



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105122405 B

(45)授权公告日 2018.05.22

(21)申请号 201480015494.9

(22)申请日 2014.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105122405 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(30)优先权数据  
61/785,952 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2014/025553 2014.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/159976 EN 2014.10.02

(73)专利权人 麦斯韦尔技术股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 波特·米切尔  
托马斯·J·多尔蒂

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240  
代理人 梁丽超 陈鹏

(51)Int.Cl.  
H01G 11/12(2006.01)  
H01G 11/28(2006.01)  
H01G 11/68(2006.01)  
H01G 11/80(2006.01)

(56)对比文件  
US 6377441 B1,2002.04.23,  
US 3652902 A,1972.03.28,  
US 2003/0152831 A1,2003.08.14,  
WO 2012/149467 A1,2012.11.01,

审查员 张艳辉

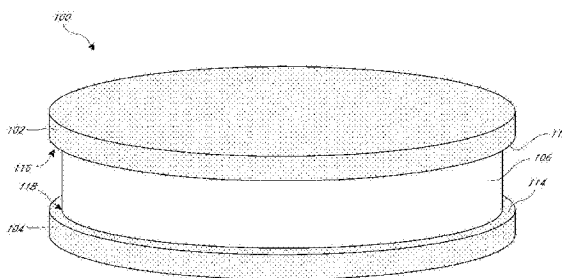
权利要求书2页 说明书12页 附图9页

(54)发明名称

用于能量存储设备的电极石墨膜和电极分配环

(57)摘要

能量存储设备能够具有第一石墨膜(102)、第二石墨膜(104)、以及位于第一石墨膜与第二石墨膜之间的电极分配环(106),从而形成密封外壳。能量存储设备可以与含水电解质或者非水电解质兼容。形成能量存储设备的方法可以包括提供电极分配环、第一石墨膜、以及第二石墨膜。该方法可包括将电极分配环的第一边缘压入第一石墨膜的表面,以及将电极分配环的第二相对边缘压入第二石墨膜的表面以形成密封外壳。密封外壳可具有作为第一石墨膜的表面和第二石墨膜的表面的相对表面。



1. 一种能量存储设备,包括:

第一石墨膜;

第二石墨膜;以及

电极分配环,所述电极分配环设置在所述第一石墨膜与所述第二石墨膜之间,其中,所述第一石墨膜、所述第二石墨膜、以及所述电极分配环形成密封外壳;

其中,所述电极分配环的第一边缘的至少一部分延伸至所述第一石墨膜中并且所述电极分配环的第二相对边缘的至少一部分延伸至所述第二石墨膜中,使得所述电极分配环嵌入所述第一石墨膜和所述第二石墨膜中。

2. 根据权利要求1所述的能量存储设备,其中,所述第一边缘和所述第二相对边缘中的至少一个包括突起部分和凹陷部分中的至少一个。

3. 根据权利要求2所述的能量存储设备,其中,所述突起部分和所述凹陷部分中的至少一个沿着电极分配环边缘的整体长度延伸。

4. 根据权利要求1所述的能量存储设备,进一步包括面向所述电极分配环的所述第一石墨膜的表面上的第一电极膜,以及面向所述电极分配环的所述第二石墨膜的表面上的第二电极膜。

5. 根据权利要求4所述的能量存储设备,进一步包括在所述第一电极膜与所述第二电极膜之间的隔膜。

6. 根据权利要求4所述的能量存储设备,其中,所述第一电极膜和所述第二电极膜中的至少一个进一步包括活性碳材料、石墨烯材料、以及氧化物材料中的至少一种。

7. 根据权利要求1所述的能量存储设备,进一步包括含水电解质。

8. 根据权利要求1所述的能量存储设备,进一步包括非水电解质。

9. 根据权利要求1所述的能量存储设备,其中,所述能量存储设备包括超级电容器。

10. 根据权利要求1所述的能量存储设备,其中,所述能量存储设备包括电池。

11. 一种能量存储系统,包括:

多个个体能量存储设备,所述多个个体能量存储设备在叠层配置中一个位于下一个的上面;

其中,所述多个个体能量存储设备中的至少一个包括:

第一石墨膜;

第二石墨膜;以及

电极分配环,所述电极分配环设置在所述第一石墨膜与所述第二石墨膜之间,其中,所述第一石墨膜、所述第二石墨膜、以及所述电极分配环形成密封外壳;

其中,所述电极分配环的第一边缘的至少一部分延伸至所述第一石墨膜中并且所述电极分配环的第二相对边缘的至少一部分延伸至所述第二石墨膜中,使得所述电极分配环嵌入所述第一石墨膜和所述第二石墨膜中。

12. 根据权利要求11所述的能量存储系统,其中,所述多个个体能量存储设备中的至少一个的所述第二石墨膜与邻近的个体能量存储设备的第一石墨膜邻近,并且其中,邻近的第一石墨膜与第二石墨膜电耦接,从而与所述邻近的个体能量存储设备通过电串联方式耦接。

13. 根据权利要求12所述的能量存储系统,其中,所述邻近的第一石墨膜与第二石墨膜

彼此直接接触。

14. 根据权利要求11所述的能量存储系统,进一步包括:在第一个体能量存储设备的第一石墨膜处耦接至多个个体能量存储设备的所述叠层的顶部的第一导电部件,以及在最后的个体能量存储设备的第二石墨膜处耦接至多个个体能量存储设备的所述叠层的底部的第二导电部件。

15. 根据权利要求11所述的能量存储系统,其中,所述多个个体能量存储设备的至少一个包括超级电容器。

16. 根据权利要求11所述的能量存储系统,其中,所述多个个体能量存储设备的至少一个包括电池。

17. 一种制造能量存储设备的方法,包括:

提供电极分配环、第一石墨膜、以及第二石墨膜;

将所述电极分配环的第一边缘压入所述第一石墨膜的表面;以及

将所述电极分配环的第二相对边缘压入所述第二石墨膜的表面以形成密封外壳,所述密封外壳具有作为所述第一石墨膜的表面和所述第二石墨膜的表面的相对表面;

其中,所述电极分配环的第一边缘的至少一部分延伸至所述第一石墨膜中并且所述电极分配环的第二相对边缘的至少一部分延伸至所述第二石墨膜中,使得所述电极分配环嵌入所述第一石墨膜和所述第二石墨膜中。

18. 根据权利要求17所述的方法,进一步包括:将第一电极膜附着至所述第一石墨膜的表面上以及将第二电极膜附着至所述第二石墨膜的表面上。

19. 根据权利要求18所述的方法,进一步包括:在将所述电极分配环的所述第二相对边缘压入所述第二石墨膜的表面以形成所述密封外壳之前,浸渍所述第一电极膜和所述第二电极膜。

20. 根据权利要求18所述的方法,进一步包括:在所述电极分配环内将隔膜放置在所述第一电极膜上。

21. 根据权利要求20所述的方法,进一步包括:在将所述隔膜放置在所述第一电极膜上之前,使用电解质浸渍所述隔膜。

22. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述能量存储设备包括超级电容器。

23. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述能量存储设备包括电池。

## 用于能量存储设备的电极石墨膜和电极分配环

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年3月14日提交的申请号为61/785,952且发明名称为“用于能量存储设备的电极石墨膜和电极分配环(electrode divider ring)”的美国临时专利申请的权益,通过引用将其全部内容结合在此。

### 技术领域

[0003] 本发明整体涉及一种电能存储设备,更具体地,涉及一种可提供用于封闭能量存储设备部件中的一种或者多种的密封室的能量存储设备。

### 背景技术

[0004] 诸如超级电容器、电池、和/或电池-电容器混合体之类能量存储设备可包括多个个体能量存储单元,诸如,被封闭在共同外部壳体中的个体超级电容器单元、电池单元、和/或电池-电容器混合单元等。该多个个体能量存储单元可通过并联或者串联方式被布置成叠层配置。存在与布置有多个个体能量存储单元的能量存储设备的可制造性、可靠性、以及性能有关的挑战。因此,需要具有提高的可制造性、可靠性、以及性能的能量存储设备。

### 发明内容

[0005] 能量存储设备可包括:第一石墨膜、第二石墨膜、以及设置在第一石墨膜与第二石墨膜之间的电极分配环,其中,第一石墨膜、第二石墨膜、以及电极分配环可形成密封外壳。能量存储设备可包括超级电容器。在一些实施方式中,能量存储设备可包括电池。能量存储设备可包括双层电容器、混合式电容器、和/或赝电容器。

[0006] 在一些实施方式中,电极分配环的第一边缘的至少一部分延伸至第一石墨膜中,并且电极分配环的第二相对边缘的至少一部分延伸至第二石墨膜中。在一些实施方式中,第一边缘和第二相对边缘中的至少一个具有突起部分和凹陷部分中的至少一个。突起部分和凹陷部分中的至少一个可沿着电极分配环边缘的整体长度延伸。

[0007] 在一些实施方式中,能量存储设备可包括面向电极分配环的第一石墨膜的表面上的第一电极膜,以及面向电极分配环的第二石墨膜的表面上的第二电极膜。在一些实施方式中,能量存储设备可包括在第一电极膜与第二电极膜之间的隔膜。

[0008] 在一些实施方式中,能量存储设备可包括含水电解质。能量存储设备可包括非水电解质。

[0009] 在一些实施方式中,第一电极膜和第二电极膜中的至少一个可包括活性碳材料、石墨烯材料、以及氧化物材料中的至少一种。

[0010] 能量存储系统可包括:多个个体能量存储设备,该多个个体能量存储设备在叠层配置中一个位于下一个的上面,其中,该多个个体能量存储设备中的至少一个包括:第一石墨、第二石墨膜、以及设置在第一石墨膜与第二石墨膜之间的电极分配环,其中,第一石墨、第二石墨膜、以及电极分配环可形成密封外壳。

[0011] 在一些实施方式中,该多个个体能量存储设备中的至少一个的第二石墨膜与邻近的个体能量存储设备中的第一石墨膜邻近,其中,邻近的第一石墨膜与第二石墨膜电耦接,从而与邻近的个体能量存储设备通过电串联方式耦接。邻近的第一石墨膜与第二石墨膜可彼此直接接触。

[0012] 在一些实施方式中,能量存储系统可包括:在第一个个体能量存储设备的第一石墨膜处耦接至多个个体能量存储设备的叠层的顶部的第一导电部件,以及在最后的个体能量存储设备的第二石墨膜处耦接至多个个体能量存储设备的叠层的底部的第二导电部件。

[0013] 该多个个体能量存储设备中的至少一个可包括超级电容器。该多个个体能量存储设备中的至少一个可包括电池。该多个个体能量存储设备中的至少一个可包括双层电容器、混合式电容器、和/或赝电容器。

[0014] 制造能量存储设备的方法可包括:提供电极分配环、第一石墨膜、以及第二石墨膜;将电极分配环的第一边缘压入第一石墨膜的表面;以及将电极分配环的第二相对边缘压入第二石墨膜的表面以形成密封外壳,密封外壳具有作为第一石墨膜的表面和第二石墨膜的表面的相对表面。能量存储设备可包括超级电容器。在一些实施方式中,能量存储设备可包括电池。能量存储设备可包括双层电容器、混合式电容器、和/或赝电容器。

[0015] 在一些实施方式中,该方法可包括:将第一电极膜附着至第一石墨膜的表面上以及将第二电极膜附着至第二石墨膜的表面上。

[0016] 在一些实施方式中,该方法可包括:在将电极分配环的第二相对边缘压入第二石墨膜的表面中以形成密封外壳之前,浸渍第一电极膜和第二电极膜。

[0017] 在一些实施方式中,该方法可包括:在电极分配环内将隔膜放置在第一电极膜上。在一些实施方式中,该方法可包括:在将隔膜放置在第一电极膜上之前,使用电解质浸渍隔膜。

[0018] 出于总结本发明和通过现有技术实现的优点之目的,此处描述了特定的目标和优点。当然,应当理解的是,不需要一定必须根据任一具体实施方式实现所有的目标和优点。因此,例如,本领域技术人员应当认识到,在不一定必须实现其他目标或者优点的情况下,可通过能够实现或者优化一种优点或者一组优点的方式涵盖或者完成本发明。

[0019] 所有的这些实施方式旨在位于此处公开的本发明的范围内。从参考所附图的下列细节描述中,这些实施方式和其他实施方式将对本领域技术人员变得易于显而易见,本发明并不局限于任一具体公开的实施方式。

## 附图说明

[0020] 图1A示出了根据一种实施方式的示例性能量存储单元的外侧平面图。

[0021] 图1B示出了图1A中的示例性能量存储单元的立体图。

[0022] 图2示出了根据一种实施方式的示例性能量存储单元的一部分的俯视平面图。

[0023] 图3示出了根据一种实施方式的示例性能量存储单元的截面图。

[0024] 图4示出了根据一种实施方式的示例性电极分配环的立体图。

[0025] 图5示出了制造能量存储单元的示例性过程。

[0026] 图6A示出了根据一种实施方式的具有叠层配置的示例性能量存储设备的截面图。

[0027] 图6B示出了图6A中的示例性能量存储设备的立体图。

[0028] 图7示出了制造能量存储设备的示例性过程。

### 具体实施方式

[0029] 尽管下面描述了特定实施方式和实施例,然而,本领域技术人员应当认识到,本发明延伸至具体公开的实施方式之外和/或使用了显而易见的变形及其等同物。因此,旨在使此处公开的本发明的范围不受下面描述的任意具体实施方式的限制。

[0030] 在制造具有被封闭在同一外部壳体中的多个个体能量存储单元的能量存储设备时可能遭遇挑战。例如,个体单元之间的电解质材料可能泄露,从而致使发生电短路和设备性能下降或者故障。出于此原因,难以提供个体能量存储单元之间的可靠和可重复性的密封,从而防止电短路。

[0031] 此外,个体能量存储设备单元中的一个或者多个部件可能不与单元的电解质兼容,从而导致一种或者多种部件在能量存储设备操作过程中降级。例如,在操作单元的过程中,能量存储单元的导电板,诸如集电体之类,可能在化学和/或机械方面不稳定。例如,在操作单元的过程中,至少部分由于与电解质的化学相互作用,其中包括例如电解质溶剂、和/或结构变形,诸如由于单元膨胀,导电板可发生化学降解。单元在操作过程中的化学和/或机械不稳定性可对电性能产生负面影响,诸如,使单元的操作电压降低。

[0032] 实施方式涉及具有便于能量存储设备的稳定操作的部件和/或配置的能量存储设备。一种实施方式是包括叠层配置的多个个体超级电容器单元的能量存储设备,例如,展示增强的电压性能的多个双极超级电容器单元。每个个体超级电容器单元均可包括导电板,导电板包括石墨膜或者基本由石墨膜构成。此处描述的导电板不需要是刚性的,并且例如可包括诸如箔之类的挠性材料。导电板可以是便于单元与单元外部电路之间的电连接的集电体。超级电容器单元可包括两个导电板和位于下面更为详细描述石墨膜之间的电极分配环,每个导电板均由石墨膜制成。

[0033] 两个石墨膜中的每个均可耦接至电极分配环的相对部分上的边缘,以使得该两个石墨膜和电极分配环形成密封外壳,超级电容器单元的其他元件可放置在密封外壳中。石墨膜无气孔或者基本无气孔。这允许基本上几乎不能通过其厚度泄露任何电解质。此外,将密封件放置在石墨膜与电极分配环之间可提供密封的超级电容器单元。

[0034] 该实施方式大致上可防止或者消除电解质泄露以及由此个体超级电容器单元之间发生电短路。该实施方式可提供在单元操作过程中展示改善的结构完整性的超级电容器单元。在一些实施方式中,超级电容器单元的叠层中的第一石墨膜和最后石墨膜中的每个均可耦接至诸如铝膜之类的导电元件,从而便于能量存储设备与外部电路之间的连接。应当理解的是,此处提到对“电容器”、“超级电容器”、或者诸如“超级电容器单元”的其部件的任何引用仅是出于示例性之目的,并且在其他能量存储设备的上下文中,包括但不限于电池或者混合式电池-电容器设备,可以容易地对其进行应用或者替换。

[0035] 诸如双极超级电容器单元之类的超级电容器单元通常可包括第一电极、第二电极、以及位于第一电极与第二电极之间的隔膜。一个或者多个电极可耦接至集电体,从而便于与外部电路的电接触。电极和隔膜可浸入电解质中,电解质提供在两个电极之间输送离子种类。隔膜可防止两个电极之间的电接触,从而允许在电极之间输送离子种类。

[0036] 在本发明的一种实施方式中,能量存储单元,如超级电容器单元,可包括由石墨膜

制成的集电体元件。图1A示出了根据一种实施方式的示例性超级电容器单元100的外侧平面图。尽管此处描述为超级电容器单元100,然而,应当理解的是,在保护超级电容器单元100和形成单单元电容器的容器内可以采用超级电容器单元100,或者在容器内可采用带多个单元的超级电容器单元100,从而形成多单元电容器。超级电容器单元100可包括第一膜102、第二膜104、以及位于第一膜102与第二膜104之间的电极分配环106。膜102、膜104可以导电,例如,用作集电体部件,从而便于超级电容器单元100与外部电路之间的电接触。如下面进一步描述的,由于与石墨密封分配器环状体106的能力有关的石墨的导电性和物理性能,所以膜102、膜104可包括石墨或者基本上有石墨构成。应当理解的是,膜102、膜104可包括与石墨具有相似物理特性和电特性的其他材料或者基本上由与石墨具有相似物理特性和电特性的其他材料构成。

[0037] 第一石墨膜102的表面112可耦接至电极分配环106的第一边缘108。表面112可面向超级电容器单元100的内部或者如图1A中的方位所示向下面向超级电容器单元100的内部。第二石墨膜104的表面114可耦接至电极分配环106的第二相对边缘110。第二相对边缘110可位于电极分配环106中与边缘108相对的一部分上,边缘108耦接至第一石墨膜102。第二石墨膜104的表面114可面向超级电容器单元100的内部或者如图1A中的方位所示向上面向超级电容器单元100的内部。

[0038] 电极分配环106的第一边缘108可与表面112接触,从而在表面112与电极分配环106之间形成密封件。例如,可将电极分配环106的第一边缘108压入第一石墨膜102上,例如,使得边缘108延伸至第一石墨膜102的表面112上,从而在第一石墨膜102与电极分配环106之间形成密封界面116。同样,电极分配环106的第二相对边缘110可与表面114接触,从而在表面114与电极分配环106之间形成密封件。例如,可将分配器环状体106的第二边缘110压入第二石墨膜104,例如使得边缘110延伸至第二石墨膜104的表面114中,从而在第二石墨膜104与电极分配环106之间形成密封界面118。

[0039] 图1B是图1A中的超级电容器单元100的立体图。根据图1B中所示的实施方式,电极分配环106、第一石墨膜102、以及第二石墨膜104可具有一个或者多个弯曲边缘。例如,示出了呈圆形或者大致圆形形状的电极分配环106、第一石墨膜102、以及第二石墨膜104。如图所示,电极分配环106相对于第一石墨膜102和第二石墨膜104可位于中心或者大致位于中心处、或者相对于膜102、膜104充分偏离。在一些实施方式中,第一石墨膜102和第二石墨膜104可具有比电极分配环106更大的尺寸,因此,如上所述,电极分配环106可充分固定位于第一石墨膜102和第二石墨膜104中,从而形成密封外壳。例如,第一石墨膜102和/或第二石墨膜104可具有比电极分配环106的直径更大的直径,以使得电极分配环106便于分配器环状体106与第一石墨膜102和第二石墨膜104之间的上述所述固定耦接与密封。同样,膜102和/或膜104可具有比分配器环状体106更大的宽度或者周长。通过使用足够的石墨膜材料,这些部件之间的相对尺寸可被配置成便于超级电容器单元的制造。从而便于电极分配环与石墨膜之间的固定耦接,诸如,提供具有改善可靠性的超级电容器单元,同时便于制造具有增强能量密度的超级电容器单元100。

[0040] 应当理解的是,图1B中的元件的圆形或者大致圆形截面形状仅用于示出性之目的。在一些实施方式中,诸如,图1A中所示的超级电容器单元100,电极分配环、第一石墨膜、和/或第二石墨膜可具有一个或者多个线性或者大致线性的边缘,从而形成例如多边形形

状的截面。例如,电极分配环、第一石墨膜、和/或第二石墨膜可具有三角形或者大致三角形形状的截面、和/或矩形或者大致矩形形状的截面、和/或其他规则或者不规则的线性或者弯曲形状、或者其组合。如此处进一步描述的,这些部件相对于彼此可具有相同或者不同的形状。例如,电极分配环106可以或者不可以具有与第一石墨膜102和/或第二石墨膜104相似或者大致相似的形状。

[0041] 图2示出了位于第二石墨膜104上的电极分配环106的实施例的俯视平面图,且在邻近于第二石墨膜104的电极分配环106内,电极分配环106的开口与第二石墨膜104形成内部体积106A。在图2中所示的实施方式中,电极分配环106具有圆形或者大致圆形的形状并且第二石墨膜104具有矩形或者大致矩形的形状。如此处描述的,通过使电极分配环按压石墨膜可使诸如电极分配环106之类的电极分配环耦接至诸如第一石墨膜102和/或第二石墨膜104之类石墨膜,反之亦然,因此,至少电极分配环的一部分延伸至石墨膜中。例如,在不完全穿透通过石墨膜的厚度的情况下,可以使电极分配环的边缘的一部分延伸至石墨膜中希望的深度,从而使电极分配环固定位于石墨膜上并且在电极分配环与石墨膜之间建立密封界面。在不完全穿透通过石墨膜的厚度的情况下,可以使电极分配环的一部分延伸至石墨膜中希望的深度,因此,石墨膜可保持超级电容器单元与外部电路之间的充分导电性。在一些实施方式中,使电极分配环与石墨膜耦接的过程可包括压缩安放步骤,诸如,使用压缩载荷使电极分配环位于石墨膜中。在电极分配器和/或石墨膜上施加力的其他合适方法也是可能的。

[0042] 石墨膜和电极分配环可被配置为能经受超级电容器单元的操作条件。在一些实施方式中,石墨膜和/或电极分配环在超级电容器单元的操作条件下相对于含水电解质和/或非水电解质可具有化学和/或热稳定性。无气孔或者大致无气孔的石墨膜和位于石墨膜与电极分配环之间的密封件可提供密封的超级电容器单元,从而便于制造在各种操作条件下可靠地封闭其容量的超级电容器单元。例如,可以使用具有高浓度的含水电解质的由耦接至电极分配器的石墨膜制成的超级电容器单元,诸如硫酸,例如,约0.5摩尔/升(M)至约2M的浓度。由于含水电解质的增强导电性,该实施方式可提供改善的电容器性能。在一些实施方式中,由耦接至电极分配器的石墨膜制成的超级电容器单元可以与诸如乙腈基电解质之类非水电解质兼容。例如,可以采用包括乙腈和盐的电解质,如,包括四氟硼酸盐阴离子和/或季铵盐阳离子的盐(包括四乙基四氟硼酸铵)。在一些实施方式中,石墨膜可至少替换易于被电解质降解的集电体部件的一部分。例如,诸如铝集电体之类的金属集电体可被石墨膜替换。由耦接至电极分配环的石墨膜制成的超级电容器单元可便于超级电容器单元在增加的操作电压下操作,诸如,约3.0伏特的操作电压。

[0043] 电极分配环的实施方式可具有各种形式和/或尺度。电极分配环可具有与内部开口相似或者不同形状的圆形或者大致圆形的形状、和/或矩形或者大致矩形的形状。电极分配环的形状和/或尺度可或者可不与耦接至电极分配环的石墨膜的形状和/或尺度相似。例如,电极分配环可具有圆形或者大致圆形的形状,而石墨膜具有矩形或者大致矩形的形状,反之亦然。电极分配环可具有被配置成将超级电容器单元的其他部件容纳在分配器环状体内部体积(如,图2中的内部体积106A)中的高度和/或直径以及至少部分由电极分配环和石墨膜形成的壳体。

[0044] 电极分配环可包括任意数目的合适材料。例如,电极分配环可包括电绝缘材料或



者基本上由电绝缘材料制成,从而便于两个石墨膜之间的电绝缘,电极分配器可嵌入在两个石墨膜内。电极分配环可包括与其他超级电容器单元部件兼容的材料或者基本上由与其他超级电容器单元部件兼容的材料制成,并且在超级电容器单元的操作过程中,电极分配环可具有热和/或化学稳定性,同时提供对超级电容器单元的充分结构支撑。例如,电极分配环可被配置为在超级电容器单元操作条件下,不可渗透或者大致不可渗透超级电容器单元电解质溶剂。在一些实施方式中,电极分配环可包括聚合材料(如聚酰亚胺)或者基本上由聚合材料构成。在一些实施方式中,电极分配环可包括陶瓷材料或者基本上由陶瓷材料构成。在一些实施方式中,电极分配环可包括玻璃或者基本上由玻璃构成。

[0045] 在一些实施方式中,合适的石墨膜可不包含粘结剂材料或者大致上不包含粘结剂材料。在一些实施方式中,合适的石墨膜可包括按重量计为大于约80%(包括约90%)的碳含量。例如,合适的石墨膜可包括按重量计为大于或等于约95%的碳含量。在一些实施方式中,石墨膜可包括精品级石墨材料或者基本上由精品级石墨材料构成,诸如,由膨胀的石墨材料制成和/或由具有小于约百万分之50的杂质的膨胀石墨材料制成的石墨箔。例如,合适的石墨膜可包括按重量计为约95%的石墨材料。其他类似的石墨和/或碳基膜也是合适的。

[0046] 在一些实施方式中,例如,通过辊式捏合机可以压缩合适的石墨膜组合物,从而形成石墨膜。在一些实施方式中,可以混合并且挤压包括石墨膜组合物的混合物,从而形成具有支持例如希望的机械强度和/或导电性的厚度的挠性膜状结构。

[0047] 在一些实施方式中,石墨膜可包括一定量的粘结剂材料,从而改善石墨膜的结构完整性,同时,保持或者充分保持石墨膜的希望导电性。例如,石墨膜可包括按重量计在约85%至约90%的范围内的一定量的碳。在一些实施方式中,石墨膜可包括按重量计为不多于约15%的粘结剂材料。合适的粘结剂材料可包括但不限于聚四氟乙烯(PTFE)、聚丙烯、聚乙烯、其共聚物、和/或其组合。

[0048] 石墨膜可具有各种合适的厚度。在一些实施方式中,石墨膜可具有约100微米( $\mu\text{m}$ )至约2000微米的厚度,其中包括约300微米至约1000微米,包括约500微米。在一些实施方式中,石墨膜可具有约40微米至约300微米的厚度,其中包括约100微米至约200微米。在一些实施方式中,石墨膜可具有约40微米至约90微米的厚度,其中包括约50微米至约80微米。超级电容器单元的石墨膜可具有或者可不具有相同或者大致相同的厚度,如图1A中的第一石墨膜102和第二石墨膜104。在一些实施方式中,第一石墨膜102和第二石墨膜104中的一个或者两个可具有约75微米的厚度。

[0049] 图3示出了超级电容器单元100的截面图,至少部分示出了超级电容器单元100的内部上的额外部件。超级电容器单元100可包括第一电极130,第一电极130包括与第一石墨膜102的表面112邻近的第一电极膜142。超级电容器单元100可包括第二电极132和位于第一电极130与第二电极132之间的隔膜146,第二电极132包括与第二石墨膜104的表面114邻近的第二电极膜144。超级电容器单元100可包括位于第一电极130与第二电极132之间的隔膜146。例如,隔膜146可以位于第一电极膜142与第二电极膜144之间。隔膜146、第一电极膜142、以及第二电极膜144可单独或者分别浸入电解质中。在一些实施方式中,由石墨膜102、104、以及电极分配环106形成的外壳将电解质、第一电极膜142、第二电极膜144、以及隔膜146包围并且封闭在内部体积106A内(图2)。

[0050] 在一些实施方式中,电极分配环106的内部体积106A可具有被配置成容纳第一电

极130、第二电极132、和/或隔膜146的形状和/或尺度。例如,电极分配环106可具有比电极膜142、144、以及隔膜146中的每个的外径、宽度、或者周长更大的内径、宽度、或者周长。电极分配环106可与内部体积106A中包含的一种或者多种部件具有相同、相似、或者不同的形状,如电极膜142、144、以及隔膜146。例如,电极分配环106、电极膜142、144、以及隔膜146各自可具有圆形或者大致圆形的形状。

[0051] 在一些实施方式中,电极分配环106可具有比电极膜142、144、以及隔膜146的合成厚度更大的高度。例如,分别在两个石墨膜102、104的表面112、114之间延伸的电极分配环106的一部分可具有大至足以充分容纳第一电极膜142、第二电极膜144、以及隔膜146的高度,同时,低至充分足以提供具有减少体积的超级电容器单元100。该尺寸可便于在各种空间受约束的应用中使用超级电容器单元100。在一些实施方式中,电极分配环的高度可以比容纳在电极分配环的内部体积内的电容器元件(如两个石墨膜之间的电极和/或隔膜)的合成厚度大约5微米至约40微米。作为非限制性实施例,在具有如图3所示的示例性配置的超级电容器单元中,两个电极膜142、144各自可具有约100微米的厚度,并且隔膜146可具有约30微米的厚度。在该实施例中,电极分配环106可具有比约230微米更大的高度,例如,在约235微米至约270微米的范围内,或者,在一种实施例中,约250微米。电极膜、隔膜、和/或电极分配环的其他厚度也是可能的。

[0052] 图4示出了电极分配环106的实施例的立体图。此处描述的分配器环状体可具有为各种截面边缘轮廓的边缘,从而改善分配器环状体与一个或者多个对应石墨膜之间的密封性和啮合性。非线性边缘轮廓可便于在电极分配环与对应的石墨膜之间形成密封界面、和/或将电极分配环放置在对应石墨膜上的希望位置处。例如,具有凹陷部分的电极分配环的第一边缘可延伸至超级电容器单元的第一石墨膜中,并且具有突起部分的电极分配环的第二相对边缘可延伸至超级电容器单元的第二石墨膜中,从而形成密封外壳。电极分配环边缘的突起部分和/或凹陷部分可具有任意数目的合适形状。

[0053] 参考图4,电极分配环106的第一边缘108可具有第一边缘轮廓120,和/或第二相对边缘110可具有第二边缘轮廓122。此处示出的不同分配器环状体之间的边缘轮廓相对于彼此可以相似或者不相似。如图4所示,在一些实施方式中,电极分配环106的相对边缘108、110可具有不相似的边缘轮廓120、122。在一些实施方式中,相对边缘108、110中的一个或者两个可具有大致的非平坦或者非线性轮廓,从而改善分配器环状体106与石墨膜102、104之间的密封性和啮合性(图1A至图3)。例如,再次参考图4,相对边缘108、110中的一个或者两个可具有包括一个或者多个突起部分和/或凹陷部分的边缘轮廓。参考图4,例如,电极分配环106可具有第一边缘轮廓120和第二边缘轮廓122,第一边缘轮廓120中的至少一部分包括凹陷部分,并且第二边缘轮廓122中的至少一部分包括突起部分。如图4所示,在一些实施方式中,第一边缘轮廓120可包括在两个突起部分之间形成的凹陷部分。第一边缘轮廓120中的凹陷部分可具有诸如平坦轮廓并且诸如第一边缘轮廓120中或者第二边缘轮廓122中的突起部分可具有圆形形状。形成边缘108和边缘110的边缘轮廓的突起部分和/或凹陷部分可以是各种弯曲、线性、规则、或者不规则的形状。例如,边缘轮廓可具有三角形或者大致三角形形状的突起部分或者凹陷部分。边缘轮廓可包括一个或者多个凹面和凸面。

[0054] 在一些实施方式中,边缘轮廓的突起部分和/或凹陷部分可沿着电极分配环的边缘的一部分、边缘的整体长度(例如,周长)、或者边缘的大致整体长度延伸。在一些实施方

式中,边缘轮廓的突起部分和/或凹陷部分可沿着电极分配环的边缘的长度位于一个或者多个不同的位置处,其中包括沿着电极分配环的边缘的长度位于一个或者多个规则的间隔处。在一些实施方式中,边缘轮廓的突起部分和/或凹陷部分可沿着电极分配环的边缘的长度以规则的间隔位于两个、三个、四个、或者多个位置处。在一些实施方式中,一个或者多个突起部分和/或凹陷部分可位于沿着电极分配环的边缘位于任意一个位置处。

[0055] 如图3中所示的第一电极膜142和/或第二电极膜144的电极膜可包括活性材料组分、粘结剂组分、和/或添加剂组分。活性材料组分可包括适用于提供电极的高表面面积的材料。例如,活性材料可具有通过微孔、间隙孔、和/或大孔提供的多孔性,从而优化希望的超级电容器性能,如功率密度和/或能量密度性能。活性材料可包括碳材料,例如,多孔碳材料。在一些实施方式中,活性材料包括但不限于活性碳的颗粒。在一些实施方式中,电极膜可包括石墨、活性碳、和/或氧化物材料或者基本上由石墨、活性碳、和/或氧化物材料构成,诸如,展示电容性能的氧化物材料。在一些实施方式中,超级电容器单元的电极膜可具有相似或者不相似的组合物。

[0056] 粘结剂组分可对电极提供结构支持。例如,粘结剂组分可包括一种或者多种聚合物,聚合物提供用于电极的活性材料组分的聚合基体支撑结构。在一些实施方式中,粘结剂组分可包括含氟聚合物(例如,聚四氟乙烯,PTFE)、聚丙烯、聚乙烯、其共聚物、和/或其聚合物混合物。

[0057] 在一些实施方式中,电极膜可包括导电添加剂组分。导电添加剂组分可改善电极膜的导电性。例如,导电添加剂组分可包括导电碳颗粒和/或碳纤维,包括但不限于石墨和/或石墨烯。其他活性材料组分、粘结剂组分、和/或添加剂组分也是适合的。

[0058] 电极膜可具有如优化用于希望的超级电容器性能的厚度和/或组合物的尺度,例如,希望的超级电容器电容和/或电阻,从而提供希望的超级电容器能量密度和/或功率密度性能。在一些实施方式中,电极膜可具有约50微米( $\mu\text{m}$ )至约200微米的厚度,包括约80微米至约150微米。例如,电极膜可具有约100微米的厚度。在一些实施方式中,电极膜可包括按重量计为约50%至约99%的活性材料组分(如活性碳)、和/或具有电容性能的包括按重量计为约60%至约90%的氧化物。在一些实施方式中,电极膜可包括按重量计为约1%至约50%的粘结剂组分。在一些实施方式中,电极膜可包括按重量计高达至约30%的添加剂组分,例如,包括用于提高电极的导电性的导电添加剂组分。

[0059] 隔膜可被配置为允许在第一电极与第二电极之间输送离子种类,同时,防止第一电极与第二电极之间发生电短路。隔膜可包括电绝缘多孔材料或者基本上由电绝缘多孔材料构成。在一些实施方式中,隔膜可以是聚合材料、玻璃材料、陶瓷材料、诸如纺织和/或无纺天然纤维之类的天然纤维材料及其组合等。在一些实施方式中,隔膜可包括砂纸或者基本上由砂纸构成。隔膜可具有便于通过隔膜输送离子种类的厚度,同时,提供两个电极之间的谢昂电隔离。在一些实施方式中,隔膜可具有约20微米( $\mu\text{m}$ )至约100微米的厚度,包括约30微米至约80微米。例如,隔膜可具有约50微米的厚度。

[0060] 图5示出了根据实施方式的用于制造超级电容器单元的示例性过程200。例如,在块202,可以提供电极分配环、第一石墨膜、以及第二石墨膜,如图1A至图3中所示的电极分配环106、第一石墨膜102、以及第二石墨膜104。在块204,可将电极分配环的第一边缘压入第一石墨膜的表面。在框206,可将电极分配环的第二相对边缘压入第二石墨膜的表面,从

而与第一石墨膜形成密封外壳。例如,密封外壳可包括作为电极分配环的边缘被压入的第一石墨膜的表面和第二石墨膜的表面的相对表面。可对石墨膜中的一个或者两个以及电极分配环施加压力,从而使电极分配环耦接至石墨膜。如此处公开的,可对电极分配环和/或第一石墨施加一定的压力,以使得电极分配环以希望的深度定位于石墨膜中,从而便于将电极分配环固定定位至石墨膜中并且在电极分配环与石墨膜之间建立密封界面,而不穿透石墨膜。

[0061] 在一些实施方式中,可在石墨膜与电极分配环耦接之前,使电极附着至石墨膜。例如,可在石墨膜与电极分配环耦接之前,将电极膜施加在石墨膜的表面中,电极膜施加在面向电极分配环的开口内部石墨膜的表面中。在一些实施方式中,在石墨膜与电极分配环耦接之前,通过使用层压工艺可使第一电极膜和/或第二电极膜施加在相应的石墨膜的表面中,如连续卷对卷工艺中的热层压步骤。在一些实施方式中,在施加电极膜之前,可以使用粘合膜涂覆施加有电极膜的第一石墨膜和/或第二石墨膜的表面,从而便于粘合电极膜与相应的石墨膜。粘合膜可包括任意数目的合适的粘合材料,包括导电粘合材料,例如,填充导电碳的粘合材料和/或导电热塑性粘合材料。可以施加各种形状的粘合材料,从而便于粘合具有各种形状的电极膜。例如,粘合膜可具有圆形形状,从而便于粘合具有圆形形状的电极膜。在一些实施方式中,在制造过程中,可以移除施加在由粘合膜覆盖的区域之外的电极膜的各部分,从而保留在石墨膜上具有粘合膜的形状的电极膜。

[0062] 用于组装超级电容器单元的过程的实施例可包括:将第一电极膜施加在第一石墨箔的表面上,并且将第二电极膜施加在第二石墨箔的表面上。可将电极分配环压入第一石墨箔的表面,从而在第一石墨箔与电极分配环之间形成密封界面。例如,可将沿着电极分配环的开口的一个或者多个边缘部分压入第一石墨膜的表面,从而在电极分配环与第一石墨膜之间形成密封界面。可相对于第一石墨箔放置电极分配环,以使得电极分配环的开口包围第一电极膜。隔膜可放置在电极分配环的开口内的第一电极膜上。隔膜可具有支持超级电容器的电极之间的充分电隔离的形状和/或尺度(例如,厚度),同时,允许通过隔膜在电极之间输送希望的离子。随后,例如,通过将第二石墨膜压入电极分配环上,反之亦然,以使得电极分配环的开口包围第二电极膜,在第二石墨膜附着时可以使第二石墨膜耦接至电极分配环,从而形成密封外壳。在一些实施方式中,可使第二石墨膜沿着电极分配环的开口压入一个或者多个边缘部分中,从而在电极环状分配器与第二石墨膜之间建立密封界面,电极分配环的该一个或者多个边缘部分位于电极分配环上相对的耦接至第一石墨膜的部分上。

[0063] 在一些实施方式中,在插入到电极分配环的开口之前,可以使用电解质浸渍隔膜。在一些实施方式中,在使电极分配环与相应的石墨膜耦接之前,第一电极膜和/或第二电极膜附着于相应的石墨膜,可以使用电解质浸渍第一电极膜和/或第二电极膜。在一些实施方式中,在附着于相应的石墨膜之后并且在使相应的石墨膜耦接至电极分配环之前,可以使用电解质浸渍第一电极膜和/或第二电极膜。如此处描述的,合适的电解质可以是水性的或者非水性的。

[0064] 在超级电容器单元的操作条件下,可以可靠地密封超级电容器单元,如图1中所示的根据示例性过程200制造的超级电容器单元100,从而提供与水性和/或非水电解质兼容的超级电容器单元。例如,可以使用具有高摩尔浓度的含水电解质的超级电容器单元。例

如,可以使用具有非水电解质的超级电容器单元,包括中等摩尔浓度的非水电解质。超级电容器单元可提供改良的性能,例如,包括增加的超级电容器操作电压。例如,具有使用示例性过程200制造的非水电解质的超级电容器单元可被配置为以增加的操作电压操作。示例性过程200可提供用于可靠地制造超级电容器单元的可扩展过程,超级电容器单元被配置为以诸如约3伏特(V)的操作电压之类的增加的操作电压操作。

[0065] 在一些实施方式中,能量存储设备可包括多个个体能量存储单元。例如,超级电容器可包括多个个体超级电容器单元。参考图6A,根据实施方式,能量存储设备300可包括叠层配置的五个个体超级电容器单元。例如,可通过电串联方式连接个体的超级电容器单元。在一些实施方式中,能量存储设备300可包括与第二超级电容器单元340邻近的第一超级电容器单元320、与第二超级电容器单元340邻近的第三超级电容器单元360、与第三超级电容器单元360邻近的第四超级电容器单元380、以及与第四超级电容器单元380邻近的第五超级电容器单元400,单元320、单元340、单元360、单元380、以及单元400可以与单元100相似(图1A至图4)。在一些实施方式中,每个超级电容器单元均可包括诸如石墨膜322、石墨膜342、石墨膜362、石墨膜382、石墨膜402之类的第一石墨膜、诸如石墨膜324、石墨膜344、石墨膜364、石墨膜384、石墨膜404之类的第二石墨膜、以及诸如电极分配环326、电极分配环346、电极分配环366、电极分配环386、电极分配环406之类的位于相应的第一石墨膜与第二石墨膜之间的电极分配环。邻近的石墨膜可以彼此电接触。例如,第一超级电容器单元320的第二石墨膜324可以与第二超级电容器单元340的第一石墨膜342电接触等。在一些实施方式中,对应于能量存储设备300的超级电容器叠层中的邻近超级电容器单元的邻近石墨膜可以彼此接触,从而便于邻近的超级电容器之间的电耦接。例如,对应于超级电容器单元的叠层中的邻近超级电容器单元的邻近石墨膜可以直接接触(例如,仅石墨膜彼此直接接触)。在一些实施方式中,使用粘合剂可以使对应于超级电容器单元的叠层中的邻近超级电容器单元的邻近石墨膜彼此耦接,例如,包括导电粘合剂或者其他相干的导电组分。个体的超级电容器单元可具有或者可不具有相似或者大致相似的配置。

[0066] 在一些实施方式中,图6A中所示的一个或者多个邻近石墨膜,如石墨膜324和石墨膜342、石墨膜344和石墨膜362、石墨膜364和石墨膜382、和/或石墨膜384和石墨膜402,可以是一个连续的或者大致连续的石墨膜。例如,图6A中的邻近石墨膜324和石墨膜342可以是一个连续的或者大致连续的石墨膜,而非两个不同的石墨膜。在一些实施方式中,电极可附着于石墨膜的两个相对表面的每个,以使得石墨膜可用作用于两个邻近的能量存储单元的集电体。例如,可将第一能量存储单元的第二电极膜施加在石墨膜的第一表面中并且可将第二能量存储单元的第一电极膜施加在石墨膜的第二相对表面中,以使得石墨膜可用作用于第一能量存储单元和第二能量存储单元的集电体。

[0067] 在一些实施方式中,能量存储设备300可包括导电部件,导电部件耦接至位于超级电容器叠层的各个末端处的两个石墨膜中的每个,从而便于能量存储设备300与外部电路之间的电接触。例如,第一导电部件420可耦接至第一超级电容器单元320的第一石墨膜322,并且第二导电部件422可耦接至第五超级电容器单元400的第二石墨膜404。导电部件420、422可包括任意数目的导电材料或者基本上由任意数目的导电材料构成,包括金属材料。例如,导电部件420、422中的一个或者两个可以是由诸如铝箔之类的铝材料制成的膜。在一些实施方式中,导电部件420、422中的一个或者两个可以是包括诸如铜、镍、铂、银、其

合金之类的其他类型的金属的膜。通过诸如层压工艺之类的热压工艺可以使导电箔附着于相应的石墨膜上。在一些实施方式中,具有至少部分由耦接至电极分配环的石墨膜制成的 一个或者多个个体能量存储单元的能量存储设备(诸如图6A中所示的能量存储设备)在超级电容器单元的操作条件下可展示被可靠密封的改进能力,从而减少个体能量存储单元之间发生电短路。在一些实施方式中,诸如图6A中所示的能量存储设备的能量存储单元可便于在增加的操作电压下操作,诸如,每个单元在约3伏特(V)的操作电压下操作。例如,图6A中所示的具有五个超级电容器单元的能量存储设备(其中,五个个体超级电容器单元通过电串联方式耦接至彼此)可提供约15伏特(V)的总电压,诸如,导电部件420、422之间的总电压。

[0068] 图6B示出了图6A中所示的能量存储设备300的立体图。图6B示出了具有圆形或者大致圆形形状的电极分配环和石墨膜的各个超级电容器单元320、超级电容器单元340、超级电容器单元360、超级电容器单元380、以及超级电容器单元400。例如,各个超级电容器单元超级电容器单元320、超级电容器单元340、超级电容器单元360、超级电容器单元380、以及超级电容器单元400可具有彼此相似的配置,从而形成具有相同或者相似配置的五个超级电容器单元的叠层的能量存储设备300。如此处描述的,设备300的一组或者多组邻近的石墨膜可由一个连续的或者大致连续的石墨膜制成,而非由两个不同的石墨膜制成。设备300可包括其他数量的超级电容器单元、其他类型的能量存储单元(例如,个体电池单元和/或电池-电容器混合单元)、以及具有不同于所示出的近似圆形形状的个体能量存储单元。

[0069] 参考图6B,能量存储设备300的叠层的超级电容器的第一端可耦接至第一导电部件420并且叠层的超级电容器单元的第二端可耦接至第二导电部件422。第一超级电容器单元320的石墨膜被示出为与第一导电部件420耦接并且第五超级电容器单元400的石墨膜被示出为与第二导电部件422耦接,第一导电部件420和第二导电部件422中的每个均具有与和其耦接的对应石墨膜相似的形状和尺寸。例如,第一导电部件420和第二导电部件422可具有圆形或者大致圆形的形状、以及与和其耦接的对应石墨膜的直径相同或者相似的直径。

[0070] 在一些实施方式中,导电部件可与和其耦接的石墨膜具有不同的尺寸和/或形状。例如,导电部件在尺寸上可明显比和其耦接的石墨膜更大或者更小。例如,导电部件可具有一个或者多个线性或者大致线性边缘,而对应的石墨膜可具有圆形或者大致圆形的形状,反之亦然。

[0071] 根据一种实施方式,能量存储设备300可具有五个个体超级电容器单元(例如,双极),每个个体超级电容器单元均具有提供约6.7法拉(F)的电容和约2.7伏特(V)的操作电压的配置(例如,超级电容器部件和/或组成)。例如,能量存储设备300可包括通过电串联方式连接的五个个体超级电容器单元,从而提供约1.3法拉的设备电容和约13.5伏特的设备操作电压、或者约0.03瓦特时(W-h)的能量性能。在一些实施方式中,个体超级电容器单元的操作电压可以为约3.0伏特。在一些实施方式中,每个超级电容器单元均可具有第一石墨膜和第二石墨膜(各自具有约76微米( $\mu\text{m}$ )的厚度)、第一电极膜和第二电极膜(各自具有约100微米的厚度)、以及隔膜(具有约50微米的厚度)。第一电极膜和第二电极膜可具有圆形或者大致圆形的形状,每个电极膜均具有约50毫米(mm)的直径。每个个体超级电容器单元均可具有包括乙腈的电解质溶剂和包括四乙基四氟硼酸铵(TEATFB)的电解质盐,电解质盐

的浓度为约1摩尔(M)。

[0072] 根据另一种实施方式,能量存储设备可包括通过串联方式连接的叠层配置的200个个体超级电容器单元,每个个体超级电容器单元均可具有提供约6.7法拉(F)的电容和约2.7伏特(V)的操作电压的配置(例如,超级电容器元件尺度和/或组成)。例如,根据实施方式的能量存储设备可提供约540伏特的设备操作电压、约0.034法拉的电容量、或者约2.8瓦特时的能量性能。在一些实施方式中,个体超级电容器单元的操作电压可以为约3.0伏特。

[0073] 图7示出了用于制造能量存储设备的示例性过程500,能量存储设备包括叠层配置的多个超级电容器单元。在框502,可形成多个超级电容器单元。例如,根据此处描述的一个或者多个过程可形成多个超级电容器单元中的一个或者多个。在框504,该多个超级电容器单元可一个置于另一个之上进行放置,以形成包括多个超级电容器单元的叠层。例如,该多个超级电容器单元可以对准并且一个置于另一个之上的叠层,从而便于形成具有叠层配置的能量存储设备。邻近的超级电容器单元可一个置于另一个之上的放置并且彼此电接触,以使得两个邻近的超级电容器单元对准并且可通过电串联方式耦接。如此处描述的,在一些实施方式中,能量存储设备中具有叠层配置的两个邻近的能量存储单元可共享一个连续的或者大致连续的石墨膜,而非具有两个不同的邻近石墨膜。例如,第一邻近的能量存储单元的第一电极分配环可耦接至共享石墨膜的第一表面,并且第二邻近的能量存储单元的第二电极分配环可耦接至共享石墨膜的第二相对表面,从而便于建立第一能量存储单元和第二能量存储单元各自的密封外壳。在一些实施方式中,可以使用此处描述的一个或者多个过程制造第一邻近的能量存储单元和第二邻近的能量存储单元的其余部分。在框506,第一导电部件可附着于超级电容器单元的石墨膜,如,多个叠层的超级电容器单元中的第一超级电容器单元的第一石墨膜。在框508,第二导电部件可附着于超级电容器单元的石墨膜,如,该多个叠层的超级电容器单元中的最后超级电容器单元的第二石墨膜。根据此处描述的一个或者多个过程,第一导电部件和第二导电部件可附着于其每个对应的超级电容器单元。

[0074] 尽管已经在特定实施方式和实施例的上下文中公开了本发明,然而,本领域技术人员应当理解的是,本发明超越具体公开的实施方式之外至其他可替代的实施方式和/或使用本发明及其显而易见的变形和等同物。此外,尽管已经详细示出并且描述了本发明的实施方式的若干种变形,然而,基于本公开,在本发明范围内的其他改造对本领域技术人员易于显而易见。还设定了可以做出实施方式的具体特征和各方面的各种组合和子组合并且仍落在本发明的范围内。应当理解的是,公开的实施方式的各种特征和方面可以彼此组合、或者彼此替换,从而形成公开发明的各种模式的实施方式。因此,旨在使此处公开的本发明的范围不受上述所述具体实施方式的限制。

[0075] 此处提供的标题(如有)仅出于方便之目的并且并不一定必须对此处公开的设备和方法的范围或者含义产生影响。

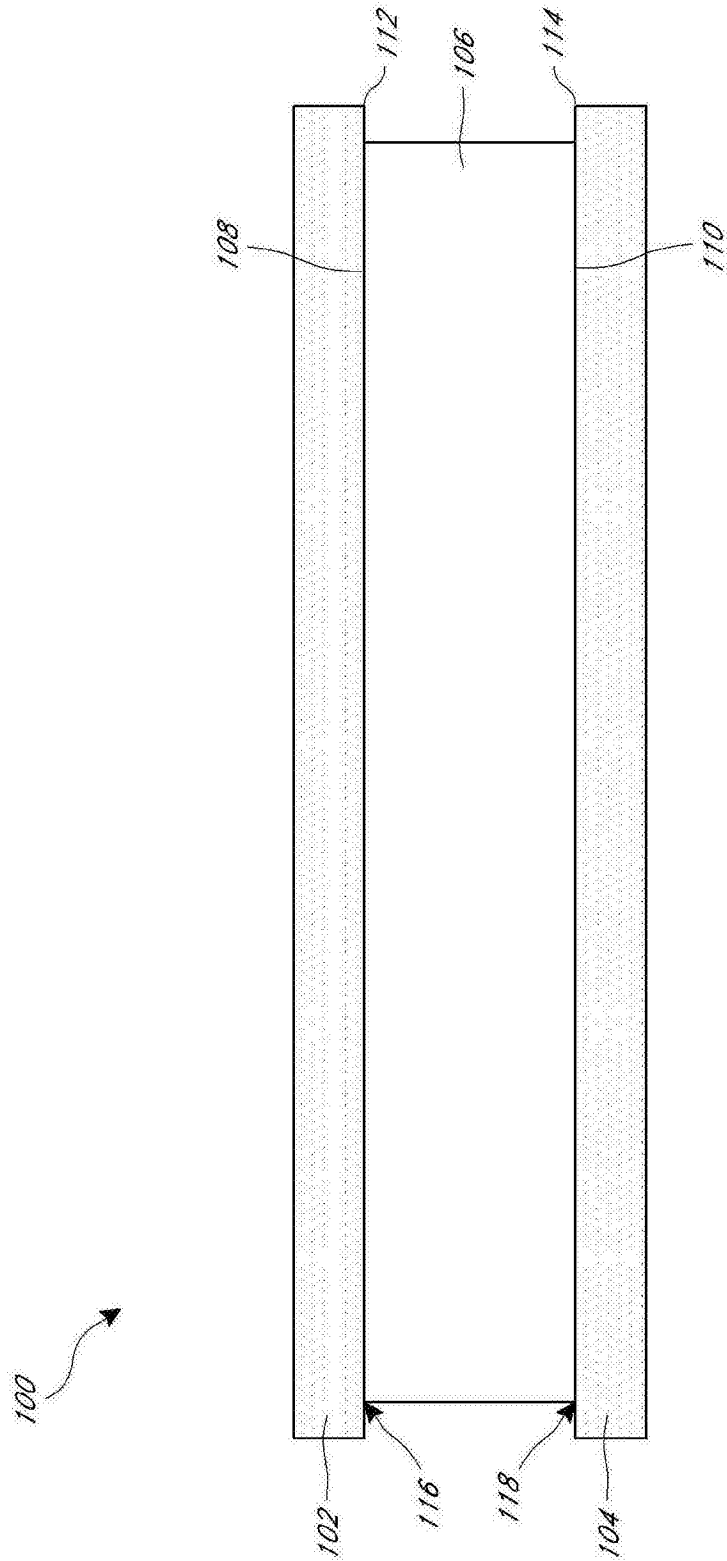


图1A



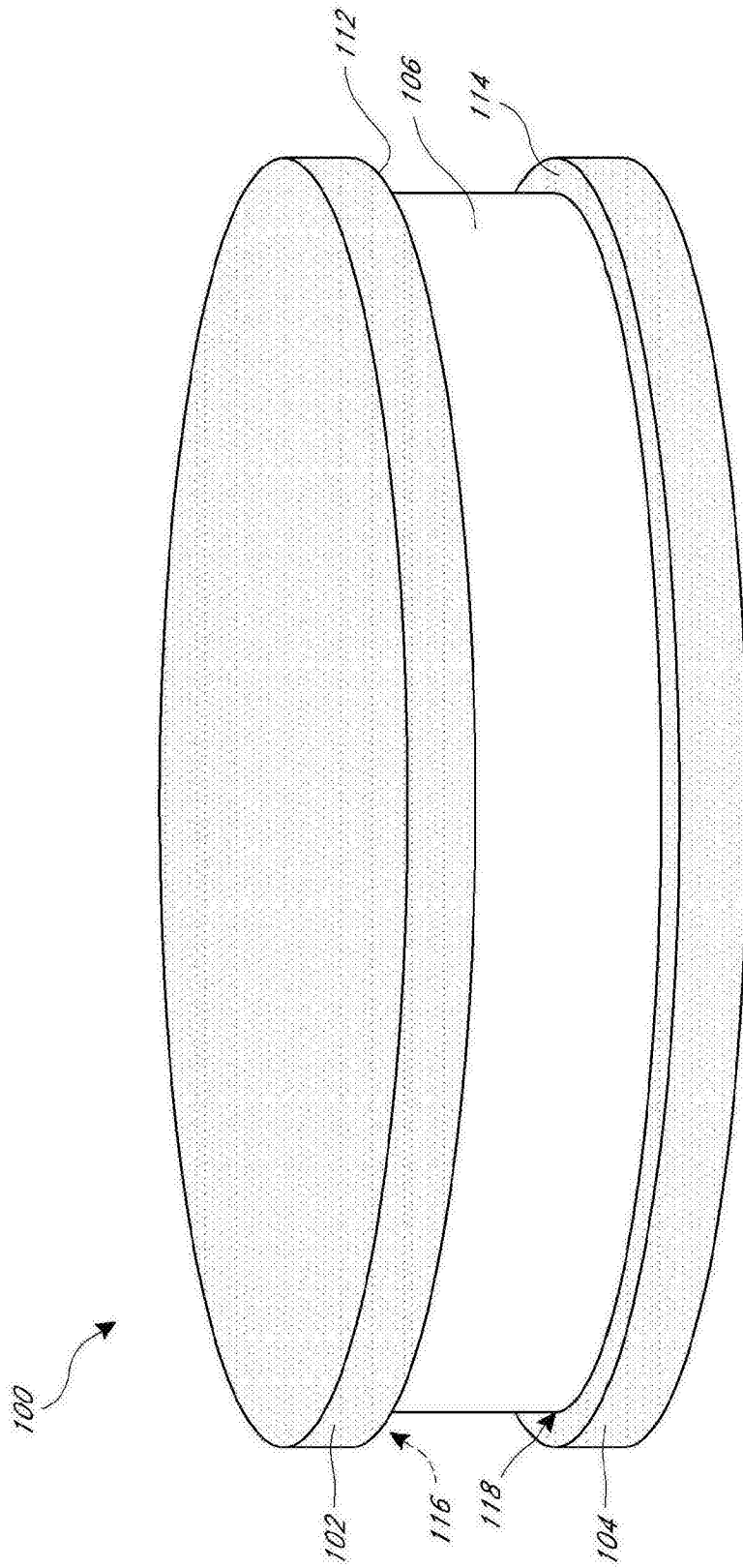


图1B

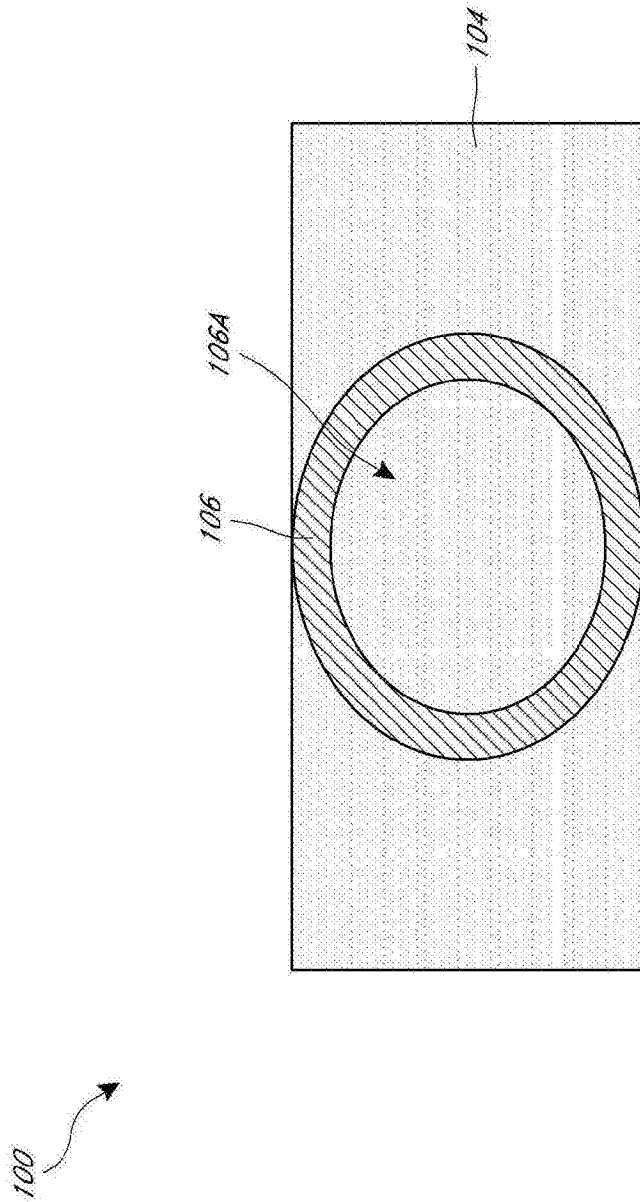


图2

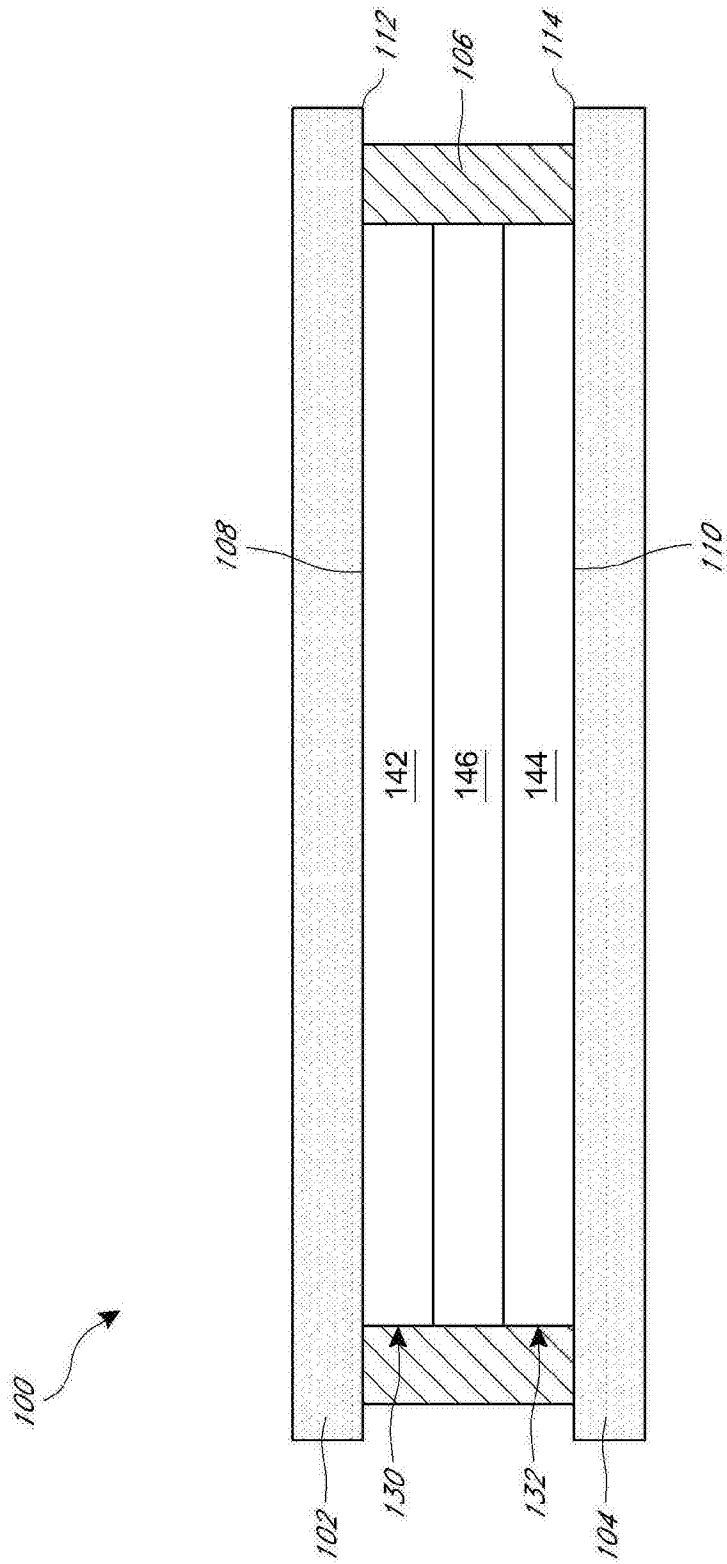


图3

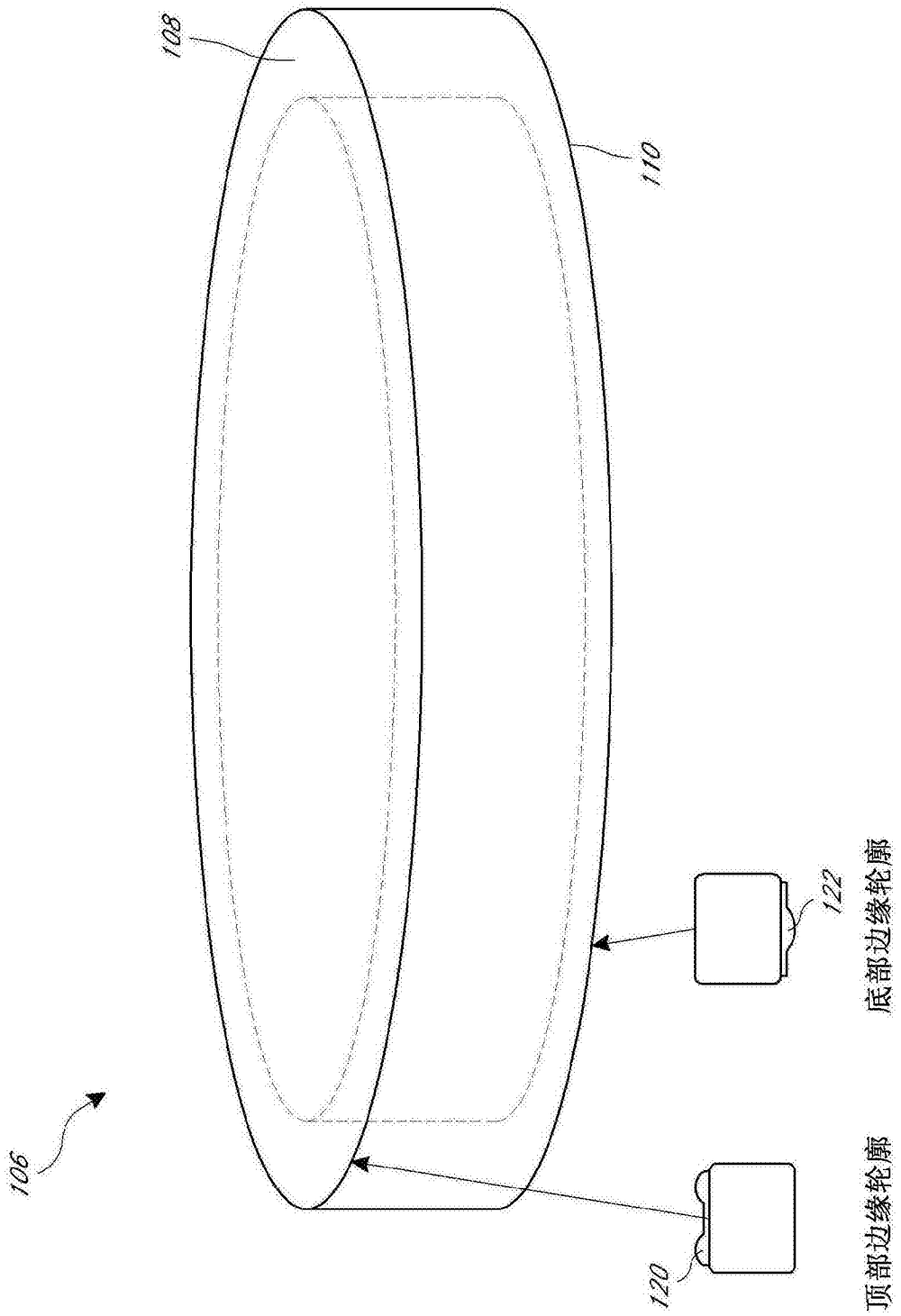


图4

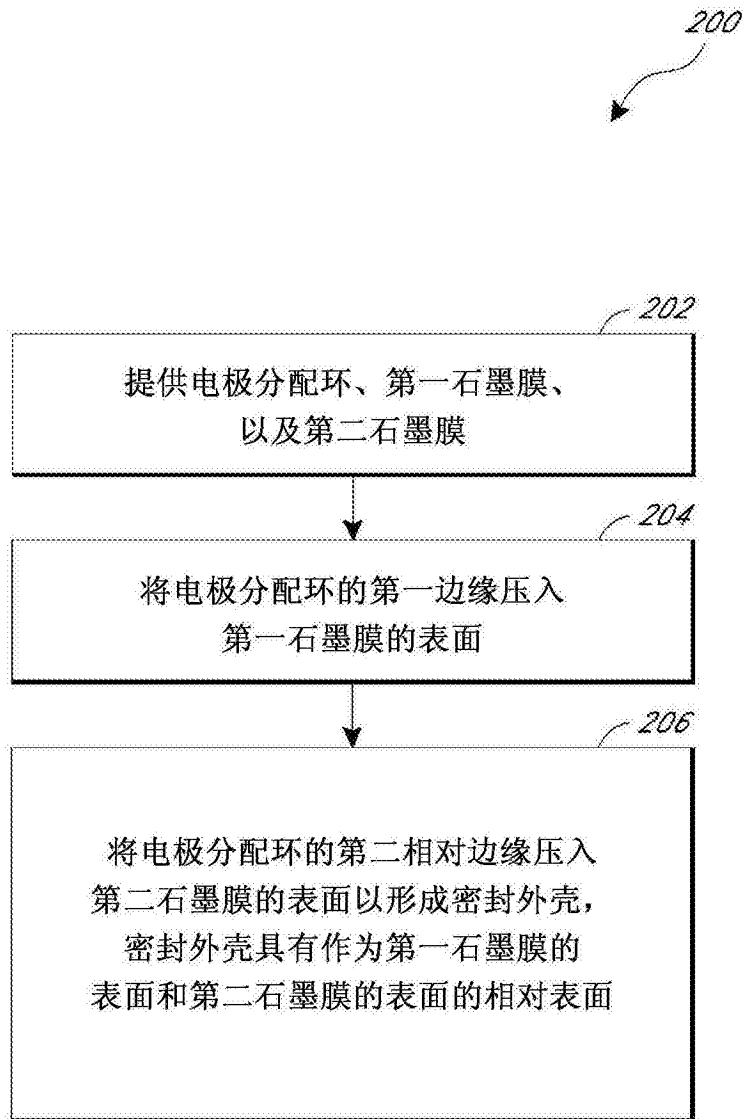


图5

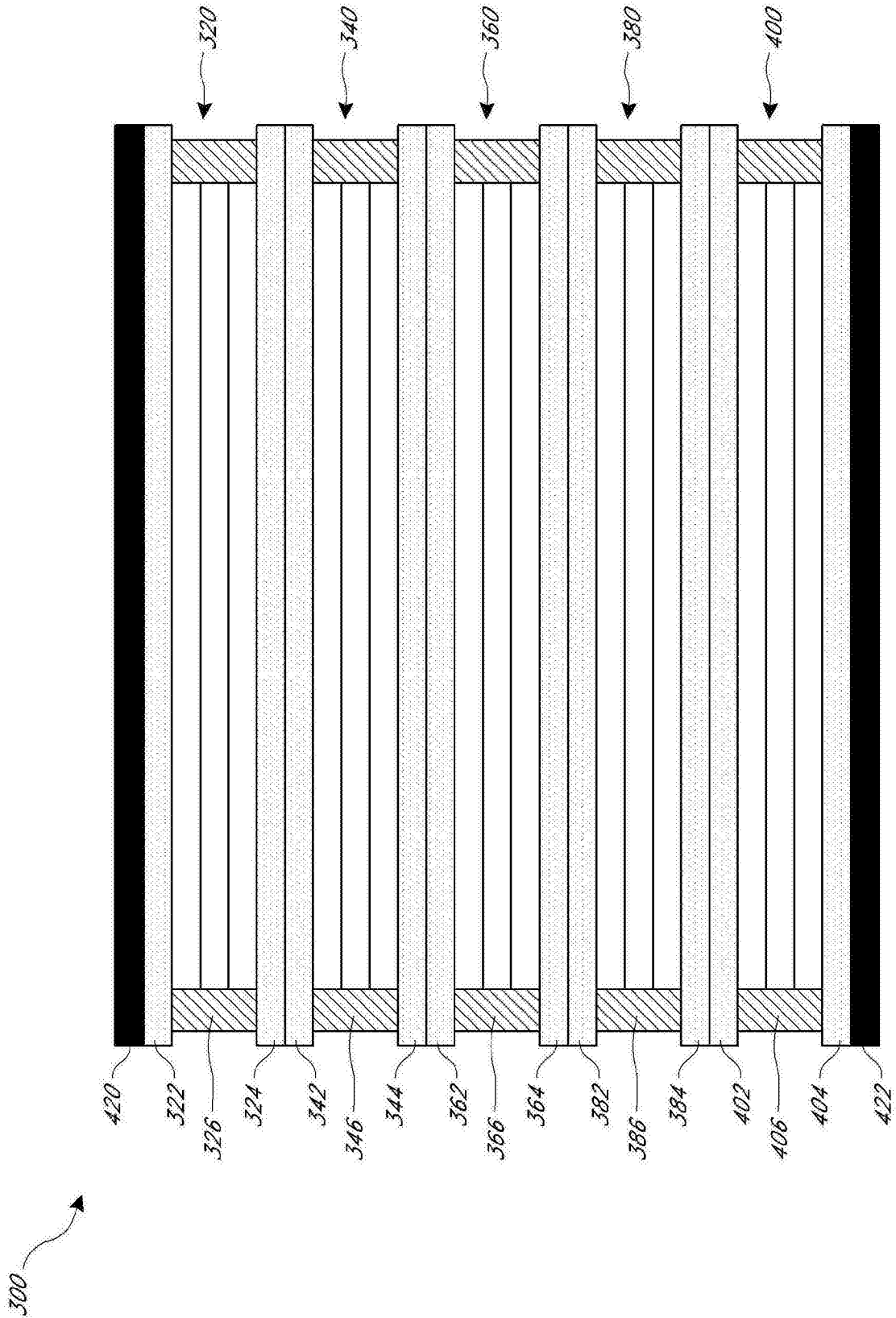


图6A

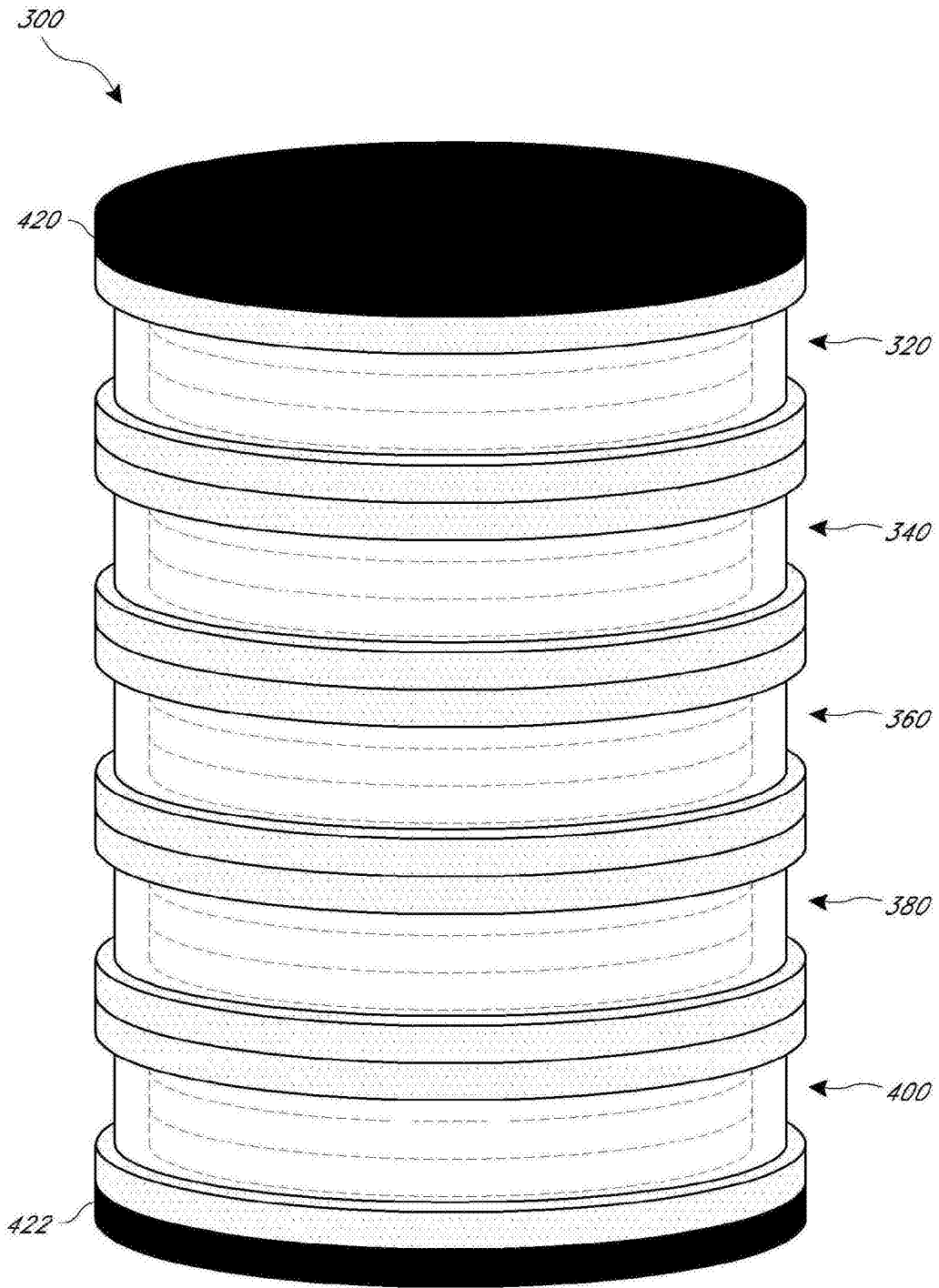


图6B

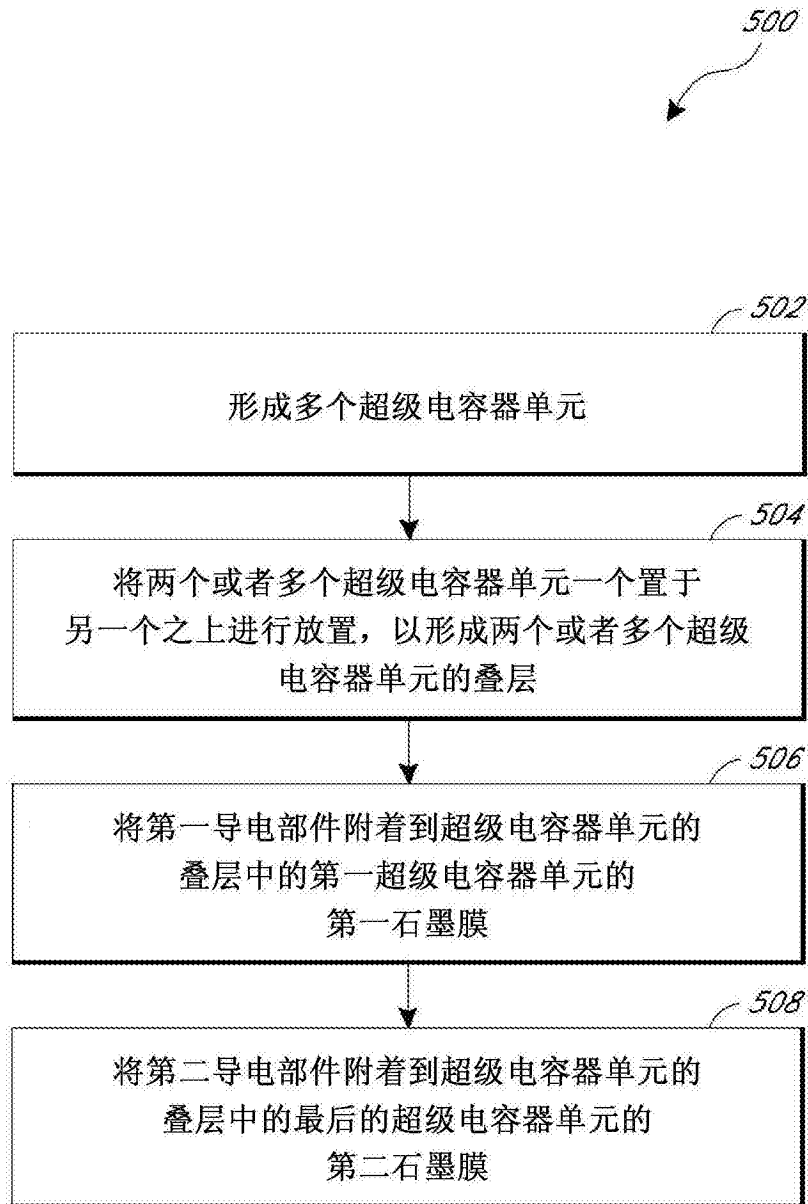


图7