同中心的非活性电解质片区。例如，非活性区域与活性区域相邻的部分（或者所示电解质片的中央）通常被称作带宽度区域 32。该带宽度区域可从活性区域向外延伸至非活性区域与密封物 40 接触的部分，称作密封区域 34。在密封区域 34 之外，非活性区域可任选包括悬伸区域 36，存在悬伸区域时可延伸至电解质片的周边。如果不存在悬伸区域，则密封区域可以延伸至电解质片的周边。

如本文所用，“带宽度”表示在电解质片的活性区域和密封区域之间相互最靠近点，活性区域和密封区域之间的距离。当电解质片的带宽度较小时，由热机械变形导致的翘曲模式不容易发生分布，可能导致密封物或电解质片在密封区域或相邻带宽度区域发生破裂。不希望受理论的限制，发明人认为增大电解质片的带宽度可以使翘曲模式分布于电解质片的较大部分中，因此可以防止破裂和/或元件失效。图 2 表明随带宽度增大，预测最大主应力减小。

本发明的陶瓷电解质片包括的带宽度大于约 5 毫米, 例如, 大于约 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 9, 11, 15 或 20 毫米, 优选大于约 7 毫米, 例如, 大于约 7, 7.2, 7.5, 7.8, 8, 9, 11, 15, 20 或 30 毫米。在一个实施方式中, 陶瓷电解质片的带宽度约为 5.5 毫米。在另一个实施方式中, 陶瓷电解质片的带宽度约为 7.5 毫米。在此所述和要求权利的数值指最小带宽度。带宽度区域的尺寸可以沿电解质片表面变化, 该尺寸在带宽度区域的至少一部分中可以大于所述值。

根据本发明的任一实施方式的陶瓷电解质片可以具有适合用于固体氧化物燃料电池的任何厚度。陶瓷电解质片的厚度可以小于约 50 微米, 例如, 小于约 50, 48, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 或 5 微米, 优选小于约 30 微米, 例如小于约 30, 28, 25, 20, 15, 10, 8 或 5 微米, 或更优选小于约 20 微米, 例如小于约 20, 18, 15, 12, 10, 8, 6 或 5 微米。因此, 在另一个实施方式中, 本发明增大的带宽度区域还可以表示为该电解质片厚度的倍数。例如, 带宽度可以约为电解质片厚度的 10-2,000 倍, 例如约为 10, 12, 15, 20, 50, 100, 150, 200, 300, 500, 700, 900, 1200, 1500, 1800 或 2000 倍, 优选约为电解质片厚度的 400-600 倍, 例如约为 400, 420, 440, 480, 500, 520, 540, 580 或 600 倍。在一个实施方式中, 电解质片厚度约为 50 微米, 带宽度约为 25 毫米。在另一个实施方式中, 电解质片厚度约为 20 微米, 带宽度约为 10 毫米。

电解质的平坦度 (flatness)

防止固体氧化物燃料电池元件发生变形和/或失效的另一种方法是在密封区域使用平坦的或基本平坦的陶瓷电解质片。由表面不连续或缺陷(例如陶瓷电解质的密封区域中的折皱和/或变形)产生的应力难以分布, 并可能导致电解质片和/或密封物在温度循环或燃料电池运行期间发生破裂和/或失效。如果电解质片的密封区域是平坦的或基本平坦的, 则这种应力可以减小或消除。如本文所用, 基本平坦的陶瓷电解质片或者电解质片的部分或区域表示其表面不包括幅度大于约 300 微米、波形长度小于约 1 厘米的一个或多个折皱的电解质片或者电解质片部分。如果存在折皱, 则折皱的幅度(峰至谷)应小于或等于约 300 微米, 例如, 约小于或等于 1, 3, 8, 10, 25, 40, 80, 100, 120, 150, 180, 210, 230, 250, 270 或 300 微米, 波形长度大于约 1 厘米, 例如大于约 1, 1.5, 2, 4, 8, 10 或 30 厘米。优选陶瓷电解质片不包括幅度大于约 100 微米, 波形长度小于约 4 厘米的折皱。更优选, 陶瓷电解质片不包括折皱。

如果电解质片的密封区域中存在折皱，则折皱的幅度和/或波形长度可以沿电解质片的密封区域变化，只要该幅度小于或等于约 300 微米并且波形长度大于约 1 厘米即可。按照本发明，具有较小幅度和较大波形长度(低频)的折皱和/或变形产生的应力可以更容易地分布至陶瓷电解质片的其他区域，因此可以防止变形和失效。

在一个实施方式中，本发明的陶瓷电解质片通过密封物贴附于框架，电解质片的密封区域不包括任何幅度大于约 300 微米并且波形长度小于约 1 厘米的折皱。在另一个实施方式中，陶瓷电解质片通过密封物贴附于框架，电解质片的密封区域是基本平坦的，不包括任何幅度大于约 100 微米并且波形长度小于约 4 厘米的折皱。在另一个实施方式中，陶瓷电解质片通过密封物贴附于框架，电解质片的密封区域是平坦的，不包括任何可检测到的折皱和/或变形。

如果存在折皱，则折皱的幅度还可以表示为陶瓷电解质片厚度的倍数。按照这种方式，如果存在折皱，则折皱的幅度应小于电解质片厚度的约 50 倍，例如，小于约 50, 40, 30, 20, 10, 5 或 2 倍，优选小于电解质片厚度的约 25 倍，例如小于约 25, 24, 22, 20, 18, 15, 12, 10, 7, 5 或 2 倍。在一个实施方式中，陶瓷电解质片不包括一个或多个幅度大于或等于电解质片厚度的约 50 倍的折皱。在包括贴附于框架的 20 微米电解质片的特定实施方式中，电解质片不包括一个或多个幅度大于或等于 1 毫米的折皱。在另一个实施方式中，陶瓷电解质片不包括一个或多个幅度大于或等于电解质片厚度的约 25 倍的折皱。在包括贴附于框架的 20 微米电解质片的特定实施方式中，该电解质片不包括一个或多个幅度大于或等于约 500 微米的折皱。

在另一个实施方式中，电解质片的周边部分和非活性区域的外围部分延伸超出密封物或悬伸于密封物，如图 1 所示。从活性区域向外悬伸或者延伸超出密封物的电解质片可以减小或消除应力引起的变形以及/或者由位于陶瓷电解质片边缘的缺陷和/或瑕疵导致的失效。如果没有悬伸部分，则这类缺陷和/或瑕疵将位于密封区域内，并且可能承受到超过电解质片材料的容许量的应力。一种悬伸构形中，将密封区域的应力施加到陶瓷电解质片的更稳定的非边缘部分。陶瓷电解质片的悬伸部分延伸或悬伸超出密封区域约 0.1-50 毫米，例如，约 0.1, 0.3, 0.8, 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 48 或 50 毫米。在一个实施方式中，电解质片悬伸超出密封区域约 5 毫米。

密封区域的厚度

在第三种方法中，应力涉及的变形和失效可以通过使用如图 3 所示的陶瓷电解质片来减小或防止，所示陶瓷电解质片具有基本平坦的密封区域 34，其厚度大于活性区域 20 的厚度。密封区域厚度约为活性区域厚度的 1.1 倍，约 1.5 倍，约 2 倍，或者更大。在此所用活性区域厚度用来描述陶瓷电解质片的厚度，并且不包括设置在陶瓷电解质片的至少一个表面上的电极层的厚度。从活性区域至密封区域的厚度变化可以包括任意合适的几何形状，例如，阶梯形、锥形，或者它们的组合。优选厚度变化包括一种设计，如渐进的锥形，这种设计不会在陶瓷电解质片中产生应力点。

在一个实施方式中，陶瓷电解质片密封区域的厚度约为 30 微米，或者约为该电解质片活性区域厚度(20 微米)的 1.5 倍。在另一个实施方式中，陶瓷电解质片的密封区域的厚度约为 60 微米，或者约为该电解质片活性区域厚度(30 微米)的 2 倍。由于电解质片厚度和因此产生的活性区域厚度可以变化，所以密封区域的所需厚度也可以变化。

边界材料

在第四种方法中，应力涉及的变形和失效可以通过使用薄陶瓷电解质和设置在密封物和陶瓷电解质片之间的至少一种基本平坦的边界材料来减小和/或防止。边界材料的至少一部分可与陶瓷电解质片的密封区域的至少一部分接触。参见图 4，边界材料 80 可以与电解质片 50 的密封区域 34 的至少一部分接触，并可以改进电解质片的平坦度，增大电解质片的外观厚度和刚度，这些优点在本文中进行了描述。可以采用任何适当的方法，例如印刷、胶结、用玻璃料贴附，或者它们的组合，使至少一种边界材料贴附于电解质片。可将边界材料施用于电解质片一个表面的部分密封区域，施用于电解质片一个表面的整个密封区域，施用于电解质片的两个表面的密封区域，或者它们的组合。

术语“基本平坦的”在涉及边界材料时表示对基本平坦的电解质片而言具有相同的幅度和波形长度。基本平坦的边界材料不包括一个或多个幅度大于约 300 微米并且波形长度小于约 1 厘米的折皱。如果存在折皱，则所述折皱的幅度(峰至谷)应当小于或等于约 300 微米，例如，约小于或等于 1, 3, 8, 10, 25, 40, 80, 100, 120, 150, 180, 210, 230, 250, 270 或 300 微米，并且波形长度大于约 1

厘米，例如大于约 1, 1.5, 2, 4, 8, 10 或 30 厘米。优选边界材料不包括幅度大于约 100 微米且波形长度小于约 4 厘米的折皱。更优选边界材料不包括折皱。

边界材料中如果存在折皱，则折皱的幅度和/或波形长度可以变化，只要幅度小于或等于约 300 微米并且波形长度大于约 1 厘米即可。

在一个实施方式中，本发明的边界材料不包括任何幅度大于约 300 微米且波形长度小于约 1 厘米的折皱。在另一个实施方式中，本发明的边界材料是基本平坦的，不包括任何幅度大于约 100 微米且波形长度小于约 4 厘米的折皱。在又一个实施方式中，本发明的边界材料是平坦的，不包括任何可检测到的折皱和/或变形。

本发明的边界材料的厚度可约为 1-10,000 微米，例如，约 1, 2, 4, 8, 10, 20, 40, 100, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 9000 或 10000 微米，优选约 1-20 微米，例如，约 1, 2, 4, 8, 10, 14, 16, 18, 19 或 20 微米，更优选约 1-3 微米，例如，约 1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 2.8, 2.9 或 3 微米。

本发明的边界材料可以包括适合用于固体氧化物燃料电池的基本平坦的任何材料。边界材料可以包括金属例如银、钯，陶瓷组合物(例如和陶瓷电解质片相同的组合物)，或者它们的组合。如果使用多种边界材料，则这些材料可包含类似或不同的组合物。所有边界材料不必包含相同的组成或几何形状。

单独边界材料还可以包括多个层，例如，两层、三层、四层或更多的层。单独边界材料如果有多个层，则每一层可包含类似或不同的组合物。在一个实施方式中，单独边界材料是单层，并且不包括多层。在另一个实施方式中，单独边界材料包括三层，其中每一层包含电解质片的陶瓷材料。在另一个实施方式中，单独边界材料包含两层，其中一层包含电解质片的陶瓷材料，第二层包含银。在又一个实施方式中，将多种边界材料设置在陶瓷电解质片的相背的表面上，每一种边界材料包含多个层。

本发明的边界材料可具有与使用该边界材料的固体氧化物燃料电池的设计和元件相适合的任何模数。边界材料应优选具有等于或小于陶瓷电解质片的模数，更优选小于陶瓷电解质片的模数。

本发明的边界材料还可以包含粘合促进剂。粘合促进剂可以包含能改进密封物与电解质片粘合的任何适当的材料。粘合促进剂可包含过渡金属氧化物，例如 NiO。存在粘合促进剂时，可将粘合促进剂直接施用于边界材料的表面，或者施用于电解质片表面贴附有边界材料的部分。边界材料例如陶瓷和/或金属，以及粘合促进剂都可以商业获得(美国纽约州宾亚的铁镍公司(Ferro Corporation, Penn

Yan, New York, USA); 美国密苏里州圣路易斯的西格玛-奥德里奇公司 (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA)), 本领域技术人员能容易地选择适当的边界材料和/或粘合促进剂。

存在边界材料时, 边界材料还可以按照对悬伸电解质片所述类似的方式悬伸于装置的密封区域。在一个实施方式中, 陶瓷电解质片的位置应使该电解质片的至少一部分悬伸于密封区域, 边界材料贴附于电解质片的一个表面并与陶瓷电解质片的悬伸部分的至少一部分接触。图4示出示例实施方式的截面图, 其中, 将两个单独边界材料设置在陶瓷电解质片的相背的两侧。在图4中, 边界材料与悬伸的电解质片接触, 边界材料悬伸于密封区域, 其超出程度与电解质片大致相同。边界材料还延伸到电解质片的带宽度区域中。

波形边界的几何结构

在第五方法中, 应力涉及的变形和失效可以通过使用基本平坦的边界材料80来减小和/或防止, 如本文所述, 该边界材料具有不同的宽度, 如图5所示。这种边界材料的宽度可沿其长度, 按照适合用于固体氧化物燃料电池的任何几何图形变化。边界材料可以包括位置靠近框架60的第一边缘和位置靠近陶瓷电解质片50的带宽度区域32的第二边缘, 其中, 第一边缘是非线型的, 至少一种边界材料的至少一部分与密封区域接触, 至少一种边界材料的至少一部分与带宽度区域接触。所述边界材料可任选包括非线型的第二边缘。非线型的第二边缘存在时, 可具有和非线型第一边缘相同或者不同的图形。非线型第二边缘可具有非线型图形, 而第一边缘可以是线型的。不希望受到理论的束缚, 发明人认为, 具有非线型边缘的边界材料能将应力更好地分布在密封区域以及边界材料和陶瓷电解质片的边缘。边界材料的非线型边缘可以包括适合用于固体氧化物燃料电池的任何图形。边界材料的非线型边缘可以包括规则重复的图形, 不规则的非重复性的图形, 或者它们的组合。优选边界材料的非线型边缘不包括锐角和阶梯形变化。

可变宽度的边界材料的第一边缘或第二边缘可以包括至少一种变体, 其波形长度约为0.5毫米至约100厘米, 例如约0.5毫米、1毫米、4毫米、10毫米、20毫米、40毫米、80毫米、100毫米、500毫米、1厘米、10厘米、25厘米、50厘米或100厘米, 优选约3毫米至约3厘米, 例如, 约3毫米、7毫米、10毫米、15毫米、20毫米、40毫米、80毫米、100毫米、500毫米、750毫米、1厘米、2厘米、2.5厘米或3厘米。至少一种变体还可具有以下范围的幅度, 约0.5毫米至约

5 厘米, 例如, 约 0.5 毫米、1 毫米、4 毫米、10 毫米、20 毫米、40 毫米、80 毫米、100 毫米、500 毫米、1 厘米、2 厘米、3 厘米、4 厘米、4.5 厘米或 5 厘米, 优选约 5 毫米至约 2 厘米, 例如, 约 5 毫米、6 毫米、8 毫米、10 毫米、20 毫米、40 毫米、80 毫米、100 毫米、500 毫米、750 毫米、1 厘米、1.5 厘米或 2 厘米。

在一个实施方式中, 可变宽度的边界材料的第一边缘包括重复图形, 该图形的波形长度和幅度都约为 1 厘米。在另一个实施方式中, 可变宽度的边界材料的第一边缘包括正弦曲线图形。在又一个实施方式中, 可变宽度的边界材料的第一边缘和第二边缘都是非线型和/或正弦曲线形。

在另一个实施方式中, 可变宽度的边界材料的第二边缘包括具有局部波形长度或周期性的重复图形。可变宽度的边界材料的第二边缘包括具有局部波形长度或周期性的重复图形, 活性区域包括一个以上的电极, 第二边缘包括至少一个符合以下条件的变体: 该变体的周期性大致为电池间隔(cell spacing)的周期, 该周期性大致(± 0.1)为电池间隔的周期的倍数或者整数分数, 例如, 为电池间隔周期的 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, 以及 $\frac{1}{10}$ 。

SOFC 制造

本发明意图包括固体氧化物燃料电池的制造, 包括在此列出的用于减小和/或消除燃料电池元件的变形和失效的每一种方法, 包括单独的和不同的组合。

本发明提供制造固体氧化物燃料电池的方法, 该方法包括提供陶瓷电解质片、框架和密封物, 其中, 陶瓷电解质片的厚度小于约 50 微米, 例如, 小于约 50, 48, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 或 5 微米, 优选小于约 30 微米, 例如, 小于约 30, 28, 25, 20, 15, 10, 8 或 5 微米, 或者更优选小于约 20 微米, 例如, 小于约 20, 18, 15, 12, 10, 8, 6 或 5 微米; 用密封物将陶瓷电解质片贴附于框架, 使得陶瓷电解质片具有的带宽度大于约 5 毫米, 例如, 大于约 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 9, 11, 15 或 20 毫米, 优选大于约 7 毫米, 例如, 大于约 7, 7.2, 7.5, 7.8, 8, 9, 11, 15, 20 或 30 毫米。

陶瓷电解质片还可以贴附于框架, 使陶瓷电解质片具有的带宽度约为该电解质片厚度的 10-2,000 倍, 例如, 约 10, 12, 15, 20, 50, 100, 150, 200, 300, 500, 700, 900, 1200, 1500, 1800 或 2000 倍, 优选约为 400-600 倍, 例如, 约为 400, 420, 440, 480, 500, 520, 540, 580 或 600 倍。在一个实施方式中, 将陶瓷电解质片贴附于框架, 使电解质片具有的带宽度约为该电解质片厚度的 500 倍。在另一

个实施方式中，将陶瓷电解质片贴附于框架，使电解质片具有的带宽度约为该电解质片厚度的 2,000 倍。

本发明还提供制造固体氧化物燃料电池的方法，该方法包括：提供平坦的或基本平坦的陶瓷电解质片、框架和密封物；用密封物将平坦的或基本平坦的陶瓷电解质片贴附于框架。平坦的或基本平坦的陶瓷电解质片不包括一个或多个幅度大于约 300 微米且波形长度小于约 1 厘米的折皱。如果存在折皱，则折皱的幅度(峰至谷)应当小于或等于约 300 微米，例如，约 1, 3, 8, 10, 25, 40, 80, 100, 120, 150, 180, 210, 230, 250, 270 或 300 微米或者更小，并且波形长度大于约 1 厘米，例如，大于约 1, 1.5, 2, 4, 8, 10 或 30 厘米。优选陶瓷电解质片不包括幅度大于约 100 微米且波形长度小于约 4 厘米的折皱。更优选陶瓷电解质片不包括折皱。

在一个实施方式中，使用玻璃料密封物将基本平坦的陶瓷电解质片贴附于框架。在另一个实施方式中，使用玻璃料密封物将基本平坦的陶瓷电解质片贴附于框架，使至少一部分陶瓷电解质片悬伸于密封区域，朝着框架延伸超出电解质片的密封区域。

本发明还提供制造固体氧化物燃料电池的方法，该方法包括：提供框架、密封物、和具有可变厚度的基本平坦的陶瓷电解质片；使用密封物将基本平坦的陶瓷电解质片贴附于框架，使得与密封物接触的至少一部分陶瓷电解质片的厚度大于陶瓷电解质片的至少一部分活性区域的厚度。在一个实施方式中，使用密封物将基本平坦的陶瓷电解质片贴附于框架，使得与密封物接触的部分陶瓷电解质片的厚度约为该陶瓷电解质片的活性区域的厚度的 1.5 倍。

本发明还提供制造固体氧化物燃料电池的方法，该方法包括：提供框架、密封物、陶瓷电解质片、和至少一种基本平坦的边界材料；使用密封物将陶瓷电解质片贴附于框架，使至少一种边界材料与陶瓷电解质片的至少一部分密封区域接触。

本发明边界材料的厚度可约为 1-10,000 微米，例如，约 1, 2, 4, 8, 10, 20, 40, 100, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 9000 或 10000 微米，优选约为 1-20 微米，例如，约 1, 2, 4, 8, 10, 14, 16, 18, 19 或 20 微米，或更优选约为 1-3 微米，例如，约 1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 2.8, 2.9 或 3 微米。

所述边界材料可以包含适合用于固体氧化物燃料电池的基本平坦的任何材料。边界材料可以包括金属如银、钯，陶瓷组合物(例如与陶瓷电解质片相同的组

合物), 或者它们的组合。如果使用多种边界材料, 则它们可以包含类似或不同的组合物。所有边界材料不必包含相同的组合物或几何形状。

单独边界材料还可以包含多个层, 例如, 两层、三层、四层或者更多的层。如果存在多层的单独边界材料, 则每一层边界材料可以包含类似或不同的组合物。在一个实施方式中, 将单独一层的边界材料设置在陶瓷电解质片和玻璃料之间。在另一个实施方式中, 将包含三层的多层边界材料设置在陶瓷电解质片的一个表面上, 然后将陶瓷电解质片贴附于密封物。在又一个实施方式中, 将包含粘合促进剂的边界材料设置在陶瓷电解质片和密封物之间, 使边界材料和陶瓷电解质片都悬伸于密封区域。

本发明还提供了制造固体氧化物燃料电池的方法, 该方法包括: 提供框架、密封物、陶瓷电解质片、以及基本平坦的具有至少一个非线性边缘的边界材料; 使用密封物将陶瓷电解质片贴附于框架, 使边界材料位于陶瓷电解质片和密封物之间, 并使边界材料的至少一部分非线性边缘位于陶瓷电解质片的密封区域中。在一个实施方式中, 边界材料的非线性边缘包括重复的波形图案, 该波形图案的波形长度和幅度都约为 1 厘米, 且边界材料设置在陶瓷电解质片和密封物之间, 使得至少一部分非线性边缘与电解质片的至少一部分密封区域接触。

本发明还提供制造固体氧化物燃料电池的方法, 该方法包括: 提供框架、密封物、陶瓷电解质片、和基本平坦的具有至少一个非线性边缘的边界材料; 使用密封物将陶瓷电解质片贴附于框架, 将边界材料设置在陶瓷电解质片和密封物之间, 并使边界材料的至少一部分非线性边缘位于陶瓷电解质片的密封区域和该片的活性区域之间。在一个实施方式中, 所述边界材料具有非线性边缘, 在此处, 该固体氧化物燃料电池装置具有包括一个以上电极的活性区域, 其中, 非线性边缘包括至少一个符合以下条件的变体, 其周期性大致为电池间隔的周期, 该周期性大致为电池间隔的周期的倍数或者整数分数, 为电池间隔周期的 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$ 。

本发明人注意到, 当框架的热膨胀大于具有电池的电解质时, 在室温下, 多重电池产生周期折皱图形, 该图形在电解质薄片上从活性区域延伸至带宽度中。虽然不希望受理论的束缚, 但是本发明人相信, 通过使非线性边缘与电池间隔的周期或倍数或整数分数大致相配, 非线性边界可以使折皱产生规则图形, 并减小电解质的带宽度区中的应力/应变, 提高可靠性。

均匀厚度的密封物

减小和/或防止与应力相关的变形和失效的另一种方法是以提供均匀厚度密封物的方式将陶瓷电解质片贴附于框架。不希望受理论的束缚,具有均匀厚度的密封物在密封物和/或陶瓷电解质片上产生的应力将小于具有可变厚度的密封物。一种形成均匀厚度密封物的方式是将密封物施用于至少一部分陶瓷电解质片,然后将电解质片和框架组装。使用具有均匀厚度的密封物制造固体氧化物燃料电池装置,可以在框架和陶瓷电解质片之间产生在整个装置范围内都均匀的距离,因此减小和/或消除燃料电池元件上的至少一部分应力。本发明的密封物可以是适合用于固体氧化物燃料电池的任何密封物,例如,金属泡沫,毡,或玻璃料密封物。优选密封物是玻璃料密封物。密封材料可以商业获得,本领域的技术人员能够容易地选择用于固体氧化物燃料电池的适当密封材料。

在一个实施方式中,本发明提供制造固体氧化物燃料电池的方法,该方法包括:提供框架和包括陶瓷电解质片的装置,在该陶瓷电解质片的至少一部分上施用密封物,然后将装置贴附于框架,使密封物具有均匀的厚度。在另一个实施方式中,在陶瓷电解质片的至少一部分和框架的至少一部分上都施用密封物,然后将电解质片贴附于框架。在另一个实施方式中,施用本发明的密封物,使密封物具有均匀的厚度,并使框架和包括陶瓷电解质片的装置之间的距离保持一致。

密封物脱挥发分

本发明的密封物可任选包含至少一种挥发性组分,在与陶瓷电解质片接触后,可以在足以使该密封物中的至少一部分挥发性组分挥发的时间和温度条件下加热密封物,然后将装置密封。挥发性组分可以是在使用之前加入密封物或密封材料的任何材料,例如加工助剂。示例的挥发性组分是用于制备玻璃料密封物的有机溶剂。所述时间和温度包括在足以使至少一种挥发性组分的至少一部分挥发,但不足以使该密封物软化和/或熔融,并因此能将装置密封的温度下加热。所述加热包括在约100-300℃温度加热,例如,约100, 150, 200, 250或300℃,优选在约150-250℃温度,例如约150, 175, 200, 225或250℃,加热至少约1小时的期间。

在一个实施方式中,密封物包含沸点约为200℃的有机溶剂,在施用于陶瓷电解质片之后但在将陶瓷电解质片密封于框架之前,在约250℃的温度下加热密封物约1小时的期间,以脱除有机溶剂挥发分。

虽然已经在附图中示出并在详细说明中描述了本发明的一些实施方式，但是，应理解，本发明不限于揭示的这些实施方式，在不偏离以下权利要求书提出和限定的本发明的精神范围下能够进行许多重排、修改和替代。

实施例

为进一步说明本发明的原理，向本领域技术人员提供以下实施例，这些实施例完全揭示并描述了所要求权利的制品、装置和方法的构成和评价。实施例仅用来提供对本发明的示例，并不意图限制本发明人认为的发明的范围。已经努力保证数字(如，量、温度等)的精确度；但是，应考虑到某些误差和偏差。除非另外指出，否则，温度为 $^{\circ}\text{C}$ 或环境温度，压力为大气压或接近大气压。有许多可用于最优化产品质量和性能的工艺条件的变化和组合。对这些工艺条件进行最优化只需要进行合理和常规的试验。

实施例 1 – 基本平坦的边界材料

在第一实施例中，制备了两组固体氧化物燃料电池装置，第一组(A)具有按照本发明各种实施方式的边界材料，第一组(B)没有边界材料。所有装置的陶瓷电解质薄(20微米)片和密封物都具有类似的组成和结构。在 725°C 测定制得的各装置的断裂压力并进行比较，如图6所示。容易观察到包括边界材料的燃料电池装置的失效可能性有所降低。

实施例 2 – 基本平坦的电解质片的悬伸

在第二实施例中，制备了四组固体氧化物燃料电池装置(C, D, E, F)。在此实施例中制得的所有装置都包括20微米厚度的YSZ电解质片。第一组装置(C)包括密封物、平坦的支承框架(0° 角)和悬伸的电解质片。第二组装置(D)包括密封物、平坦的支承框架(0° 角)和并不悬伸于密封区域的陶瓷电解质片。按照本发明对第一组和第二组装置的密封物都进行预烘焙，以去除挥发性组分。第三组装置(E)包括密封物、成角度的框架支承(2.5°)、和并不悬伸于密封区域的陶瓷电解质片。第四组装置(F)包括密封物、成角度的框架支承(2.5°)、和悬伸的陶瓷电解质片。第三组和第四组装置的密封物都没有进行预烘焙来去除任何挥发性组分。

测定制造的各组装置在 725°C 的断裂压力，并在图7中比较所得结果。图7中的结果表明，当电解质片悬伸于密封区域时，可以提高装置在高压下的完好性。

可以对本文所述的组合物、制品、装置和方法进行各种修改和变动。由说明书内容并实施本文揭示的组合物、制品、装置和方法，在此揭示的组合物、制品、装置和方法的其他实施方式是显而易见的。可以认为说明书和实施例是示例性的。

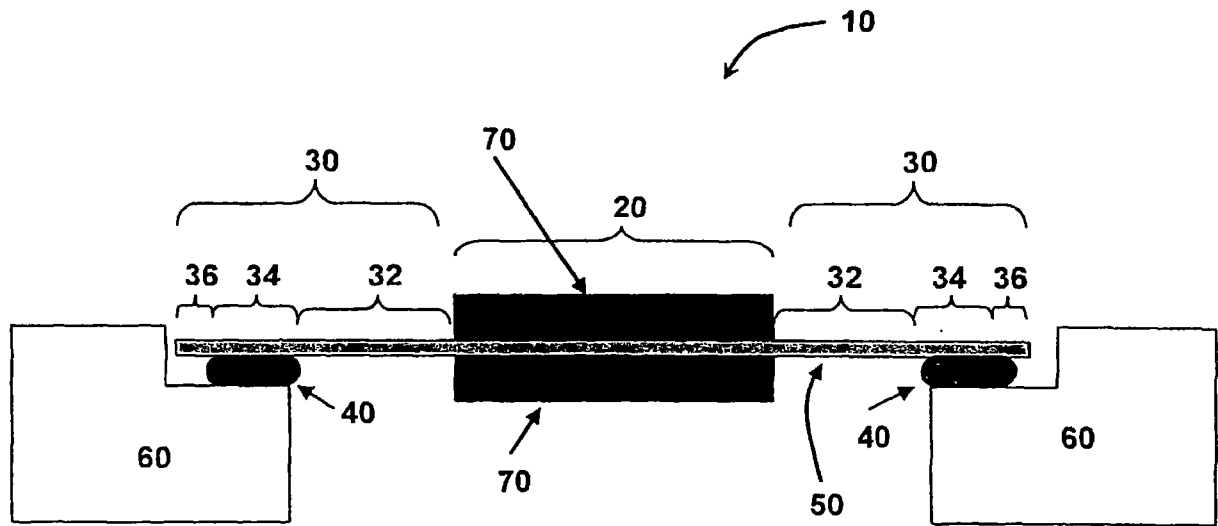


图 1

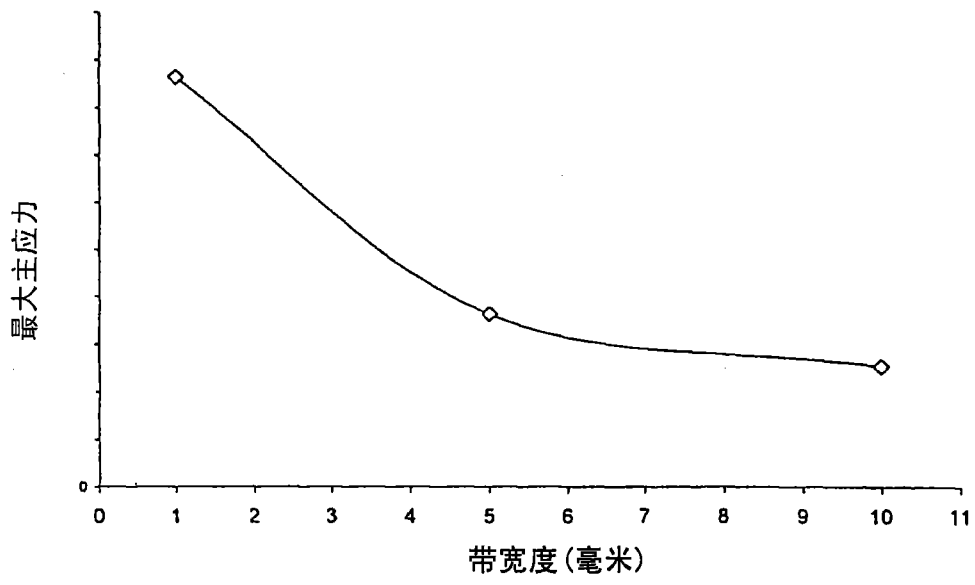


图 2

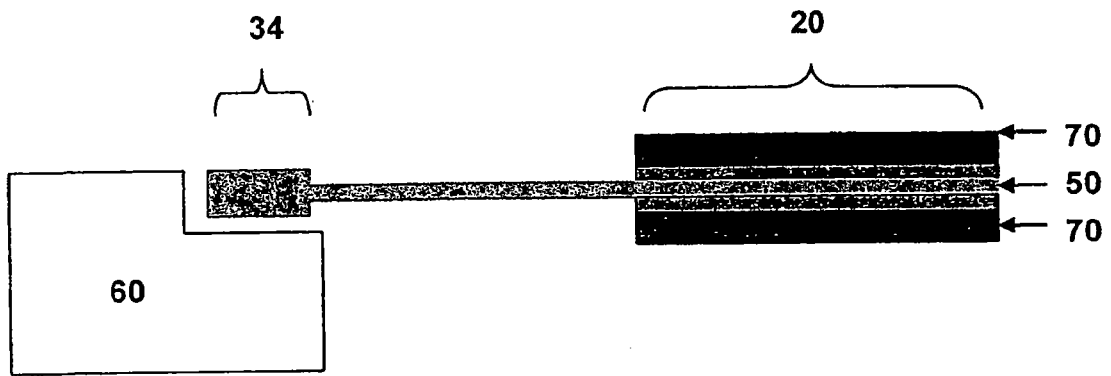


图 3

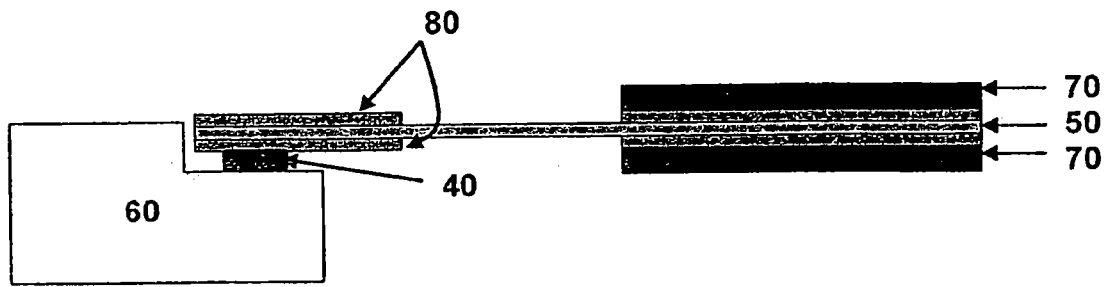


图 4

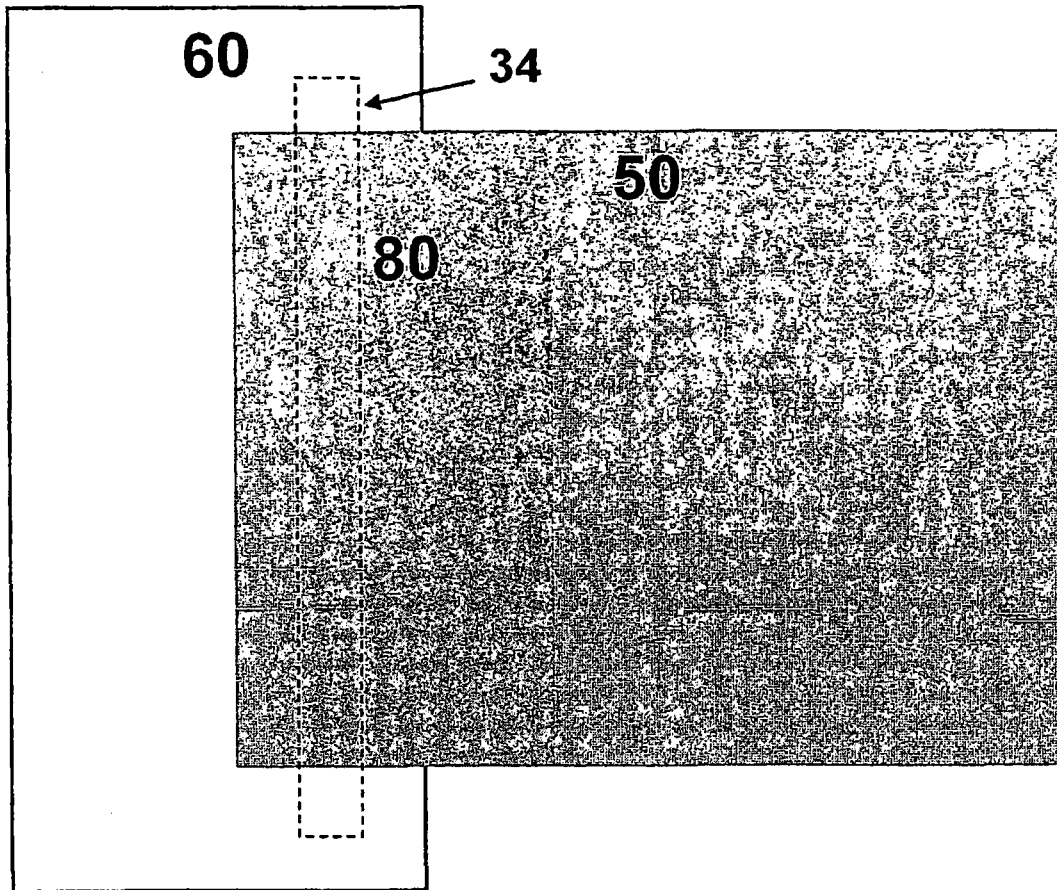


图 5

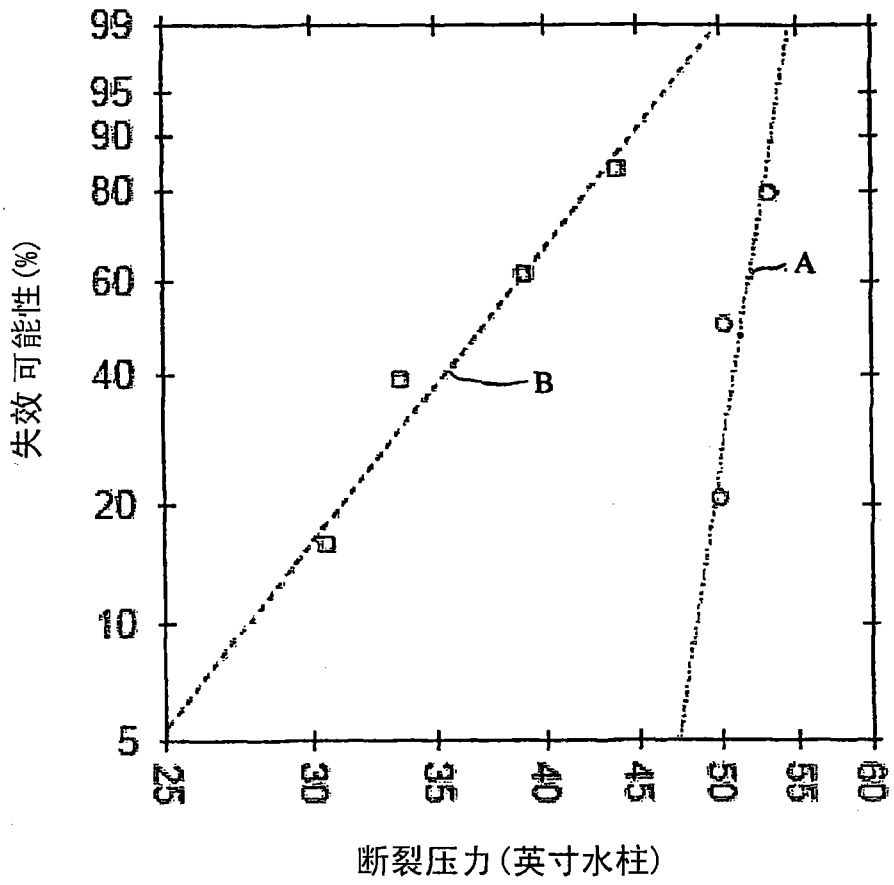


图 6

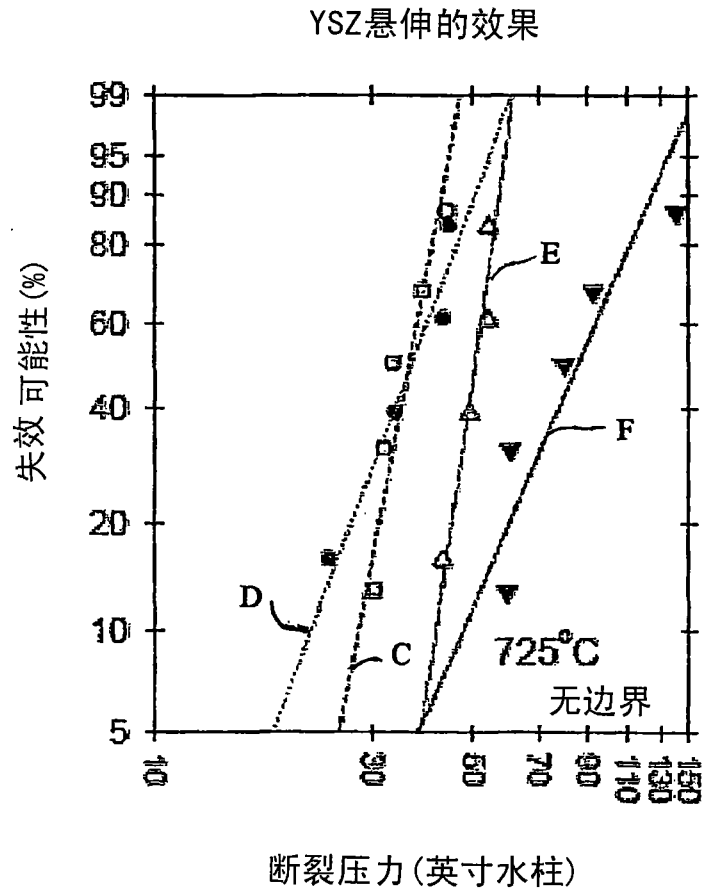


图 7