



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105765755 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201480049579.9

(22)申请日 2014.10.28

(30)优先权数据

61/896,370 2013.10.28 US

14/524,798 2014.10.27 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.03.09

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/062574 2014.10.28

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2015/065975 EN 2015.05.07

(71)申请人 约翰逊控制技术公司

地址 美国密歇根州

(72)发明人 凯姆·M·奥巴西

理查德·M·德克斯特

(74)专利代理机构 上海脱颖律师事务所 31259

代理人 脱颖

(51)Int.Cl.

H01M 2/02(2006.01)

H01M 2/10(2006.01)

H01M 10/613(2006.01)

H01M 10/653(2006.01)

H01M 10/6554(2006.01)

H01M 10/6555(2006.01)

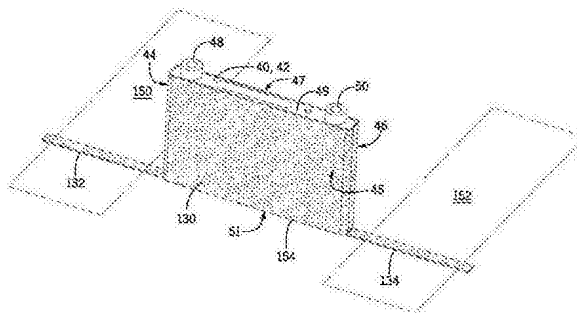
权利要求书2页 说明书13页 附图15页

(54)发明名称

使用碳基热膜的用于电池单元热管理的系统和方法

(57)摘要

本公开涉及电池单元和电池模块中的热管理。用于电池单元的热组件包括电池单元，该电池单元具有电池单元封装件和由连续碳基热膜形成的热套。热套被配置成使得电池单元封装件和电池模块的一个或多个热管理特征都与碳基热膜的第一侧面接触。因此，碳基热膜的第一侧面被配置成提供电池单元封装件与电池模块的一个或多个热管理特征之间沿碳基热膜的第一侧面的不间断的热通路。



1. 一种电池模块,包括:

安置在所述电池模块的封装件内的多个锂离子电池单元,其中所述多个锂离子电池单元中的每一个包括相应的电池单元封装件和相应的热套;以及

与所述电池模块的所述封装件相关联的至少一个热管理特征,其中所述热管理特征被配置成从所述多个锂离子电池单元接收热量并且从所述电池模块的所述封装件移除所述热量;

其中每个相应的热套包括具有第一侧面的碳基热膜,所述第一侧面既接触所述相应的电池单元封装件又接触所述电池模块的所述至少一个热管理特征。

2. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述多个锂离子电池单元中的每一个通过所述相应的热套与所述电池模块的所述至少一个热管理特征热连通并且与所述电池模块的所述至少一个热管理特征电气隔离。

3. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述多个锂离子电池单元不与所述电池模块的所述至少一个热管理特征直接接触。

4. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述至少一个热管理特征包括散热片或冷却板。

5. 如权利要求1所述的电池模块,其包括安置在所述电池模块的所述封装件中的额外的多个锂离子电池单元。

6. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述电池模块不包括相变材料或热隙垫。

7. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述多个锂离子电池单元包括圆柱形、棱柱形或袋状锂离子电池单元。

8. 如权利要求1所述的电池模块,其中所述电池模块被配置成连通地连接xEV并将功率提供给xEV。

9. 如权利要求8所述的电池模块,其中所述xEV是微混合动力的。

10. 如权利要求8所述的电池模块,其中所述xEV包括由所述电池模块供电的启停系统。

11. 一种电池模块,包括:

安置在由碳基热膜形成的热套之中或之上的锂离子电池单元,其中所述碳基热膜包括这样的侧面,所述侧面既接触所述锂离子电池单元的封装件又形成所述热套的折边的接触表面,其中所述锂离子电池单元和所述热套一起被安置在所述电池模块的封装件内,并且其中所述热套的所述折边的所述接触表面被安置成抵靠与所述电池模块的所述封装件相关联的热管理特征的内表面。

12. 如权利要求11所述的电池模块,其中所述碳基热膜是单个连续的薄片,其被切割、折叠和/或弯曲以形成所述热套。

13. 如权利要求11所述的电池模块,其中所述碳基热膜顺应所述锂离子电池单元的所述封装件的所述至少一个表面。

14. 如权利要求11所述的电池模块,其包括安置在所述碳基热膜与所述锂离子电池单元的所述封装件之间、安置在所述碳基热膜与所述热管理特征的内表面之间或者在上述组合的位置的粘合剂或热膏。

15. 如权利要求11所述的电池模块,其中焊接或粘合剂将所述碳基热膜形成为所述热套。

16. 如权利要求11所述的电池模块,其中所述折边的所述接触表面顺应所述热管理特

征的所述内表面的所述表面。

17. 一种用于电池单元的热组件,其包括:

具有电池单元封装件的所述电池单元;以及

热套,所述热套包括具有第一侧面的连续碳基热膜,其中所述热套被配置成使得所述电池单元封装件和电池模块的一个或多个热管理特征两者都与所述碳基热膜的所述第一侧面接触,其中所述碳基热膜的所述第一侧面被配置成提供在所述电池单元封装件与所述电池模块的所述一个或多个热管理特征之间沿所述碳基热膜的所述第一侧面的不间断热通路。

18. 如权利要求17所述的热组件,其中所述碳基热膜包括以下各项中的一个或多个:石墨烯、石墨、压制膨胀石墨、石墨化聚酰亚胺、石墨基层压板或热解石墨薄片(PGS)。

19. 如权利要求17所述的热组件,其中所述碳基热膜包括多个层,并且其中所述多个层包括导热碳层、支撑层、粘合剂层、电绝缘层或者其组合。

20. 如权利要求17所述的热组件,其中沿所述碳基热膜的平面的导热性至少比横跨所述碳基热膜的厚度的导热性大出一个数量级。

21. 如权利要求17所述的热组件,其中所述碳基热膜横跨所述碳基热膜的所述厚度基本上是不导电的。

22. 如权利要求17所述的热组件,其中所述热套包括一个或多个折边,所述折边被配置成分别使得所述电池模块的所述一个或多个热管理特征与所述碳基热膜的所述第一侧面接触。

23. 如权利要求22所述的热组件,其中所述一个或多个折边各自包括弯曲,所述弯曲被配置成提供弹力,以便分别维持所述一个或多个折边与所述一个或多个热管理特征之间的接触而不管所述热套、所述电池单元或两者的热膨胀或热收缩如何。

24. 如权利要求22所述的热组件,其中所述一个或多个折边的一个或多个尺寸对应于所述电池单元封装件的一个或多个尺寸。

25. 如权利要求17所述的热组件,其中所述热套不覆盖所有所述电池单元封装件。

26. 如权利要求17所述的热组件,其中所述热套不使用粘合剂或热膏粘附到所述电池单元封装件。

27. 如权利要求17所述的热组件,其中所述电池单元包括锂离子电池单元。

使用碳基热膜的用于电池单元热管理的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年10月28日提交的名称为“使用碳或石墨箔材料的用于锂离子单元电池的冷却方法”的美国临时专利申请序号61/896,370的优先权和利益,所述申请的全部内容为了所有目的以引用的方式并入本文。

[0003] 发明背景

[0004] 本公开总体涉及电池和电池模块的领域。更具体来说,本公开涉及电池单元和电池模块中的热管理。

[0005] 本节意欲向读者介绍可能与以下描述的本公开的各个方面有关的技术的各个方面。此论述据信有助于为读者提供背景信息以便于本公开的各个方面的更好理解。因此,应理解,这些陈述应从这个角度来阅读,而非作为现有技术的承认。

[0006] 使用为车辆提供所有或部分原动力的一个或多个电池系统的车辆可以称为xEV,其中术语“xEV”在本文被定义为包括将电功率用于其车辆原动力的所有或一部分的以下所有车辆或其变体或组合。例如,xEV包括将电功率用于所有原动力的电动车辆(EV)。如本领域技术人员将了解的,混合动力电动车辆(HEV)(也认为是xEV)组合内燃发动机推进系统和电池供电的电力推进系统,诸如48伏(V)或130V系统。术语HEV可以包括混合动力电动车辆的任何变体。例如,全混合动力系统(FHEV)可以使用一个或多个电动机、使用仅一个内燃发动机或者使用二者来将动力和其他电功率提供到车辆。相比之下,轻度混合动力系统(MHEV)在车辆怠速时禁用内燃发动机并且使用电池系统来继续为空调单元、无线电或其他电子器件供电,以及在需要推进时重新启动发动机。轻度混合动力系统还可以在例如加速期间施加一定程度的动力辅助,以补充内燃发动机。轻度混合动力通常是96V至130V,并且通过皮带或曲柄集成的起动发电机来回收制动能量。另外,微混合动力电动车辆(mHEV)也使用类似于轻度混合动力的“启停”系统,但是mHEV的微混合动力系统可以对内燃发动机供应动力辅助或者可以不对其供应动力辅助,并且在低于60V的电压下操作。为了当前讨论的目的,应注意,mHEV通常在技术上不将直接提供到曲轴或传动机构的电功率用于车辆的原动力的任何部分,但是mHEV仍可以被认为是xEV,因为当车辆在内燃发动机被禁用的情况下怠速时其使用电功率来补充车辆的功率需要,并且通过集成的起动发电机来回收制动能量。此外,插电式电动车辆(PEV)是可以从外部电力源(诸如壁式插座)充电的任何车辆,并且被储存在可再充电电池组中的能量驱动或者有助于驱动车轮。PEV是EV的子类别,包括全电动或电池电动车辆(BEV)、插电式混合动力电动车辆(PHEV)以及混合动力电动车辆与常规内燃发动机车辆的电动车辆转换。

[0007] 与仅使用内燃发动机和传统的电动系统(其通常是由铅酸电池供电的12V系统)的更传统的汽油动力车辆相比,如以上所描述的xEV可以提供若干优点。例如,与传统的内燃车辆相比,xEV可以产生较少的不良排放产物并且可以呈现出更高的燃料效率,并且在一些情况下,这些xEV可以完全省去如在某些类型的EV或PEV的情况下的汽油使用。

[0008] 随着技术持续发展,需要为这些车辆提供改进的动力源(尤其是电池模块)。在开发这些类型的电池模块时,一个特别的难题是热管理。例如,电池模块的个别电池单元在充

电和/或放电循环期间趋向于发热。因此,电池模块的封装件通常包括热管理特征,诸如冷却板和/或散热片,以将内部电池单元所产生的热量驱散到外部环境中。

[0009] 因此,现在意识到需要研发其中电池单元与电池模块的热管理特征良好热接触的电池模块。然而,个别电池单元的变化(例如,由于电池单元的制造变化性、表面变形或不规则性、电荷状态的差异)可能使得在电池模块的组装期间在电池单元的表面与热管理特征之间提供所需热接触具有难度。另外,即使在制造时在电池单元与热管理特征之间提供了良好热接触时,电池单元在工作期间的连续膨胀和收缩可能使得在电池模块的寿命期间电池单元与热管理特征之间的热接触劣化或中断。

发明内容

[0010] 以下阐述本文公开的某些实施例的概述。应理解,这些方面仅为了向读者提供这些某些实施例的简要概述而呈现并且这些方面并不意欲限制本公开的范围。事实上,本公开可以涵盖以下可能未阐述的各种方面。

[0011] 本公开涉及用于电池单元的热组件的实施例,其包括具有电池单元封装件和由连续碳基热膜形成的热套的电池单元。热套被配置成使得电池单元封装件和电池模块的一个或多个热管理特征都与碳基热膜的第一侧面接触。因此,碳基热膜的第一侧面被配置成提供电池单元封装件与电池模块的一个或多个热管理特征之间沿碳基热膜的第一侧面的不间断热通路。

[0012] 本公开还涉及包括安置在电池模块的封装件内的多个电池单元的电池模块的实施例,其中多个电池单元中的每一个包括相应的电池单元封装件和相应的热套。电池模块包括与电池模块的封装件相关联的至少一个热管理特征,其中该热管理特征被配置成从多个电池单元接收热量并且从电池模块的封装件移除热量。另外,每个相应的热套包括具有第一侧面的碳基热膜,该第一侧面接触相应的电池单元封装件和电池模块的至少一个热管理特征。

[0013] 本公开进一步涉及电池模块的实施例。电池模块包括安置在由碳基热膜形成的热套之中或之上的电池单元,其中碳基热膜包括这样的侧面,所述侧面既接触电池单元的封装件又形成折边的接触表面。电池单元和热套一起被安置在电池模块的封装件内。另外,热套的折边的接触表面被安置成抵靠在电池模块的封装件相关联的热管理特征的内表面。

附图说明

[0014] 阅读以下详细描述并且参照附图,本公开的各种方面将得到更好的理解,其中:

[0015] 图1是根据本实施例配置以提供用于车辆的各个部件的功率的电池模块的车辆的立体图;

[0016] 图2是根据本方法的实施例的图1的车辆和电池模块的剖面示意图;

[0017] 图3是根据本方法的实施例的棱柱形电池单元的立体图;

[0018] 图4是根据本方法的实施例的圆柱形电池单元的立体图;

[0019] 图5是根据本方法的实施例的袋状电池单元的立体图;

[0020] 图6是根据本方法的实施例的用于棱柱形电池单元的热套的立体图;

[0021] 图7是根据本方法的另一个实施例的用于棱柱形电池单元的热套的立体图;

- [0022] 图8是示出根据本方法的实施例的安置在图7的热套中的棱柱形电池单元的示意图；
- [0023] 图9是根据本方法的实施例的包括若干棱柱形电池单元的电池模块的一部分的立体图,所述棱柱形电池单元各自安置在图7的热套中；
- [0024] 图10A-D是示出根据本方法的实施例的从单片碳基热膜形成图7的热套的示意图；
- [0025] 图11A-B是示出根据本方法的实施例的从单片碳基热膜形成另一个热套的示意图；
- [0026] 图12是根据本方法的实施例的用于圆柱形电池单元的热套的立体图；
- [0027] 图13是示出根据本方法的实施例的安置在图12的热套中的圆柱形电池单元的示意图；
- [0028] 图14A-C是示出根据本方法的实施例的从单片碳基热膜形成图12的热套的示意图；
- [0029] 图15是根据本方法的实施例的袋状电池单元和用于袋状电池单元的热套的立体图；以及
- [0030] 图16是根据本方法的实施例的包括一堆袋状电池单元的电池模块的一部分的立体图,所述一堆袋状电池单元各自安置在图15的热套中。

具体实施方式

[0031] 以下将描述一个或多个特定实施例。为了提供这些实施例的简明描述,在说明书中未描述实际实施方式的所有特征。应了解,在任何这些实际实施方式的开发中,如在任何工程或设计项目中,必须做出若干实施方式特定决定以实现开发者的特定目标,诸如符合系统相关和商业相关的约束,这些目标可能在各实施方式之间不同。此外,应了解,这些开发工作可能是复杂且耗时的,但是对于受益于本公开的普通技术人员而言将仍然是设计、生产和制造的例行任务。

[0032] 本文描述的电池系统可以用来为各种类型的电动车辆(xEV)以及其他高压能量储存/消耗应用(例如,电网功率储存系统)提供功率。这些电池系统可以包括一个或多个电池模块,每个电池模块具有布置成提供用于为例如xEV的一个或多个部件供电的特定电压和/或电流的若干棱柱形电池单元(例如,锂离子(Li离子)电化学电池单元)。电池单元可以具有各种形状和尺寸,并且本公开意欲在适当的情况下大体上适用于所有这些变化。

[0033] 如以上所阐述的,电池模块的封装件可以包括热管理特征,诸如冷却板和/或散热片,以驱散电池模块的电池单元所产生的热量。然而,虽然如以上所阐述的,电池单元可能需要与这些热管理特征良好热接触,但是电池单元的封装件与电池模块的封装件的直接接触从设计的角度而言可能是有问题的。例如,将电池单元放置成与这些热管理特征直接接触可能提供驱散此热量的阻抗最小的热通路。然而,当电池单元的封装件和电池模块的封装件都导电时,特别是在电池单元的封装件具有电位的情况下(例如,具有非中性电芯壳或封装件的电池单元),电池单元的封装件与电池模块的封装件的直接接触从电气的角度而言可能是不可行或不良的。此外,考虑到由于制造变化性、温度和/或电池单元的电荷状态(SOC)导致的电池单元的尺寸的变化性,设计其中电池单元被紧密地包装以提供和维持与这些热管理特征的有效接触的电池模块也可能具有难度。

[0034] 出于这种考虑,本文实施例是针对用于使用碳基热膜提供电池模块的每个个别电池单元与电池模块的封装件的热管理特征之间的热通路的系统和方法。所公开的系统和方法包括使得使用单个连续碳基热膜能够在电池模块的电池单元(诸如棱柱形、圆柱形或袋状电池单元)的封装件的一部分周围形成热套的设计。这些热套被设计成使得热膜的相同表面(即,相同侧面)与电池单元的封装件直接接触并且也与电池模块的热管理特征直接接触,这实现碳基热膜的平面内的有效热传导(与通过厚度传热相反)。因此,在以下论述的某些实施例中,所公开的热套设计提供良好的热传导和良好的电阻,从而实现针对电池变化性的更好健全性并且易于被修改以适应在电池模块封装件上的不同位置具有热管理特征的不同电池模块设计。另外,所公开的热套设计易于制造并且不对电池模块增加显著的重量或成本。

[0035] 出于这种考虑,涉及碳基热膜和相关联特征的使用的本实施例可以应用于任何数量的能量消耗系统(例如,车辆背景和固定功率背景)中。为了便于描述,本文描述的电池模块的实施例在用于xEV中的先进电池模块(例如,Li离子电池模块)的背景中给出。为了有助于说明,图1是车辆10的实施例的立体图,该车辆可以使用再生制动系统。尽管以下描述是与具有再生制动系统的车辆相关地给出,但是本文描述的技术可适应于通过电池捕获/储存电能的其他车辆,所述车辆可以包括电动和气动车辆。

[0036] 如以上所论述的,电池系统12将需要在很大程度上与传统的车辆设计相容。因此,可以将电池系统12放置在车辆10中将会容纳传统电池系统的位置。例如,如图所示,车辆10可以包括其位置类似于典型的燃烧发动机车辆的铅酸电池的电池系统12(例如,在车辆10的引擎盖下方)。此外,如以下将更详细描述,可以将电池系统12放置成便于管理电池系统12的温度。例如,在一些实施例中,将电池系统12放置在车辆10的引擎盖下方可以使得空气管道能够在电池系统12上方引导气流并且冷却电池系统12。

[0037] 图2中描述电池系统12的更详细视图。如所描绘的那样,电池系统12包括连接到点火系统16、交流发电机18、车辆控制台20并且可选地联接到电动机21的能量储存部件14。通常,能量储存部件14可以捕获/储存车辆10中产生的电能并将电能输出到车辆10中的功率电气设备。换言之,电池系统12可以将功率供应给车辆的电气系统的部件,所述部件可以包括散热器冷却风扇、气候控制系统、电动转向系统、主动减震系统、自动停车系统、电动油泵、电动超级/涡轮增压器、电动水泵、加热挡风玻璃/除冰装置、车窗升降电机、阅读灯、胎压监控系统、天窗电机控制、动力座椅、警报系统、信息娱乐系统、导航特征、车道偏离警告系统、电动停车制动、外部灯或者其任何组合。解说性地,在所描绘的实施例中,能量储存部件14将功率供应给车辆控制台20和点火系统16,所述点火系统可以用来起动(例如,曲柄启动)内燃发动机22。

[0038] 此外,能量储存部件14可以捕获由交流发电机18和/或电动机21产生的电能。在一些实施例中,交流发电机18可以在内燃发动机22运行时产生电能。更具体来说,交流发电机18可以将由内燃发动机22的旋转产生的机械能转换为电能。此外或替代地,当车辆10包括电动机21时,电动机21可以通过将由车辆10的运动(例如,车轮的旋转)产生的机械能转换为电能来产生电能。因此,在一些实施例中,能量储存部件14可以在再生制动期间捕获由交流发电机18和/或电动机21产生的电能。因此,交流发电机和/或电动机21在本文通常称为再生制动系统。

[0039] 为了便于捕获和供应电能,能量储存部件14可以通过总线24电气地连接到车辆的电动系统。例如,总线24可以使得能量储存部件14能够接收由交流发电机18和/或电动机21产生的电能。此外,总线可以使得能量储存部件14能够将电能输出到点火系统16和/或车辆控制台20。因此,当使用12伏电池系统12时,总线24可以携带通常在8至18伏之间的电功率。

[0040] 此外,如所描绘的,能量储存部件14可以包括多个电池模块。例如,在所描绘的实施例中,能量储存部件14包括锂离子(例如,第一)电池模块25和铅酸(例如,第二)电池模块26,所述电池模块各自包括一个或多个电池单元。在其他实施例中,能量储存部件14可以包括任何数量的电池模块。此外,尽管锂离子电池模块25和铅酸电池模块26被描绘为彼此相邻,但是也可以将它们放置在车辆周围的不同区域中。例如,可以将铅酸电池模块26放置在车辆10的内部或周围,同时可以将锂离子电池模块25放置在车辆10的引擎盖下方。

[0041] 在一些实施例中,能量储存部件14可以包括多个电池模块以使用多种不同的电池化学性质。例如,当使用锂离子电池模块25时,由于锂离子电池化学性质通常具有比铅酸电池化学性质更高的库仑效率和/或更高的功率充电接受率(例如,更高的最大充电电流或充电电压),所以可以提高电池系统12的性能。因此,可以提高电池系统12的捕获、储存和/或分布效率。

[0042] 为了便于控制电能的捕获和储存,电池系统12可以额外地包括控制模块27。更具体来说,控制模块27可以控制电池系统12中的部件的工作,所述部件诸如能量储存部件14内的继电器(例如,开关)、交流发电机18和/或电动机21。例如,控制模块27可以调节由每个电池模块25或26捕获/供应的电能量(例如,将电池系统12调低估值和重估)、执行电池模块25与26之间的负载平衡、确定每个电池模块25或26的充电状态、确定每个电池模块25或26的温度、控制由交流发电机18和/或电动机21输出的电压等。

[0043] 因此,控制模块27可以包括一个或多个处理器28和一个或多个存储器29。更具体来说,一个或多个处理器28可以包括一个或多个专用集成电路(ASIC)、一个或多个现场可编程门阵列(FPGA)、一个或多个通用处理器或者其任何组合。此外,一个或多个存储器29可以包括易失性存储器(诸如随机存取存储器(RAM))和/或非易失性存储器(诸如只读存储器(ROM)、光学驱动器、硬盘驱动器或固态驱动器)。在一些实施例中,控制模块27可以包括车辆控制单元(VCU)的部分和/或单独的电池控制模块。此外,如所描绘的,锂离子模块25和铅酸电池模块26在其端子两侧并联。换言之,锂离子模块25和铅酸电池模块26可以通过总线24并联到车辆的电气系统。

[0044] 如所提及的,本文描述的锂离子模块25可以包括任何适合数量的锂离子电化学电池单元,所述电池单元电气地连接以提供特定电流和/或电压以便将功率提供给xEV 10。出于这种考虑,图3-5示出可以用于本文公开的技术的锂离子电池单元的实例。在某些实施例中,图1和2中所示出的电池模块25可以包括图3-5中所示的适合数量(例如,2、3、4、5、6、7、8、9、10个或更多个)的电池单元,每个电池单元被配置成储存和传递电能。应了解,图3-5中所示的电池单元仅作为实例被提供。在其他实施例中,在不损害本方法的效果的情况下,也可以将其他形状(例如,椭圆形、棱柱形、多边形等)、尺寸、端子配置和其他特征用于电池单元。

[0045] 一般而言,图3-5中所示的电池单元各自具有围住并包含电池单元的内部部件的电池单元封装件,所述内部部件包括阳极和阴极材料以及电解质。如本文所使用的,电池单

元的“封装件”是指含有电池单元的内部部件(例如,阳极、阴极、电解质)的金属或聚合物外部容器或壳体。在某些实施例中,图3-5中所示的电池单元的封装件可以基本上不导电或者没有实质极性的导电(即,“中性电芯壳”)或者具有正或负极性的导电。此外,在某些实施例中,图3-5中所示的电池单元内的阳极和阴极可以“包卷”的形式或作为板的交替堆叠存在。另外,图3-5中所示的电池单元可以是任何适合类型的锂离子电化学电池单元,包括但不限于锂镍锰钴氧化物(NMC)和钛酸锂(LTO)电池单元、NMC/石墨电池单元等。事实上,本公开并不意欲仅限于阴极和阳极活性材料的特定组合,并且事实上意欲与活性材料的适当组合相容。

[0046] 图3示出根据本文实施例的棱柱形锂离子電池单元40的实施例,该電池单元是锂离子電池模块25的部件。所示的棱柱形電池单元40包括金属封装件42,该金属封装件在不同的实施例中可以具有正、负或中性极性。所示封装件42包括平坦的端部44和46以及平坦的侧面部分45和47,从而为棱柱形電池单元40提供大体上矩形的棱柱形状。在其他实施例中,如以下所论述,在不会否定本方法的效果的情况下,棱柱形電池单元40可以替代地包括圆形的端部44和46。所示的棱柱形電池单元40包括安置在与棱柱形電池单元40的底部51相对的封装件42的顶部49上的负极端子48和正极端子50。端子48和50分别连接到安置在電池单元40的封装件42内的阳极和阴极。就尺寸而言,所示的棱柱形電池单元40可以被描述为具有特定高度52、特定宽度54和特定厚度56。

[0047] 图4示出根据本文实施例的圆柱形锂离子電池单元60的实施例,该電池单元是锂离子電池模块25的部件。圆柱形電池单元60包括金属封装件62,该金属封装件在不同的实施例中可以具有正、负或中性极性。所示的圆柱形锂离子電池单元60包括负极端子64和正极端子66,它们分别连接到被安置在電池单元60的封装件62内的阳极和阴极。就尺寸而言,图4中所示的圆柱形電池单元60可以被描述为具有特定高度68、特定直径70和特定周长72。

[0048] 图5示出根据本文实施例的袋状锂离子電池单元80的实施例,该電池单元是锂离子電池模块25的部件。所示的袋状電池单元80具有非导电的聚合物封装件82。所示的袋状锂离子電池单元80包括负极引出端子84和正极引出端子86,它们分别连接到被安置在電池单元80的聚合物封装件82内的阳极和阴极。就尺寸而言,所示的袋状電池单元80可以被描述为具有特定高度88、特定宽度90和特定厚度92。

[0049] 如以上所提及的,本文实施例针对用于使用碳基热膜来热耦合電池单元(如图3-5中所示的那些電池单元)和電池模块的热管理特征(例如,散热片、冷却板)的系统和方法。因此,在某些实施例中,此碳基热膜可以实现其中電池单元和热管理特征不是彼此直接物理接触而是電池单元通过碳基热膜热耦合到热管理特征(并与其电绝缘)的電池模块的制造。另外,由于所公开的碳基热膜有效地使得热量从電池单元穿梭到热管理特征,所以本文所公开的设计可能不具备其他電池模块可能使用的某些其他热管理特征(例如,相变材料)。

[0050] 如本文所使用的,“碳基热膜”可以指将热量通过沿膜平面对齐的一个或多个石墨烯薄片(例如,石墨或石墨的层、具有通常 sp^2 杂化的碳薄片)传导的任何顺应性(例如,柔性、可弯曲)膜。在某些实施例中,碳基热膜可以完全由石墨烯薄片制成,而在其他实施例中,石墨烯薄片可以形成被安置在多层结构的表面内或沿该表面安置的层。因此,在某些实施例中,碳基热膜可以包括围住或支撑碳基热膜的一个或多个石墨烯薄片的任何适合数量

的支撑层、粘合剂层、电绝缘层。例如,在某些实施例中,所公开的碳基热膜可以包括一个或多个电绝缘层以帮助电池单元彼此电气隔离和/或电池单元与电池模块的封装件电气隔离。

[0051] 石墨烯薄片在通过其平面结构传导热量的方面是极好的。由于石墨烯薄片通常沿碳基热膜的平面定向,所以在与横跨膜厚度的导热性相比时,所公开的碳基热膜的导热性沿热膜的平面显著更高(例如,至少大出一个数量级)。因此,可以了解到,当电池单元所产生的热量进入碳基热膜并且到达石墨烯薄片时,沿石墨烯薄片的平面的低热阻使得热量沿热膜平面快速分散。由于围住或支撑石墨烯薄片的一个或多个支撑层、粘合剂层、电绝缘层所提供的较大热阻使得热阻大体横跨碳基热膜的整个厚度较高,所以热量优选地沿热膜的平面(即,沿石墨烯薄片的平面)移动从而到达热管理特征。因此,本方法的一个方面是使用碳基热膜的相同侧面来接触电池单元的表面和热管理特征的表面二者,以使得在电池单元与热管理特征之间形成的热通路不会牵涉到越过碳基热膜的整个厚度的热量。也就是说,虽然在某些实施例中热量可以越过多层碳基热膜的一个或多个层到达石墨烯薄片,但是一旦热量已经沿热膜的平面分散,则热量可以越过多层热膜的相同层(与热膜的所有层相反)到达热管理特征。

[0052] 示例性碳基热膜的非限制性列表包括:石墨烯、石墨、压制膨胀石墨、石墨化聚酰亚胺、石墨基层压板以及热解石墨薄片(PGS)。如以下更详细论述的,某些碳基热膜可以提供与铜的导热性大致相等的导热性,而其他碳基热膜可以在一重量分数下提供比铜的导热性大出二倍至五倍的平面内导热性。碳基热膜的特定实例包括可从日本门真市松下公司获得的热解石墨薄片(PGS)。例如,表1中展示了示例性PGS的性质。可以了解到,虽然表1的示例性PGS提供240W/m-K的平面内导热性,但是其他PGS膜可以提供高达500W/m-K、1000W/m-K、1500W/m-K、1750W/m-K或甚至1950W/m-K的导热性。

[0053]

热性质		
热膨胀系数, 线性	-0.4 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{C}^{\circ}$	平面内
比特	711 J/Kg- C°	
导热性	240 W/m-K	平面内
	6.00 W/m-K	通过厚度
物理性质		
厚度	127 μm	
电气性质		
电阻率	0.0010 Ohm-cm	平面内
	1.5 Ohm-cm	通过厚度

[0054] 表1: 示例性碳基热膜的性质

[0055] 如本文所使用,“热套”是指被设计成接触电池单元的封装件的至少一部分和电池模块的热管理特征(例如,散热片、冷却板)的至少一部分的碳基膜。一般而言,所公开的热套包括被设计成接触热管理特征的至少一个折边。更具体来说,如所提及的,热套通常被设计成使得碳基热膜的相同侧面接触电池单元的封装件并且形成接触热管理特征的至少一个折边部分。通过使用碳基热膜的相同侧面,平面内导热性对热传输起到决定作用,从而确保通过碳基热膜的有效热传递。

[0056] 可以了解到,所公开的碳基热膜能够顺应电池单元封装件和热管理特征的表面以确保良好的热接触,而不管这些部件的表面的不规则性和/或变形如何。另外,所公开的碳基热膜的顺应性在组装电池模块时提供更大的自由度,因为部件之间的热接触不严格地依赖于统一的电池单元尺寸和紧填充以提供冷却电池单元的有效热通路。还可以了解到,如以下更详细论述的,所公开的碳基热膜的柔性使得某些所公开的热套设计能够具有柔性并弯曲,以便维持电池单元与电池模块的热管理特征之间的热接触而不管电池模块的工作期间电池单元和和/或热套的连续热膨胀和收缩。

[0057] 还可以了解到,所公开的热套可以使用单片碳基膜来形成,从而使得沿碳基膜平面的连续、不中断的热通路存在,以促成电池单元与热管理特征之间的有效热传递。例如,

如以下更详细论述的,在某些实施例中,可以在电池单元四周切割并折叠碳基热膜以形成热套。在其他实施例中,热套可以包括其中碳基膜的部分可以粘到(例如,焊接、粘附到)自身的接缝。在其他实施例中,热套可以粘附到电池单元的封装件和/或热特征。在再一些其他实施例中,热套可以在碳基热膜、电池单元的封装件和/或热管理特征之间包括热膏或类似的热界面化合物。然而,可以了解到,没有粘合剂和/或热膏的实施例可以提供相对于其他实施例的工艺优点(例如,较干净、较少部件、较少步骤等)。

[0058] 出于这种考虑,图6-11示出用于棱柱形电池单元(诸如图3中所示的棱柱形电池单元40)的热套的实施例的各个视图和方面。图12-14示出用于圆柱形电池单元(诸如图4中所示的圆柱形电池单元60)的热套的实施例的各个视图和方面。图15-16示出用于袋状电池单元(诸如图5中所示的袋状电池单元80)的热套的实施例的各个视图和方面。可以了解到,虽然所公开的热套的某些方面可能是针对具体电池单元类型(例如,棱柱形、圆柱形或袋状)来描述的,但是这些方面可以适用于其他电池单元类型、形状和布置的热套。

[0059] 图6示出用于棱柱形电池单元(诸如图3的棱柱形电池单元40)的由碳基热膜制成的热套100的实施例。因此,图6中所示的热套100大致具有与图3中所示的棱柱形电池单元40相同的直角棱柱形状。例如,热套100包括对应于图3的棱柱形电池单元40的平坦端部44和46的大体上平坦的端部102和104以及对应于图3的棱柱形电池单元40的平坦的端部45和47的大体上平坦的侧面部分106和108。此外,图6中所示的热套100包括从平坦的端部102的底部向外延伸的单个折边110。对于图6中所示的热套100而言,顶部109和底部111是开放的(即,不由碳基热膜覆盖)。可以了解到,所示热套100的各个角部(例如,角部112、114、116、118和120)意欲展示连续的碳基热膜薄片中的折边或弯曲。换言之,热套100中所示的各个角部112、114、116、118和120不应被解释为热套100中的接缝。可以了解到,对于所示的热套100,折边110的被设计成接触电池模块的热管理特征(如以下论述)的表面122和被设计成接触电池单元的封装件的表面124是碳基热膜的相同侧面的部分。如以上所描述的,由于平面内热传导在碳基热膜中占主导地位,所以所公开的热套100通过避免横跨碳基热膜的整个厚度传递热量而在电池单元与热管理特征之间提供低阻热通路。

[0060] 图7示出用于棱柱形电池单元的由碳基热膜制成的热套130的另一个实施例,该棱柱形电池单元类似于图3的棱柱形电池单元40但是替代地具有圆形端部44和46。例如,热套130包括大体上圆形的端部102和104以及大体上平坦的侧面部分106和108。此外,热套130包括分别从圆形部分102和104的底部向外延伸的两个折边132和134。与图6的热套100不同,两个折边132和134分别包括弯曲部或曲面136和138,从而使得两个折边132和134可以大体上平行于端部102和104设置,或者基于电池模块的热管理特征的位置以其他角度安置。类似于图6的热套100,对于图7中所示的热套130而言,顶部109和底部111是开放的(即,不由碳基热膜覆盖)。可以了解到,所示热套130的各个角部(例如,角部112、114、116、和118)意欲展示连续的碳基热膜薄片中的折边或弯曲,而不应被解释为热套130中的接缝。可以了解到,对于所示的热套130,折边132和134的设计成接触电池模块的热管理特征(如以下论述)的表面140和142以及设计成接触电池单元的封装件的表面124由碳基热膜的相同侧面形成。如以上所描述的,由于平面内热传导在碳基热膜中占主导地位,所以所公开的热套130通过避免横跨碳基热膜的整个厚度传递热量而在电池单元与热管理特征之间提供低阻热通路。

[0061] 图8是示出安置在图7的热套130的实施例内的棱柱形电池单元40(具有圆形端部44和46)的实施例的示意图。如本文所使用的,根据本文技术,“热组件”是电池单元和其相关联热套的组合。对于图8中所示的热组件而言,热套130紧贴地裹住并且覆盖棱柱形电池单元40的端部44和46以及侧面部分45和47。如以上所提及的,棱柱形电池单元40的顶部49和底部51不由热套130覆盖。因此,当将棱柱形电池单元40安置在热套130中时,棱柱形电池单元40的端子48和50以及安置在棱柱形电池单元40的顶部49上的任何其他特征(例如,通风口)不由碳基热膜覆盖或阻挡。此外,对于所示实施例而言,棱柱形电池单元40的底部51不由热套130的碳基热膜覆盖,这可以允许棱柱形电池单元40的底部51在某些实施例中接触电池模块的封装件的内表面。

[0062] 此外,图8示出由安置在棱柱形电池单元40和热套130下方的虚线矩形表示的两个热管理特征150和152。所示的热管理特征150和152可以是散热片、冷却板或者可以纳入到电池模块中的其他适合的热管理特征。在其他实施例中,热管理特征可以横跨棱柱形电池单元40的宽度延伸并且可以直接物理接触棱柱形电池单元40的底部51。如图8中所示,只有碳基热膜的背侧154可见,并且碳基热膜的相对(即,接触)侧面既接触棱柱形电池单元40的封装件42又接触热管理特征150和152。在工作期间,热套130的碳基热膜的接触侧面(与碳基热膜的可见背侧154相对)接触棱柱形电池单元40的封装件42并从其接收热量、沿碳基热膜的平面传递热量直到热量到达折边132和134为止,并且随后将热量传递到热管理特征150和152以从电池模块去除热量,从而使得热量不会越过碳基热膜的整个厚度。

[0063] 图9是示出具有若干棱柱形电池单元40的电池模块160的一部分的立体图,所述棱柱形电池单元各自安置在图7中所示的热套130的实施例内。图9中所示的电池模块160的部分包括大体上平行于棱柱形电池单元40的端部44和46安置的两个热管理特征150和152。因此,每个热套130的折边132和134包括曲面136和138从而使得它们可以分别大体上平行于热管理特征150和152的表面设置。如以上所阐述的,热套130被设计成使得碳基热膜的相同侧面既接触棱柱形电池单元40的封装件42又接触热管理特征150和152。换言之,热套130提供在每个棱柱形电池单元40与热管理特征150和152之间延伸的连续热通路,其中这些热通路不牵涉到越过碳基热膜的整个厚度的热量。还可以注意到,曲面136和138可以提供微妙的弹力,该弹力可以使得当碳基热膜试图将曲面136和138变平以恢复其最初平坦构造时,折边132和134分别压向热管理特征150和152的表面。因此,此弹力可以分别维持折边132和134与热管理特征150和152之间的接触,特别是当棱柱形电池单元40和/或热套130在电池模块160的工作期间重复地膨胀和收缩时。可以了解到,由于热套130形状上顺应电池单元40的封装件42,所以电池模块160沿这些热通路不像在其他电池模块中那样使用热隙垫或类似材料。

[0064] 图10A-D是示出用于从单片碳基热膜制造热套130的方法的实施例的示意图。在图10A中,将棱柱形电池单元40放置在碳基热膜的薄片180上。在其他实施例中,可以使用棱柱形电池单元40或模板或替身单元的测量来确定用于热套130的适当尺寸。如图10A中所示,可以沿所指示的虚线切割(例如,使用剪刀或多用途刀)碳基热膜的薄片180以提供折边132和134。对于热套130而言,根据图3中所示的尺寸,折边132和134的宽度182可以大体上与棱柱形电池单元40的厚度56相同,宽度184可以大体上与棱柱形电池单元40的宽度54相同,并且折边132和134的长度186可以大体上与棱柱形电池单元40的高度52相同。另外,一旦适当

地切割好碳基热膜的薄片180,则可以将膜包裹在电池单元40上,如由箭头188所指示的,以提供图10B中所示的配置。

[0065] 接下来,如由图10B的箭头190所示,可以将折边132和134朝向电池单元40的顶部49弯曲或折叠以提供由图10C所示的配置。如果需要接触棱柱形电池单元40下方的热管理特征,如图8中所示,则热套130在此阶段完成。然而,如果热管理特征沿棱柱形电池单元40的端部44和46安置,如图9中所示,则可以将折边132和134进一步弯曲或折叠,如由图10C的箭头192所示,以提供图10D所示的配置。可以了解到,图10A-D所示的过程仅是实例,并且在其他实施例中,图10A-D所示的步骤可以其他次序执行。

[0066] 可以注意到,薄片180的边缘相遇所形成的接缝194代表若非如此应连续的热套130的不连续。然而,可以注意到,虽有此接缝194的存在,仍存在从由热套130覆盖的电池单元40的封装件42的表面上的任何点延伸到折边132和134两者的远端的碳基热膜的不中断的、连续的表面。在某些实施例中,热套130可以被粘附(例如,到其本身和/或到电池单元40的封装件)以将热套130固定在棱柱形电池单元40周围。另外,在其他实施例中,可以基于棱柱形电池单元40在碳基热膜的片180上的初始位置以不同方式设置接缝194。

[0067] 图11A和11B是示出用于从单片碳基热膜180制造热套200的另一个实施例的方法的实施例的示意图。图11A是放置在碳基热膜的薄片180上的棱柱形电池单元40的自顶向下视图。如图11A中所示,可以沿所指示的虚线切割碳基热膜的薄片180。对于热套200而言,根据图3中所示的尺寸,长度202可以大体上与棱柱形电池单元40的厚度56相同,并且长度204可以大体上与棱柱形电池单元40的高度52相同。另外,一旦已将碳基热膜的薄片180适当地切割,则可以将薄膜折叠在电池单元40的侧部45和47以及端部44和46周围,以提供图11B中所示的配置。接下来,如由图11B的箭头206所示,可以背离棱柱形电池单元40地弯曲或折叠折边208和210以接触沿棱柱形电池单元40的端部44和46安置的热管理特征,从而使得碳基热膜的相同侧面接触棱柱形电池单元40的封装件42和热管理特征两者。正如以上参照图7中所示的热套130的实施例所讨论的曲面136和138一样,在背离棱柱形电池单元40弯曲或折叠之后被赋予折边208和210的结果曲面可以提供弹力,该弹力维持热套200与电池模块的热管理特征之间的接触。

[0068] 图12是示出用于如图4中所示的圆柱形电池单元60的由碳基热膜制成的热套220的实施例的立体图。因此,图12中所示的热套220包括圆柱形部分222,该圆柱形部分具有大体上与图4中所示的圆柱形电池单元60相同的圆柱形形状。此外,热套220包括从圆柱形部分222的底部向外延伸的折边224和226。对于图12中所示的热套220,顶部228和底部230是开放的(即,不由碳基热膜覆盖)。图12的热套220包括以下讨论的单个接缝232。可以了解到,如同以上讨论的热套,折边224和226的被设计成接触电池模块的热管理特征(如以下论述)的底表面(不可见)以及接触圆柱形电池单元60的封装件62的表面234由用于所示热套220的碳基热膜的共同侧面形成。

[0069] 图13是示出安置在图12的热套220的实施例内的圆柱形电池单元60的实施例的示意图。此外,图13中所示的热组件包括由安置在圆柱形电池单元60和热套220下方的虚线矩形表示的两个热管理特征150和152。在其他实施例中,热管理特征可以在圆柱形电池单元60下方延伸,并且可以直接、物理地接触圆柱形电池单元60。如图13中所示,只有碳基热膜的背侧236可见,并且碳基热膜的相对侧面(不可见)既接触棱柱形电池单元60的封装件62

又接触热管理特征150和152。在工作期间,碳基热膜的接触侧面(例如,与碳基热膜的可见背侧154相对)接触棱柱形电池单元60的封装件42并从其接收热量,沿碳基热膜的平面传递热量直到热量到达折边224和226为止,并且随后将热量传递到热管理特征150和152。此外,正如以上论述的某些热套一样,图13中所示的热套220的折边224和226分别具有曲面238和240,这可以提供弹力,所述弹力维持折边224和226与电池模块的热管理特征150和152之间的接触。

[0070] 图14A-C是示出用于从单个连续碳基热膜制造热套220的方法的实施例的示意图。在图14A中,将圆柱形电池单元60放置在碳基热膜的薄片180上。在其他实施例中,可以使用圆柱形电池单元60或模板或替身单元的测量来确定用于热套220的适当尺寸。如图14A中所示,可以沿所指示的虚线250切割碳基热膜的薄片180以提供折边224和226。对于热套220而言,根据图4中所示的尺寸,折边224和226的宽度252可以大体上与圆柱形电池单元60的周长72的约一半相同,并且折边224和226的长度254可以大体上与圆柱形电池单元60的高度68相同。另外,一旦已将碳基热膜的薄片180适当地切割,则可以将膜包裹在圆柱形电池单元60周围,如由箭头256所指示的,以提供图14B中所示的配置。接下来,如由图14B的箭头258所示的,可以将折边224和226弯曲或折叠以提供由图10C所示的配置。类似于图7的热套130,在某些实施例中,可以将折边224和226向上进一步弯曲或折叠成与圆柱形电池单元60的高度68的大体上平行,从而接触沿圆柱形电池单元60的侧面安置的热管理特征。可以了解到,图14A-C所示的过程仅是实例,并且在其他实施例中,图14A-C所示的步骤可以其他次序执行。

[0071] 可以注意到,碳基热膜的薄片180的边缘相遇所形成的接缝232代表若非如此的热套200的不连续。然而,可以注意到,虽有此接缝232的存在,仍存在从由热套220覆盖的圆柱形电池单元60的封装件62的表面上的任何点延伸到折边224和226两者的远端的碳基热膜的不中断的、连续的表面。在某些实施例中,热套130可以被粘附(例如,到其本身以形成接缝和/或到电池单元60的封装件62)以将热套130固定在圆柱形电池单元60周围。

[0072] 图15是示出袋状电池单元80的透视图,该袋状电池单元与用于这些袋状电池单元的从碳基热膜制成的热套260的实施例并排。热套260被设计成堆叠到袋状电池单元80上,如图15中所示。所示的热套260包括被设计成接触袋状电池单元80的封装件82的一侧(例如,背侧,未示出)的矩形部分262。因此,对于所示实施例,矩形部分262的尺寸可以对应于如图5中所示的袋状电池单元80的长度88和宽度90。在其他实施例中,热套260可以包括从边缘264延伸的类似尺寸的额外矩形部分,所述边缘被设计成折叠以接触袋状电池单元80的封装件82的前侧266。

[0073] 如由箭头268所示,沿边缘270折叠图15中所示的热套260以形成单个折边272。因此,对于所示实施例,折边272的宽度273可以对应于如图5中所示的袋状电池单元80的厚度92。在其他实施例中,可以存在沿热套260的相对边缘264设置的额外或替代折边。可以了解到,如同以上论述热套,折边272的被设计成接触电池模块的热管理特征的表面和矩形部分262的被设计成接触袋状电池单元80的封装件82的表面由碳基热膜的共同侧面形成。

[0074] 图16是示出包括袋状电池单元80的堆叠282的电池模块280的一部分的立体图,所述袋状电池单元各自具有图15中所示的热套260的实施例。对于图16中所示的实施例,每个热套260的折边272被设置成沿电池模块(未示出)的热管理特征的表面彼此平行延伸。此

外,正如以上论述的某些折边,在某些实施例中,热套260的折叠边缘270可以提供弹力,所述弹力帮助维持折边272与热管理特征之间的接触而不管袋状电池单元80、热套260或其组合的热膨胀和收缩如何。

[0075] 本公开的技术效果包括使得使用单个连续碳基热膜能够在电池模块的电池单元(诸如棱柱形、圆柱形或袋状电池单元)的封装件周围形成热套。这些热套通过碳基热膜通过确保该热膜的相同表面与电池单元的封装件和电池模块的热管理特征两者直接接触而实现热量的有效平面内传导。因此,所公开的设计实现良好的热传导、良好的电阻、实现针对电池变化性的更高健全性并且实现针对工作期间的电池单元的膨胀和收缩的更高健全性。说明书中的技术效果和技术问题是示例性而非限制性的。应注意,说明书中描述的实施例可以具有其他技术效果并且可以解决其他技术问题。

[0076] 虽然已经示出和描述仅某些特征和实施例,但是本领域技术人员可以在本质上不脱离主题的新颖教导和优点的情况下做出许多修改和改变(例如,各种要素的大小、尺寸、结构、形状和比例的变化、参数值(例如,温度、压力等)、安装布置、材料的使用、颜色、定向等)。任何过程或方法步骤的次序或顺序可以根据替代实施例来变化或重新排序。因此,应理解,所附权利要求意欲涵盖落在本发明的真实精神内的所有这些修改和改变。此外,为了提供示例性实施例的简洁描述,可能尚未描述实际实施方式的所有特征。应了解,在任何这些实际实施方式的开发中,如在任何工程或设计方案中,可以做出许多针对实施方式的决策。这种开发尝试可能是复杂且耗时的,但是尽管如此对于受益于本公开的普通技术人员而言,将是无需过度实验的设计、制造和生产的常规任务。

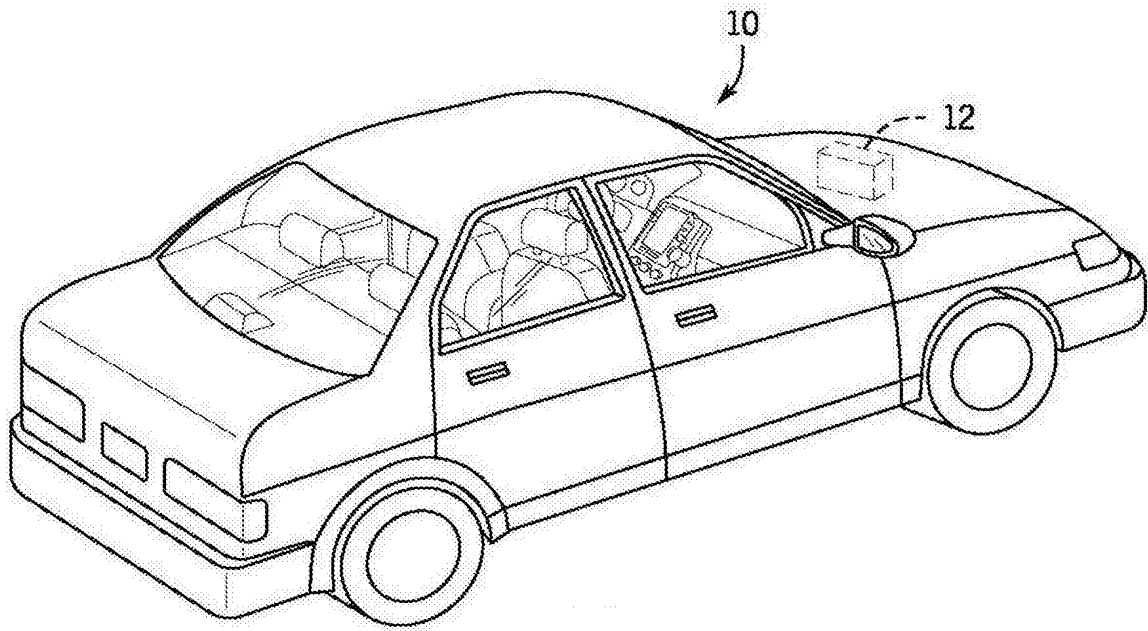


图1

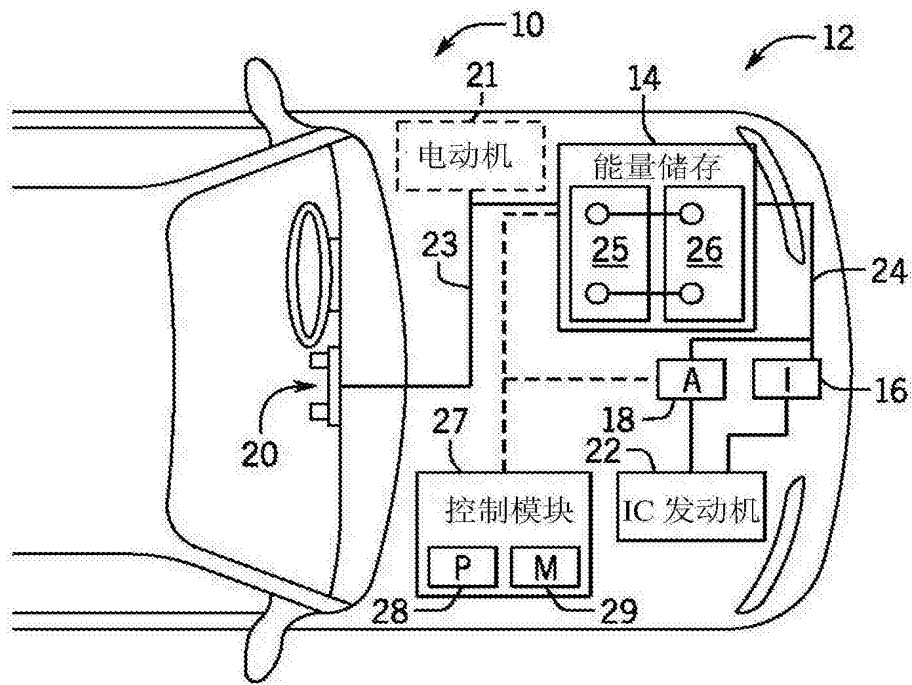


图2

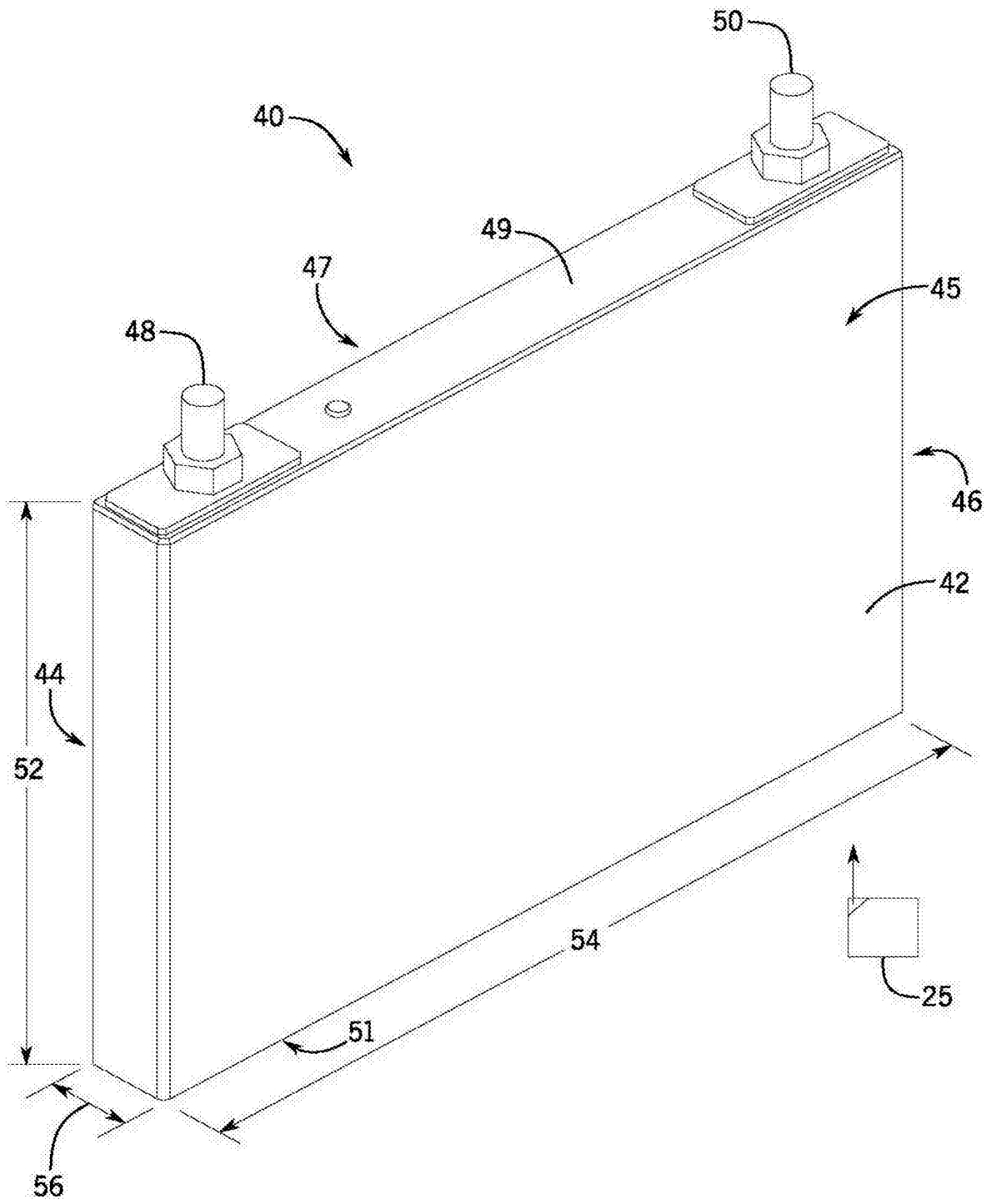


图3

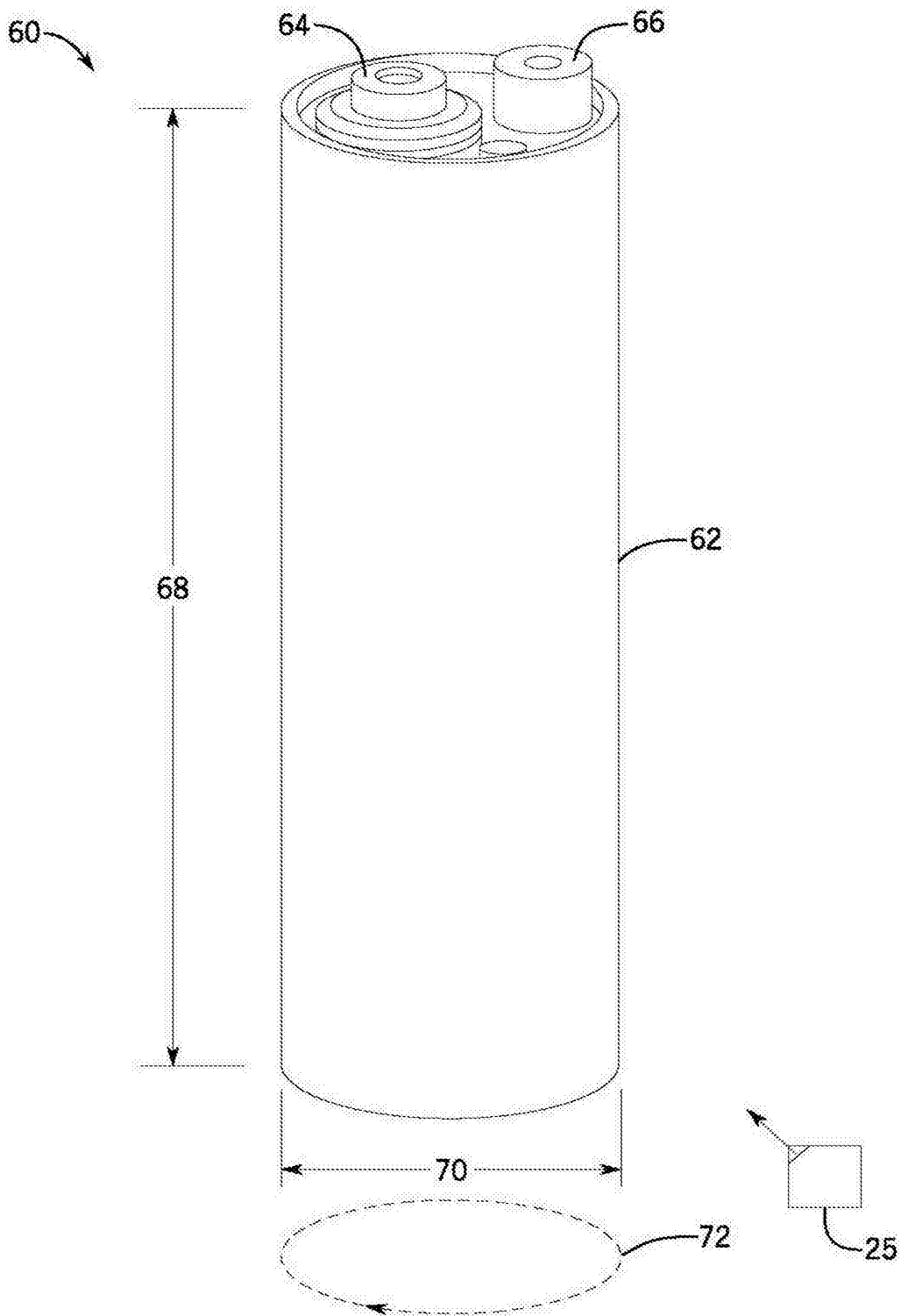


图4

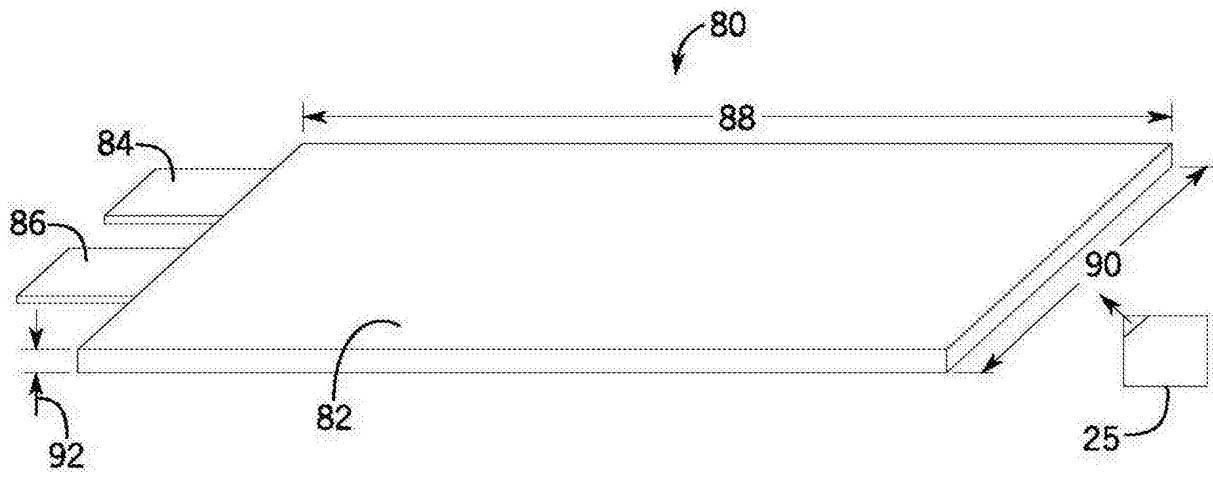


图5

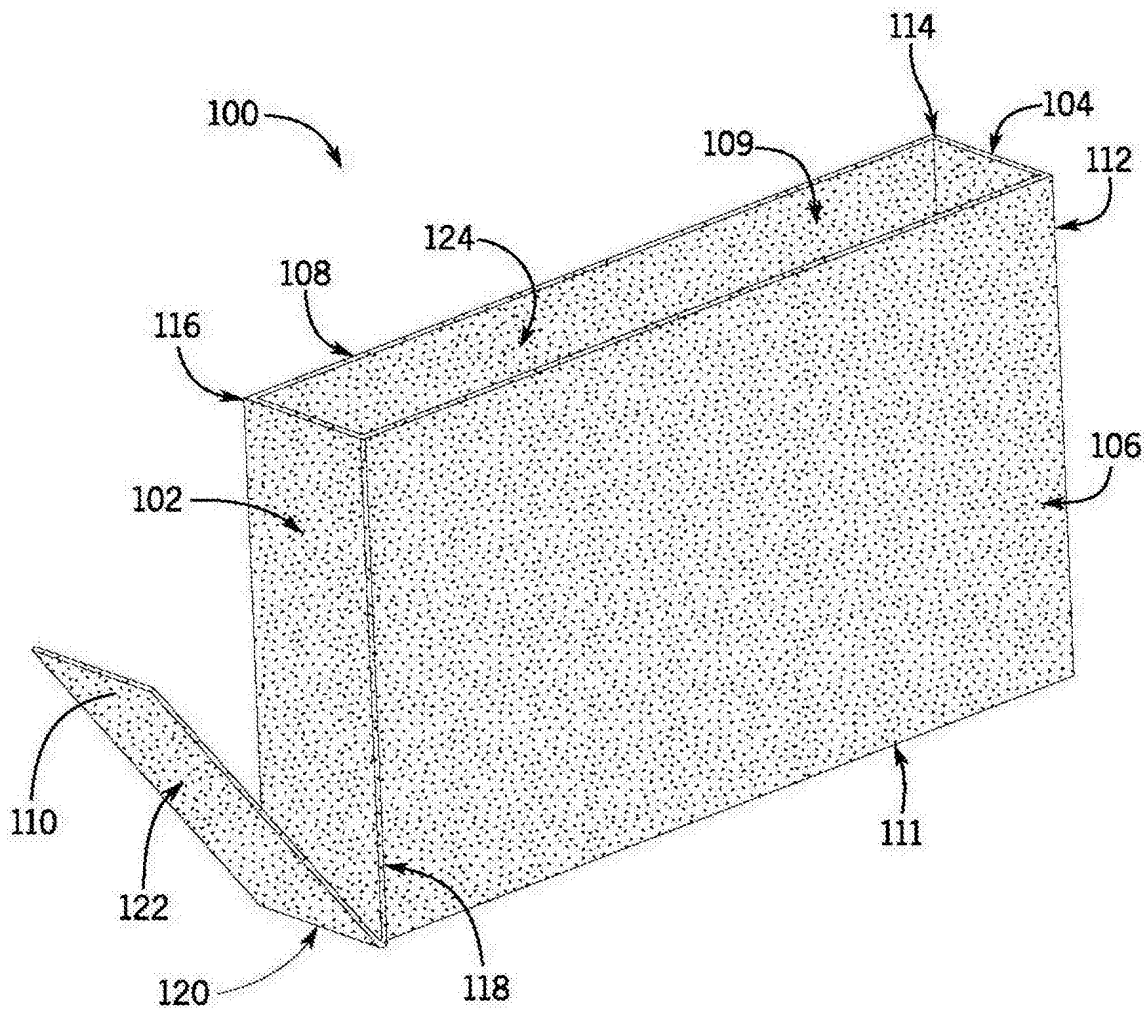


图6

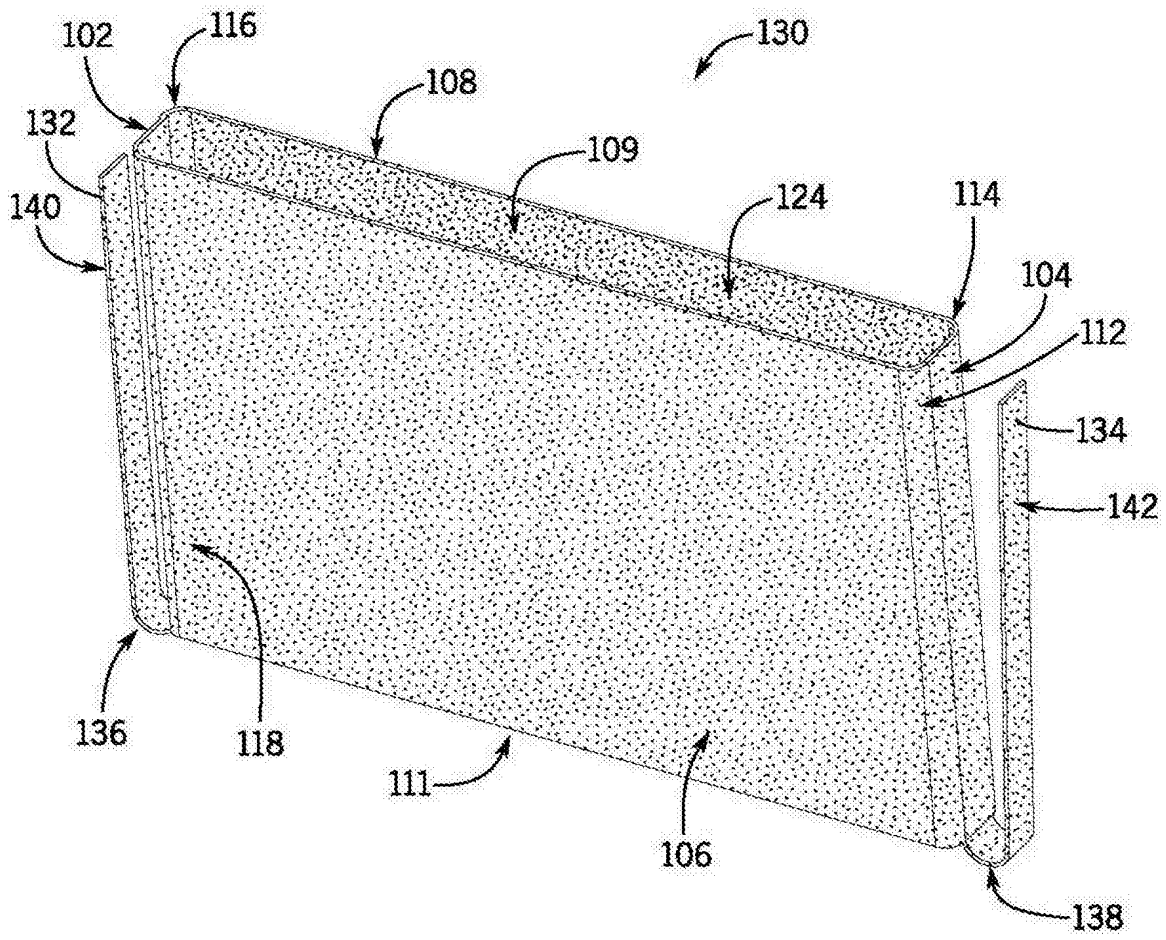


图7

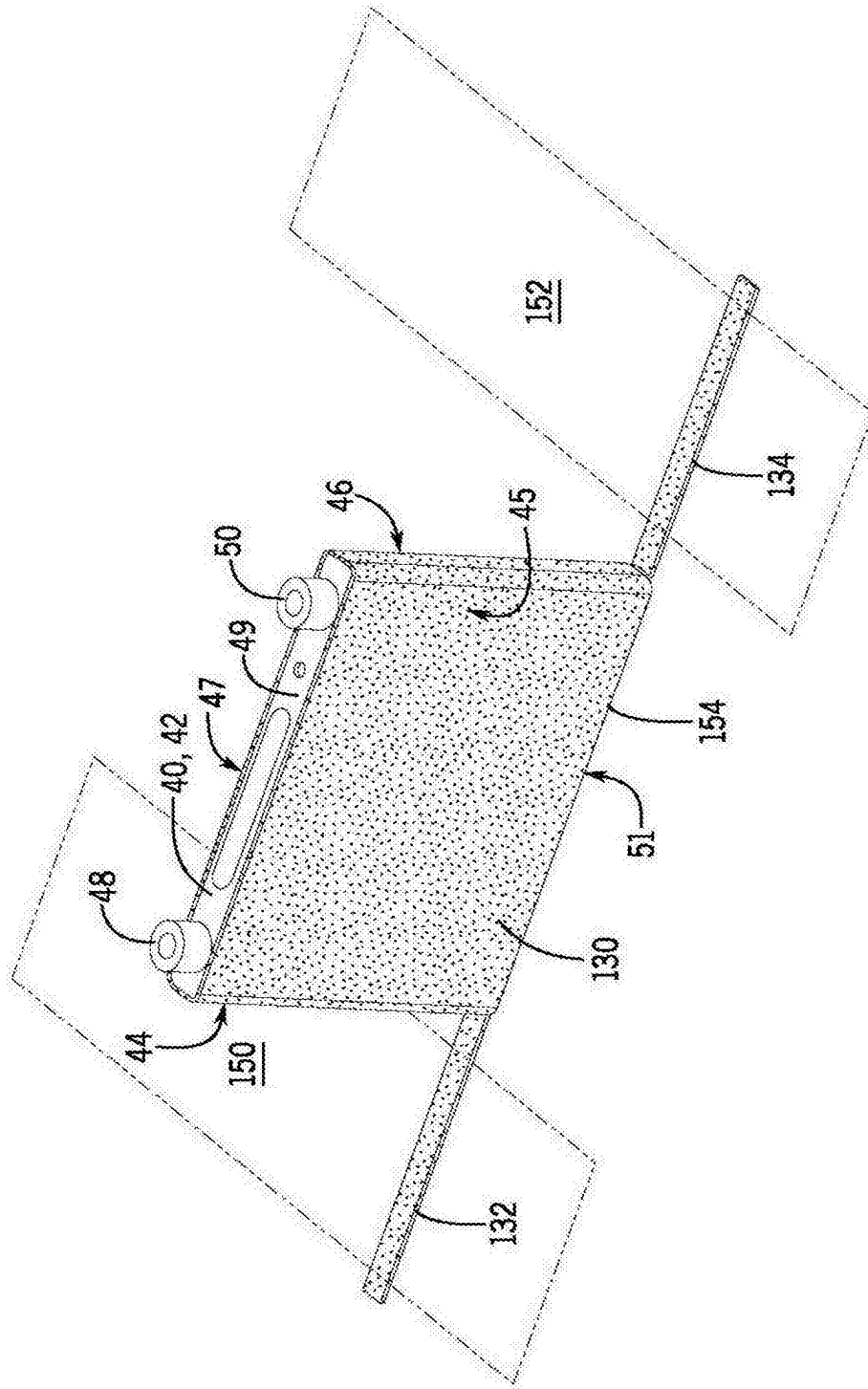


图8

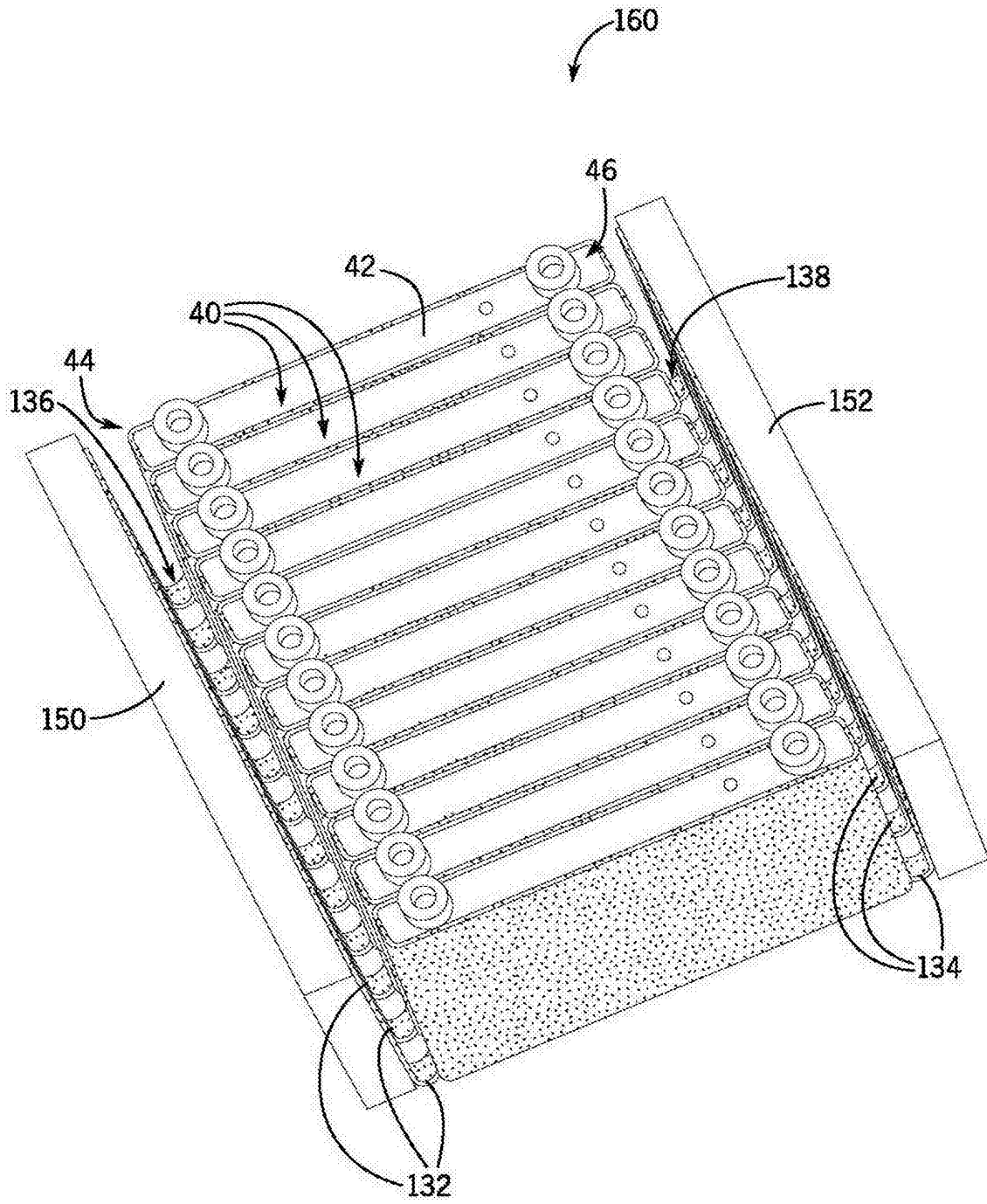


图9

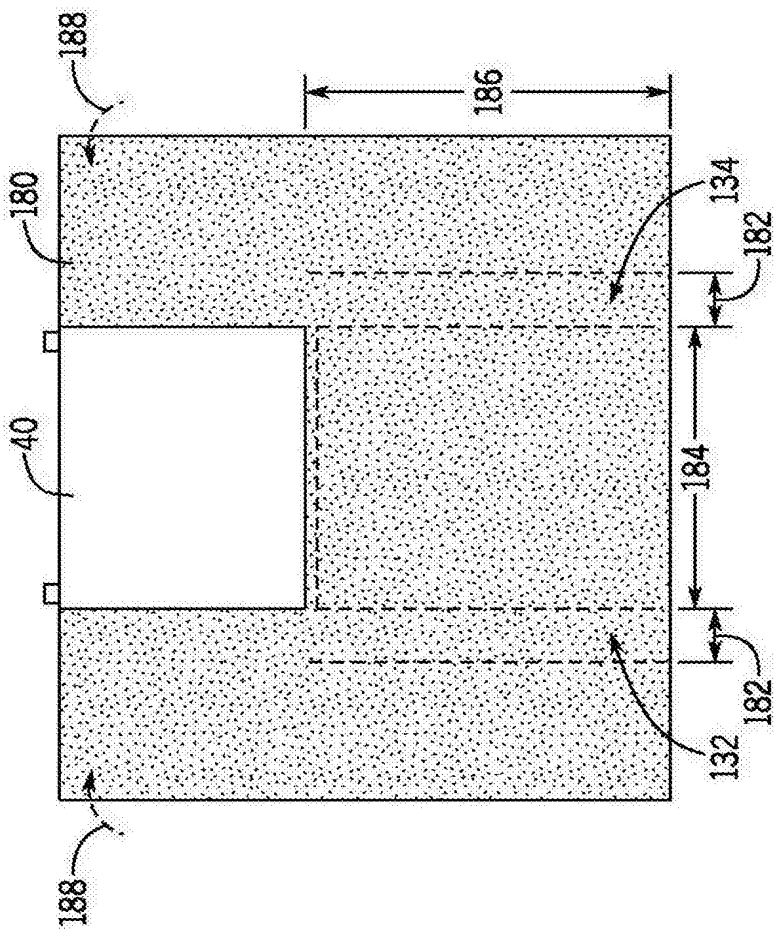


图10A

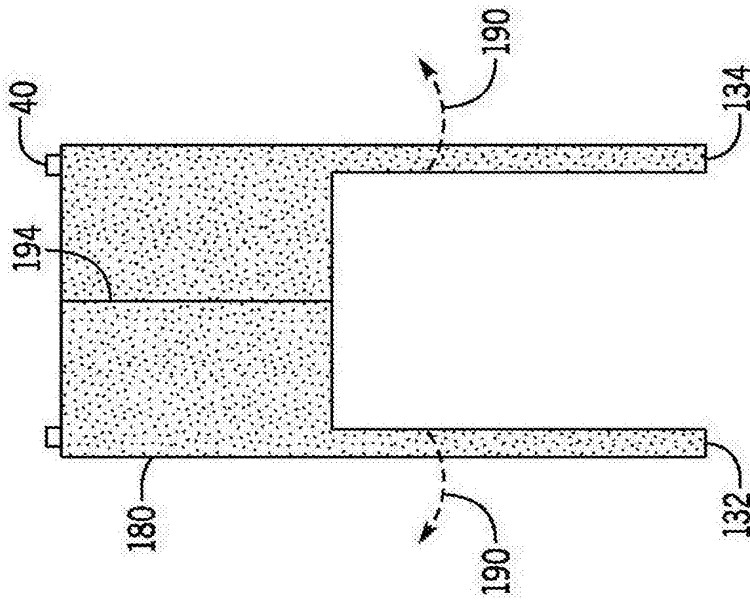


图10B

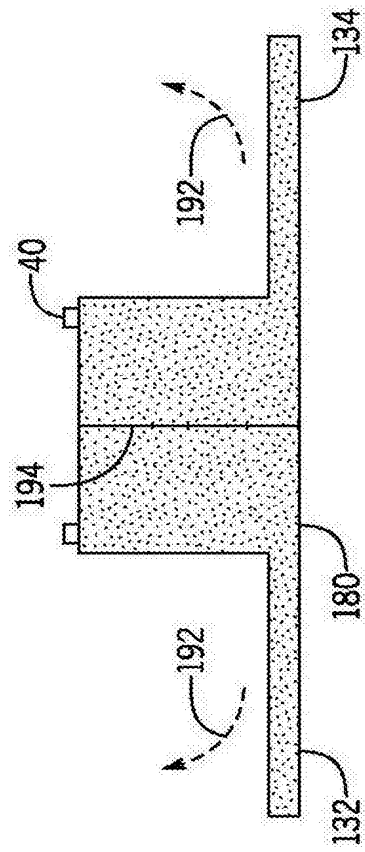


图10C

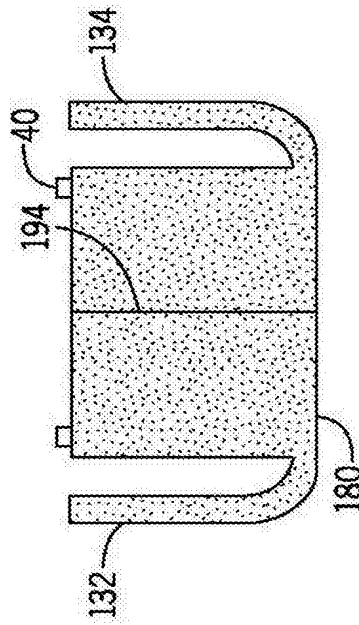


图10D

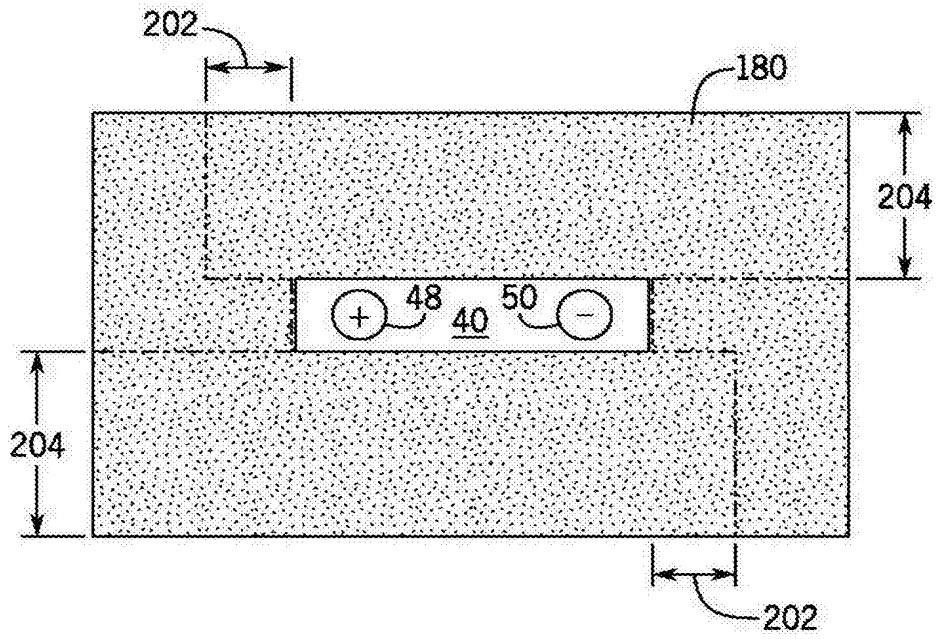


图11A

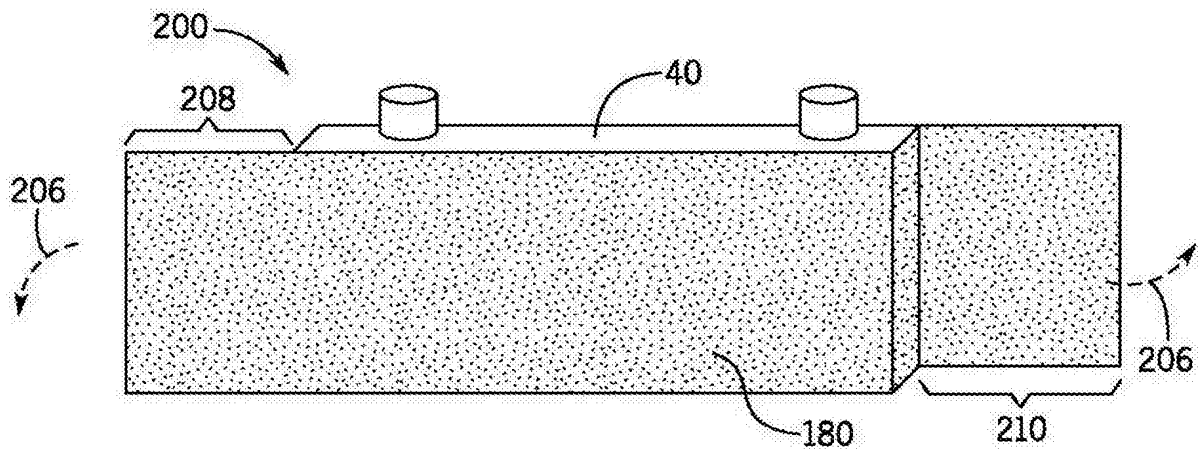


图11B

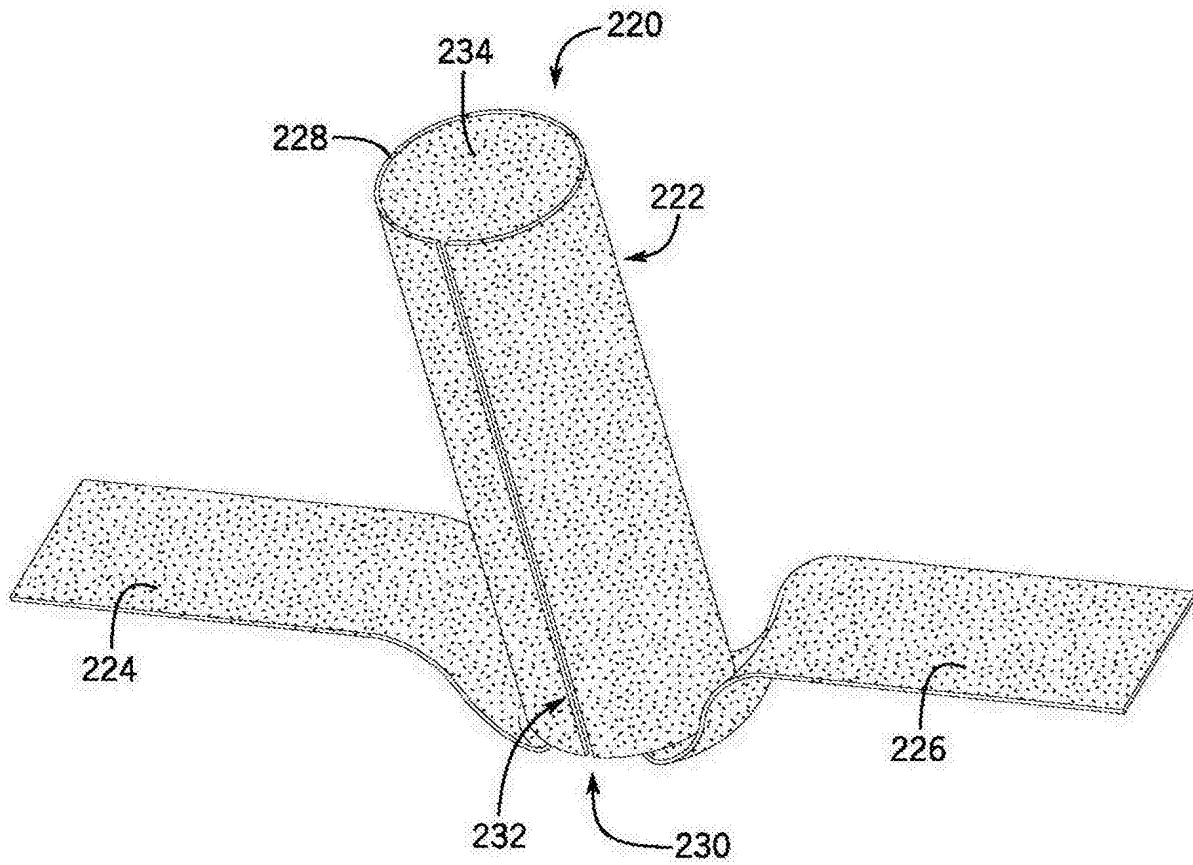


图12

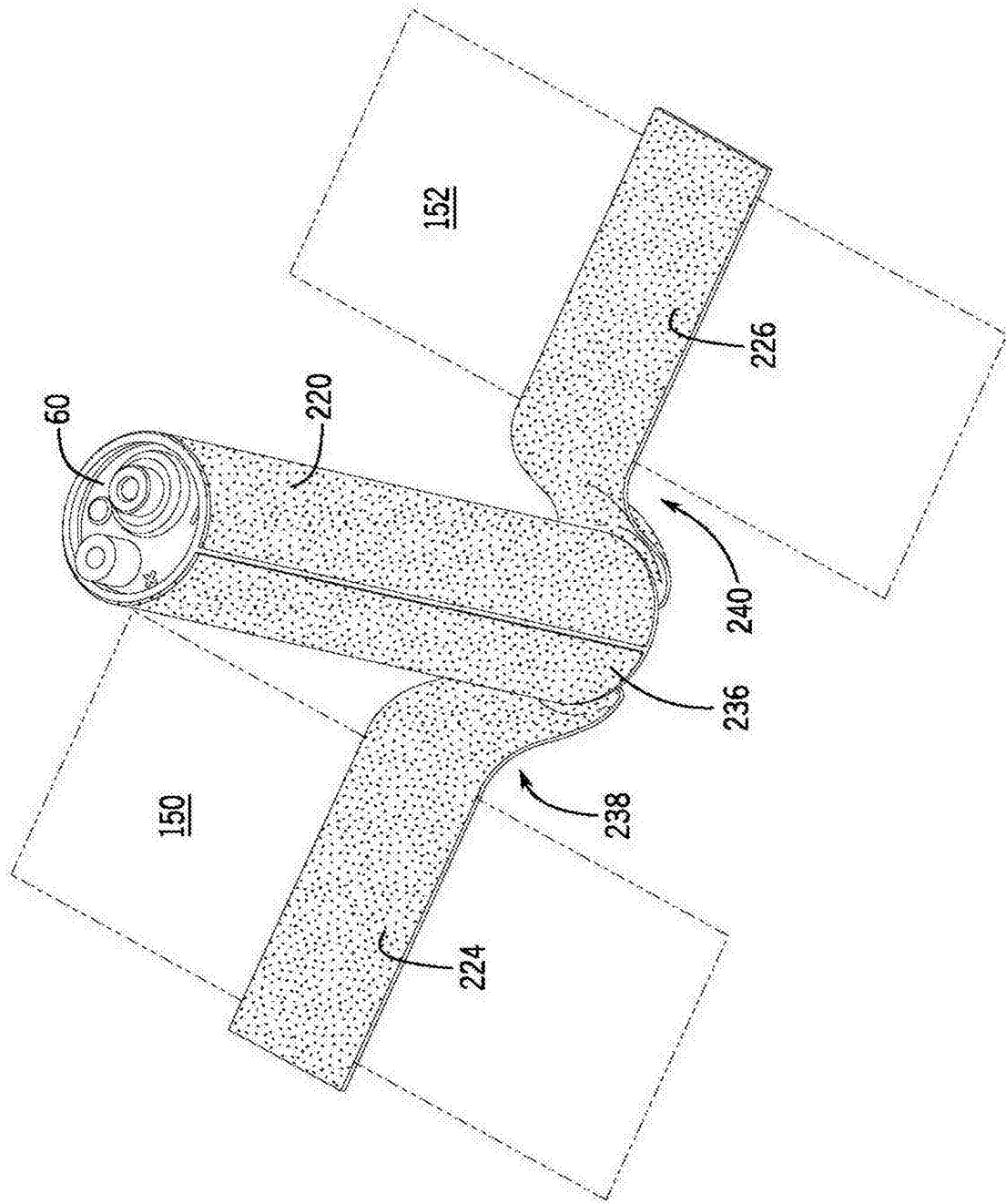


图13

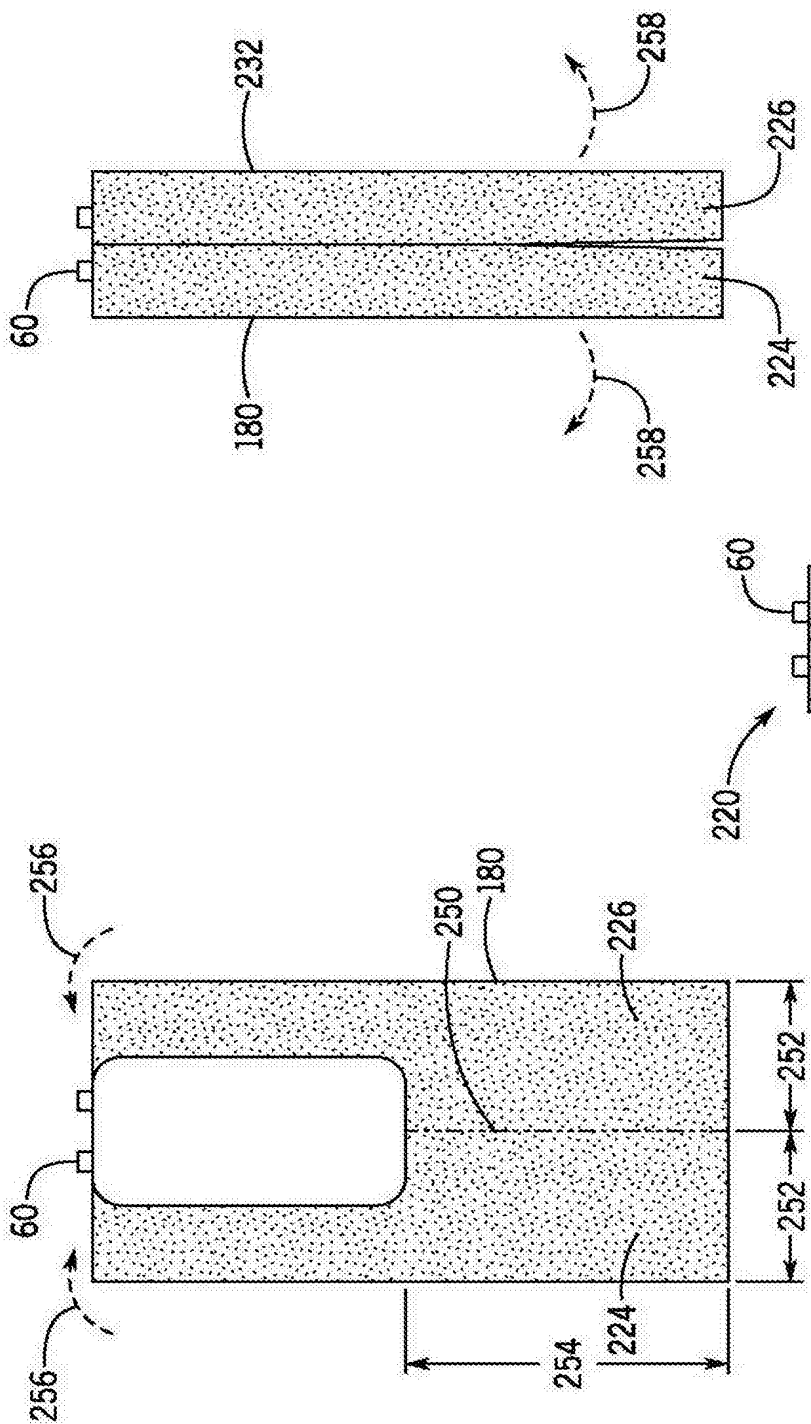


图 14A

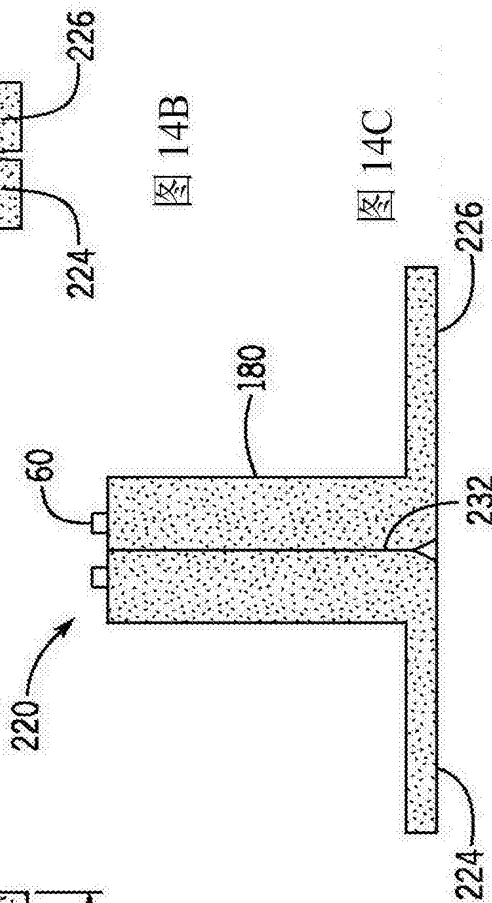


图 14B

图 14C

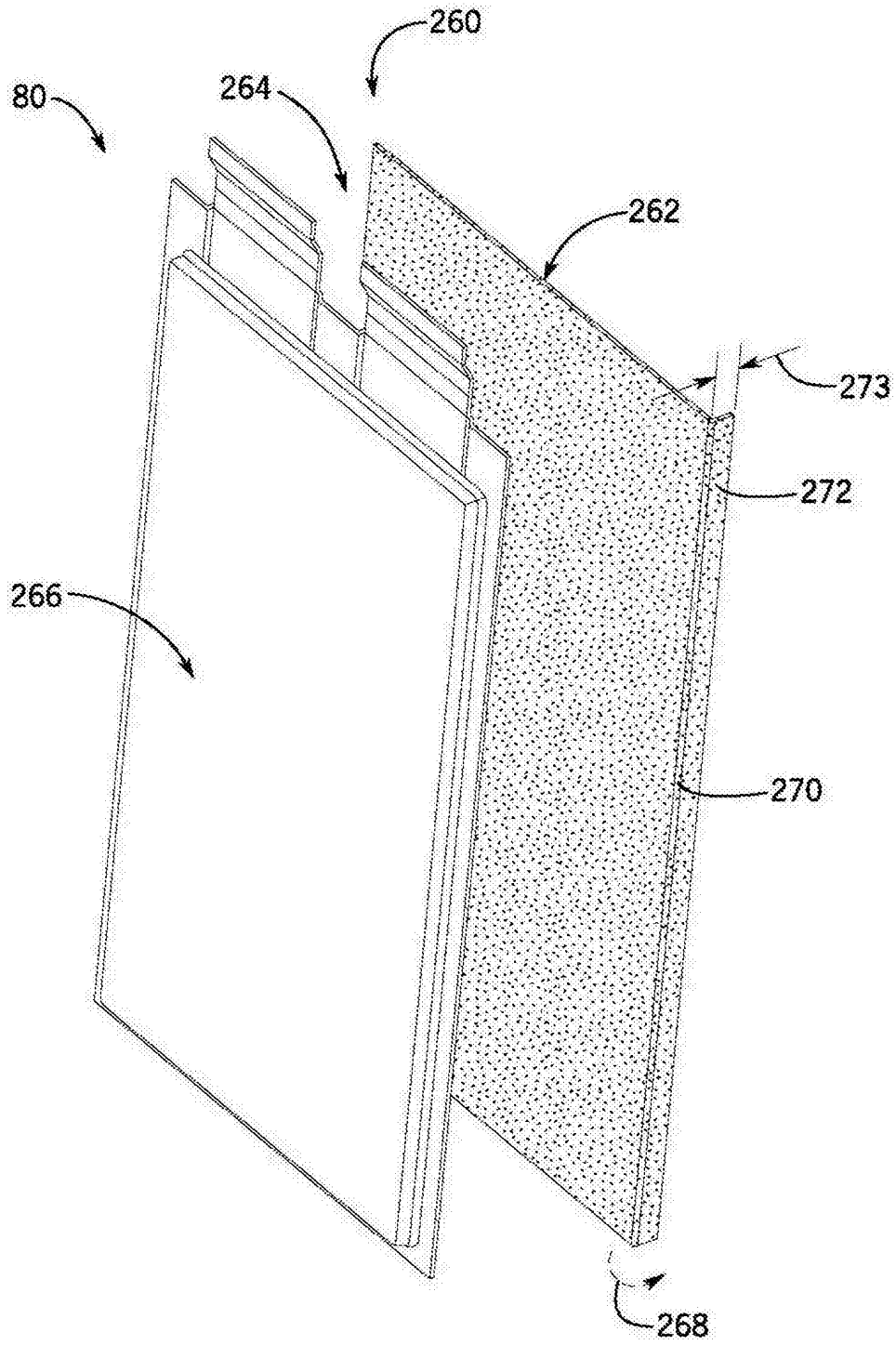


图15

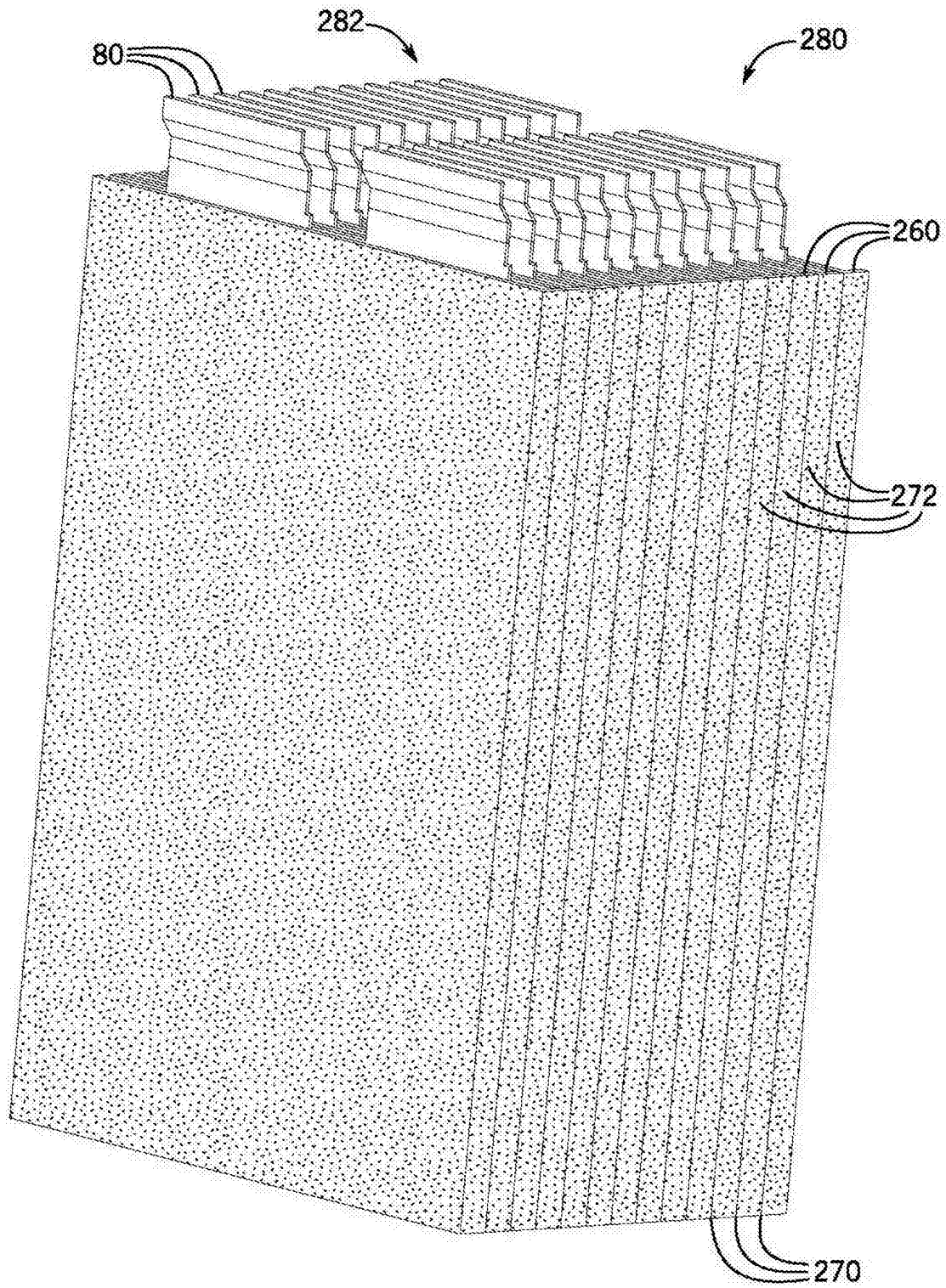


图16