



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103891019 B

(45)授权公告日 2018.04.06

(21)申请号 201280037191.8

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

(22)申请日 2012.06.12

代理人 李英艳

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103891019 A

(51)Int.Cl.

(43)申请公布日 2014.06.25

H01M 8/0256(2016.01)

(30)优先权数据

H01M 8/0204(2016.01)

13/161386 2011.06.15 US

H01M 8/0223(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.01.26

H01M 8/0226(2016.01)

H01M 8/1097(2016.01)

H01M 8/2428(2016.01)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/042073 2012.06.12

(56)对比文件

US 2008/0160376 A1,2008.07.03,

US 2006/0153974 A1,2006.07.13,

US 2005/0221138 A1,2005.10.06,

CN 101849309 A,2010.09.29,

(87)PCT国际申请的公布数据
W02012/174004 EN 2012.12.20

审查员 苏佳

(73)专利权人 LG 燃料电池系统有限公司
地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 刘智恩 R.格特勒

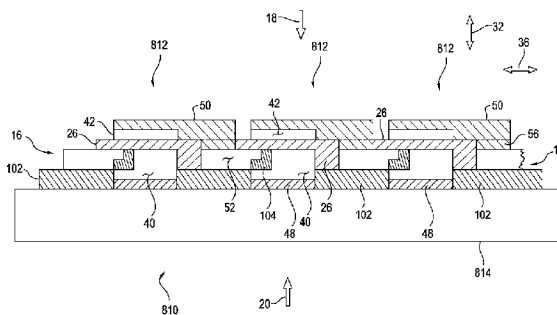
权利要求书3页 说明书30页 附图19页

(54)发明名称

具有互连体的燃料电池系统

(57)摘要

本发明包括具有多个相邻的电化学电池的燃料电池系统,所述电化学电池由阳极层、与所述阳极层间隔分开的阴极层和布置于所述阳极层和所述阴极层之间的电解质层形成。所述燃料电池系统还包括至少一个互连体,将所述互连体构造用于在相邻的电化学电池之间传导自由电子。每个互连体包括嵌入在电解质层内并构造用于传导自由电子的主要导体。



1. 一种燃料电池系统,其包含:

第一电化学电池,该第一电化学电池具有第一阳极、与所述第一阳极邻接的阳极导电层,和通过电解质与所述第一阳极在第一方向上间隔分开的第一阴极,所述电解质构造用于在所述第一方向上将氧离子从所述第一阴极通到所述第一阳极;

第二电化学电池,该第二电化学电池具有第二阳极,通过所述电解质与所述第二阳极在所述第一方向上间隔分开的第二阴极,和与所述第二阴极邻接的阴极导电层,所述电解质构造用于在所述第一方向上将氧离子从所述第二阴极通到所述第二阳极;

包含互连体材料的互连体,所述互连体形成从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分;和

至少一个化学屏障,所述化学屏障形成从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分,所述至少一个化学屏障位于所述互连体和包含组件材料的至少一个组件之间,所述化学屏障配置用于阻止所述互连体材料或所述组件材料中的一种或多种在所述互连体的至少一部分和所述至少一个组件的至少一部分之间的固态扩散,其中所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

2. 权利要求1的燃料电池系统,其中所述互连体包括配置用于在不同于所述第一方向的第二方向上传导电子流的导体。

3. 权利要求2的燃料电池系统,其中所述第二方向基本垂直于所述第一方向。

4. 权利要求3的燃料电池系统,其中所述第二阳极与所述第一阳极在基本垂直于所述第一方向的第三方向上间隔分开,其中所述第二方向也基本垂直于所述第三方向。

5. 权利要求1的燃料电池系统,其中所述互连体包括布置于所述第一和第二电化学电池至少之一的电解质内的不贯通主要导体,所述不贯通主要导体配置用于在不同于所述第一方向的第二方向上传导电子流。

6. 权利要求5的燃料电池系统,其中所述互连体进一步包括:

第一不贯通辅助导体,其形成所述从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分,所述第一不贯通辅助导体布置在所述第一阳极和所述不贯通主要导体之间;和

第二不贯通辅助导体,其形成所述从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分,所述第二不贯通辅助导体布置在所述不贯通主要导体和所述第二阴极之间,其中所述第一和第二辅助导体各自在其相应的端接触所述主要导体。

7. 权利要求6的燃料电池系统,其中将所述第一不贯通辅助导体和所述第二不贯通辅助导体至少之一配置为所述化学屏障。

8. 权利要求1的燃料电池系统,其中所述化学屏障为导电的。

9. 权利要求1的燃料电池系统,其中所述化学屏障为导电陶瓷。

10. 一种燃料电池系统,其包含:

多个电化学电池,每个电化学电池由包含阳极材料的阳极、与所述阳极间隔分开的包含阴极材料的阴极和布置于所述阳极和所述阴极之间的电解质层;

在电邻接的电化学电池对之间电偶联的包含互连体材料的互连体,所述互连体将一个电化学电池的所述阳极与另一个电化学电池的所述阴极电偶联;和

电气上布置于所述互连体与所述阳极和所述阴极至少之一之间的导电化学屏障,其中

将所述导电化学屏障构造用于减少所述互连体材料,所述阳极材料或所述阴极材料在所述互连体与所述阳极和所述阴极中至少之一之间的迁移,

其中所述化学屏障包含陶瓷,所述陶瓷选自掺杂的氧化铈、掺杂的钛酸锶、掺杂的氧化钪亚铬酸盐、LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$) 和LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$)。

11. 权利要求10的燃料电池系统,其中所述阳极包括阳极层和阳极导电层,其中所述阳极导电层与所述导电化学屏障电偶联,且其中所述阳极层与所述阳极导电层电偶联。

12. 权利要求10的燃料电池系统,其中所述阴极包括阴极层和阴极导电层,其中所述阴极导电层与所述互连体电偶联,且其中所述阴极层与所述阴极导电层电偶联。

13. 权利要求10的燃料电池系统,其中所述互连体包括嵌入所述电解质层内的部分。

14. 一种燃料电池系统,其包含:

第一电化学电池,该第一电化学电池具有包含Ni基陶瓷的第一阳极和通过电解质与所述第一阳极间隔分开的第一阴极;

第二电化学电池,该第二电化学电池具有第二阳极、通过所述电解质与所述第二阳极间隔分开的第二阴极;

包含贵金属陶瓷的互连体,所述互连体形成从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分;和

至少一个化学屏障,所述化学屏障形成从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分,所述至少一个化学屏障位于所述互连体和包含组件材料的至少一个组件之间,所述化学屏障配置用于阻止或减少所述互连体的所述贵金属和所述第一阳极的所述Ni在所述互连体的至少一部分和所述至少一个组件的至少一部分之间的迁移。

15. 权利要求14的燃料电池系统,其中所述至少一个组件为所述第一阳极和所述第二阴极至少之一。

16. 权利要求14的燃料电池系统,其还包含:电气上布置于所述第一阳极和所述互连体之间的阳极导电层;和电气上布置于所述第二阴极和所述互连体之间的阴极导电层,其中所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

17. 权利要求14的燃料电池系统,其中所述化学屏障为导电的。

18. 权利要求14的燃料电池系统,其中所述化学屏障为导电陶瓷。

19. 权利要求14的燃料电池系统,其中所述互连体包括嵌入所述电解质内的部分。

20. 权利要求1的燃料电池系统,其中所述燃料电池系统还包含多孔基底,经过所述多孔基底将燃料和氧化剂至少之一供给电化学电池,且其中电解质,阳极和阴极负载在基底上并布置在基底的同侧。

21. 一种燃料电池系统,其包含:

电解质;

第一电化学电池,该第一电化学电池具有第一阳极和通过所述电解质与所述第一阳极间隔分开的第一阴极,和通过所述第一阳极与所述电解质间隔分开的阳极导电层;

第二电化学电池,该第二电化学电池具有第二阳极、通过所述电解质与所述第二阳极间隔分开的第二阴极,和通过所述第二阴极与所述电解质间隔分开的阴极导电层;

互连体,所述互连体形成从所述第一阳极到所述第二阴极的电子流动路径的至少一部分;和

和所述电解质、所述互连体以及选自以下的至少一个组件接触的至少一个化学屏障：所述第一阳极，所述第二阴极，所述阳极导电层和所述阴极导电层，所述至少一个化学屏障的位置使得任何从所述至少一个组件流动到所述互连体的电子在流动到所述互连体之前必须通过所述化学屏障，或者使得任何从所述互连体流动到所述至少一个组件的电子在流动到所述至少一个组件之前必须通过所述化学屏障，所述化学屏障配置用于阻止所述互连体的至少一部分和所述至少一个组件的至少一部分之间的固态扩散，其中所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

具有互连体的燃料电池系统

发明领域

[0001] 本发明总体上涉及燃料电池并特别涉及用于燃料电池的互连体。

[0002] 背景

[0003] 燃料电池、燃料电池系统和用于燃料电池和燃料电池系统的互连体保持在受关注的领域。一些现有的系统相对于某些应用具有各种不足、缺陷和缺点。因此,在这个技术领域仍需要进一步的成果。

[0004] 概述

[0005] 本发明包括具有互连体的燃料电池系统,所述互连体通过提供增加的扩散距离和减少的扩散流动面积来减少或消除燃料和氧化剂扩散(泄漏)。

[0006] 附图简述

[0007] 本文的说明书参考附图,其中遍及数个视图,相似的附图标记指代相似的部件,其中:

[0008] 图1示意性地描绘了根据本发明的实施方案的燃料电池系统的非限制性实例的一些方面。

[0009] 图2示意性地描绘了根据本发明的实施方案的燃料电池系统的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0010] 图3为图2的互连体的一部分的放大横截面视图。

[0011] 图4A和4B描绘了互连体结构的一些替代实施方案。

[0012] 图5描绘了假设的互连体,在此与本发明的实施方案对比。

[0013] 图6A和6B分别地显示互连体的又一个实施方案的非限制性实例的一些方面的俯视图和侧视图。

[0014] 图7示意性地描绘了根据本发明实施方案的具有陶瓷密封的燃料电池系统的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0015] 图8示意性地描绘了具有陶瓷密封的燃料电池系统的另一个实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0016] 图9示意性地描绘了具有陶瓷密封的燃料电池系统的又一个实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0017] 图10示意性地描绘了具有化学屏障的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0018] 图11示意性地描绘了具有化学屏障的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0019] 图12示意性地描绘了具有化学屏障和陶瓷密封的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0020] 图13示意性地描绘了具有化学屏障和陶瓷密封的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0021] 图14示意性地描绘了具有化学屏障的本发明实施方案的横截面的非限制性实例

的一些方面。

[0022] 图15示意性地描绘了具有化学屏障的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0023] 图16示意性地描绘了具有化学屏障、陶瓷密封和在阴极导体膜与电解质层之间的间隙的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0024] 图17示意性地描绘了具有化学屏障、陶瓷密封和在互连体辅助导体与电解质层之间的间隙的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0025] 图18示意性地描绘了具有化学屏障、陶瓷密封和在阴极导体膜与电解质层之间的隔离体的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0026] 图19示意性地描绘了具有化学屏障、陶瓷密封和在互连体辅助导体与电解质层之间的隔离体的本发明实施方案的横截面的非限制性实例的一些方面。

[0027] 详述

[0028] 为了促进对本发明的原理的理解,现在将参考附图中说明的实施方案,并用特定语言描述所述实施方案。但是应理解本发明的特定实施方案的说明和描述并非旨在限制本发明的范围。此外,所说明和/或描述的实施方案的任何改变和/或修改预期在本发明的范围内。此外,如本文所说明和/或描述的,如本发明所属领域技术人员通常想到的,本发明的原理的任何其它应用预期在本发明的范围内。

[0029] 参考附图和特别是图1,示意性地描绘了根据本发明实施方案的燃料电池系统10的非限制性实例的一些方面。在图1的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图1的具体实施方案以及在图1中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0030] 燃料电池系统10的本实施方案包括在基底14上形成的多个电化学电池12,即单独的燃料电池。电化学电池12通过互连体16串联偶联在一起。燃料电池系统10为沉积在平面多孔陶瓷管上的分节串联排布,但是应理解本发明可等价应用到在其它基底上的分节串联排布,例如在圆形多孔陶瓷管上。在多种实施方案中,燃料电池系统10可为集成的平板式燃料电池系统或管式燃料电池系统。

[0031] 本实施方案的每个电化学电池12具有氧化剂侧18和燃料侧20。所述氧化剂通常为空气,但是也可为纯氧(O₂)或其它氧化剂,例如包括稀释空气,其用于具有空气再循环回路的燃料电池系统,并从氧化剂侧18提供到电化学电池12。本实施方案的基底14为多孔的,例如多孔陶瓷材料,其在燃料电池运行条件下是稳定的并且与其它燃料电池材料化学相容。在其它实施方案中,基底14可为表面改性材料,例如具有涂层或其它表面改性的多孔陶瓷材料,例如其配置用于阻止或减少电化学电池12层和基底14之间的相互作用。将燃料,例如重整的烃燃料,例如合成气,从燃料侧20经由多孔基底14内的通道(未显示)提供到电化学电池12。虽然空气和从烃燃料重整的合成气用于本实施方案,但应理解在不偏离本发明的范围下可利用使用其它氧化剂和燃料的电化学电池,例如,纯氢和纯氧。此外,虽然在本实施方案中,燃料经由基底14提供到电化学电池12,但应理解在本发明的其它实施方案中,氧化剂可经由多孔基底提供到电化学电池。

[0032] 参考图2,更加详细地描述了燃料电池系统10的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统10可由丝网印刷在基底14上的多个层形成。丝网印刷为一种方法,其中织造网具有

开口,所述燃料电池层经过所述开口沉积在基底14上。所述丝网的开口决定了印刷层的长度和宽度。网目、线直径、油墨固体载量和油墨流变性决定了印刷层的厚度。燃料电池系统10层包括阳极导电层22、阳极层24、电解质层26、阴极层28和阴极导电层30。在一种形式中,电解质层26由电解质子层26A和电解质子层26B形成。在其它实施方案中,电解质层26可由任何数量的子层形成。应理解为图2不是按比例;例如,为了说明清楚的目的放大了垂直尺寸。

[0033] 用于固体氧化物燃料电池(SOFC)的互连体优选为导电的,以将电子从一个电化学电池传输至另一个;在燃料电池运行期间在氧化性和还原性环境两者下在机械上和化学上稳定;且为无孔的,以阻止燃料和/或氧化剂经过所述互连体扩散。如果所述互连体为多孔的,则燃料可扩散到氧化剂侧并燃烧,导致局部热点,其可导致燃料电池寿命的减少(例如,因为材料的劣化和机械故障)以及燃料电池系统降低的效率。相似地,氧化剂可扩散到燃料侧,导致燃料的燃烧。严重的互连体泄漏可显著减少燃料电池的燃料利用率和性能,或导致燃料电池或堆的灾难性故障。

[0034] 对于分节串联电池,燃料电池组件可通过在多孔陶瓷基底(例如,基底14)上沉积薄膜而形成。在一种形式中,所述膜经由丝网印刷方法沉积,包括所述互连体。在其它实施方案中,可使用其它方法在所述基底上沉积或形成薄膜。互连体层的厚度可为5-30微米,但是也可以厚得多,例如100微米。如果所述互连体不是完全无孔的,例如由于烧结的多孔结构、微裂缝、空隙和其它在处理期间引入的缺陷,则经过互连体层的气体或空气通量可非常高,导致不期望的效果,如上所述。因此,在本发明的一个方面,将所述互连体(互连体16)配置用于最小化或消除氧化剂和燃料经过该互连体的扩散。

[0035] 本实施方案的互连体16的材料为贵金属,例如Ag、Pd、Au和/或Pt和/或它们的合金,但是在不偏离本发明的范围下可使用其它材料。例如,在其它实施方案中,或者预期可使用其它材料,包括贵金属合金,例如Ag-Pd、Ag-Au、Ag-Pt、Au-Pd、Au-Pt、Pt-Pd、Ag-Au-Pd、Ag-Au-Pt、Ag-Au-Pd-Pt和/或在Pt-Pd-Au-Ag族的二元、三元、四元合金,包括具有较少非贵金属添加的合金、由以下组成的金属陶瓷贵金属、贵金属合金、Ni金属和/或Ni合金和惰性陶瓷相,例如氧化铝;或具有不产生显著寄生现象的最低离子传导率的陶瓷相,例如YSZ(氧化钇稳定的氧化锆,也称为氧化钇掺杂的氧化锆,氧化钇掺杂为3-8摩尔%,优选3-5摩尔%)、ScSZ(氧化钪稳定的氧化锆,氧化钪掺杂为4-10摩尔%,优选4-6摩尔%);和/或导电陶瓷,例如导电钙钛矿,具有A或B位取代或掺杂以达到作为互连体的足够的相稳定性和/或充足的导电性,例如,包括以下至少之一:LNF($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$, 优选 $x=0.6$)、LSM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x=0.1-0.3$)、掺杂的氧化铈、掺杂的钛酸锶(例如 $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_{3-\delta}$, $x=0.1-0.3$)、LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$, $x=0.1-0.3$ 和 $y=0.25-0.75$)、掺杂的亚铬酸钇(例如 $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, $x=0.1-0.3$)和/或其它掺杂的亚铬酸镧(例如 $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, $x=0.15-0.3$);和导电陶瓷,例如以下至少之一:LNF($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$, 优选 $x=0.6$)、LSM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x=0.1-0.3$),掺杂的钛酸锶、掺杂的亚铬酸钇、LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$)和其它掺杂的亚铬酸镧。在一些实施方案中,预期可由Ni金属陶瓷和/或Ni合金金属陶瓷(补充或代替上述材料)形成互连体16的全部或部分。Ni金属陶瓷和/或Ni合金金属陶瓷可具有一个或多个陶瓷相,例如且不限于以下陶瓷相:YSZ(氧化钇掺杂为3-8摩尔%,优选3-5摩尔%)、氧化铝、ScSZ(氧化钪掺杂为4-10摩尔%,优选4-6摩尔%)、掺杂的氧化铈和/或 TiO_2 。

[0036] 用于互连体16的材料的一个实例为 $y(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})-(1-y)\text{YSZ}$ 。其中 x 为0-1的重量比率,对于较低的氢通量优选 x 为0-0.5。 y 为0.35-0.80的体积比率,优选 y 为0.4-0.6。

[0037] 本实施方案的阳极导电层22为由镍金属陶瓷形成的电极导电层,例如像Ni-YSZ(掺杂在氧化锆中的氧化钨为3-8摩尔%)、Ni-ScSZ(氧化钨掺杂为4-10摩尔%,优选用于相稳定性的第二掺杂为10摩尔%氧化钨-ZrO₂)和/或Ni掺杂的氧化铈(例如Gd或Sm掺杂)、掺杂的亚铬酸镧(例如Ca掺杂在A位和Zn掺杂在B位)、掺杂的钛酸锶(例如La掺杂在A位和Mn掺杂在B位)和/或La_{1-x}Sr_xMn_yCr_{1-y}O₃。另外,认为可使用用于阳极导电层22的其它材料,例如部分或全部基于贵金属的金属陶瓷。在所述金属陶瓷中的贵金属可包括,例如,Pt、Pd、Au、Ag和/或它们的合金。所述陶瓷相可包括,例如,无活性不导电相,包括例如YSZ、ScSZ和/或一种或多种其它无活性相,例如其具有期望的热膨胀系数(CTE)以控制所述层的CTE来匹配基底和电解质的CTE。在一些实施方案中,所述陶瓷相可包括Al₂O₃和/或尖晶石,例如NiAl₂O₄、MgAl₂O₄、MgCr₂O₄、NiCr₂O₄。在其它实施方案中,所述陶瓷相可为导电的,例如,掺杂的亚铬酸镧、掺杂的钛酸锶和/或LaSrMnCrO的一种或多种形式。

[0038] 阳极导电层材料的一个实例为76.5%Pd、8.5%Ni、15%3YSZ。

[0039] 在本实施方案中,阳极24可由以下形成: $x\text{NiO}-(100-x)\text{YSZ}$ (x 为55-75的重量比率)、 $y\text{NiO}-(100-y)\text{ScSZ}$ (y 为55-75的重量比率)、NiO-氧化钨稳定的氧化铈(例如55重量%NiO-45重量%GDC)和/或NiO氧化钨稳定的氧化铈,但是在不偏离本发明的范围下可使用其它材料。例如,或者认为阳极层24可由掺杂的钛酸锶和La_{1-x}Sr_xMn_yCr_{1-y}O₃(例如La_{0.75}Sr_{0.25}Mn_{0.5}Cr_{0.5}O₃)制成。

[0040] 本实施方案的电解质层26,例如,电解质层26A和/或电解质层26B,可由陶瓷材料制造。在一种形式中,可使用传导质子和/或氧离子的陶瓷。在一种形式中,电解质层26由YSZ,例如3YSZ和/或8YSZ形成。在其它实施方案中,电解质层26可由ScSZ,例如4ScSZ、6ScSZ和/或10ScSZ形成,作为YSZ的补充或替代。在其它实施方案中,可使用其它材料。例如,或者认为电解质层26可由掺杂的氧化铈和/或掺杂的镓酸镧制造。在任何情况下,电解质层26对用于燃料电池10的流体(例如作为燃料的合成气或纯氢,以及例如作为氧化剂的空气或O₂)经过其中的扩散是基本不渗透的,但允许氧离子或质子的扩散。

[0041] 阴极层28可由以下至少之一形成:LSM (La_{1-x}Sr_xMnO₃, $x=0.1-0.3$)、La_{1-x}Sr_xFeO₃(例如 $x=0.3$)、La_{1-x}Sr_xCo_yFe_{1-y}O₃(例如La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃)和/或Pr_{1-x}Sr_xMnO₃(例如Pr_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃),但是在不偏离本发明的范围下可使用其它材料。例如,或者认为可使用Ruddlesden-Popper镍酸盐和La_{1-x}Ca_xMnO₃(例如La_{0.8}Ca_{0.2}MnO₃)材料。

[0042] 阴极导电层30为电极导电层,其由导电陶瓷形成,例如以下至少之一:LaNi_xFe_{1-x}O₃(例如 LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O₃)、La_{1-x}Sr_xMnO₃(例如La_{0.75}Sr_{0.25}MnO₃)、掺杂的亚铬酸镧(例如La_{1-x}Ca_xCrO_{3-δ}, $x=0.15-0.3$)和/或Pr_{1-x}Sr_xCoO₃,例如Pr_{0.8}Sr_{0.2}CoO₃。在其它实施方案中,阴极导电层30可由其它材料形成,例如贵金属金属陶瓷,但是在不偏离本发明的范围下可使用其它材料。在贵金属金属陶瓷中的贵金属可包括例如Pt、Pd、Au、Ag和/或它们的合金。陶瓷相可包括例如YSZ、ScSZ和Al₂O₃,或其它陶瓷材料。

[0043] 阴极导电层材料的一个实例为80重量%Pd-20重量%LSM。

[0044] 在图2的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图2的具体实施方案以及在图2中说明和本文描述的组件、

特征和它们之间的相互关系。

[0045] 在本实施方案中,阳极导电层22直接印刷在基底14上,作为电解质层26A的一部分。阳极层24印刷在阳极导电层22上。电解质层26的部分印刷在阳极层24上,且电解质层26的部分印刷在阳极导电层22和基底14上。阴极层28印刷在电解质层26的上方。阴极导电层30的部分印刷在阴极层28和电解质层26上。阴极层28在方向32上通过电解质层26的局部厚度与阳极层24间隔分开。

[0046] 阳极层24包括阳极间隙34,其在方向36上延伸。阴极层28包括阴极间隙38,其也在方向36上延伸。在本实施方案中,方向36基本垂直于方向32,但是本发明不如此受限。间隙34将阳极层24分隔成多个单独的阳极40,每个电化学电池12用一个。间隙38将阴极层28分隔成相应的多个阴极42。每个阳极40和相应的阴极42在方向32上相互间隔分开,与布置于它们之间的电解质层26的部分连接,形成电化学电池12。

[0047] 类似地,阳极导电层22和阴极导电层30具有相应的间隙44和46,其将阳极导电层22和阴极导电层30分隔成多个相应的阳极导体膜48和阴极导体膜50。术语“阳极导电层”和“阳极导体膜”可相互交换使用,因为后者由前者的一个或多个层形成;而术语“阴极导电层”和“阴极导体膜”可相互交换使用,因为后者由前者的一个或多个层形成。

[0048] 在本实施方案中,阳极导电层22具有约5-15微米的厚度(即,在方向32上测量),但是在不偏离本发明的范围下可使用其它值。例如,认为在其它实施方案中,阳极导电层可具有5-50微米范围内的厚度。在其它实施方案中,可使用不同的厚度,取决于具体的材料和应用。

[0049] 类似地,阳极层24具有约5-20微米的厚度(即,在方向32上测量),但是在不偏离本发明的范围下可使用其它值。例如,认为在其它实施方案中,阳极层可具有5-40微米范围内的厚度。在其它实施方案中,可使用不同的厚度,取决于具体的阳极材料和应用。

[0050] 本实施方案的电解质层26,包括电解质层26A和电解质层26B两者,具有约5-15微米的厚度,其中单独的子层厚度最小约为5微米,但是在不偏离本发明的范围下可使用其它厚度值。例如,认为在其它实施方案中,电解质层可具有5-40微米范围内的厚度。在其它实施方案中,可使用不同的厚度,取决于具体的材料和应用。

[0051] 阴极层28具有约10-20微米的厚度(即,在方向32上测量),但是在不偏离本发明的范围下可使用其它值。例如,认为在其它实施方案中,阴极层可具有10-50微米范围内的厚度。在其它实施方案中,可使用不同的厚度,取决于具体的阴极材料和应用。

[0052] 阴极导电层30具有约5-100微米的厚度(即,在方向32上测量),但是在不偏离本发明的范围下可使用其它值。例如,认为在其它实施方案中,阴极导电层可具有小于或大于5-100微米范围的厚度。在其它实施方案中,可使用不同的厚度,取决于具体的阴极导电层材料和应用。

[0053] 在每个电化学电池12中,阳极导电层22使自由电子传导离开阳极24,并经由互连体16将电子传导至阴极导电层30。阴极导电层30将电子传导至阴极28。

[0054] 互连体16嵌入在电解质层26内,并与阳极导电层22电偶联,并在方向32上延伸,从阳极导电层22经过电解质层26A到电解质层26B,然后在方向36上从一个电化学电池12到下一个相邻的电化学电池12,然后在方向32上再一次到阴极导电层30,互连体16与阴极导电层30电偶联。特别地,互连体16的至少一部分嵌入电解质层26的延伸部分内,其中电

质层26的延伸部分为电解质层26的一部分,该部分延伸到阳极40和阴极42以外(例如在方向32上),且不夹在阳极40和阴极42之间。

[0055] 参考图3,更加详细地描述了互连体16的非限制性实例的一些方面。互连体16包括不贯通主要导体52和两个不贯通辅助导体(或连通体(via))54、56。不贯通主要导体52夹在电解质层26A和电解质层26B之间,并由主体58形成,主体58在盲端60和与端60相对的盲端62之间延伸。不贯通主要导体52限定了嵌入电解质层26内并沿着方向36取向的传导路径,即,用以在与方向36基本平行的方向上传导电子流。不贯通辅助导体54具有盲端64,且不贯通辅助导体56具有盲端66。不贯通辅助导体54和56在方向32上取向。本文使用的术语“不贯通”涉及以下导体:在所述导体的取向方向上不直接延伸通过电解质层26,即以“盲孔”的方式终止在结构内,与通过结构的“通孔”相反。更准确地说,盲端面向电解质层26的部分。例如,导体54的端64面向电解质层26B的部分68,而且不能“看”通电解质层26B。类似地,导体56的端66面向电解质层26A的部分70,而且不能“看”通电解质层26A。同样地,主体58的端60和62分别面向部分72和74,而且不能“看”通电解质层26A。

[0056] 在图3的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图3的具体实施方案以及如图3中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。应理解图3不按比例;例如,为了说明清楚的目的放大垂直尺寸。

[0057] 在本实施方案中,不贯通主要导体52为由丝网印刷方法产生的导电膜,其嵌入电解质层26内,夹在电解质层26A和26B之间。阳极层24沿着第一平面取向,阴极层28沿着与第一平面基本平行的第二平面取向,电解质层26沿着与第一平面基本平行的第三平面取向,且导电膜形成的不贯通主要导体52在与第一平面基本平行的方向上延伸。

[0058] 在一种形式中,不贯通主要导体52的材料可为贵金属金属陶瓷或导电陶瓷。在其它实施方案中,可使用其它材料作为贵金属金属陶瓷或导电陶瓷的补充或替代,例如贵金属,例如Ag、Pd、Au和/或Pt,但是在不偏离本发明的范围下可使用其它材料。在不同实施方案中,预期可使用许多材料的一种或多种,包括贵金属合金,例如Ag-Pd、Ag-Au、Ag-Pt、Au-Pd、Au-Pt、Pt-Pd、Ag-Au-Pd、Ag-Au-Pt和Ag-Au-Pd-Pt,由以下组成的金属陶瓷:贵金属或合金、Ni金属和/或Ni合金和惰性陶瓷相,例如氧化铝;或具有不会产生显著的寄生电流的最低离子传导率的陶瓷相,例如YSZ、ScSZ;和/或导电陶瓷,例如以下至少之一:LNF($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$)、LSM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$)、掺杂的钛酸锶、掺杂的亚铬酸钪、LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$)和/或其它掺杂的亚铬酸钪;和导电陶瓷,例如LNF($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$) (像 $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$)、LSM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$) (例如 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$)、掺杂的钛酸锶、掺杂的亚铬酸钪、LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$) (像 $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$)和其它掺杂的亚铬酸钪。在其它实施方案中,预期不贯通主要导体52可由Ni金属金属陶瓷和/或Ni合金金属陶瓷形成,作为上述材料的补充或替代。Ni金属金属陶瓷和/或Ni合金金属陶瓷可具有一个或多个陶瓷相,例如且不受限制地,陶瓷相为YSZ、氧化铝、ScSZ、掺杂的氧化铈和/或 TiO_2 。在不同实施方案中,不贯通主要导体52可由上述关于互连体16的材料形成。

[0059] 用于不贯通主要导体52的材料的一个实例为 $y(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})-(1-y)\text{YSZ}$ 。其中x为0-1的重量比率。为了降低成本,x优选为0.5-1。为了较好的性能和较高的系统效率,x优选为0-0.5。因为氢在Pd中具有较高的通量。Y为0.35-0.80体积比率,优选y为0.4-0.6。

[0060] 用于不贯通主要导体52的材料的另一个实例为 $x\%Pd-y\%Ni-(100-x-y)\%YSZ$,其中 $x=70-80$, $y=5-10$ 。

[0061] 每一个不贯通辅助导体54和56可由与主要导体52相同或不同的材料形成。在一种形式中,不贯通辅助导体54形成于不贯通主要导体52处理期间,且由与不贯通主要导体52相同的材料形成,然而不贯通辅助导体56在与阴极导电层30相同的处理步骤形成,且由与阴极导电层30相同的材料形成。然而,在其它实施方案中,在不偏离本发明的范围下,不贯通主要导体52、不贯通辅助导体54和不贯通辅助导体56可由其它材料的组合制成。

[0062] 用于不贯通辅助导体54和不贯通辅助导体56的材料可随具体的应用变化。例如,对于一些材料组合,在电池制造或电池测试期间,在互连体16与阳极导电层22和/或阴极导电层30的界面上可发生物质迁移,这可导致界面处增加的电阻和在燃料电池运行期间更高的电池劣化。物质可从阳极导电层22和/或阴极导电层30迁移至主要导体52内,和/或物质可从主要导体52迁移至阳极导电层22和/或阴极导电层30内,取决于主要导体52、阳极导电层22和阴极导电层30的组成。为了减少在互连体/导电层界面的物质迁移,不贯通辅助导体54和不贯通辅助导体56的一个或两者可由在主要导体52与阳极导电层22(阳极导体膜48)和/或阴极导电层30(阴极导体膜50)中相应的一个或两者之间产生导电化学屏障层的材料形成。该化学屏障可消除或减少在燃料电池制造与运行期间的物质迁移。

[0063] 在互连体16和阳极导电层22界面的辅助导体54的材料,其可用于形成化学屏障,可包括但不限于Ni金属陶瓷、Ni-贵金属金属陶瓷和贵金属可为Ag、Au、Pd、Pt或它们的合金,在金属陶瓷中的陶瓷相可为以下至少之一:YSZ(氧化锆中的氧化钇掺杂为3-5摩尔%)、ScSZ(氧化锆中的氧化钪掺杂为4-6摩尔%)、掺杂的氧化铈(例如GDC或SDC)、氧化铝和TiO₂,或导电陶瓷,例如掺杂的钛酸锶、掺杂的亚铬酸钇、La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃($x=0.15-0.35$, $y=0.25-0.5$)和其它掺杂的亚铬酸镧。

[0064] 辅助导体54的一个实例为50体积%(50Pd50Pt)-50体积%3YSZ。

[0065] 辅助导体54的另一个实例为15%Pd、19%NiO、66%NTZ,其中NTZ为73.6重量%NiO、20.0%TiO₂、6.4%3YSZ。

[0066] 在互连体16和阴极导电层30界面的辅助导体56的材料,其可用于形成化学屏障,可包括但不限于具有贵金属的贵金属陶瓷,所述贵金属为以下至少之一:Ag、Au、Pd、Pt或其合金,其中陶瓷相可为以下至少之一:YSZ(氧化钇掺杂优选为3-5摩尔%)、ScSZ(氧化钪掺杂优选为4-6摩尔%)、LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃, $x=0.6$)、LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃, $x=0.1-0.3$)、掺杂的亚铬酸钇(例如Y_{0.8}Ca_{0.2}CrO₃)、LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃, $x=0.15-0.35$, $y=0.5-0.75$)和其它掺杂的亚铬酸镧(例如La_{0.7}Ca_{0.3}CrO₃)或导电陶瓷,例如以下至少之一:LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃)、LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃)、Ruddlesden-Popper镍酸盐、LSF(例如La_{0.8}Sr_{0.2}FeO₃)、LSCF(La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃)、LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)、LCM(例如La_{0.8}Ca_{0.2}MnO₃)、掺杂的亚铬酸钇和其它掺杂的亚铬酸镧。

[0067] 辅助导体56的一个实例为50体积%(50Pd50Pt)-50体积%3YSZ。

[0068] 辅助导体56的另一个实例为15%Pd、19%NiO、66%NTZ,其中NTZ为73.6重量%NiO、20.0%TiO₂、6.4%3YSZ。

[0069] 在本实施方案中,辅助导体54具有约0.4mm的宽度76(即,在方向36上),但是在不偏离本发明的范围下可使用更大或者更小的宽度。类似地,辅助导体56具有约0.4mm的宽度

78(即,在方向36上),但是在不偏离本发明的范围下可使用更大或者更小的宽度。主要导体52在方向36上具有的长度对于可通过互连体16扩散(例如由于烧结的多孔结构、微裂缝、空隙和/或在处理期间引入到互连体16中的其它缺陷)的任何氢限定了最小扩散距离80。在本实施方案中,扩散距离80为0.6mm,但是在不偏离本发明的范围下可使用更大或更小的宽度。主要导体52的膜厚度82为约5-15微米(即,在方向32测量)。互连体16,在方向32的总高度84,为约10-25微米,其通常与电解质层26的厚度相对应。

[0070] 对于氢扩散经过互连体16的总扩散距离可包括辅助导体54和辅助导体56在方向32上的高度,其可由从总高度84减去主要导体52的膜厚度82给出,得到约10微米。因此扩散距离主要通过扩散距离80控制,例如,因为辅助导体54和56的高度仅代表总扩散距离的小部分。

[0071] 参考图4A和4B,分别描绘了互连体16的连续的“条”结构的平面图和互连体16的“连通体”结构的平面图。术语“条”是指单个长导体形式的结构,其宽度与长度相比相对窄。在条结构中,主要导体采用连续条52A的形式,在方向86上延伸,方向86在本实施方案中基本垂直于方向32和36两者,和在方向86上近似沿电化学电池12的长度延伸。在图4A和4B的描绘中,方向32延伸入并延伸出附图的平面,因此由在圆圈内的“X”表示。术语“连通体”是指经过与电组件连接的材料相对小的导电路径。在图4B的描绘中,主要导体采用多个连通体52B的形式,例如,每个在方向86上具有仅约0.4mm的宽度,但是在不偏离本发明的范围下可使用更大或者更小的宽度。

[0072] 在图4A和4B的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图4A和4B的具体实施方案和在图4A和4B中说明以及本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0073] 再次参考图3,连同图4A和4B,互连体16的最小扩散面积通过主要导体52的扩散面积控制,其用作限制流体扩散的扩散流动孔。例如,如果,由于任何原因,主要导体52不是非多孔的,流体(例如在液体和/或气态形式的氧化剂和燃料)可通过互连体16扩散。这种扩散受到控制,部分地由膜厚度82控制。在“条”结构中,扩散面积由在方向86上的连续条52的宽度乘以膜厚度82给出,而在“连通体”结构中,扩散面积由每个连通体52B在方向86上的宽度乘以膜厚度82乘以连通体52B的数量给出。

[0074] 尽管可使用仅在方向32上从阳极导体膜48延伸至阴极导体膜50(假设阴极导体膜50在方向36上位于阳极导体膜48上方)的互连体,然而这种方案将导致比本发明使用的互连体更高的泄漏。

[0075] 例如,参考图5,描绘了互连体88的非限制性实例的一些方面,其中互连体88形式为通过电解质层90的连通体,其明显未嵌入电解质层90内或夹在电解质层90的子层之间,且不包括任何不贯通导体。互连体88将电能从阳极导体92转移到阴极导体94。为了对比目的,互连体88在方向32上的长度96,其与电解质层90的厚度相对应,假定为10-15微米,例如类似于互连体16,而且互连体88的宽度(例如在电解质96内将印刷互连体88在其中的开口槽的宽度)在方向36上假定为使用现有工业技术在方向36上的最小可印刷连通体尺寸98,其为约0.25mm。互连体88在方向86上的长度假定为0.4mm。因此,对于互连体88,一个连通体的扩散流动面积为约0.25mm乘以0.4mm,其等于0.1mm²。极限尺寸为最小0.25mm的丝网印刷的连通体尺寸98。

[0076] 然而,对于本发明,假设连通体52B(图4B)在方向86上具有0.4mm的相同长度,一个连通体的扩散流动面积,0.4mm乘以方向32上的膜厚度0.010mm(10微米),等于.004mm²,这是互连体88的流动面积的仅4%。因此,通过使用限制最小扩散流动面积的最小尺寸减少的几何结构,可减小互连体的扩散流动面积,从而潜在地减少经过互连体的氧化剂和/或燃料扩散,例如,在互连体不是完全非多孔(例如,诸如,由于方法限制和/或制造缺陷)或互连体为混合的离子和电子导体的情况下。

[0077] 此外,在互连体88内的扩散距离与互连体88的厚度96相对应,其在已描述的实例中也是电解质层90的厚度,即10-15微米。

[0078] 相反地,不论形式为连续条52A或连通体52B,本发明的不贯通主要连接体52的扩散距离为扩散距离80,其为0.6mm,且其为互连体88的扩散距离的40-60倍(0.6mm除以10-15微米),其为电解质厚度的许多倍。因此,通过使用其中在一个方向上的扩散距离延伸不局限于电解质的厚度的几何结构,互连体的扩散距离可基本上增加,从而潜在地减少经过互连体的氧化剂和/或燃料扩散。

[0079] 通常,经过由给定材料和微结构制成的互连体的燃料和/或空气的流量取决于流动面积和流动距离。取决于所用互连体的具体尺寸,本发明的一些实施方案可将经过互连体的燃料和/或空气流量减少10²-10⁴的量级,例如,如果连接体不是非多孔的。

[0080] 例如,与处理相关的缺陷例如烧结多孔结构、微裂缝和空隙通常为从亚微米到几微米的尺寸(空隙)或从几微米到10微米(微裂缝)。对于仅10-15微米的扩散距离,缺陷的存在可提供经过互连体的直接流动路径,或至少使扩散距离减少显著的百分数。例如,假定设计扩散距离为10微米。10微米缺陷的存在,将出现对于氢和/或氧化剂流的直接流动路径,因为这种缺陷将打开经过互连体的直接路径(注意阳极/导电层和阴极/导电层有意地为多孔的)。甚至假定设计扩散距离为15微米,在10微米缺陷的存在下,扩散距离将减少67%,留下仅5微米的净扩散距离。

[0081] 另一方面,在本发明的互连体16中,10微米的缺陷将对主要导体52的0.6mm设计扩散距离仅具有可忽略的影响,即将0.6mm设计扩散距离减少至0.59mm,其为由缺陷存在引起的相对无关紧要的减少。

[0082] 参考图6A和6B,描绘了本发明的实施方案的非限制性实例的一些方面,其具有形式为在方向86上延伸的连通体52C的不贯通主要导体。在图6A的描绘中,方向32延伸入并延伸出附图的平面,因此通过圆圈内的“X”表示。在图6B的描绘中,方向36延伸入并延伸出附图的平面,因此通过圆圈内的“X”表示。连通体52C类似于连通体52B,除了其在方向86而不是方向36上延伸,例如,如在方向86上取向的扩散距离80所说明。应理解尽管图6A和6B仅描绘了单一连通体52C,但本发明的实施方案可包括沿着方向86延伸的多个这种连通体。

[0083] 在图6A和6B中电子流的方向通过三维的流动路径线路100说明。电子在方向36上流动经过阳极导体膜48到辅助导体54,然后在方向32上流动经过辅助导体54到连通体52C。然后电子在方向86上流动经过连通体52C到辅助导体56,然后在方向32上流动经过辅助导体56进入阴极导体膜50,在其后,电子在方向36上流动经过阴极导体膜50,例如,至下一个电化学电池。

[0084] 在图6A和6B的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图6A和6B的具体实施方案和在图6A和6B中说明以

及本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0085] 参考图7,示意性地描绘了燃料电池系统210的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统210包括布置于基底214上的多个电化学电池212,每个电化学电池212具有形式为陶瓷密封102的密封。燃料电池系统210还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底214。在图7的实施方案中,互连体16的辅助导体56由与阴极导体膜50相同的材料形成,而互连体16的辅助导体54由与阳极导体膜48相同的材料形成。互连体16的不贯通主要导体52由与上述关于图2的实施方案中的互连体16相同的材料形成。在其它实施方案中,例如,辅助导体54和/或辅助导体56可由与不贯通主要导体52相同的材料形成。或可由不同的材料形成。在一种形式中,不贯通主要导体52为连续条的形式,例如在图4A中描绘的连续条52。在另一种形式中,不贯通主要导体52为多个连通体的形式,例如在图4B中的连通体52B。在其它实施方案中,不贯通主要导体52可采用本文未明确阐述的其它形式。

[0086] 在一种形式中,陶瓷密封102应用在中孔基底214上,且水平放置(在图7的透视图)在一个电化学电池212的阳极导体膜48和相邻的电化学电池212的辅助导体54之间。在其它实施方案中,陶瓷密封102可位于其它方向和位置。陶瓷密封102具有约5-30微米的厚度(即,在方向32上测量),但在其它实施方案中可使用其它厚度值。在一种形式中,陶瓷密封102不透过气体和液体,例如电化学电池212使用的燃料和氧化剂,并将其配置用于阻止气体和液体从基底214在应用陶瓷密封102的那些区域泄漏。在其它实施方案中,陶瓷密封102可基本上不透过气体和液体,且可将其配置用于减少气体和液体从基底214在应用陶瓷密封102的那些区域泄漏,例如,相对于没有使用陶瓷密封的其它配置。将陶瓷密封102配置用于在基底214和布置于陶瓷密封102的与基底214相对侧的燃料电池组件之间提供重要的“气密”密封。

[0087] 在一种形式中,将陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底214泄漏到互连体16中。在一种形式中,陶瓷密封102在方向36上延伸,并垂直地(方向32)放置在底部的多孔基底214和顶部的互连体16的不贯通主要导体52以及电解质26之间,从而阻止气体和液体泄漏到不贯通主要导体52(和电解质26)陶瓷密封102交叠的部分内。在其它实施方案中,陶瓷密封102可布置于其它适合的位置,作为图7说明的位置的补充或替代。将不贯通主要导体52嵌入到底部的陶瓷密封102的一部分和顶部的延伸的电解质26的一部分之间。在图7的实施方案中的扩散距离主要通过互连体16与陶瓷密封102和电解质26两者在方向36上交叠的长度所限定。在一种形式中,交叠为0.3-0.6mm,但在其它实施方案中,可使用其它值。互连体16延伸至活性电化学电池212面积内。在一些实施方案中,在图7说明的结构的主要互连体面积可小于其它设计,其可提高在基底214上的总活性电池面积,这可提高燃料电池系统210的效率。

[0088] 陶瓷密封102由陶瓷材料形成。在一种形式中,用于形成陶瓷密封102的陶瓷材料为氧化钇稳定的氧化锆,例如3YSZ。在另一种形式中,用于形成陶瓷密封102的材料为氧化钪稳定的氧化锆,例如4ScSZ。在另一种形式中,用于形成陶瓷密封102的材料为氧化铝。在另一种形式中,用于形成陶瓷密封102的材料为非导电性烧绿石材料,例如 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 。其它实

实施方案可使用其它陶瓷,例如,取决于多种因素,例如与每个电化学电池212和基底214的相邻部分的材料的相容性,被燃料电池系统210使用的燃料和氧化剂,和燃料电池系统210的局部瞬态和稳态操作温度。其它实施方案可使用不同于陶瓷的材料。

[0089] 在图7的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图7的具体实施方案以及在图7中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0090] 参考图8,示意性地描绘了燃料电池系统310的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统310包括布置在基底314上的多个电化学电池312,每个电化学电池312包括陶瓷密封102。燃料电池系统310还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底314。在图8的实施方案中,互连体16主要由阳极导体膜48的材料形成,因此,在图8的实施方案中不贯通主要导体52和辅助导体54可认为是阳极导体膜48的延伸。例如,不贯通主要导体52和辅助导体54描述为由阳极导体膜48的材料形成,而辅助导体56由以上阐述用于图2实施方案中互连体16的材料形成。在一种形式中,不贯通主要导体52为连续条的形式,例如,在图4A中描绘的连续条52A。在另一种形式中,不贯通主要导体52为多个连通体的形式,例如在图4中的连通体52B。在其它实施方案中,不贯通主要导体52可采用本文未明确阐述的其它形式。

[0091] 陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底314到互连体16内的泄漏。在一种形式中,陶瓷密封102垂直地(方向32)放置在底部的多孔基底314和顶部的不贯通主要导体52和电解质26之间,从而阻止气体和液体泄漏到不贯通主要导体52与陶瓷密封102交叠的部分内。不贯通主要导体52嵌入在底部的陶瓷密封102的一部分和顶部的延伸的电解质26之间。在图8的实施方案中扩散距离主要由互连体16在方向36上与陶瓷密封102和电解质26两者交叠的长度所限定。在一种形式中,交叠为0.3-0.6mm,但在其它实施方案中,可使用其它值。

[0092] 因为陶瓷密封102阻止气体和液体进入到电化学电池312内,所以互连体16不需要像其它不包括密封(例如陶瓷密封102)的设计那样致密(以阻止或减少泄漏)。在这些设计中,互连体16可由用于形成阳极导体层48和/或阴极导体层50的材料形成。例如,参考图9,描绘了一个实施方案,其中互连体16完全由用于形成阳极导体层48和阴极导体层50的材料形成。图9示意性地描绘了燃料电池系统410的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统410包括布置在基底414上的多个电化学电池412,每个电化学电池412包括陶瓷密封102。燃料电池系统410还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底414。在图9的实施方案中,不贯通主要导体52和辅助导体54由用于形成阳极导体膜48的相同材料形成,并以用于形成阳极导体膜48的相同处理步骤形成。因此,在图9的实施方案中,不贯通主要导体52和辅助导体54可认为是阳极导体膜48的延伸。类似地,在图9的实施方案中,辅助导体56由用于形成阴极导体膜50的相同材料形成,并以用于形成阴极导体膜50的相同处理步骤形成。因此,在图9的实施方案中,辅助导体56可认为是阴极导体膜

50的延伸。

[0093] 在图8和9的实施方案中,描绘了本发明实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图8和9的具体实施方案以及在图8和9中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0094] 概要地参考图10-15,本发明人已经确定了互连体和相邻的组件(例如,阳极和/或阳极导体膜和/或阴极和/或阴极导体膜)之间的物质扩散可不利地影响某些燃料电池系统的性能。因此,本发明的一些实施方案包括导电化学屏障(例如,如上讨论的,和/或以下对于图10-15讨论的化学屏障104)以阻止或减少这种物质扩散。在多个实施方案中,化学屏障104可配置用于阻止或减少以下界面上的物质迁移或扩散:互连体与阳极之间、以及和/或互连体与阳极导体膜之间、和/或互连体与阴极之间、以及和/或互连体与阴极导体膜之间,这可改善互连体的长期耐用性。例如,无化学屏障时,物质迁移(扩散)可发生在由贵金属金属陶瓷形成的互连体与阳极导体膜和/或由Ni基金属陶瓷形成的阳极之间的界面上。物质迁移可在两个方向上均发生,例如,从阳极导电层/导体膜和/或阳极迁移到互连体的Ni,和从互连体迁移到导电层/导体膜和/或阳极的贵金属。物质迁移可导致在互连体与阳极导体膜和/或阳极之间的界面之处或附近增加的孔隙率,并可导致在界面上一个或多个非导电或低导电相的富集,产生较高的面积比电阻(ASR),并因此导致降低的燃料电池性能。在互连体与阴极之间和/或互连体与阴极导体膜之间的物质迁移可此外或备选地导致对燃料电池性能的有害影响。

[0095] 因此,一些实施方案使用化学屏障,例如,化学屏障104,其配置用于阻止或减少在互连体与相邻导电组件(例如一个或多个阳极、阳极导电层/导体膜、阴极和/或阴极导电层/导体膜)之间界面上的物质迁移或扩散,并因此阻止或减少物质迁移(扩散),否则其可导致有害影响,例如,在界面上形成多孔结构或一个或多个非导电或低导电相的富集。化学屏障104可由两种类型材料的一种或两种形成:金属陶瓷和/或导电陶瓷。对于金属陶瓷,陶瓷相可为一种或多种惰性填料;具有低离子传导率的陶瓷,例如YSZ;和电子导体。在多个实施方案中,例如对于阳极侧(例如,为了用于与阳极和/或阳极导电层/导体膜邻接),化学屏障104可由一种或多种材料形成,包括而限于Ni金属陶瓷或Ni-贵金属金属陶瓷。贵金属相可为,例如且不限于Ag、Au、Pd、Pt中的一种或多种,或Ag、Au、Pd和/或Pt的合金中的一种或多种。在金属陶瓷中的陶瓷相可为,例如且不限于以下的至少一种:YSZ(例如3YSZ)、ScSZ(例如4ScSZ)、掺杂的氧化铈(例如 $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_2$)、 $SrZrO_3$ 、组合物 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ 的烧绿石(其中 M_{RE} =一种或多种稀土阳离子,例如且不限于La、Pr、Nd、Gd、Sm、Ho、Er和/或Yb),例如且不限于 $La_2Zr_2O_7$ 和 $Pr_2Zr_2O_7$ 、氧化铝和 TiO_2 ,或一种或多种导电陶瓷,例如掺杂的氧化铈(由于薄膜,在较低的氧分压下较高的导电率,以提供足够低的ASR)、掺杂的钛酸锶、LSCM($La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO_3$, $x=0.15-0.35$, $y=0.25-0.5$)和/或其它掺杂的亚铬酸镧和掺杂的氧化钪亚铬酸盐。在多个实施方案中,例如,对于阴极侧(例如,用于与阴极和/或阴极导电层/导体膜邻接),化学屏障104可由包括而限于贵金属金属陶瓷的一种或多种材料形成。贵金属相可为,例如且不限于Ag、Au、Pd、Pt中的一种或多种,或Ag、Au、Pd和/或Pt的合金中的一种或多种。在金属陶瓷中的陶瓷相可为,例如且不限于以下至少之一:YSZ、ScSZ、掺杂的氧化铈、 $SrZrO_3$ 、组合物 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ 的烧绿石(其中 M_{RE} =一种或多种稀土阳离子,例如且不限于La、Pr、Nd、Gd、Sm、Ho、Er和/或Yb),例如且不限于 $La_2Zr_2O_7$ 和 $Pr_2Zr_2O_7$ 、氧化铝和 TiO_2 ,或一种或多种导电陶

瓷,例如LNF ($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$,例如 $x=0.6$)、LSM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $x=0.15-0.3$)、LCM (例如 $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{MnO}_3$)、Ruddlesden-Popper镍酸盐、LSF (例如 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{FeO}_3$)、LSCF ($\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$)、LSCM ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$, $x=0.15-0.35$, $y=0.5-0.75$)、掺杂的亚铬酸钕和其它掺杂的亚铬酸镧。对于化学屏障104,具体材料的选择可随应用的需要变化,例如取决于制造成本、便利,与互连体16电邻接的组件和/或它的一个子组件(例如,不贯通主要导体52、辅助导体54和辅助导体56)的材料类型。

[0096] 阳极侧化学屏障材料的一个实例为15%Pd、19%NiO、66%NTZ、其中NTZ为73.6重量%NiO、20.0%TiO₂、6.4%YSZ。

[0097] 阳极侧化学屏障材料的另一个实例为掺杂的氧化铈,例如Gd_{0.1}Ce_{0.9}O₂。

[0098] 在燃料电池系统中带有化学屏障(例如化学屏障104)的实验测试,经过1300小时的测试过程,在电池输出功率方面产生每千小时约0.1%的劣化速率,使用由30重量%Pd-70重量%NTZ金属陶瓷(NTZ=NiO₂-3YSZ)形成的化学屏障,布置在由65Pd35Pt-YSZ金属陶瓷形成的互连体和由20重量%Pd-Ni尖晶石形成的阳极导电层之间。在对比测试中,但是不包含化学屏障(例如化学屏障104),与由20重量%Pd-Ni-尖晶石形成的阳极导电层直接交界的由50体积%(96Pd6Au)-50体积%YSZ金属陶瓷形成的互连体在约10小时的测试中显示了显著的劣化,且燃料电池在大约25小时测试时失效,归因于互连体和阳极导电层之间的物质迁移。在另一个测试中,使用由导电陶瓷(10摩尔%Gd掺杂的CeO₂)形成的布置在阳极导体膜和互连体之间的化学屏障104,测试了两个燃料电池。互连体的ASR在约8000小时的测试后未显示劣化,反而显示了轻微的提高,在两个测试制品中产生.05欧姆-cm²和.06欧姆-cm²的终值。

[0099] 参考图10,示意性地描绘了布置于基底514上的燃料电池系统510的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统510包括化学屏障104。燃料电池系统510还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的一些组件,例如,包括具有不贯通主要导体52的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;和阴极42。尽管描绘了互连体16、不贯通主要导体52、阳极40和阴极42的仅单个情况,以及描绘了电解质层26的两种情况,但应理解燃料电池系统510可包括每个这些组件的多个,例如,在方向36串联布置,例如,类似于上述实施方案。对基底14的描述等价适用于基底514。在燃料电池系统510中,化学屏障104布置于阳极40和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极40和互连体16之间延伸,并配置用于阻止阳极40和互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15的实施方案的材料的一种或多种形成。

[0100] 参考图11,示意性地描绘了燃料电池系统610的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统610包括布置于基底614上的多个电化学电池612,每个电化学电池612包括化学屏障104。燃料电池系统610还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底614。在燃料电池系统610中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48和互连体16之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15的实施方案的材料的一种或多种形成。在燃料电池系统610中,

电解质层26的一部分布置于阳极40和化学屏障104之间,在方向36上于阳极40和化学屏障104之间延伸。

[0101] 参考图12,示意性地描绘了燃料电池系统710的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统710包括布置于基底714上的多个电化学电池712,每个电化学电池712包括陶瓷密封102和化学屏障104。燃料电池系统710还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底714。在燃料电池系统710中,陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底714泄漏至互连体16(不贯通互连体52)内,和在方向36上于一个电化学电池712的阳极导体膜48和相邻的电化学电池712的辅助导体54之间延伸。

[0102] 在燃料电池系统710中,陶瓷密封102垂直地(方向32)放置在在底部的多孔基底714与顶部的互连体16的不贯通主要导体52和电解质26之间,从而阻止气体和液体从基底714泄漏到不贯通主要导体52(和电解质26)与陶瓷密封102交叠的部分内。在其它实施方案中,陶瓷密封102可布置于其它适合的位置,作为图12说明的位置的补充或替代。陶瓷密封102可由以上阐述的关于图7实施方案的材料的一种或多种形成。不贯通主要导体52的一部分嵌入底部的陶瓷密封102和顶部的电解质26之间。在图12的实施方案中的扩散距离主要由不贯通主要导体52在方向36上与陶瓷密封102和电解质26两者交叠的长度限定。

[0103] 在燃料电池系统710中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48与互连体16的不贯通主要导体52和辅助导体54两者之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48与不贯通主要导体52和辅助导体54之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15的实施方案的材料的一种或多种形成。

[0104] 参考图13,示意性地描绘了燃料电池系统810的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统810包括布置于基底814上的多个电化学电池812,每个电化学电池812包括陶瓷密封102和化学屏障104。燃料电池系统810还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底814。

[0105] 在燃料电池系统810中,陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底814泄漏至互连体16(不贯通互连体52)内,并在方向36上于一个电化学电池812的阳极40和阳极导体膜48与相邻的电化学电池812的阳极40和阳极导体膜48之间延伸。在燃料电池系统810中,陶瓷密封102垂直地(方向32)放置在在底部的多孔基底814与顶部的互连体16的不贯通主要导体52和电解质26之间,从而阻止气体和液体从基底714泄漏到不贯通主要导体52(和电解质26)与陶瓷密封102交叠的部分内。在其它实施方案中,陶瓷密封102可布置于其它适合的位置,作为图13说明的位置的补充或替代。陶瓷密封102可由以上阐述的关于图7实施方案的材料的一种或多种形成。不贯通主要导体52的一部分嵌入底部的陶瓷密封102和顶部的电解质26之间。在图13的实施方案中的扩散距离主要由不贯通主要导体52在方向36上与陶瓷密封102和电解质26两者交叠的长度限定。

[0106] 在燃料电池系统810中,化学屏障104布置于阳极40和不贯通主要导体52之间,并

且配置用于阻止阳极40和不贯通主要导体52之间的物质迁移。在一种形式中,化学屏障104也起辅助导体54的作用。在其它实施方案中,辅助导体54可单独由化学屏障104形成。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。

[0107] 参考图14,示意性地描绘了布置于基底914上的燃料电池系统910的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统910包括化学屏障104。燃料电池系统910还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的一些组件,例如,包括具有不贯通主要导体52的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;和阴极42。尽管描绘了互连体16、不贯通主要导体52、阳极40和阴极42的仅单个情况,以及描绘了电解质层26的两种情况,但应理解燃料电池系统910可包括每个这些组件的多个,例如,在方向36串联布置,例如,类似于上述实施方案。基底14的描述等价适用于基底914。在燃料电池系统910中,化学屏障104布置于阴极42和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阴极42和互连体16之间延伸,并配置用于阻止阴极42和互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。

[0108] 参考图15,示意性地描绘了燃料电池系统1010的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统1010包括布置于基底1014上的多个电化学电池612,每个电化学电池1012包括化学屏障104。燃料电池系统1010还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底1014。在燃料电池系统1010中,化学屏障104布置于阴极导体膜50和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阴极导体膜50和互连体16(不贯通主要导体52)之间延伸,并配置用于阻止阴极导体膜50和互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。在图15的实施方案中,化学屏障104也起辅助导体56的作用。

[0109] 在图10-15的实施方案中,描绘了本发明的实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图10-15的具体实施方案以及在图10-15中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0110] 概要地参考图16-19,本发明人已经确定了在一些燃料电池中,在一些运行条件下,阴极导电层/导体膜、电解质和互连体的部分(例如连通体)可在每个电化学电池之内或之间形成寄生电池,特别是其中在阴极导电层/导体膜和电解质之间有交叠。在寄生电池中,阴极导电层/导体膜起阴极作用,且互连体(例如由贵金属金属陶瓷形成的连通体)起阳极作用。寄生电池在燃料电池运行期间消耗燃料,从而减少燃料电池系统的效率。此外,通过寄生电池产生的蒸汽可产生局部高氧分压,其可导致可能已经扩散到互连体(例如连通体)材料的贵金属相中的Ni的氧化,导致互连体的劣化。

[0111] 本发明人实施了证实寄生电池存在的测试。测试证实,尽管在一些温度下,例如900℃,在测试时间没有发生显著劣化,但互连体在更高运行温度下(例如,925℃)在约700小时的测试后发生劣化。测试后分析显示Ni从互连体的阳极导电层/导体膜侧经过在不贯通主要导体52中的贵金属相迁移到阴极导电层/导体膜侧,这被更高的运行温度加速。由寄生电池形成的蒸汽导致的高氧分压致使Ni在延伸的电解质26和不贯通主要互连体52的界面上、在阴极导电层/导体膜和电解质之间的边界附近氧化,使Ni与互连体的贵金属分离。

在不贯通主要导体52和电解质26之间界面上持续的NiO累积和持续的Ni迁移可能会导致互连体的失效。

[0112] 为了阻止阴极导电层/导体膜与电解质之间的交叠,在多个实施方案中,本发明人在阴极导电层/导体膜与电解质之间使用分隔特征(图16和17的间隙106;和图18和19的隔离体108)使阴极导电层/导体膜和电解质与接触的彼此分隔,即,间隔分开,从而消除寄生电池。对具有间隙106形式的分隔特征(以及包括由Pd-Ni合金金属陶瓷形成的化学屏障104)的燃料电池系统测试约2000小时,包括在侵蚀性的条件下(925°C和由20% H₂、10% CO、19% CO₂、47%蒸汽和4%N₂构成的燃料)约1000小时,没有导致互连体的劣化。因此,本发明的一些实施方案在阴极导电层/导体膜和电解质之间包括分隔特征,例如间隙106,其阻止寄生电池的形成。

[0113] 参考图16,示意性地描绘了燃料电池系统1110的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统1110包括布置于基底1114上的多个电化学电池1112,每个电化学电池1112包括陶瓷密封102、化学屏障104和形式为间隙106的分隔特征。燃料电池系统1110还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底1114。间隙106在方向36于阴极导体膜50(例如,由一个或多个阴极导电层30形成)和电解质层26之间延伸。

[0114] 在燃料电池系统1110中,陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底1114泄漏至互连体16(不贯通主要导体52)内,并在方向36上于一个电化学电池1112的阳极导体膜48与相邻的电化学电池1112的辅助导体54之间延伸。

[0115] 在燃料电池系统1110中,陶瓷密封102垂直地(方向32)放置在在底部的多孔基底1114与顶部的互连体16的不贯通主要导体52和电解质26之间,从而阻止气体和液体从基底1114泄漏到不贯通主要导体52(和电解质26)与陶瓷密封102交叠的部分内。在其它实施方案中,陶瓷密封102可布置于其它适合的位置,作为图12说明的位置的补充或替代。陶瓷密封102可由以上阐述的关于图7实施方案的材料的一种或多种形成。不贯通主要导体52的一部分嵌入底部的陶瓷密封102和顶部的延伸的电解质26之间。在图16的实施方案中的扩散距离主要由不贯通主要导体52在方向36上与陶瓷密封102和电解质26两者交叠的长度限定。

[0116] 在燃料电池系统1110中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48与互连体16的不贯通主要导体52和辅助导体54两者之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48与不贯通主要导体52和辅助导体54之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。

[0117] 在燃料电池系统1110中,将间隙106配置用于阻止在阴极导体膜50、电解质层26和不贯通主要导体52之间寄生燃料电池的形成。尽管在图16的实施方案中的间隙106与具有陶瓷密封102、化学屏障104和阳极导体膜48的燃料电池系统结合使用,在其它实施方案中,间隙106可在不包括与陶瓷密封102、化学屏障104和阳极导体膜48中的一个或多个相应的组件的燃料电池系统中使用。

[0118] 参考图17,示意性地描绘了燃料电池系统1210的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统1210包括布置于基底1214上的多个电化学电池1212,每个电化学电池

1212包括化学屏障104和形式为间隙106的分隔特征。燃料电池系统1210还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底1214。

[0119] 在燃料电池系统1210中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48与互连体16之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48与互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。在燃料电池系统1210中,电解质层26的一部分布置于阳极40和化学屏障104之间,在方向36上于阳极40和化学屏障104之间延伸。

[0120] 在燃料电池系统1210中,将间隙106配置用于阻止在辅助导体56(由与阴极导体膜50相同的材料形成)、电解质层26和不贯通主要导体52之间寄生燃料电池的形成。尽管在图17的实施方案中的间隙106与具有化学屏障104和阳极导体膜48的燃料电池系统结合使用,在其它实施方案中,间隙106可在不包括与化学屏障104和阳极导体膜48中的一个或多个相应的组件的燃料电池系统中使用。

[0121] 参考图18,示意性地描绘了燃料电池系统1310的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统1310包括布置于基底1114上的多个电化学电池1312,每个电化学电池1312包括陶瓷密封102、化学屏障104和形式为隔离体108的分隔特征。燃料电池系统1310还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底1314。隔离体108在方向36于阴极导体膜50(例如,由一个或多个阴极导电层30形成)和电解质层26之间延伸。

[0122] 在燃料电池系统1310中,陶瓷密封102放置用以阻止或减少气体和液体从基底1314泄漏至互连体16(不贯通主要导体52)内,并在方向36上于一个电化学电池1312的阳极导体膜48与相邻的电化学电池1112的辅助导体54之间延伸。

[0123] 在燃料电池系统1310中,陶瓷密封102垂直地(方向32)放置在在底部的多孔基底1314与顶部的互连体16的不贯通主要导体52和电解质26之间,从而阻止气体和液体从基底1314泄漏到不贯通主要导体52(和电解质26)与陶瓷密封102交叠的部分内。在其它实施方案中,陶瓷密封102可布置于其它适合的位置,作为图12说明的位置的补充或替代。陶瓷密封102可由以上阐述的关于图7实施方案的材料的一种或多种形成。不贯通主要导体52的一部分嵌入底部的陶瓷密封102和顶部的延伸的电解质26之间。在图18的实施方案中的扩散距离主要由不贯通主要导体52在方向36上与陶瓷密封102和电解质26两者交叠的长度限定。

[0124] 在燃料电池系统1310中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48与互连体16的不贯通主要导体52和辅助导体54两者之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48与不贯通主要导体52和辅助导体54之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。

[0125] 在燃料电池系统1310中,将隔离体108配置用于阻止在阴极导体膜50、电解质层26和不贯通主要导体52之间寄生燃料电池的形成。在一种形式中,隔离体108由绝缘的非导电材料形成,例如氧化铝(Al_2O_3)、烧绿石,例如在其它实施方案中, $La_2Zr_2O_7$ 、 $Pr_2Zr_2O_7$ 和

SrZrO₃。可使用其它材料来形成隔离体108,例如一种或多种其它类型的非导电陶瓷,作为氧化铝的补充或替代。尽管在图16的实施方案中的隔离体108与具有陶瓷密封102、化学屏障104和阳极导体膜48的燃料电池系统结合使用,在其它实施方案中,隔离体108可在不包括与陶瓷密封102、化学屏障104和阳极导体膜48中的一个或多个相应的组件的燃料电池系统中使用。

[0126] 参考图19,示意性地描绘了燃料电池系统1410的实施方案的非限制性实例的一些方面。燃料电池系统1410包括布置于基底1414上的多个电化学电池1412,每个电化学电池1412包括化学屏障104和形式为隔离体108的分隔特征。燃料电池系统1410还包括以上阐述和对于燃料电池系统10描述的组件,例如,包括具有不贯通主要导体52和不贯通辅助导体(或连通体)54和56的互连体16;氧化剂侧18;燃料侧20;电解质层26;阳极40;阴极42,阳极导体膜48和阴极导体膜50。基底14的描述等价适用于基底1414。

[0127] 在燃料电池系统1410中,化学屏障104布置于阳极导体膜48和互连体16(不贯通主要导体52)之间,在方向32上于阳极导体膜48与互连体16之间延伸,并配置用于阻止阳极导体膜48与互连体16(不贯通主要导体52)之间的物质迁移。化学屏障104可由以上阐述的关于图10-15实施方案的材料的一种或多种形成。在燃料电池系统1410中,电解质层26的一部分布置于阳极40和化学屏障104之间,在方向36上于阳极40和化学屏障104之间延伸。

[0128] 在燃料电池系统1410中,将隔离体108配置用于阻止在辅助导体56(由与阴极导体膜50相同的材料形成)、电解质层26和不贯通主要导体52之间寄生燃料电池的形成。隔离体108可由以上阐述的在图18实施方案中的材料形成。尽管在图19的实施方案中的隔离体108与具有化学屏障104和阳极导体膜48的燃料电池系统结合使用,在其它实施方案中,隔离体108可在不包括与化学屏障104和阳极导体膜48中的一个或多个相应的组件的燃料电池系统中使用。

[0129] 在图16-19的实施方案中,描绘了本发明的实施方案的方面的多个特征、组件和它们之间的相互关系。然而,本发明不限于图16-19的具体实施方案以及在图16-19中说明和本文描述的组件、特征和它们之间的相互关系。

[0130] 如上对于图16-19所述,在某些情况下,可非期望地形成寄生电池。以上对于图16-19讨论的实施方案提供了某些方法来解决寄生电池问题。本发明人还已经创造出其它方法来解决寄生电池问题,根据材料选择,例如,形成互连体和/或连通体(例如互连体16,包括不贯通主要导体52、辅助导体54和/或辅助导体56和/或本文未提到的其它互连体和/或连通体结构)的材料。在一种形式中,对于备选金属陶瓷材料,可使用贵金属-La₂Zr₂O₇烧绿石金属陶瓷用于分节串联燃料电池的主要互连体材料,或用于多层陶瓷互连体的连通体材料。在这种金属陶瓷材料中,La₂Zr₂O₇烧绿石可完全替代掺杂的氧化锆,或部分置换掺杂的氧化锆以保持离子相在其逾渗以下,以消除或减少离子传导。

[0131] 在一种形式中,改变互连体和/或连通体的组合物,例如,用于互连体和/或连通体的一种或多种前述组合物,以在互连体和/或连通体的组合物中包括非离子导电陶瓷相。

[0132] 例如,在一种形式中,互连体和/或连通体可全部或部分地由金属陶瓷形成,例如先前对于包括不贯通主要导体52、辅助导体54和/或辅助导体56的互连体16所描述的那些,但是此外或备选包括一种或多种非离子导电陶瓷相。实例包括而限于SrZrO₃、La₂Zr₂O₇烧绿石、Pr₂Zr₂O₇烧绿石、BaZrO₃、MgAl₂O₄尖晶石、NiAl₂O₄尖晶石、MgCr₂O₄尖晶石、NiCr₂O₄尖晶

石、 $Y_3Al_5O_{12}$ 和具有各种A位和B位取代的其它石榴石,和氧化铝。本文也预期其它非离子导电陶瓷相,作为本文阐述实例的补充或替代。对于材料的考虑可包括陶瓷相的热膨胀系数,例如,相对于多孔基底的热膨胀系数。在一些实施方案中,用于与相邻的燃料电池层化学相容的优选材料可包括贵金属-烧绿石金属陶瓷,其中烧绿石的总体类型为 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$,其中 M_{RE} 为稀土阳离子,例如且不限于La、Pr、Nd、Gd、Sm、Ho、Er和/或Yb。

[0133] 在其它实施方案中,非离子相例如 $SrZrO_3$ 、 $MgAl_2O_4$ 尖晶石、 $NiAl_2O_4$ 尖晶石、氧化铝和烧绿石组合物部分或完全地替代例如前述互连体和/或连通体的离子传导性YSZ。优选,烧绿石粉末和/或一种或多种其它非离子相充分替代YSZ,以使YSZ的余量低于逾渗阈值,以消除跨过互连体/连通体的离子传导。连通体的YSZ体积分数有意减少为低于30体积%以最小化在连通体材料内的任何离子传导。

[0134] 在一种形式中,改变互连体和/或连通体的组合物,例如用于互连体和/或连通体的一种或多种前述组合物,以包括反应物相,以在燃料电池燃烧期间形成非离子导电陶瓷相,例如,通过在用于形成互连体/连通体的化合物中包含稀土氧化物。

[0135] 例如,在一些实施方案中,互连体16的全部或部分或其它互连体或连通体可包括稀土氧化物形式的反应物相,例如在丝网印刷油墨之内,低于形成烧绿石的化学计量比,即1摩尔La、Pr、Nd、Gd、Sm、Ho、Er、Yb的氧化物:连通体中2摩尔氧化锆含量。在总金属陶瓷组合物(例如,本文阐述的用于互连体16的全部或部分的金属陶瓷组合物)中,其在燃料电池燃烧期间与YSZ反应以在互连体/连通体和邻接的电解质(例如电解质26)内形成烧绿石。在一种形式中,需要的最少稀土氧化物为约13摩尔%陶瓷组合物,以将YSZ相减少到30体积%逾渗以下。在其它实施方案中,可使用其它稀土氧化物量。氧化锆相仍能以大于逾渗阈值存在,因为绝缘的烧绿石相可沿颗粒边界形成。然而,在一些实施方案中,优选添加充足的稀土氧化物以使得YSZ相含量基于本体组合物在逾渗阈值之下。类似于烧绿石, $SrZrO_3$ 非离子相可以通过将作为反应物相的SrO粉末添加到例如互连体油墨中而原位产生,低于1摩尔SrO : 1摩尔 ZrO_2 的化学计量比。

[0136] 在其它实施方案中,互连体16的全部或部分或其它互连体或连通体可在总金属陶瓷组合物中(例如,本文阐述的用于互连体16的全部或部分的金属陶瓷组合物)包括稀土氧化物的含量,例如在丝网印油墨之内,大于烧绿石的化学计量比,即1摩尔例如La、Pr、Nd、Gd、Sm、Ho、Er和/或Yb的氧化物:连通体中2摩尔氧化锆含量,这在燃料电池燃烧期间与YSZ反应以在互连体/连通体内形成烧绿石,且未反应的稀土氧化物进一步在电解质燃烧期间与在互连体邻近的延伸的电解质反应以在电解质表面(例如在电解质26的表面)上形成烧绿石膜,这将充分破坏用于氧离子传导性的通道。形式上,稀土氧化物量基于总陶瓷相为33摩尔%-50摩尔%。在其它实施方案中,可使用其它稀土氧化物量。过量的稀土氧化物可保证不存在离子传导性。然而,在互连体/连通体内剩余的太多过量的稀土可导致连通体易受到水分引起的损害,相转变为稀土氢氧化物。因此,期望在一些实施方案中将稀土氧化物的量限制为比化学计量比低10%。类似于烧绿石, $SrZrO_3$ 非离子相可在连通体和相邻的延伸的电解质内原位产生,通过超过1摩尔SrO : 1摩尔 ZrO_2 的化学计量比将SrO粉末添加到互连体油墨中。在一种形式中,下限为基于陶瓷相约15-20摩尔% SrO,以形成 $SrZrO_3$,将YSZ减少到逾渗阈值以下。在其它实施方案中,可应用其它下限。在一种形式中,上限为基于陶瓷相($SrO+ZrO_2$)约50-60摩尔%SrO。在其它实施方案中,可应用其它上限。

[0137] 在其它实施方案中,互连体16的全部或部分或其它互连体或连通体可包括稀土氧化物含量,与YSZ的化学计量比导致完全反应为 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ 。

[0138] 在燃料电池燃烧期间用于使用反应物相形成非离子导电陶瓷相的燃烧温度可随具体应用的需要变化。考虑的因素包括,例如且不限于不同的材料的可烧结性、粉末颗粒尺寸、比表面积。其它材料和/或加工参数也可影响所选的燃烧温度。例如,如果温度过低,电解质可具有较高孔隙率并导致泄漏。如果温度过高,其可导致其它问题,例如过高的阳极密度,其可减少电化学反应活性,或可导致基底尺寸变化等。因此,用于使用一个或多个反应物相形成一个或多个非离子导电陶瓷相的实际燃烧温度可在应用之间变化。在一种形式中,燃烧温度可为1385°C。在一些实施方案中,燃烧温度可为1370°C-1395°C。在其它实施方案中,燃烧温度可为1350°C-1450°C。在其它实施方案中,燃烧温度可为1350°C-1450°C范围之外。形成一个或多个非离子导电陶瓷相的处理步骤可包括制备包括稀土氧化物、YSZ和贵金属的组合物;形成互连体/连通体;在期望的温度下燃烧组合物,例如在以上阐述的温度下或温度范围之内;和在燃烧温度下将组合物保持期望的时间,例如,在1-5小时范围内。在其中燃料电池的全部或部分由丝网印刷形成的实施方案中,所述方法可包括制备结合了稀土氧化物、YSZ和贵金属的可丝网印刷的油墨;印刷互连体/连通体;干燥油墨;在期望的温度下燃烧所印刷的互连体/连通体,例如在以上阐述的温度下或温度范围之内;和在燃烧温度下将组合物保持期望的时间,例如,在1-5小时范围内。

[0139] 在另外的实施方案中,可使用其它非离子导电相或反应物相以将互连体的离子传导率最小化。

[0140] 以下表格1-8提供了根据本发明的一些实施方案的一些方面制备的非限制性实验燃料电池和燃料电池组件实施例的一些方面的组成信息。应理解本发明决不限于以下提供的实施例。标题为“通用组成”的栏说明了本文描述的一些材料的一些潜在的组成范围,包括一些优选范围,而标题为“特定组成”的栏说明了用于测试制品/材料的材料。

[0141]

表 1 (没有陶瓷密封)

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-Ni-YSZ	
阴极	$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ ($x=0.1-0.3$)-3YSZ	
阴极导电层	Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ ($x=0.1-0.3$)	
电解质	3YSZ	3YSZ
不贯通主要导体	$x\text{Pd}(100-x)\text{Pt}$ -YSZ ($x=35-65$ 重量比, 合金为 35-80 体积%)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
阳极侧的辅助导体	$x\text{Pd}(100-x)\text{Pt}$ -YSZ ($x=35-65$ 重量比, 合金为 35-80 体积%)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
阴极侧的辅助导体	Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ ($x=0.1-0.3$)	
基底	$\text{MgO-MgAl}_2\text{O}_4$	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面钝性层	3-8 摩尔% Y_2O_3 - ZrO_2	8YSZ
陶瓷密封	N/A	N/A
电池 ASR, 欧姆-cm ²		0.375
互连体 ASR, 欧姆-cm ²		0.027
测试期限, 小时		860
实例: TCT23 (STC13-3)		
不贯通主要互连体		
秀尔鲁设计		
图 4		

表 2 (没有陶瓷密封)

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-Ni-YSZ	
阴极	$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)-3YSZ	
阴极导电层	Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)	
电解质	3YSZ	3YSZ
不贯通主要导体	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 重量比, 合金为 35-80 体积%)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
阳极侧的辅助导体	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 重量比, 合金为 35-80 体积%) Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
基底	$\text{MgO-MgAl}_2\text{O}_4$	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面改性层	3-8 摩尔% $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$	8YSZ
陶瓷密封		N/A
电池 ASR, 欧姆 $\cdot\text{cm}^2$		0.30
互连体 ASR, 欧姆 $\cdot\text{cm}^2$		0.02
测试期限, 小时		3500
实例: PCT11(PC08-2/3)		
不贯通主要互连体 为互连体设计		
图 6		

表 3 (具有陶瓷密封)

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-Ni-YSZ	
阴极	$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)-3YSZ	
阴极导电层	Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)	
电解质	3YSZ	3YSZ
不贯通主要导体	Pd-Ni-YSZ	76.5%Pd, 8.5%Ni, 15%3YSZ
阳极侧的辅助导体	Pd-Ni-YSZ	76.5%Pd, 8.5%Ni, 15%3YSZ
阴极侧的辅助导体	Pd - $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-x}$ ($x=0.1-0.3$)	
基底	$\text{MgO-MgAl}_2\text{O}_4$	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面改性层	3-8 摩尔% $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$	8YSZ
陶瓷密封	3-5 摩尔% $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ 或 4-6 摩尔% $\text{Sc}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$	3YSZ
电池与互连体 ASR, 欧姆 $\cdot\text{cm}^2$		0.50
测试期限, 小时		1200
实例 TCT2: 不贯通主要导体 为长条设计		
图 8		

表 4 (Pd-NTZ 作为化学屏障)

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-NiO-(Mg _{0.2-0.3} , Ni _{0.7-0.8})Al ₂ O ₃	
阴极	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3) -3YSZ	
阴极导电层	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3)	
电解质	3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 或 4-11 摩尔%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
不导电主要导体	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 重量比, 合金为 35-80 体积%)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
阳极侧的化学屏障	xPd-(100-x) NTZ* (x=10-40) La _{1-x} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3)	15%Pd, 19%NiO, 66%NTZ
阴极侧的辅助导体		
基底	MgO-MgAl ₂ O ₄ 3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄ 8YSZ
基底表面改性层		
陶瓷密封	N/A	N/A
电池 ASR, 欧姆-cm ²		0.35
互连体 ASR, 欧姆-cm ²		0.02-0.05
测试期限, 小时		1400
* NTZ: 73.6 重量% NiO, 20.0%TiO ₂ , 6.4% YSZ		
实例 PCT14B (PC11-4), 不导电速通体, 图 11		

表 5. 重量% (GDC10 作为化学屏障)

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-NiO-(Mg _{0.45} , Ni _{0.55})Al ₂ O ₃	
阴极	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-δ} (x=0.1-0.3) -3YSZ	
阴极导电层	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-δ} (x=0.1-0.3)	
电解质	3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 或 4-11 摩尔%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
不贯通主要导体		
	xPd-(100-x)YSZ (x=70-90 重量比) 掺杂的氧化铈	85%Pd, 15%3YSZ (Gd _{0.1} , Ce _{0.9})O ₂
阳极侧的化学屏障		
阴极侧的辅助导体	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-δ} (x=0.1-0.3)	
基底	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面改性层	3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 3-5 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 或 4-摩尔%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ 3YSZ
陶瓷密封		
电池 ASR, 欧姆-cm ²		0.24
互连体 ASR, 欧姆-cm ²		0.04-0.05
测试期限, 小时		1340
实例: PCT55A (PC28-2)		
图 12		

表 6. 重量%

	通用组成	特定组成
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-NiO-(Mg _{0.1-0.3} , Ni _{0.1-0.3})Al ₂ O ₃	
阴极	La _{0.7-0.9} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3) -3YSZ	
阴极导电层	La _{0.7-0.9} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3), 或 LaNi _{0.5} Fe _{0.5} O ₃	
电解质	4-11 摩尔% Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	6ScSZ
不贯通主要导体	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 重量比, 合金为 35-80 体积%)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
阳极侧的化学屏障	掺杂的氯化物	(Gd _{0.1-0.3} Ce _{0.7-0.9})O ₃
阴极侧的辅助导体	La _{0.7-0.9} Sr _x MnO _{3-x} (x=0.1-0.3), 或 LaNi _{0.5} Fe _{0.5} O ₃	
基底	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面改性层	3-8 摩尔% Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
陶瓷密封	3-5 摩尔% Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 或 4-摩尔% Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
电池 ASR, 欧姆·cm ²		0.24
互连体 ASR, 欧姆·cm ²		0.05-0.06
测试期限, 小时		8000
实例: PCT63A&B		
图 16		

表 7

	通用组成	特定组成
阳极		
阳极导电层		
阴极		
阴极导电层		
电解质		
不贯通主要导体	Pt-YSZ-SrZrO ₃ 78.8%Pt-11.1%3YSZ-10.1%SrZrO ₃	
阳极侧的辅助导体		
阴极侧的辅助导体		
基底		
基底表面改性层		
陶瓷密封		
电池 ASR, 欧姆·cm ²		
互连体 ASR, 欧姆·cm ²		
实例: 未在实际 SOFC		
测试制品中测试, 丸粒制剂		

表 8

	常规组合物	特定组合物
阳极	NiO-YSZ (NiO=55-75 重量%)	
阳极导电层	Pd-NiO-(Mg _{1-x} Ni _x)Al ₂ O ₃	
阴极	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-y} (x=0.1-0.3) -3YSZ	
阴极导电层	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-y} (x=0.1-0.3)	
电解质	3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
不贯通主要导体	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36%Pt-36%Pd-25.2%3YSZ-2.8%La ₂ O ₃
阳极侧的辅助导体	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36%Pt-36%Pd-25.2%3YSZ-2.8%La ₂ O ₃
阴极侧的辅助导体	La _{1-x} Sr _x MnO _{3-y} (x=0.1-0.3)	
基底	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
基底表面改性层	3-8 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
陶瓷密封	3-5 摩尔%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ 或 4-摩尔%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
电池 ASR, 欧姆·cm ²		0.3-0.34
互连体 ASR, 欧姆·cm ²		0.04-0.07
实例: PCT57		

[0142] 本发明的实施方案包括一种燃料电池系统,其包含:电解质;第一电化学电池,该第一电化学电池具有第一阳极和通过所述电解质与所述第一阳极在第一方向上间隔分开

的第一阴极,所述电解质构造用于在所述第一方向上将氧离子从所述第一阴极通到所述第一阳极;第二电化学电池,该第二电化学电池具有第二阳极,通过所述电解质与所述第二阳极在所述第一方向上间隔分开的第二阴极,所述电解质构造用于在所述第一方向上将氧离子从所述第二阴极通到所述第二阳极;互连体,该互连体构造用于将电子流从所述第一阳极传导到所述第二阴极;和至少一个化学屏障,该化学屏障配置用于阻止或减少所述互连体的所述至少一部分和与所述互连体电连通的至少一个组件之间的物质迁移。

[0143] 在一个改进中,与所述互连体电连通的所述至少一个组件为所述第一阳极和所述第二阴极至少之一。

[0144] 在另一个改进中,所述互连体包括配置用于在不同于所述第一方向的第二方向上传导所述电子流的导体。

[0145] 在又一个改进中,所述第二方向基本垂直于所述第一方向。

[0146] 在又一个改进中,所述第二阳极与所述第一阳极在基本垂直于第一方向的第三方向上间隔分开,其中第二方向也基本垂直于所述第三方向。

[0147] 在又一个改进中,所述互连体包括布置于所述电解质内且配置用于在不同于所述第一方向的第二方向上传导所述电子流的不贯通主要导体。

[0148] 在又一个改进中,所述互连体进一步包括:第一不贯通辅助导体,该第一不贯通辅助导体构造用于在所述第一阳极和所述不贯通主要导体之间传导电能;和第二不贯通辅助导体,该第二不贯通辅助导体构造用于在所述不贯通主要导体和所述第二阴极之间传导电能。

[0149] 在又一个改进中,所述燃料电池系统还包含:与所述第一阳极邻接的阳极导电层;和与所述第二阴极邻接的阴极导电层,其中将所述第一不贯通辅助导体和所述第二不贯通辅助导体至少之一配置为所述化学屏障;且其中与所述互连体电连通的所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

[0150] 在又一个改进中,所述燃料电池系统还包含:与所述第一阳极和所述互连体邻接的阳极导电层;和与所述第二阴极和所述互连体邻接的阴极导电层,其中与所述互连体电连通的所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

[0151] 在又一个改进中,所述化学屏障为导电的。

[0152] 在又一个改进中,所述化学屏障为贵金属金属陶瓷。

[0153] 在又一个改进中,所述化学屏障为Ni金属陶瓷和Ni-贵金属金属陶瓷中的一个。

[0154] 在又一个改进中,所述化学屏障为导电陶瓷。

[0155] 本发明的实施方案包括一种燃料电池系统,其包含:多个电化学电池,每个电化学电池由阳极、与所述阳极间隔分开的阴极和布置于所述阳极和所述阴极之间的电解质层;在电邻接的电化学电池对之间电偶联的互连体,所述互连体将一个电化学电池的所述阳极与另一个电化学电池的所述阴极电偶联;和电气上布置于所述互连体与所述阳极和所述阴极至少之一之间的导电化学屏障,其中将所述导电化学屏障构造用于减少所述互连体与所述阳极和所述阴极中所述至少之一之间的物质迁移。

[0156] 在一个改进中,所述阳极包括阳极层和阳极导电层,其中所述阳极导电层与所述导电化学屏障电偶联,且其中所述阳极层与所述阳极导电层电偶联。

[0157] 在另一个改进中,所述导电化学屏障为Ni金属陶瓷和Ni-贵金属金属陶瓷中的一

个。

[0158] 在又一个改进中,所述Ni-贵金属金属陶瓷具有的贵金属相为以下之一:Ag、Au、Pd、Pt、Ag-Pd、Ag-Au、Ag-Pt、Au-Pd、Au-Pt、Pt-Pd、Ag-Au-Pd、Ag-Au-Pt和Ag-Au-Pd-Pt。

[0159] 在又一个改进中,所述Ni-贵金属金属陶瓷的陶瓷相为以下至少之一:YSZ、ScSZ、掺杂的氧化铈、氧化铝和TiO₂。

[0160] 在又一个改进中,所述导电化学屏障为导电陶瓷。

[0161] 在又一个改进中,所述导电陶瓷为以下之一:掺杂的氧化铈、掺杂的钛酸锶、掺杂的氧化钇亚铬酸盐和掺杂的亚铬酸镧。

[0162] 在又一个改进中,所述掺杂的亚铬酸镧为LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)。

[0163] 在又一个改进中,所述LSCM为La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃。

[0164] 在又一个改进中,所述阴极包括阴极层和阴极导电层,其中所述阴极导电层与所述互连体电偶联,且其中所述阴极层与所述阴极导电层电偶联。

[0165] 在又一个改进中,所述导电化学屏障为贵金属金属陶瓷。

[0166] 在又一个改进中,所述贵金属金属陶瓷具有的金属相为以下之一:Ag、Au、Pd、Pt、Ag-Pd、Ag-Au、Ag-Pt、Au-Pd、Au-Pt、Pt-Pd、Ag-Au-Pd、Ag-Au-Pt和Ag-Au-Pd-Pt。

[0167] 在又一个改进中,所述贵金属金属陶瓷具有的陶瓷相为以下至少之一:YSZ、ScSZ、LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃)、LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃)、LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)和NTZ(NiO-TiO₂-YSZ/ScSZ)。

[0168] 在又一个改进中,所述导电化学屏障为导电陶瓷。

[0169] 在又一个改进中,所述导电陶瓷为以下至少之一:掺杂的氧化铈LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃)、LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃)、掺杂的亚铬酸钇和掺杂的亚铬酸镧。

[0170] 在又一个改进中,所述掺杂的亚铬酸镧为LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)。

[0171] 在又一个改进中,所述LSCM为La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃。

[0172] 在又一个改进中,所述互连体包括嵌入所述电解质层内的部分。

[0173] 本发明的实施方案包括一种燃料电池系统,其包含:电解质;第一电化学电池,该第一电化学电池具有第一阳极和通过所述电解质与所述第一阳极间隔分开的第一阴极;第二电化学电池,该第二电化学电池具有第二阳极、通过所述电解质与所述第二阳极间隔分开的第二阴极;互连体,该互连体构造用于将电子流从所述第一阳极传导到所述第二阴极;和至少一个化学屏障,该化学屏障配置用于阻止或减少所述互连体的所述至少一部分和与所述互连体电连通的至少一个组件之间的物质迁移。

[0174] 在一个改进中,与所述互连体电连通的所述至少一个组件为所述第一阳极和所述第二阴极至少之一。

[0175] 在另一个改进中,所述燃料电池系统还包含:电气上布置于所述第一阳极和所述互连体之间的阳极导电层;和电气上布置于所述第二阴极和所述互连体之间的阴极导电层,其中与所述互连体电连通的所述至少一个组件为所述阳极导电层和所述阴极导电层至少之一。

[0176] 在又一个改进中,所述化学屏障为导电的。

[0177] 在又一个改进中,所述化学屏障为贵金属金属陶瓷。

[0178] 在又一个改进中,所述化学屏障为Ni金属陶瓷和Ni-贵金属金属陶瓷中的一个。

[0179] 在又一个改进中,所述化学屏障为导电陶瓷。

[0180] 在又一个改进中,所述互连体包括嵌入所述电解质层内的部分。

[0181] 虽然已经结合目前认为最实用和优选的实施方案来描述本发明,但应理解本发明不限于公开的实施方案,而是相反地,其旨在覆盖包括在所附权利要求的宗旨和范围内的各种修改和等价安排,所述范围与最宽泛的解释一致,以在法律允许下包含所有这些修改和等价结构。此外应理解,虽然在以上描述中使用单词“可优选”、“优选地”或“优选的”表明可能更期望如此描述的特征,但是其可能不是必要的,而且缺乏所述特征的任何实施方案可预期在本发明的范围内,所述范围由下文权利要求限定。在阅读权利要求时,预期当使用词语例如“一个”、“至少一个”和“至少一部分”时,不旨在将权利要求限制为仅一个物品,除非在权利要求中明确声明相反情况。此外,当使用用语“至少一部分”和/或“一部分”时,所述物品可包括一部分和/或整个物品,除非明确声明相反情况。

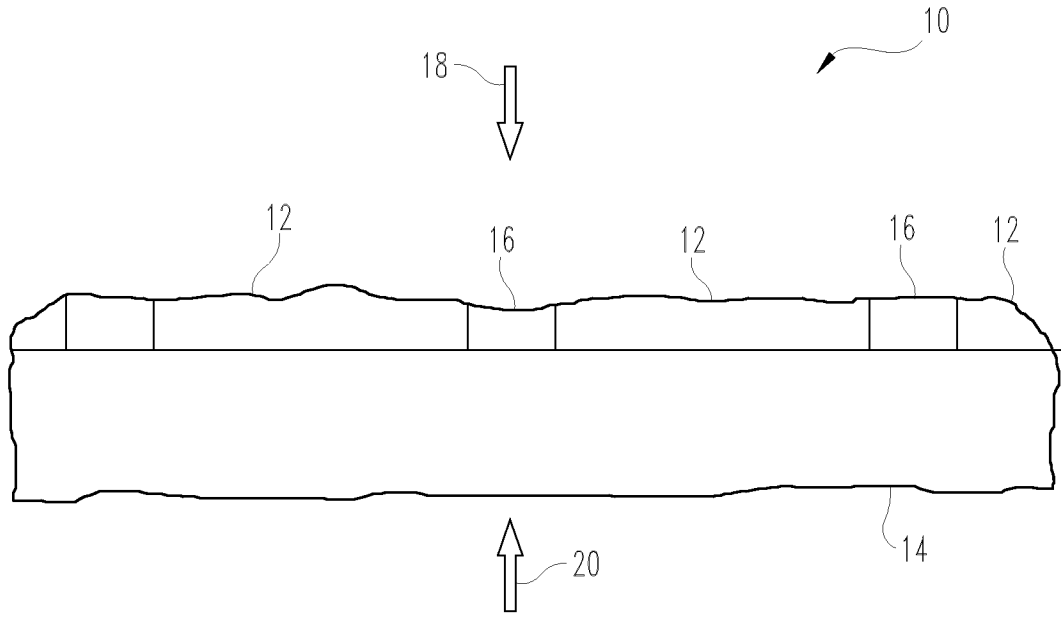


图 1

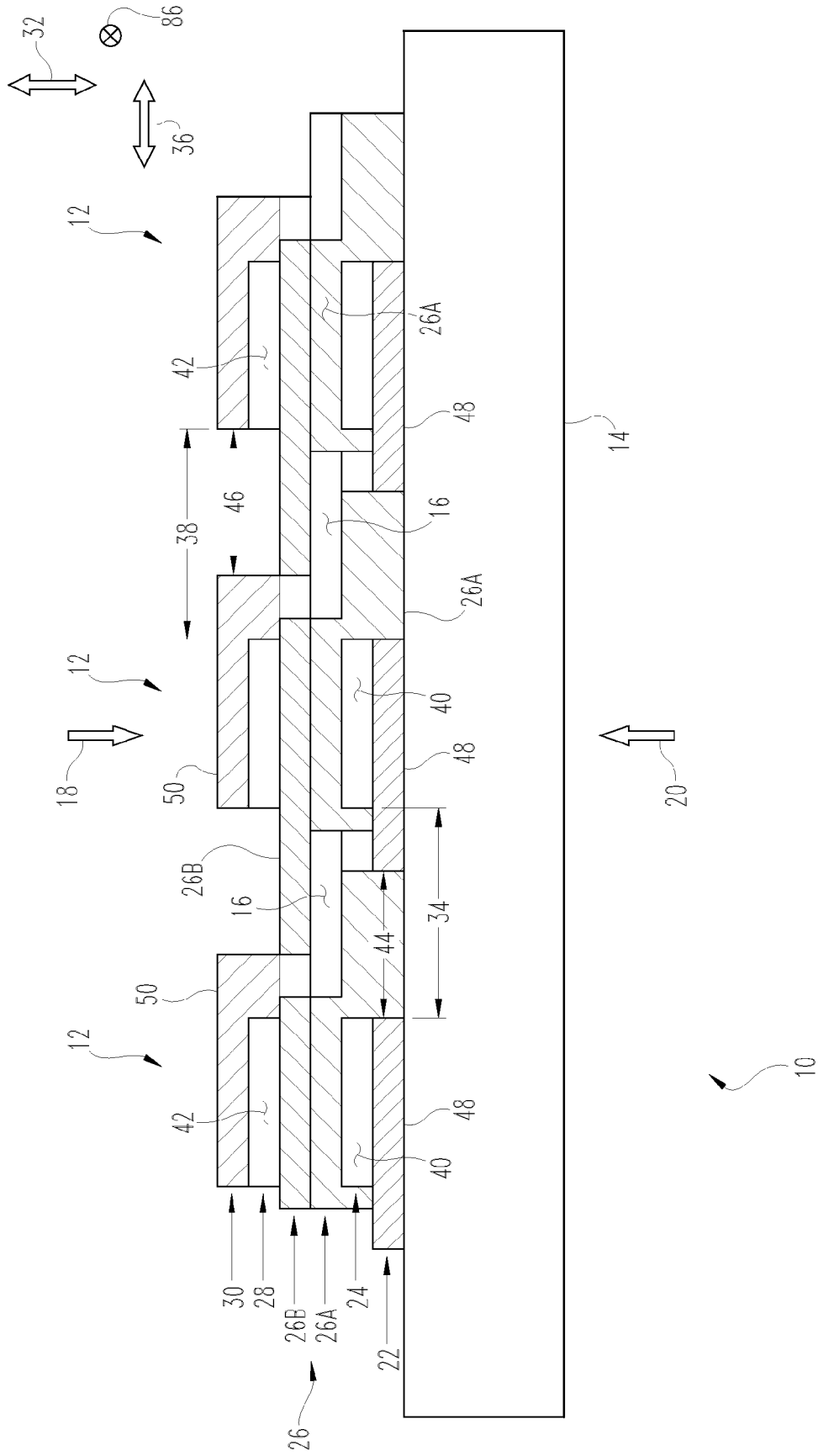


图 2

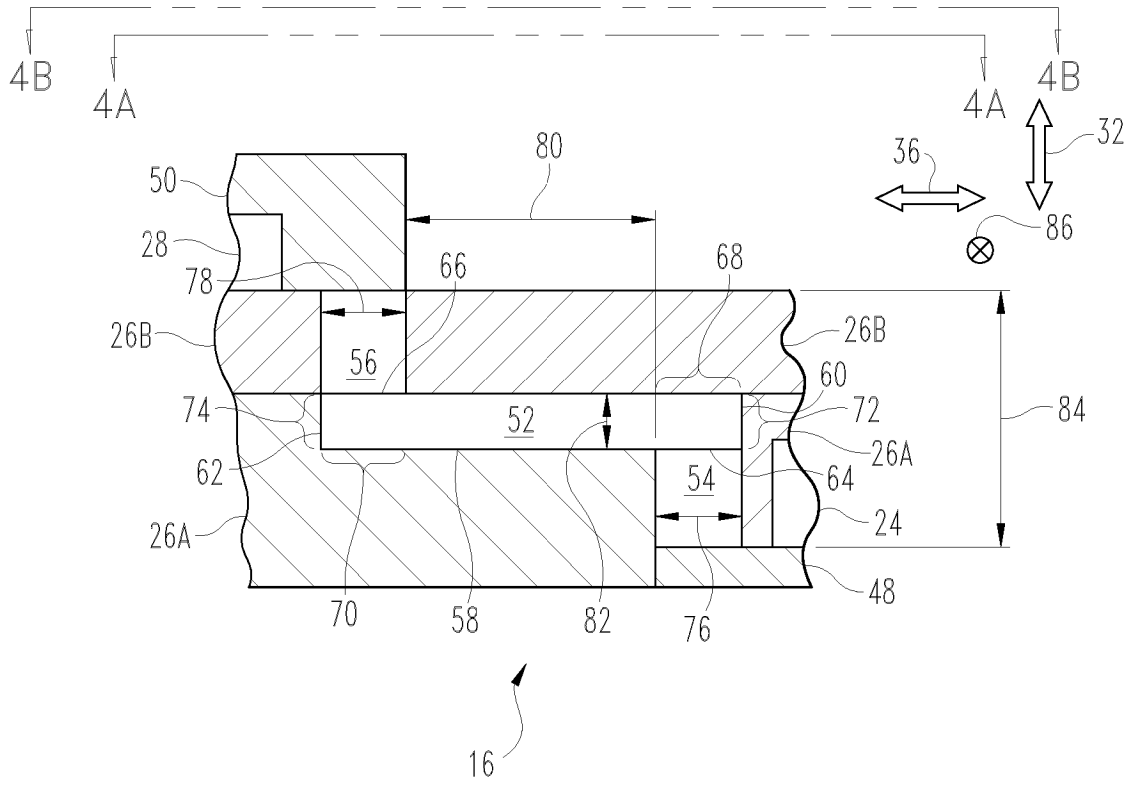


图 3

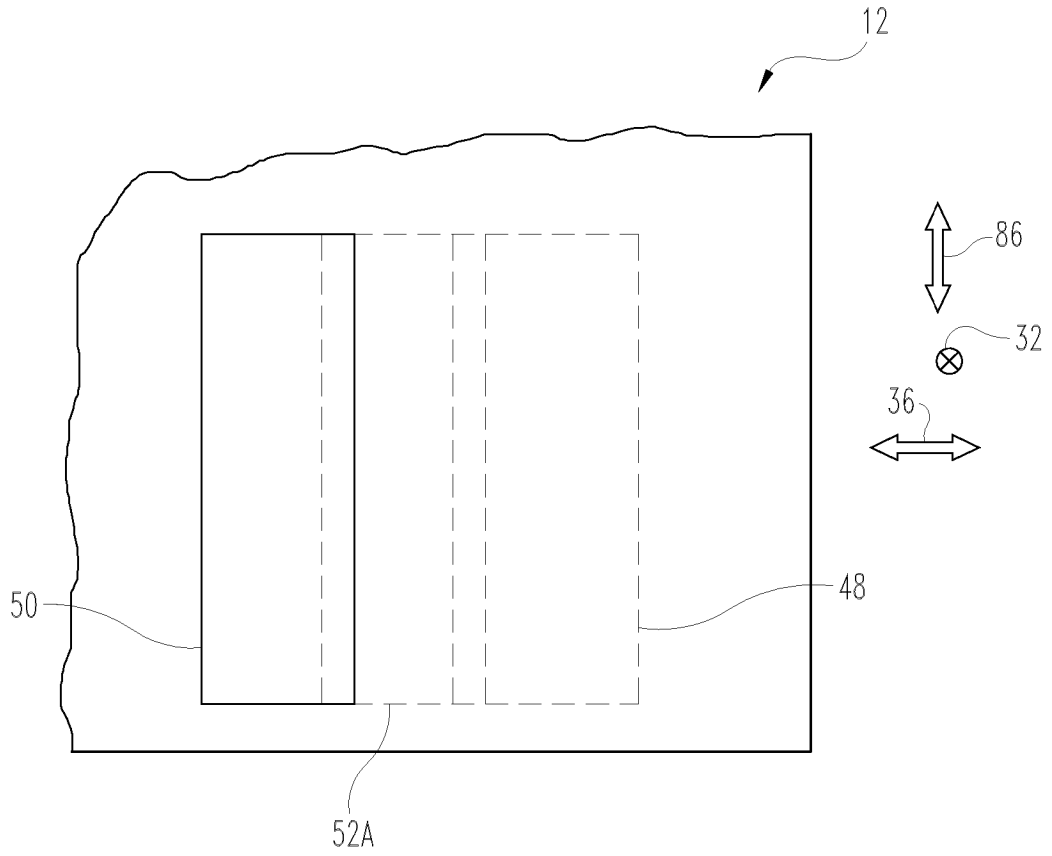


图 4A

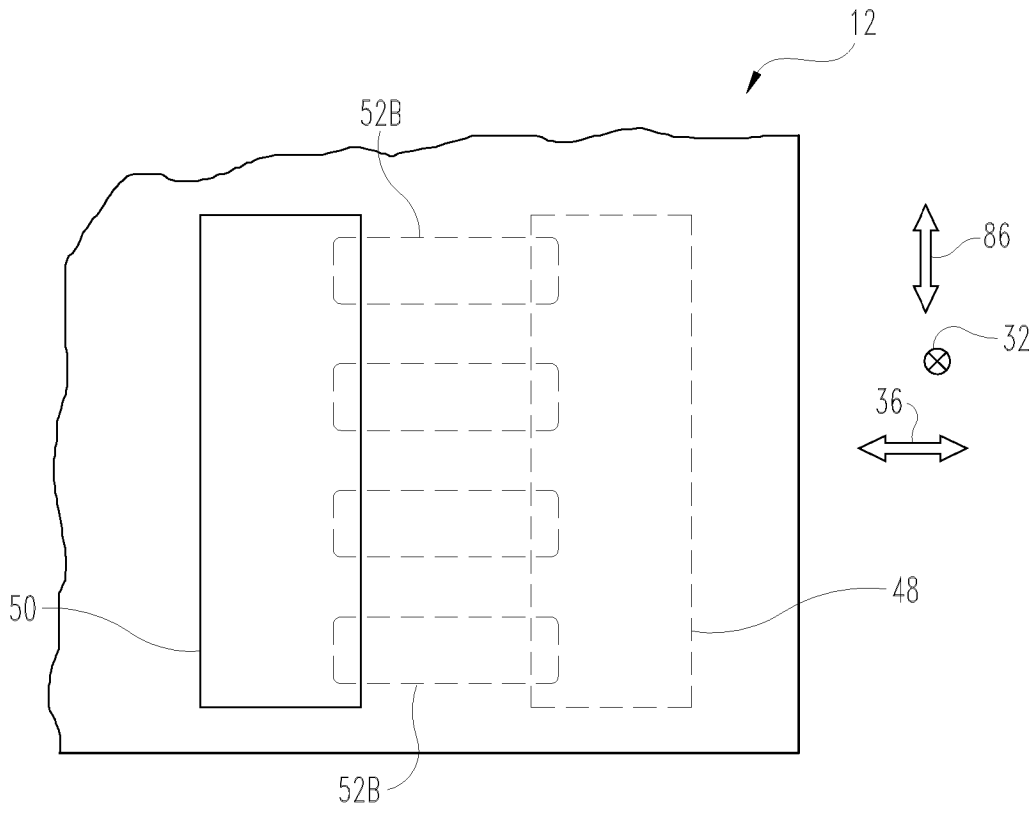


图 4B

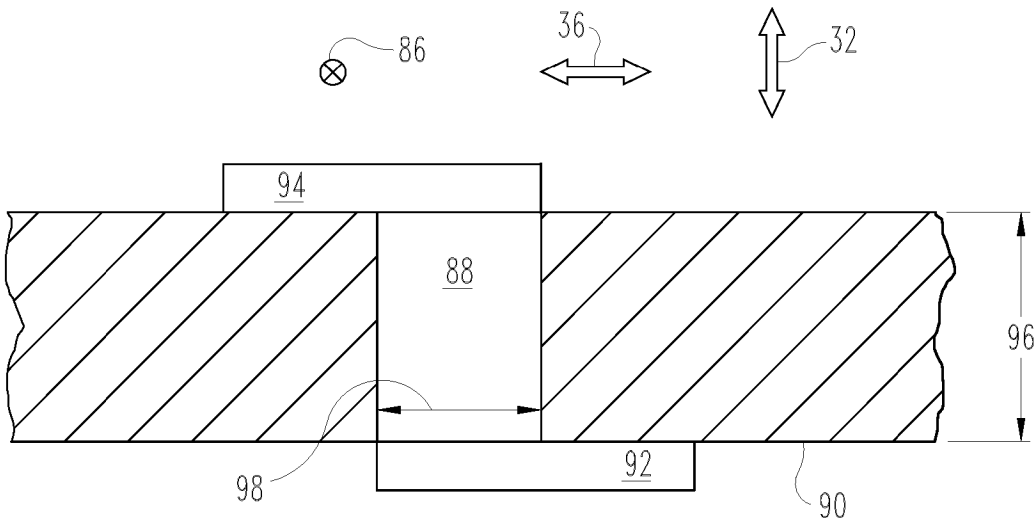


图 5

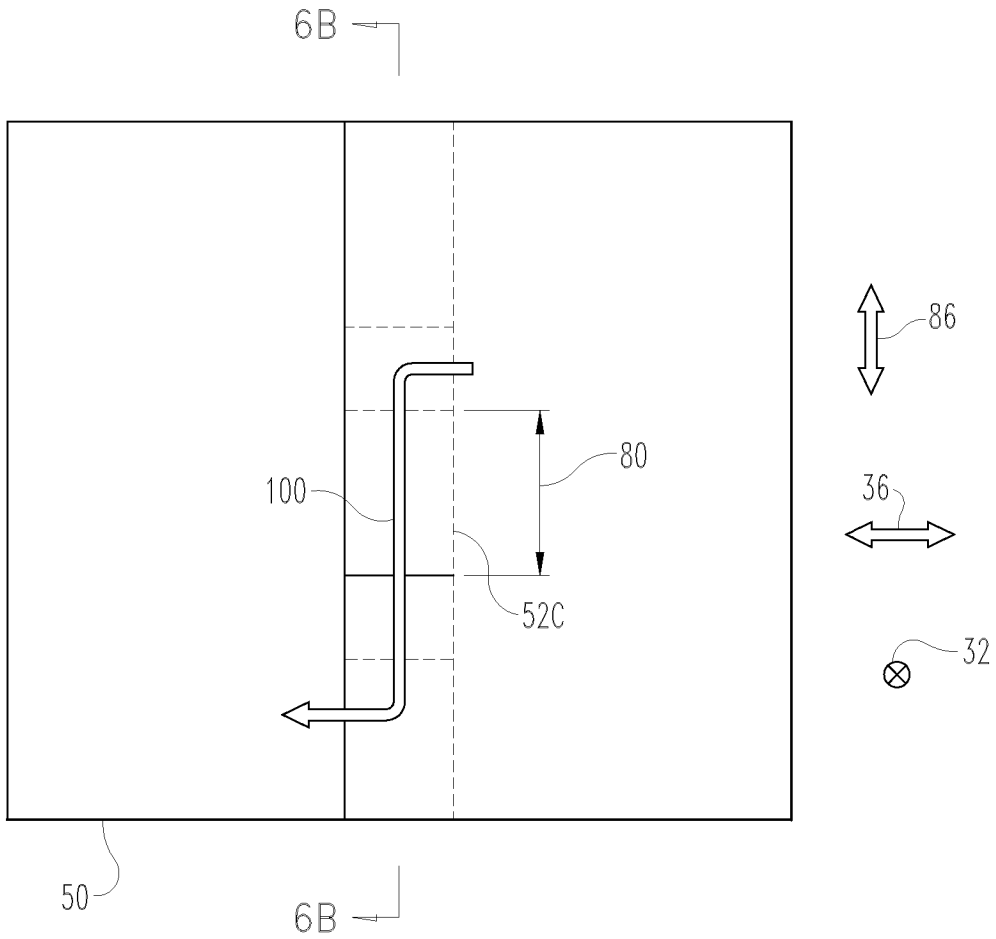


图 6A

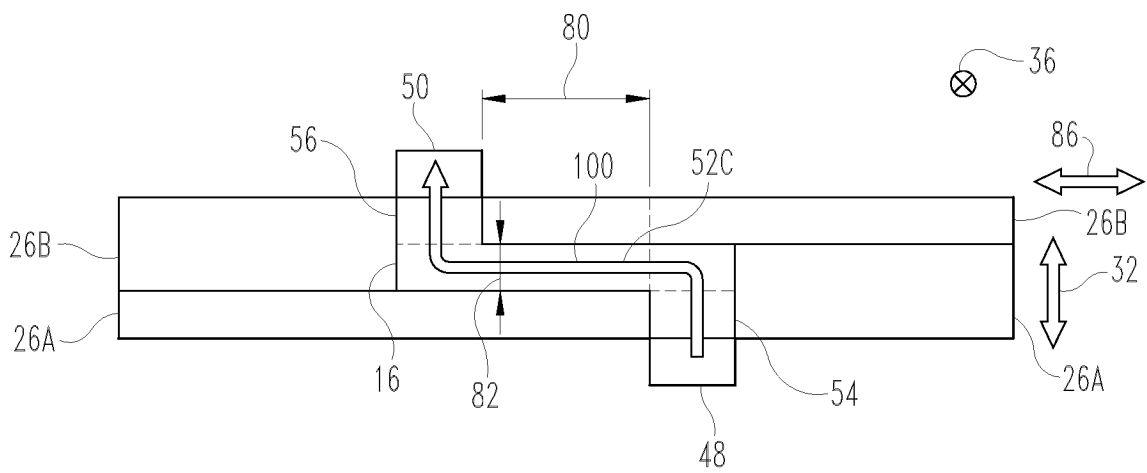


图 6B

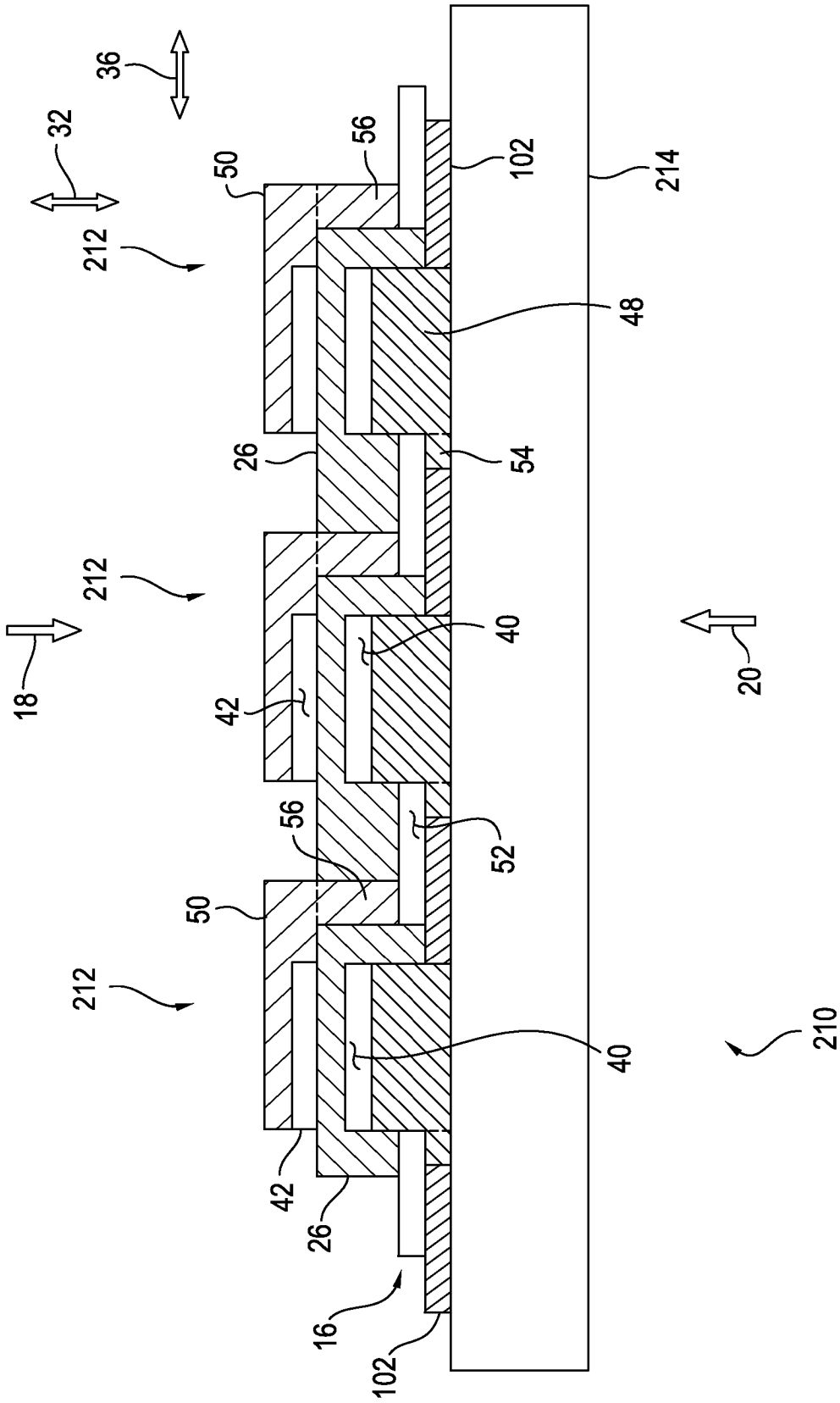


图 7

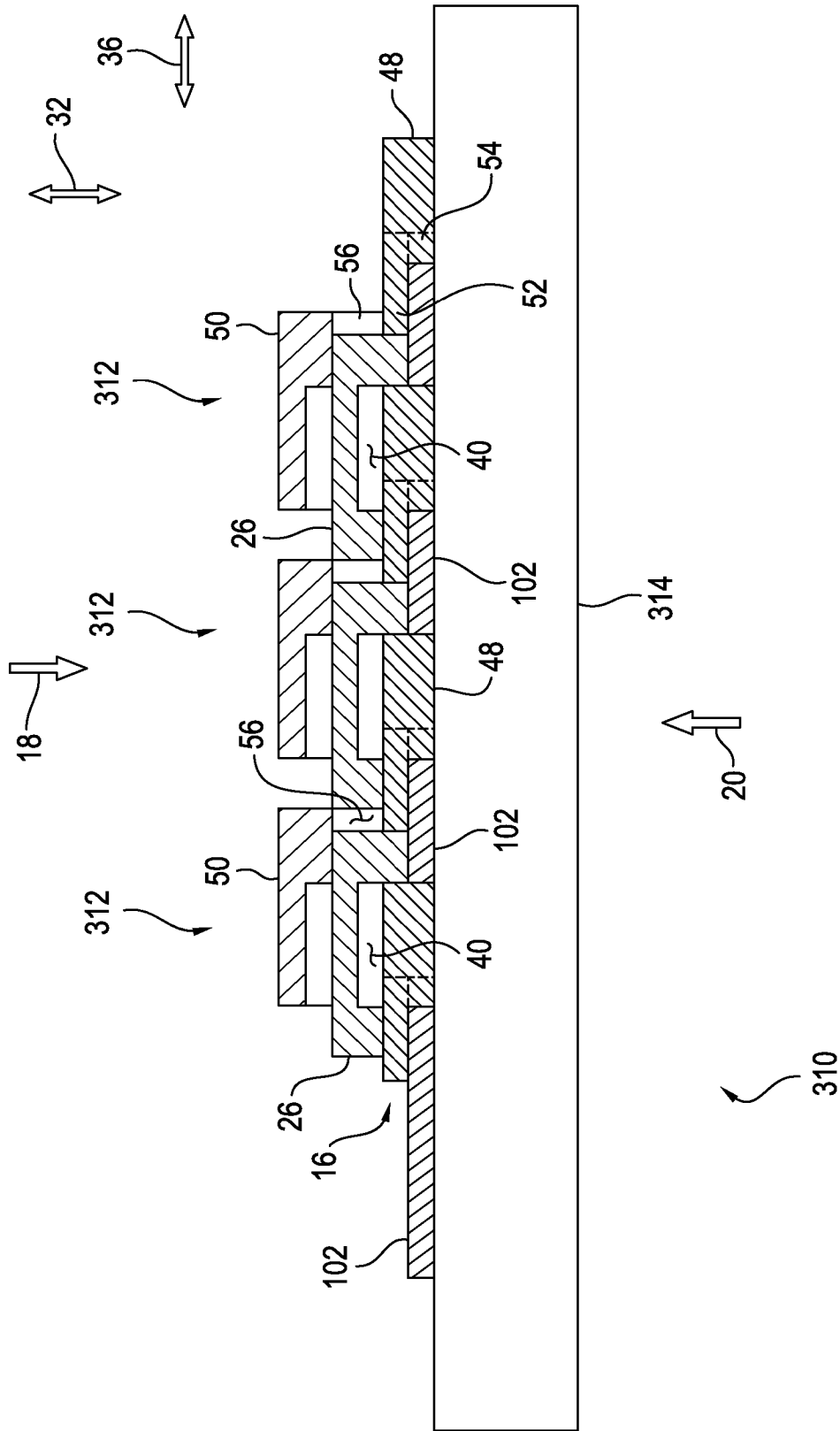


图 8

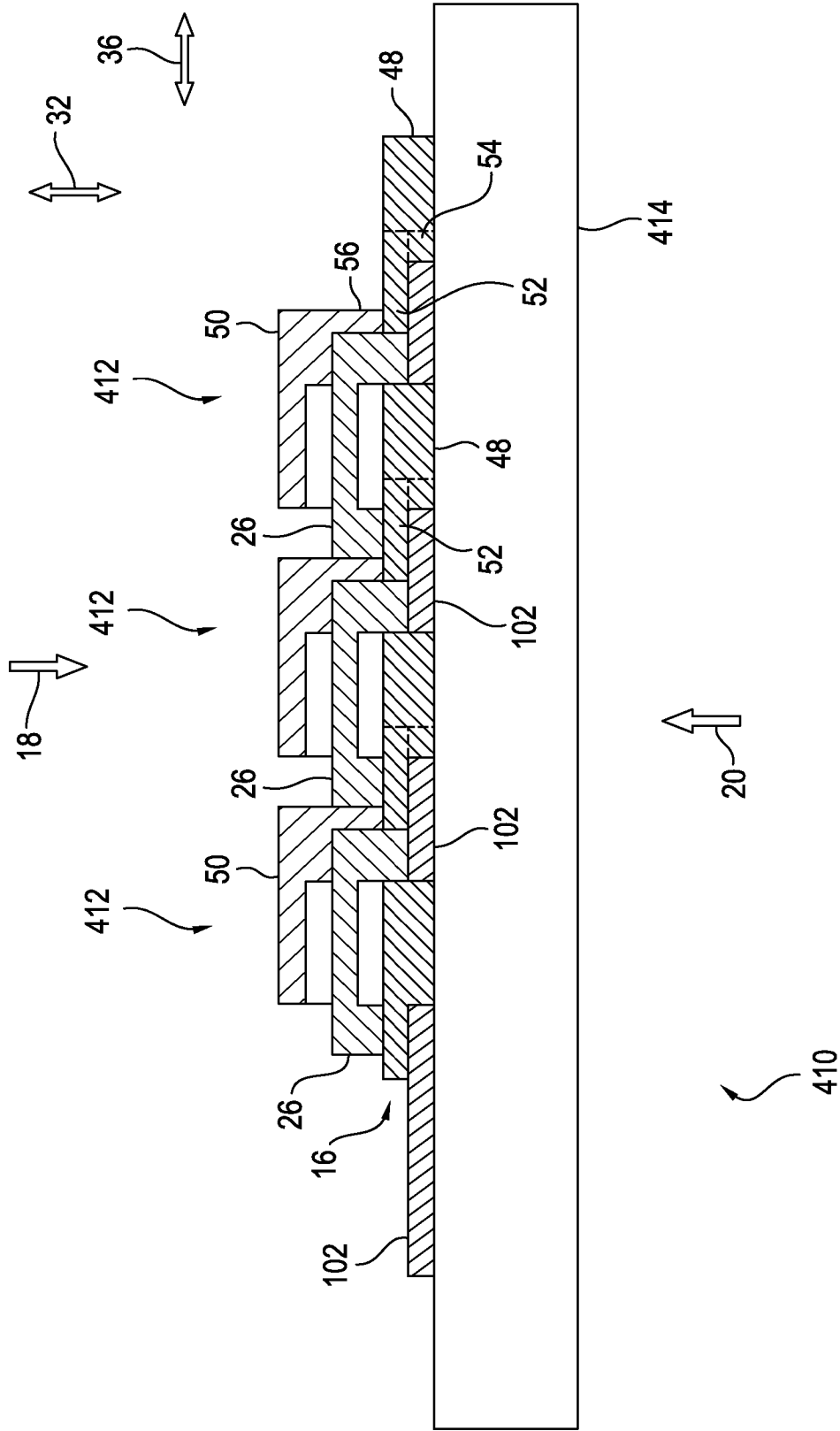


图 9

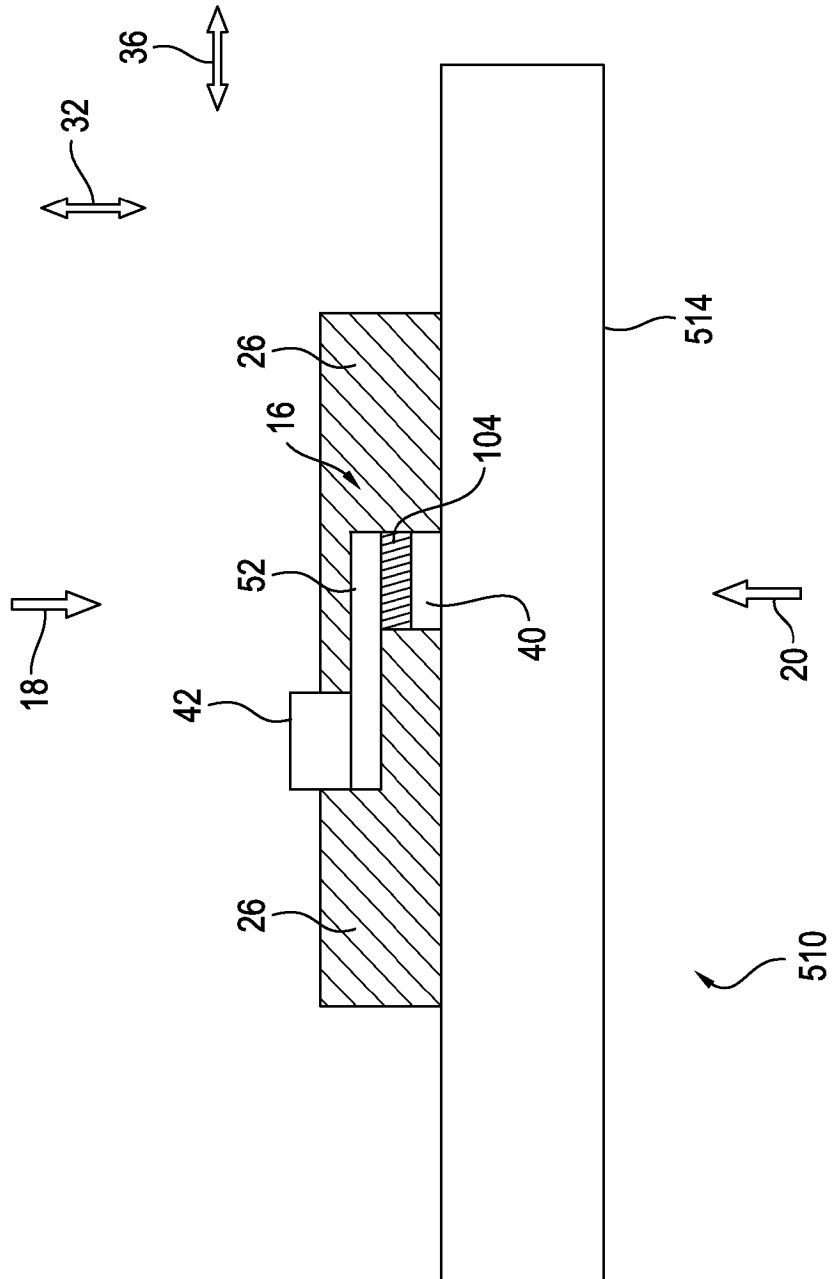


图 10

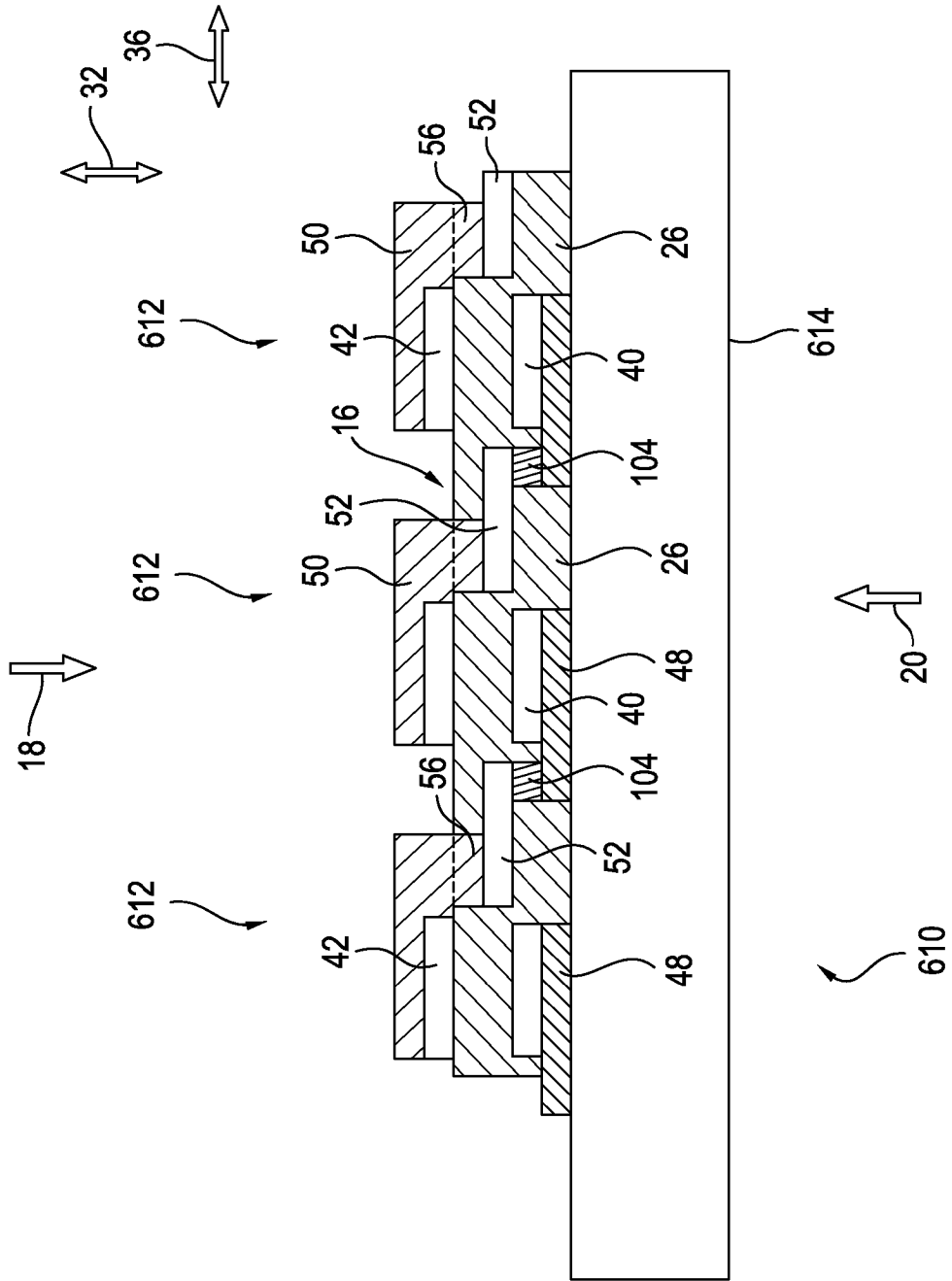


图 11

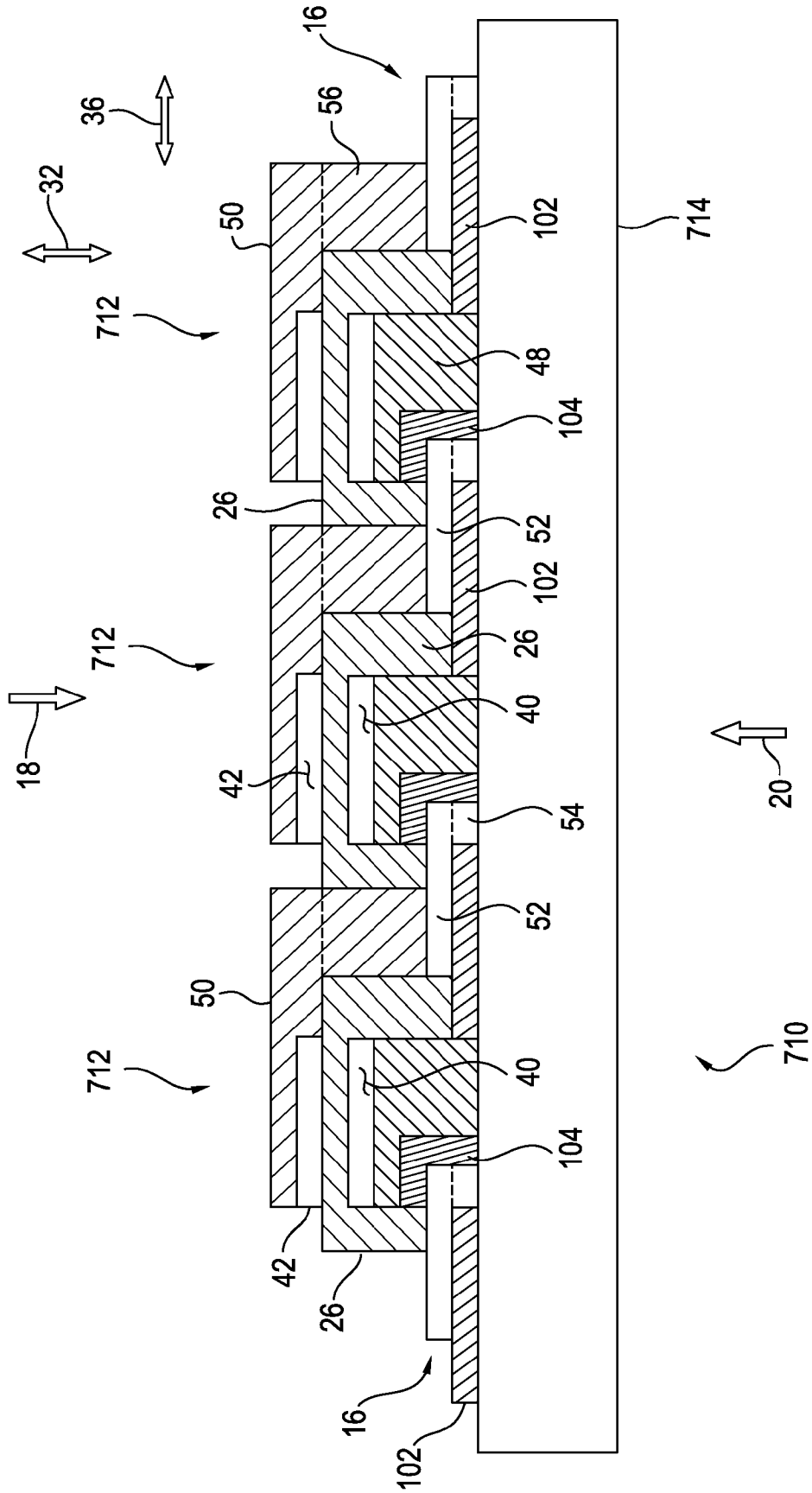


图 12

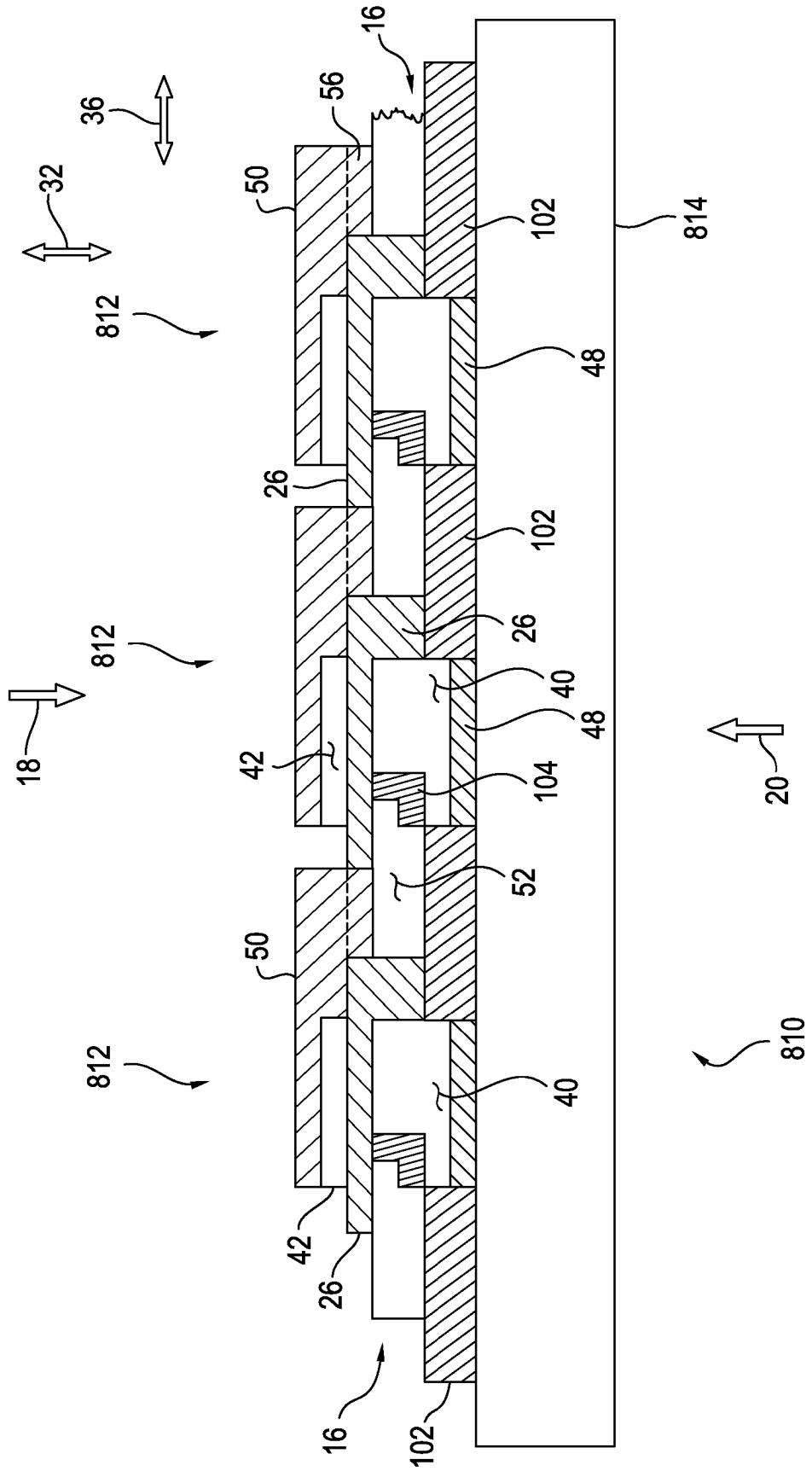


图 13

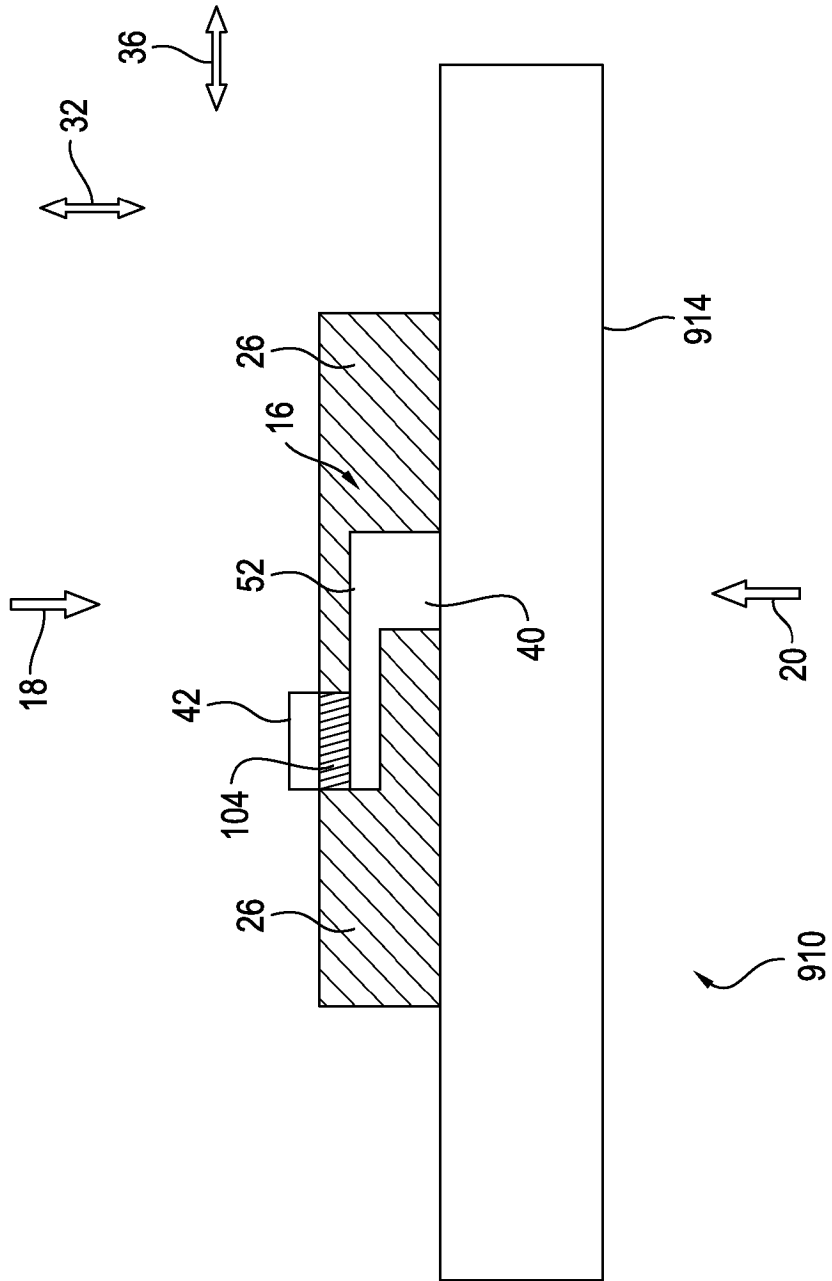


图 14

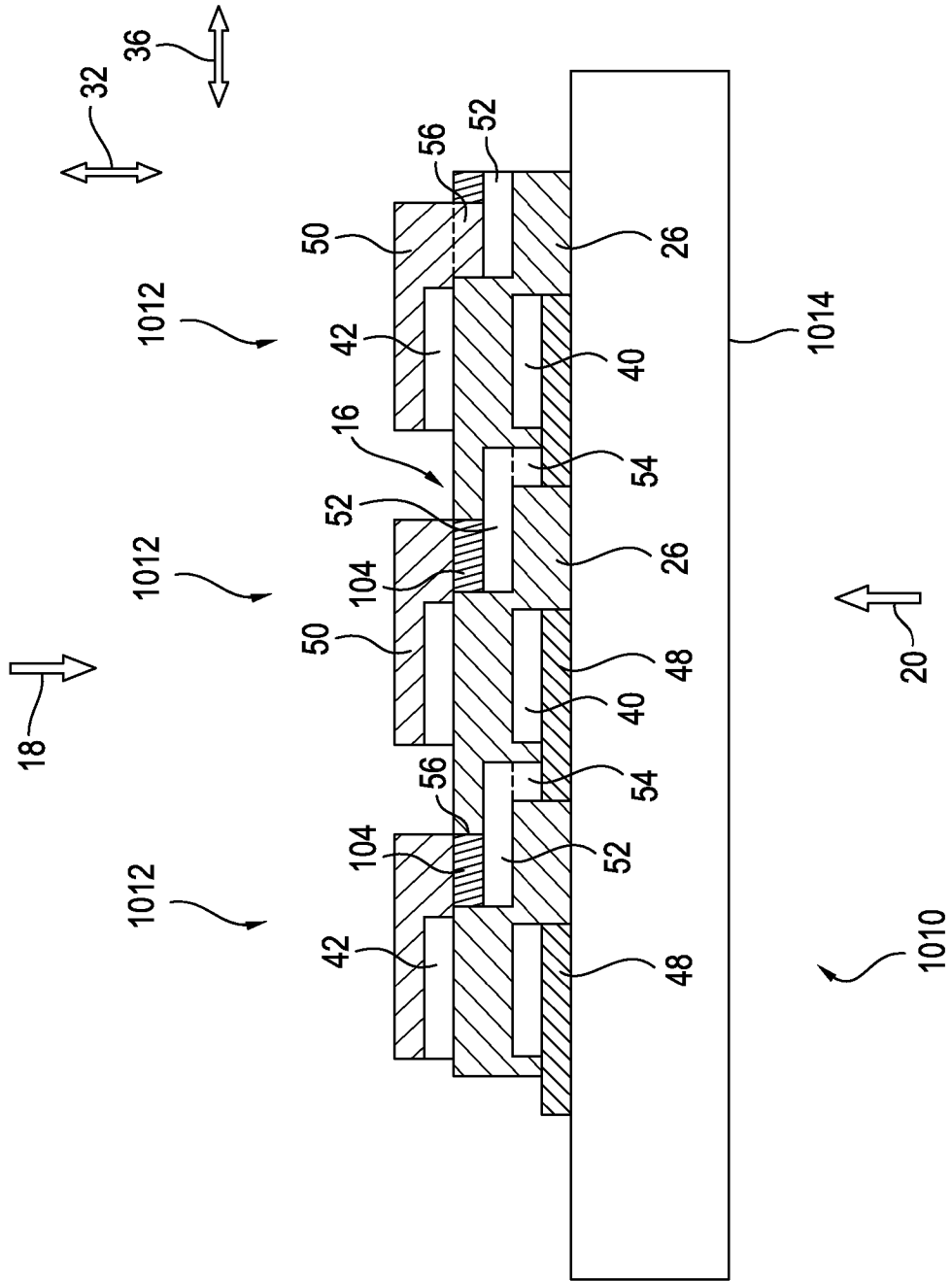


图 15

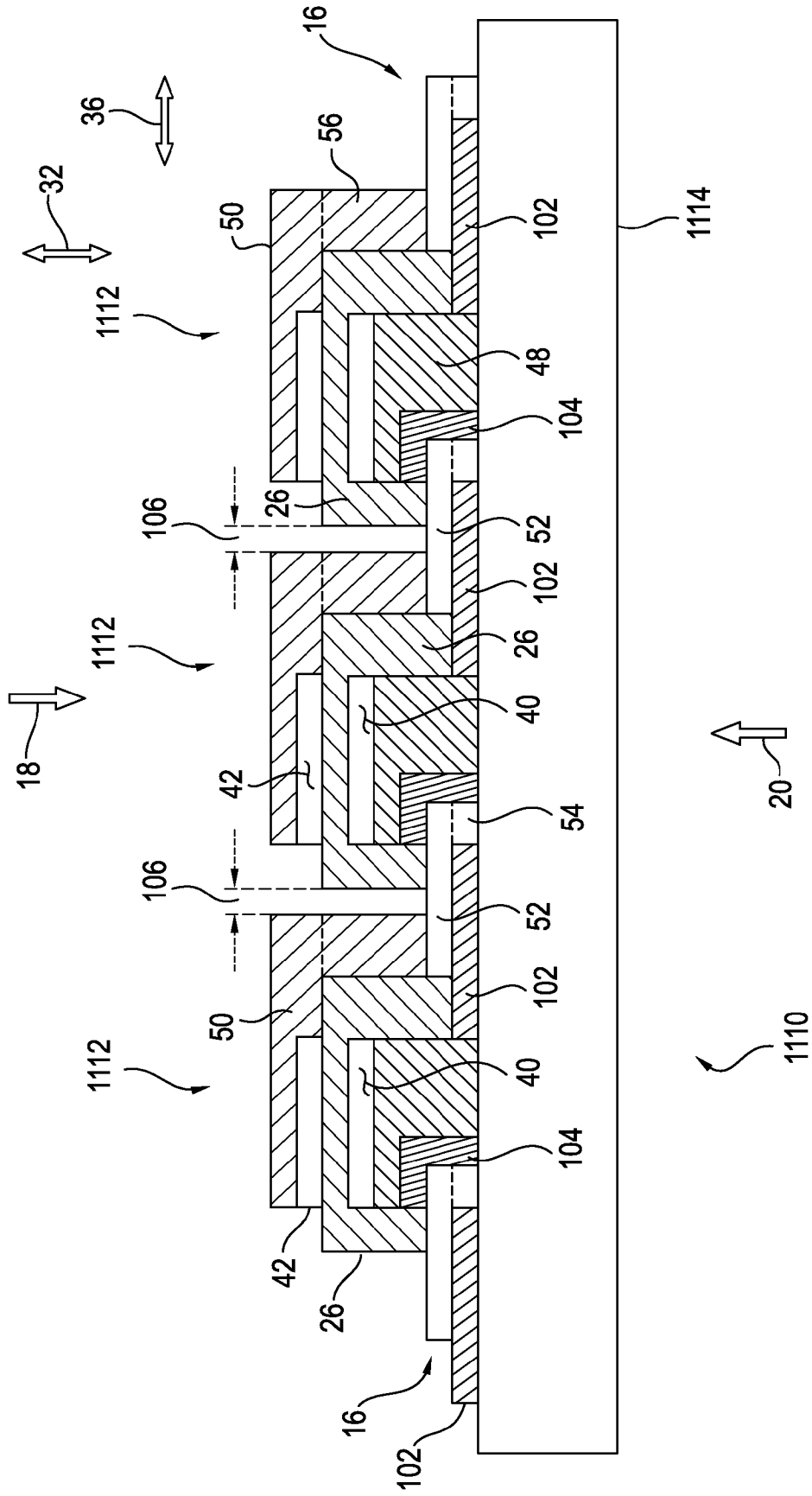


图 16

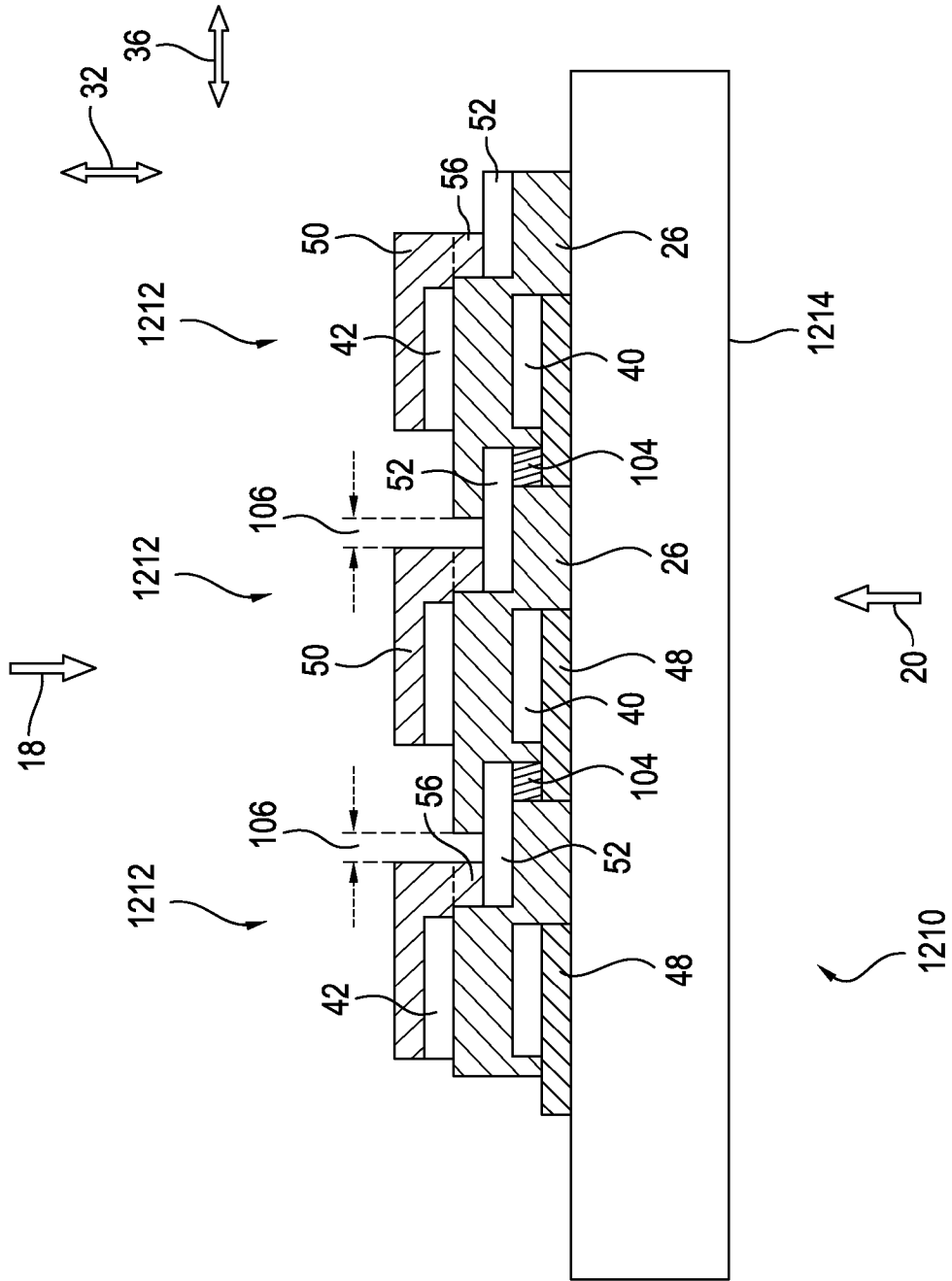


图 17

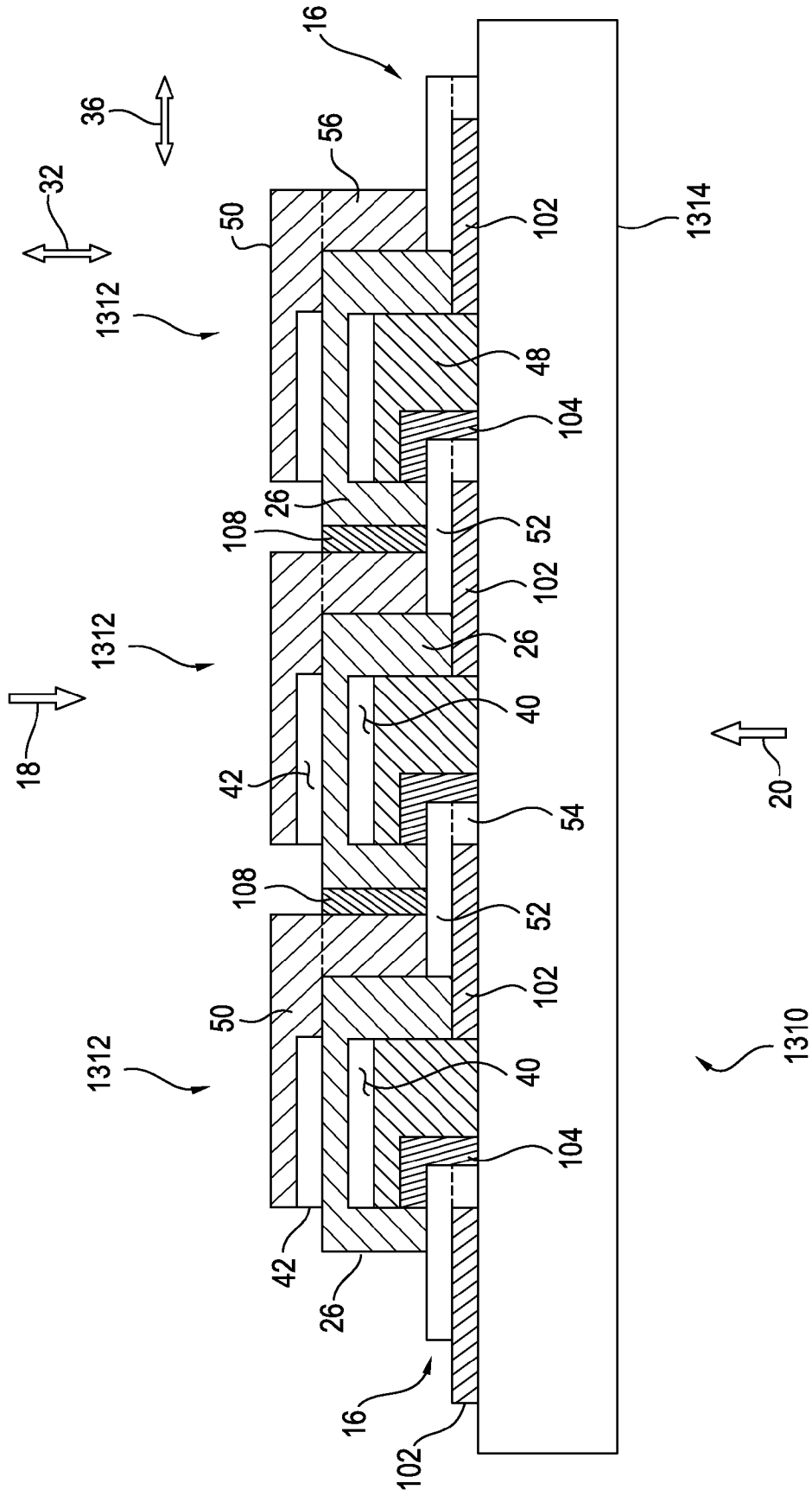


图 18

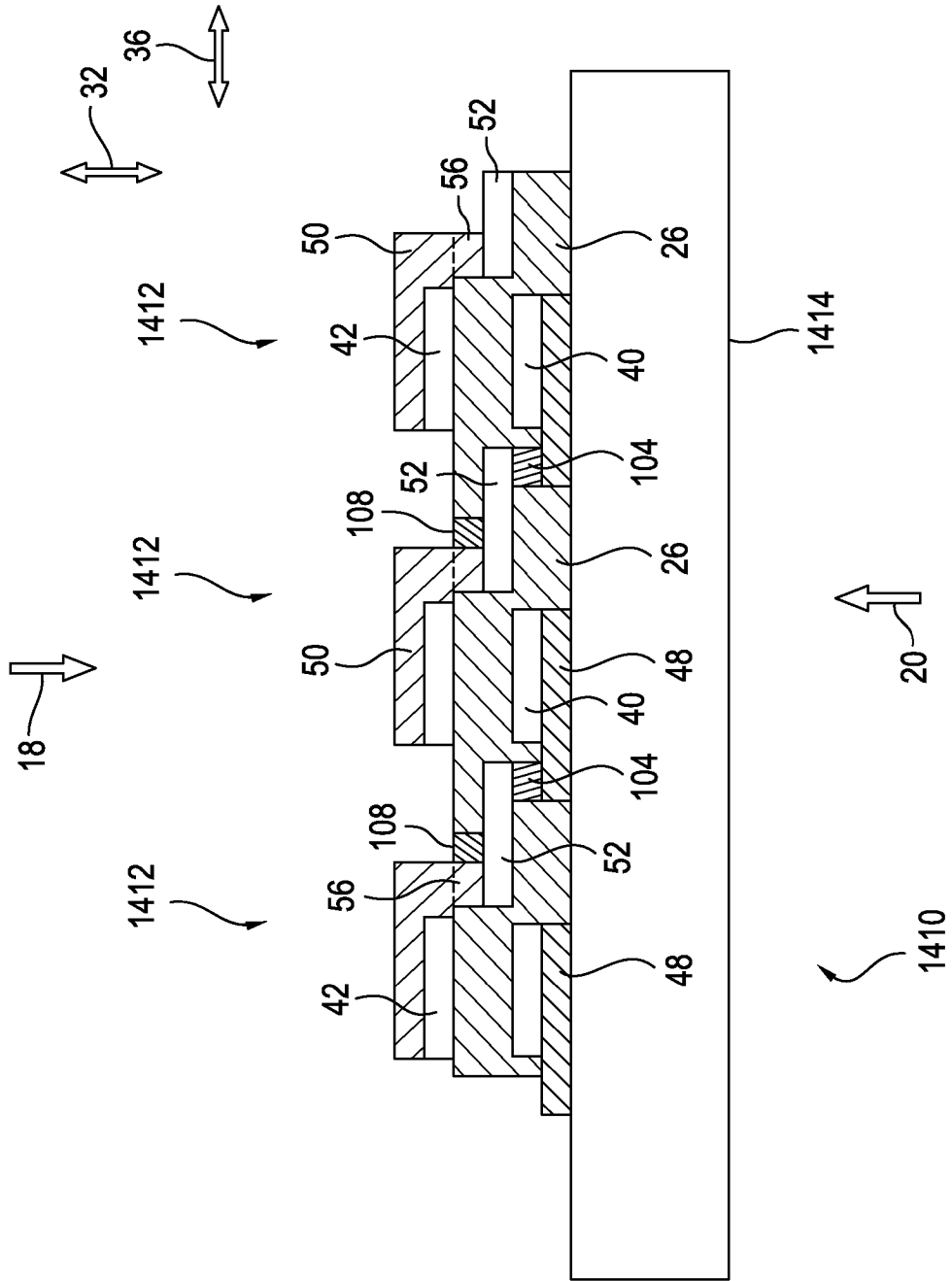


图 19