(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111326711 B
(45)授权公告日 2024.10.15

(21)申请号 202010253819.4

(22)申请日 2020.04.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111326711 A

(43)申请公布日 2020.06.23

(73)专利权人 宁德新能源科技有限公司
地址 352100 福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路1号
专利权人 东莞新能源科技有限公司

(72)发明人 李保章

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
专利代理师 林斯凯

(51)Int.Cl.
H01M 4/136(2010.01)
H01M 4/1397(2010.01)
H01M 4/36(2006.01)
H01M 10/0525(2010.01)
H01M 10/058(2010.01)

(56)对比文件
CN 102468475 A,2012.05.23
CN 105794022 A,2016.07.20
CN 211879509 U,2020.11.06

审查员 张小霞

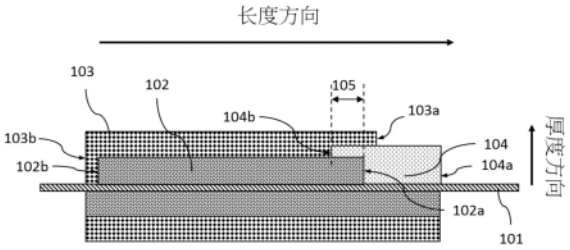
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

电极极片、电化学装置及包含其的电子装置

(57)摘要

本申请涉及了一种电极极片、电化学装置及包含其的电子装置。该电极极片包括:集流体、第一活性物质层、第二活性物质层及绝缘层。集流体包括第一表面,第一活性物质层包括第一活性物质,第二活性物质层包括第二活性物质。第一活性物质层设置于集流体和第二活性物质层之间且覆盖集流体的第一表面的第一部分,绝缘层覆盖集流体的第一表面的不同于第一部分的第二部分,在电极极片的长度方向上,第一活性物质层包括第一端和第二端,绝缘层包括第三端和第四端,第一端与第三端相互堆叠以形成重叠部分。该电极极片的集流体能够被电阻率高的层覆盖,并提高电化学装置及电子装置的安全性能。



CN 111326711 B

1.一种电极极片,其特征在于,包括:

集流体,包括第一表面;

第一活性物质层,包括第一活性物质;

第二活性物质层,包括第二活性物质;以及

绝缘层;

其中所述第一活性物质层设置于所述集流体和所述第二活性物质层之间且覆盖所述集流体的第一表面的第一部分,所述绝缘层覆盖所述集流体的第一表面的不同于所述第一部分的第二部分,在所述电极极片的长度方向上,所述第一活性物质层包括第一端和第二端,所述绝缘层包括第三端和第四端,所述第一端与所述第三端相互堆叠以形成重叠部分,其中所述第二活性物质层在所述电极极片的长度方向上至少接触或覆盖所述重叠部分的一部分,且所述第一端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第三端在所述电极极片的长度方向上的边缘在所述电极极片的长度方向上的距离小于或等于20mm。

2.根据权利要求1所述的电极极片,其中,在所述电极极片的厚度方向上,所述第一端设置在所述第三端和所述集流体之间。

3.根据权利要求1所述的电极极片,其中,在所述电极极片的厚度方向上,所述第三端设置在所述第一端和所述集流体之间。

4.根据权利要求1-3中的任一项所述的电极极片,其中,在所述电极极片的长度方向上,所述第二活性物质层包括第五端。

5.根据权利要求4所述的电极极片,其中,所述第五端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第三端在所述电极极片的长度方向上的边缘平齐。

6.根据权利要求4所述的电极极片,其中,所述第五端在所述电极极片的长度方向上的边缘位于所述第一端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第三端在所述电极极片的长度方向上的边缘之间。

7.根据权利要求4所述的电极极片,其中,所述第一端在所述电极极片的长度方向上的边缘位于所述第三端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第五端在所述电极极片的长度方向上的边缘之间。

8.根据权利要求7所述的电极极片,其中,所述第一端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第五端在所述电极极片的长度方向上的边缘在所述电极极片的长度方向上的距离小于或等于3mm。

9.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述电极极片还包括第三活性物质层和第四活性物质层,所述集流体还包括第二表面,所述第三活性物质层设置于所述集流体和所述第四活性物质层之间且覆盖所述集流体的第二表面。

10.根据权利要求9所述的电极极片,其中,在所述电极极片的长度方向上,所述第三活性物质层包括第六端,所述第六端在所述电极极片的长度方向上的边缘位于所述第一端在所述电极极片的长度方向上的边缘与所述第四端在所述电极极片的长度方向上的边缘之间。

11.根据权利要求10所述的电极极片,其中,在所述电极极片的长度方向上,所述第四活性物质层包括第七端,所述第七端在所述电极极片的长度方向上超出所述第六端。

12.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述绝缘层在所述重叠部分中的密度为所

述绝缘层不在所述重叠部分中的密度的60％至90％。

13.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述第一活性物质和所述第二活性物质各自独立地选自由钴酸锂、磷酸铁锂、磷酸锰铁锂、磷酸铁钠、磷酸钒锂、磷酸钒钠、磷酸钒氧锂、磷酸钒氧钠、钒酸锂、锰酸锂、镍酸锂、镍钴锰酸锂、富锂锰基材料、镍钴铝酸锂、钛酸锂及其组合所组成的群组。

14.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述第一活性物质和所述第二活性物质各自独立地选自由人造石墨、天然石墨、中间相碳微球、软碳、硬碳、硅、硅氧化合物、硅碳复合物、锡、锡合金、钛酸铌、钛酸锂及其组合所组成的群组。

15.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述第一活性物质层和所述第二活性物质层均还包括粘结剂及导电剂,所述粘结剂选自由聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯、聚六氟丙烯、丁苯橡胶及其组合所组成的群组,及

所述导电剂选自由碳纳米管、导电炭黑、乙炔黑、石墨烯、科琴黑、碳纤维及其组合所组成的群组。

16.根据权利要求1所述的电极极片,其中,所述绝缘层包括无机粒子和/或聚合物,其中所述无机粒子选自由氧化铝、二氧化硅、氧化镁、氧化钛、二氧化铪、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、二氧化锆、氧化钇、碳化硅、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、硫酸钡及其组合所组成的群组,

所述聚合物选自由偏氟乙烯的均聚物、偏氟乙烯的共聚物、六氟丙烯的共聚物、聚苯乙烯、聚苯乙炔、聚乙烯酸钠、聚乙烯酸钾、聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯及其组合所组成的群组。

17.一种电化学装置,包括正极极片、隔离膜及负极极片,其中,所述正极极片和/或所述负极极片为权利要求1-16中的任一项所述的电极极片。

18.一种电子装置,其包含根据权利要求17所述的电化学装置。

电极极片、电化学装置及包含其的电子装置

技术领域

[0001] 本申请涉及储能技术领域，尤其涉及电极极片、电化学装置以及包括该电化学装置的电子装置。

背景技术

[0002] 电化学装置(例如，锂离子电池)已伴随着科技的进步及环保要求的提高进入了我们日常的生活。随着锂离子电池的大量普及，在用户端偶尔会出现因外力刺破锂离子电池导致的安全问题，其安全性能越来越受到人们的重视，尤其是一些手机爆炸事件的持续发酵，使得包括使用者、售后端及锂离子电池生产厂商都对锂离子电池的安全性能提出了新的要求。

[0003] 目前改善锂离子电池安全性能的方法，例如，提高正极活性物质层中的粘结剂含量、增厚隔离膜表面的陶瓷涂层等，都是以牺牲锂离子电池的能量密度为代价。因此，急需提供一种在较高能量密度的条件下，能够显著提高锂离子电池安全性能的技术手段。

发明内容

[0004] 本申请提供一种电极极片、电化学装置以及包括该电化学装置的电子装置以试图在至少某种程度上解决至少一个存在于相关领域中的问题。

[0005] 根据本申请的一个方面，本申请的一些实施例提供了一种电极极片，该电极极片包括：集流体、第一活性物质层、第二活性物质层及绝缘层。集流体包括第一表面，第一活性物质层包括第一活性物质，第二活性物质层包括第二活性物质。第一活性物质层设置于集流体和第二活性物质层之间且覆盖集流体的第一表面的第一部分，绝缘层覆盖集流体的第一表面的不同于第一部分的第二部分，在电极极片的长度方向上，第一活性物质层包括第一端和第二端，绝缘层包括第三端和第四端，第一端与第三端相互堆叠以形成重叠部分。

[0006] 根据本申请的一个方面，本申请的一些实施例提供了一种电化学装置，该电化学装置包括正极极片、隔离膜及负极极片，其中正极极片和/或负极极片为上述的电极极片。

[0007] 根据本申请的另一个方面，本申请的一些实施例提供了一种电子装置，其包含上述的电化学装置。

[0008] 本申请电化学装置采用双活性物质层结构的电极极片，并在无活性物质层覆盖的空集流体部分设置了绝缘层，并通过将绝缘层与第一活性物质层重叠使集流体被完全的覆盖，从而在电化学装置受到外力冲击或穿刺时防止电极极片间的短路，以提高电化学装置及电子装置的安全性能。

[0009] 本申请实施例的额外层面及其他优点将部分地在后续说明中描述、显示、或是经由本申请实施例的实施而阐释。

附图说明

[0010] 在下文中将简要地说明为了描述本申请实施例或现有技术所必要的附图以便于

描述本申请的实施例。显而易见地，下文描述中的附图仅只是本申请中的部分实施例。对本领域技术人员而言，在不需要创造性劳动的前提下，依然可以根据这些附图中所例示的结构来获得其他实施例的附图。

[0011] 图1是本申请实施例绝缘层覆盖第一活性物质层的电极极片的结构示意图。

[0012] 图2是本申请实施例绝缘层覆盖第一活性物质层的电极极片的结构示意图(第二活性物质层与集流体在长度方向上的边缘平齐)。

[0013] 图3是本申请实施例绝缘层覆盖第一活性物质层的电极极片的结构示意图(第二活性物质层部分覆盖重叠部分)。

[0014] 图4是本申请实施例第一活性物质层覆盖绝缘层的电极极片的结构示意图。

[0015] 图5是本申请实施例第一活性物质层覆盖绝缘层的电极极片的结构示意图(第二活性物质层与集流体在长度方向上的边缘平齐)。

[0016] 图6是本申请实施例第一活性物质层覆盖绝缘层的电极极片的结构示意图(第二活性物质层部分覆盖重叠部分)。

[0017] 图7是本申请实施例的电极极片的结构示意图(集流体第二表面上的活性物质层结构)。

[0018] 图8为实施例1的正极极片的结构示意图。

[0019] 图9为实施例7的正极极片的结构示意图。

[0020] 图10为实施例8的正极极片的结构示意图。

[0021] 图11为实施例9的正极极片的结构示意图。

[0022] 图12为实施例11的正极极片的结构示意图。

[0023] 图13为实施例12的正极极片的结构示意图。

[0024] 图14为实施例13的正极极片的结构示意图。

具体实施方式

[0025] 本申请的实施例将会被详细的描述在下文中。在本申请说明书全文中，将相同或相似的组件以及具有相同或相似的功能的组件通过类似附图标记来表示。在此所描述的有关附图的实施例为说明性质的、图解性质的且用于提供对本申请的基本理解。本申请的实施例不应该被解释为对本申请的限制。

[0026] 在本说明书中，除非经特别指定或限定之外，相对性的用词例如："中央的"、"纵向的"、"侧向的"、"前方的"、"后方的"、"右方的"、"左方的"、"内部的"、"外部的"、"较低的"、"较高的"、"水平的"、"垂直的"、"高于"、"低于"、"上方的"、"下方的"、"顶部的"、"底部的"以及其衍生性的用词(例如"水平地"、"向下地"、"向上地"等等)应该解释成引用在讨论中所描述或在附图中所描示的方向。这些相对性的用词仅用于描述上的方便，且并不要求将本申请以特定的方向建构或操作。

[0027] 另外，有时在本文中以范围格式呈现量、比率和其它数值。应理解，此类范围格式是用于便利及简洁起见，且应灵活地理解，不仅包含明确地指定为范围限制的数值，而且包含涵盖于该范围内的所有个别数值或子范围，如同明确地指定每一数值及子范围一般。

[0028] 再者，为便于描述，"第一"、"第二"、"第三"等等可在本文中用于区分一个图或一系列图的不同组件。除非经特别指定或限定之外，"第一"、"第二"、"第三"等等不意欲描述

对应组件。

[0029] 在电化学装置(如锂离子电池)中,当受到外力撞击或穿刺时,通常会发生四种短路模式:正极活性物质层-负极活性物质层,正极活性物质层-负极集流体,正极集流体-负极集流体,正极集流体-负极活性物质层。在这四种短路模式中,正极集流体-负极活性物质层及负极集流体-正极活性物质层的短路模式是四种短路模式中最为危险的,因为这两种短路模式发生时的短路功率比较大。

[0030] 本申请的实施例通过提供一种采用双活性物质层结构的电极极片,其在集流体上有活性物质层覆盖的部分设置第一活性物质层及覆盖第一活性物质层的第二活性物质层,并在无第一活性物质层覆盖的空集流体部分设置了一层绝缘层。该电极极片通过调整第一活性物质层与绝缘层的结合方式以形成重叠部分,使其在受到外力产生破损时能够有效的提高集流体表面的电阻,从而提升了电化学装置在相应测试(穿钉或重物冲击)中的安全性能表现。

[0031] 电化学装置包括正极极片、负极极片、隔离膜以及电解液等。正极极片及负极极片都包括集流体及活性物质层等。其中,集流体上除了活性物质层覆盖的部分外,还包括没有活性物质层覆盖的部分(也称作空集流体部分)。举例来说,当电化学装置的电极组件为卷绕式时,其空集流体部分包括电极组件的外层部分以及电极组件的内层极耳焊接部分。

[0032] 在活性物质层覆盖部分中,可以采用双活性物质层结构在接近集流体的位置设置第一活性物质层,并在离集流体表面较远的位置设置第二活性物质层。第二活性物质层相较于第一活性物质层能够具有较高的能量密度,当碰撞或穿刺发生时,第一活性物质层能够增加集流体与其他接触物之间的接触电阻,实现对集流体的保护。但是在穿钉测试的过程中,集流体上的空集流体部分也会直接和钉子接触,进而造成可能的短路情况。举例而言,正极集流体能够通过钉子与负极活性物质层导通,从而形成正极集流体-负极活性物质层或正极集流体-钉子-负极活性物质层的短路模式。因此,通过在空集流体区上设置一层绝缘层可以有效的保护电极极片中的集流体,进而避免出现正极集流体-负极活性物质层或负极集流体-正极活性物质层的短路模式,其中绝缘层对集流体的空集流体部分的覆盖度越高,避免短路的作用越明显。本申请的电极极片中的重叠部分,通过上述绝缘层与第一活性物质层的相互堆叠及覆盖能够避免两者交界处的集流体暴露,以确保绝缘层对集流体的覆盖度,并提高电极极片的安全性能。

[0033] 图1-3是本申请一些实施例的电极极片的结构示意图,其中在电极极片的重叠部分中绝缘层覆盖第一活性物质层。电极极片可以是正极极片,也可以是负极极片。如图1-3所示,电极极片包含集流体101、第一活性物质层102、第二活性物质层103及绝缘层104。第一活性物质层102设置于集流体101和第二活性物质层103之间并覆盖在集流体101的一个表面上的第一部分,绝缘层104覆盖集流体101的第一表面的不同于第一部分的第二部分,在电极极片的长度方向上,第一活性物质层102包括第一端102a和第二端102b,绝缘层104包括第三端104b和第四端104a,第一端102a与第三端104b相互堆叠以形成重叠部分105。绝缘层104与第一活性物质层102在电极极片的长度方向上不存在任何的间隙,使集流体101在受到外力冲击或穿刺的状况下也不容易露出。

[0034] 在一些实施例中,第一活性物质层102的第一端102a在电极极片的长度方向上的边缘与绝缘层104的第三端104b在电极极片的长度方向上的边缘在电极极片的长度方向上

的距离小于或等于20mm。即,第一活性物质层102与绝缘层104在电极极片的长度方向上的重叠部分105的长度小于或等于20mm。在一些实施例中,第一活性物质层102与绝缘层104在电极极片的长度方向上的重叠部分105的长度为5.0mm至20mm。在另一些实施例中,第一活性物质层102与绝缘层104在电极极片的长度方向上的重叠部分105的长度大致为,例如,0.5mm、1.0mm、2.5mm、5.0mm、10.0mm、15.0mm、20.0mm或这些数值中任意两者组成的范围。

[0035] 在一些实施例中,如图1-3所示,在电极极片的厚度方向上,第一端102a设置在第三端104b和集流体101之间。将绝缘层104的第三端104b在重叠部分105中覆盖在第一活性物质层102的第一端102a上所需要的工艺公差要求低,能够降低制成所需的时间与成本。

[0036] 在一些实施例中,在电极极片的长度方向上,第二活性物质层包括第五端103a,第五端103a靠近重叠部分105。如图1所示,第二活性物质层103在电极极片的长度方向上能够从重叠部分105处延伸并覆盖绝缘层104的一部分,使第一活性物质层102的第一端102a在电极极片的长度方向上的边缘位于第三端104b在电极极片的长度方向上的边缘与第五端103a在电极极片的长度方向上的边缘之间。

[0037] 在一些实施例中,在电极极片长度方向上,第一活性物质层102的第一端102a在电极极片长度方向上的边缘与第二活性物质层103的第五端103a在电极极片长度方向上的边缘的距离小于或等于3mm。在一些实施例中,第二活性物质层103在电极极片的长度方向上覆盖绝缘层104的延伸部分的长度小于或等于3mm。

[0038] 在一些实施例中,如图2所示,第二活性物质层103的第五端103a在电极极片长度方向上的边缘与绝缘层104的第三端104b在电极极片长度方向上的边缘平齐。

[0039] 在一些实施例中,如图3所示,第二活性物质层103的第五端103a在电极极片长度方向上的边缘位于第一活性物质层102的第一端102a在电极极片长度方向上的边缘与绝缘层104的第三端104b在电极极片长度方向上的边缘之间。

[0040] 在一些实施例中,第二活性物质层103全部覆盖第一活性物质层102除去重叠部分105以外的部分。举锂离子电池作为例子来说,第一活性物质层102除去重叠部分105以外的部分暴露会导致暴露部分中的锂离子脱出后,对应的另一极性的电极极片上没有嵌入锂离子的活性物质,脱出的锂离子会在相对的另一极性的集流体(例如,负极集流体)上形成锂金属颗粒,并随者锂离子电池循环次数的增多不断加剧,从而导致负极极片的表面出现锂金属颗粒麻点,并降低锂离子电池(电化学装置)的容量。

[0041] 在一些实施例中,在电极极片的长度方向上,第二活性物质层103的长度大于第一活性物质层102除去重叠部分105以外的部分的长度。在一些实施例中,第二活性物质层103的长度减去第一活性物质层102除去重叠部分105以外的部分的长度小于或等于4mm。

[0042] 图4-6是本申请一些实施例的电极极片的结构示意图,其中在电极极片的重叠部分中绝缘层覆盖第一活性物质层。如图4-6所示,在电极极片的厚度方向上,第三端104b设置在第一端102a和集流体101之间。如图4所示,第二活性物质层103在电极极片的长度方向上能够从重叠部分105处延伸并覆盖绝缘层104的一部分,使第一活性物质层102的第一端102a在电极极片的长度方向上的边缘位于第三端104b在电极极片的长度方向上的边缘与第五端103a在电极极片的长度方向上的边缘之间。由于绝缘层104的绝缘效果比第一活性物质层102的效果更好,当受到穿钉或者重物撞击的时候,如图4所示的电极极片,其重叠部分105中被第一活性物质层102覆盖的绝缘层104能够对集流体101进行更好的绝缘隔离,因

此具有较高的安全性能。同时,由于第二活性物质层103的第五端103a把第一活性物质层102第一端102a的端部盖住了,使得在穿钉或者撞击这种破坏力很大的外力下,第一端102a很难脱落,从而不会出现漏出集流体101的情况,使得其电极组件更加安全。

[0043] 在一些实施例中,如图5所示,第二活性物质层103的第五端103a在电极极片长度方向上的边缘与绝缘层104的第三端104b在电极极片长度方向上的边缘平齐。

[0044] 在一些实施例中,如图6所示,第二活性物质层103的第五端103a在电极极片长度方向上的边缘位于第一活性物质层102的第一端102a在电极极片长度方向上的边缘与绝缘层104的第三端104b在电极极片长度方向上的边缘之间。

[0045] 图7是本申请另一些实施例的电极极片的结构示意图,电极极片还包括第三活性物质层106和第四活性物质层107,集流体101还包括第二表面。第三活性物质层106设置于集流体101和第四活性物质层107之间且覆盖集流体的第二表面。在一些实施例中,第三活性物质层106与第一活性物质层102组成相同,第四活性物质层107与第二活性物质层103组成相同,且第三活性物质层106的活性物质的含量小于第四活性物质层107的活性物质的含量。

[0046] 如图7所示,在一些实施例中,在电极极片的长度方向上,第三活性物质层106包括第六端106a,第六端106a接近重叠部分105,且第六端106a在电极极片长度方向上的边缘位于第一端102a在电极极片长度方向上的边缘与第四端104a在电极极片长度方向上的边缘之间。

[0047] 在一些实施例中,在电极极片的长度方向上,第四活性物质层107包括第七端107a,第七端107a接近重叠部分105,且第七端107a在电极极片的长度方向上超出第六端106a。

[0048] 应理解,在不违背本申请精神的情况下,可根据实际需要在电极极片的任一端设置与活性物质层形成重叠部分的绝缘层,例如在正极集流体两个表面的两端(正极极片长度方向)与正极活性物质层连结的空集流体部分设置绝缘层,或在正极集流体的单面上设置绝缘层,而不受期限制。

[0049] 在一些实施例中,第一活性物质在体积基准的粒度分布中,从小粒径侧起、达到体积累积50%的粒径(Dv50,平均粒径)的范围为0.2μm~15μm,同时第一活性物质在体积基准的粒度分布中,从小粒径侧起、达到体积累积90%的粒径(Dv90)的范围为小于或等于40μm。当第一活性物质具有较小的Dv90,能够对集流体101实现较高的覆盖度和粘结作用。在一些实施例中,第二活性物质的平均粒径(Dv50):第一活性物质平均粒径(Dv50)为1:1~40:1。第一活性物质的颗粒越小,第一活性物质层的厚度可以做得越薄。对于活性物质颗粒度的测量,可以通过马尔文粒度测试仪进行测量:将活性物质分散在分散剂中(乙醇或丙酮,或其他的表面活性剂中),超声30min后,将样品加入到马尔文粒度测试仪内,开始测试。

[0050] 在一些实施例中,第一活性物质层102的厚度为0.1μm至20μm。在另一些实施例中,第一活性物质层102的厚度为0.5μm至15μm。在另一些实施例中,第一活性物质层102的厚度为2μm~8μm。特别的,第一活性物质层的厚度不小于第一活性物质的颗粒度Dv90,这是为了保证第一活性物质层的覆盖度。

[0051] 在一些实施例中,绝缘层104的厚度小于或等于第一活性物质层102的厚度与第二活性物质层103的厚度的总和。在一些实施例中,绝缘层104的厚度大于0.1μm,以达到一定

的绝缘效果。在另一些实施例中,绝缘层104的厚度为1μm至30μm。在另一些实施例中,绝缘层104的厚度为5μm至15μm。

[0052] 在一些实施例中,绝缘层104的在重叠部分105中的密度为其不在重叠部分的密度的60%至90%。在一些实施例中,第一活性物质层在重叠部分的长度小于非重叠部分的长度,第一活性物质层的在重叠部分的密度与在非重叠部分的密度相似。

[0053] 根据本申请的一些实施例,绝缘层包括无机粒子和/或聚合物,也可以加入适当的分散剂,分散剂包括,但不限于,乙醇或丙酮,或其他的表面活性剂。无机粒子选自由氧化铝、二氧化硅、氧化镁、氧化钛、二氧化铪、氧化锡、二氧化铈、氧化镍、氧化锌、氧化钙、二氧化锆、氧化钇、碳化硅、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙、硫酸钡及其组合所组成的群组;聚合物选自由偏氟乙烯的均聚物、偏氟乙烯的共聚物、六氟丙烯的共聚物、聚苯乙烯、聚苯乙炔、聚乙烯酸钠、聚乙烯酸钾、聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯及其组合所组成的群组。

[0054] 在一些实施例中,电极极片为正极极片,其中第一活性物质和第二活性物质各自独立地选自由钴酸锂、磷酸铁锂、磷酸锰铁锂、磷酸铁钠、磷酸钒锂、磷酸钒钠、磷酸钒氧锂、磷酸钒氧钠、钒酸锂、锰酸锂、镍酸锂、镍钴锰酸锂、富锂锰基材料、镍钴铝酸锂、钛酸锂及其组合所组成的群组。

[0055] 在一些实施例中,电极极片为负极极片,其中第一活性物质和第二活性物质各自独立地选自由人造石墨、天然石墨、中间相碳微球、软碳、硬碳、硅、硅氧化合物、硅碳复合物、锡、锡合金、钛酸铌、钛酸锂及其组合所组成的群组。

[0056] 在一些实施例中,第一活性物质层102和第二活性物质层103还包括粘结剂,粘结剂包括但不限于聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯、聚六氟丙烯和丁苯橡胶中的一种及其组合。粘结剂一方面使得活性物质层与集流体可以有更好的粘结,另一方面粘结剂含量增加,第一活性物质层102的压实密度更低,第一活性物质层102的粘结剂的含量以第一活性物质层102的总重量计为1.5%至6%,第二活性物质层103的粘结剂的含量以第二活性物质层103的总重量计为0.5%至4%。

[0057] 在一些实施例中,第一活性物质层12和第二活性物质层13中还可以含有一定量的导电剂。导电剂包括,但不限于,碳纳米管、导电炭黑、乙炔黑、石墨烯、科琴黑和碳纤维中的一种及其组合。第一活性物质层的导电剂的含量以第一活性物质层的总重量计为0.5%至5%,第二活性物质层的导电剂的含量以第二活性物质层的总重量计为0.5%至5%。

[0058] 此外,可以对第一活性物质层102或第二活性物质层103进行一些其他处理,或者对集流体101进行一些处理,如粗糙度处理、热处理等,其作用原理或者作用效果可以是增强对集流体的粘结,虽然本申请中未涉详细描述,但其包括在本申请的范围内。

[0059] 在一些实施例中,电极极片作为正极极片,其正极集流体可以为铝箔或镍箔,电极极片作为负极极片,其负极集流体可为铜箔或镍箔,然而,可以采用本领域常用的其他正极集流体及负极集流体。

[0060] 应理解,在不违背本申请的精神下,本申请电极极片的制备方法可以采用本领域中任何合适的制备方法,而不受其限制。

[0061] 本申请的一些实施例进一步提供了一种电化学装置,包括正极极片、隔离膜及负

极极片,正极极片及负极极片中的至少一种为上述实施例中的电极极片。

[0062] 在一些实施例中,隔离膜包括,但不限于,选自聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酰亚胺和芳纶中的至少一种。举例来说,聚乙烯包括选自高密度聚乙烯、低密度聚乙烯和超高分子量聚乙烯中的至少一种组分。尤其是聚乙烯和聚丙烯,它们对防止短路具有良好的作用,并可以通过关断效应改善电池的稳定性。

[0063] 隔离膜的表面还可包括多孔层,多孔层设置在隔离膜的至少一个表面上,多孔层包括无机粒子和粘结剂,无机粒子选自氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅(SiO_2)、氧化镁(MgO)、氧化钛(TiO_2)、二氧化铪(HfO_2)、氧化锡(SnO_2)、二氧化铈(CeO_2)、氧化镍(NiO)、氧化锌(ZnO)、氧化钙(CaO)、氧化锆(ZrO_2)、氧化钇(Y_2O_3)、碳化硅(SiC)、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化镁、氢氧化钙和硫酸钡中的一种或多种的组合。粘结剂选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯和聚六氟丙烯中的一种或多种的组合。

[0064] 多孔层可以提升隔离膜的耐热性能、抗氧化性能和电解液浸润性能,增强隔离膜与正极极片或负极极片之间的粘接性。

[0065] 本申请的电化学装置还包括电解质,电解质可以是凝胶电解质、固态电解质和电解液中的一种或多种,电解液包括锂盐和非水溶剂。

[0066] 在本申请一些实施例中,锂盐选自$LiPF_6$、$LiBF_4$、$LiAsF_6$、$LiClO_4$、$LiB(C_6H_5)_4$、$LiCH_3SO_3$、$LiCF_3SO_3$、$LiN(SO_2CF_3)_2$、$LiC(SO_2CF_3)_3$、$LiSiF_6$、LiBOB和二氟硼酸锂中的一种或多种。举例来说,锂盐选用$LiPF_6$,因为它可以给出高的离子导电率并改善循环特性。

[0067] 非水溶剂可为碳酸酯化合物、羧酸酯化合物、醚化合物、其它有机溶剂或它们的组合。

[0068] 上述碳酸酯化合物可为链状碳酸酯化合物、环状碳酸酯化合物、氟代碳酸酯化合物或其组合。

[0069] 上述链状碳酸酯化合物的实例为碳酸二乙酯(DEC)、碳酸二甲酯(DMC)、碳酸二丙酯(DPC)、碳酸甲丙酯(MPC)、碳酸乙丙酯(EPC)、碳酸甲乙酯(MEC)及其组合。环状碳酸酯化合物的实例为碳酸亚乙酯(EC)、碳酸亚丙酯(PC)、碳酸亚丁酯(BC)、碳酸乙烯基亚乙酯(VEC)、丙酸丙酯(PP)及其组合。氟代碳酸酯化合物的实例为碳酸氟代亚乙酯(FEC)、碳酸1,2-二氟亚乙酯、碳酸1,1-二氟亚乙酯、碳酸1,1,2-三氟亚乙酯、碳酸1,1,2,2-四氟亚乙酯、碳酸1-氟-2-甲基亚乙酯、碳酸1-氟-1-甲基亚乙酯、碳酸1,2-二氟-1-甲基亚乙酯、碳酸1,1,2-三氟-2-甲基亚乙酯、碳酸三氟甲基亚乙酯及其组合。

[0070] 上述羧酸酯化合物的实例为乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸叔丁酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、γ-丁内酯、癸内酯、戊内酯、甲瓦龙酸内酯、己内酯、甲酸甲酯及其组合。

[0071] 上述醚化合物的实例为二丁醚、四甘醇二甲醚、二甘醇二甲醚、1,2-二甲氧基乙烷、1,2-二乙氧基乙烷、乙氧基甲氧基乙烷、2-甲基四氢呋喃、四氢呋喃及其组合。

[0072] 上述其它有机溶剂的实例为二甲亚砜、1,2-二氧戊环、环丁砜、甲基环丁砜、1,3-二甲基-2-咪唑烷酮、N-甲基-2-吡咯烷酮、甲酰胺、二甲基甲酰胺、乙腈、磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三辛酯、和磷酸酯及其组合。

[0073] 应理解,在不违背本申请的精神下,本申请电化学装置的制备方法可以采用本领

域中任何合适的制备方法,而不受其限制。在一些实施例中,采用的电化学装置的制备法如下:将上述正极极片、隔离膜、负极极片按顺序卷绕或堆叠成电极组件,之后装入例如铝塑膜中,注入电解液,化成、封装,即制成锂离子电池。

[0074] 虽然上面部分示范性实施例以锂离子电池进行了举例说明,但是本领域技术人员在阅读本申请之后应可理解,在不违背本申请的精神下,本申请的电化学装置的具体实例能够包括所有种类的一次电池或二次电池。特别地,该电化学装置是锂二次电池,包括锂金属二次电池、锂离子二次电池、锂聚合物二次电池或锂离子聚合物二次电池。

[0075] 本申请的一些实施例进一步提供了一种电子装置,电子装置包含本申请实施例中的电化学装置。

[0076] 本申请实施例的电子装置没有特别限定,其可以是用于现有技术中已知的任何电子装置。在一些实施例中,电子装置可以包括,但不限于,电子烟、电子蒸汽装置、无线耳机、扫地机器人、无人飞机、笔记本电脑、笔输入型计算机、移动电脑、电子书播放器、便携式电话、便携式传真机、便携式复印机、便携式打印机、头戴式立体声耳机、录像机、液晶电视、手提式清洁器、便携CD机、迷你光盘、收发机、电子记事本、计算器、存储卡、便携式录音机、收音机、备用电源、电机、汽车、摩托车、助力自行车、自行车、照明器具、玩具、游戏机、钟表、电动工具、闪光灯、照相机、家庭用大型蓄电池和锂离子电容器等。

[0077] 具体实施例

[0078] 下面列举了一些具体实施例和对比例并分别对其进行了电池容量测试、电池穿钉测试及重物冲击测试以更好地对本申请进行说明。本领域的技术人员将理解,本申请中描述的制备方法仅是示范实施例,其他任何合适的制备方法均在本申请的范围内。

[0079] 一、测试方法

[0080] 1.1电池容量测试:

[0081] 将化成后的锂离子电池(电化学装置)在25±3℃环境中静置30分钟,以0.5C电流恒流充电至电压至4.4V(额定电压),随后以恒压充电直到电流达到0.05C时停止充电,并将待测的锂离子电池放置30分钟。之后再以0.2C电流将锂离子电池放电至3.0V,并将待测的锂离子电池放置30分钟。最后取放电容量作为锂离子电池的实际电池容量。

[0082] 锂离子电池体积能量密度=实际电池容量/(锂离子电池的长度×宽度×厚度)。

[0083] 1.2电池穿钉测试:

[0084] 取10块化成后的锂离子电池在常温(25±3℃)下以0.5C电流恒定电流充电至电压4.4V,进一步在4.4V恒定电压下充电至电流0.05C,使其处于4.4V满充状态。之后在常温条件下对锂离子电池进行穿钉实验,采用直径为2.5mm钉子(钢钉,材质为碳钢,锥度为16.5mm,钢钉总长为100mm),以30mm/s的穿钉速度穿钉,穿钉深度以钢钉锥度穿过锂离子电池为准,观察锂离子电池是否产烟、起火或爆炸。若没有则认为锂离子电池通过穿钉测试。

[0085] 1.3重物冲击测试

[0086] 取10块化成后的锂离子电池在常温(25±3℃)下以0.5C电流恒定电流充电至电压4.4V,进一步在4.4V恒定电压下充电至电流0.05C,使其处于4.4V满充状态。之后在常温条件下对锂离子电池进行重物冲击实验,采用直径为15.8mm的冲击件(棒材,总重为9.1kg),在距离锂离子电池垂直高61cm的位置将冲击件掉落以撞击锂离子电池,观察锂离子电池是否产烟、起火或爆炸。若没有则认为锂离子电池通过重物冲击测试。

[0087] 实施例1

[0088] 采用铝箔作为正极集流体,在铝箔的一个表面均匀的涂布一层第一正极活性物质层浆料,包括第一正极活性物质(其中磷酸铁锂的颗粒度为Dv50:3μm,Dv90:10μm)。第一正极活性物质层浆料的组成为95.8wt%磷酸铁锂、2.8wt%聚偏氟乙烯和1.4wt%导电炭黑,在85℃下烘干,形成第一正极活性物质层;随后在沿正极极片长度方向上的一端与第一正极活性物质层连结的空集流体部分及第一正极活性物质层上的部分涂覆一层绝缘层浆料,绝缘层浆料的组成为98wt%氧化铝和2wt%聚偏氟乙烯,85℃下烘干,形成厚度为10μm的绝缘层,其中该绝缘层覆盖第一正极活性物质层所形成的重叠部分在正极极片长度方向上的长度为2mm;随后在烘干后的第一正极活性物质层上继续涂布一层第二正极活性物质层浆料,第二正极活性物质层浆料组成为97.8wt%钴酸锂(其中钴酸锂的颗粒度为Dv50:13μm,Dv90:38μm)、0.8wt%聚偏氟乙烯和1.4wt%导电炭黑,在85℃下烘干,形成第二正极活性物质层,其中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层的第五端边缘位于绝缘层非重叠部分上(即,延伸超出第一正极活性物质层的第一端边缘),第二正极活性物质层延伸超出重叠部分的长度为1mm;在正极集流体的另一表面按照图8制备第三正极活性物质层和第四正极活性物质层,第三正极活性物质层的组成和第一活性物质层的组成相同,第二正极活性物质层的组成和第四正极活性物质的组成相同,随后对正极极片进行冷压,其中冷压压力为60T,冷压速度40m/min,裁片、分切后,在85℃的真空条件下干燥4小时,制备得到正极极片。其中第一正极活性物质层和第三活性物质层的厚度为8μm,绝缘层的厚度为10μm,且第二正极活性物质层和第四活性物质层的厚度为50μm。图8为实施例1的正极极片的结构示意图,实施例1的正极极片中的正极集流体201、第一正极活性物质层202、第二正极活性物质层203及绝缘层204的设置关系请参考图8。

[0089] 采用铜箔作为负极集流体,在铜箔表面均匀的涂布一层石墨浆料,浆料组成为97.7wt%人造石墨、1.3wt%羧甲基纤维素钠以及1.0wt%丁苯橡胶的组合,在85℃下烘干,并随后进行冷压、裁片、分切,制备得到负极极片。

[0090] 将锂盐$LiPF_6$与非水有机溶剂(碳酸乙烯酯:碳酸二乙酯:碳酸亚丙酯:丙酸丙酯:碳酸亚乙烯酯=20:30:20:28:2,质量比)按质量比8:92配制而成的溶液作为锂离子电池的电解液。

[0091] 将正极极片和负极极片进行卷绕,正极极片和负极极片之间以聚乙烯隔离膜进行分隔,从而制备得到卷绕型电极组件,随后放入到壳体中,注入电解液。经过真空封装、静置、化成、整形等工序,即可得到成品锂离子电池。

[0092] 实施例2-6

[0093] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是实施例2-6中第一正极活性物质层与绝缘层的重叠部分在正极极片长度方向上的长度不同,具体请参考表1。

[0094] 实施例7

[0095] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是实施例7中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层的第五端边缘位在重叠部分上(即位于第一正极活性物质层的第一端边缘及绝缘层的第三端边缘之间),并且第二正极活性物质层覆盖重叠部分的长度为1mm。图9为实施例7的正极极片的结构示意图,实施例7的正极极片中的正极集流体301、第一正极活性物质层302、第二正极活性物质层303及绝缘层304的设置关系请参考图9。

[0096] 实施例8

[0097] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是实施例8中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层的第五端边缘与绝缘层的第三端边缘平齐(即,第二正极活性物质层与重叠部分搭接),并且第二正极活性物质层与重叠部分间隔的距离为0mm。图10为实施例8的正极极片的结构示意图,实施例8的正极极片中的正极集流体401、第一正极活性物质层402、第二正极活性物质层403及绝缘层404的设置关系请参考图10。

[0098] 实施例9

[0099] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是实施例9中先在铝箔表面均匀的涂布一层绝缘层浆料;随后在沿正极极片长度方向上的一端与绝缘层连结的空集流体部分及绝缘层上的部分涂覆一层第一正极活性物质层浆料,其中第一正极活性物质层覆盖绝缘层所形成的重叠部分在正极极片长度方向上的长度为2mm,且第一正极活性物质层厚度为10μm,绝缘层的厚度为8μm。图11为实施例9的正极极片的结构示意图,实施例9的正极极片中的正极集流体501、第一正极活性物质层502、第二正极活性物质层503及绝缘层504的设置关系请参考图11。

[0100] 实施例10

[0101] 与实施例9的制备方法相同,不同的地方是实施例10中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层延伸超出重叠部分的长度为3mm。

[0102] 实施例11

[0103] 与实施例9的制备方法相同,不同的地方是实施例11中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层的第五端边缘位在重叠部分上(即位于第一正极活性物质层的第一端边缘及绝缘层的第三端边缘之间),并且第二正极活性物质层覆盖重叠部分的长度为1mm。图12为实施例11的正极极片的结构示意图,实施例11的正极极片中的正极集流体601、第一正极活性物质层602、第二正极活性物质层603及绝缘层604的设置关系请参考图12。

[0104] 实施例12

[0105] 与实施例9的制备方法相同,不同的地方是实施例12中,在正极极片长度方向上,第二正极活性物质层的第五端边缘与绝缘层的第三端边缘平齐(即,第二正极活性物质层与重叠部分搭接),并且第二正极活性物质层与重叠部分间隔的距离为0mm。图13为实施例12的正极极片的结构示意图,实施例12的正极极片中的正极集流体701、第一正极活性物质层702、第二正极活性物质层703及绝缘层704的设置关系请参考图13。

[0106] 实施例13

[0107] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是实施例13中在正极集流体的两侧表面上都设置与实施例1相似的绝缘层结构。图14为实施例13的正极极片的结构示意图,实施例13的正极极片中的正极集流体801、第一正极活性物质层802、第二正极活性物质层803及绝缘层804的设置关系请参考图14。

[0108] 对比例1

[0109] 与实施例1的制备方法相同,不同的地方是对比例1中,在沿正极极片长度方向上的一端与第一正极活性物质层间隔3mm的位置涂布绝缘层浆料,其中形成后的绝缘层的第三端与第一正极活性物质层的第一端的间隔距离为3mm;随后在烘干后的第一正极活性物质层及第一正极活性物质层与绝缘层间隔的部分空集流体部分上继续涂布一层第二正极

活性物质层浆料，烘干形成第二正极活性物质层，其中，在正极极片长度方向上，第二正极活性物质层的第五端边缘位于第一正极活性物质层与绝缘层间隔的空集流体部分上，且第五端边缘与绝缘层的距离2mm。

[0110] 上述实施例及对比例的锂离子电池成品完成后，记录其成品的容量、厚度、宽度、长度以确定锂离子电池的体积能量密度。随后对上述实施例及对比例的锂离子电池成品进行电池容量测试、电池穿钉测试、重物冲击测试。

[0111] 各个实施例以及对比例的实验参数和测量结果如下表1所示。

[0112] 表1

[0113]

组别	重叠部分长度(mm)	绝缘层与第一活性物质层的位置关系	第二活性物质层的位置关系	穿钉通过率	重物冲击通过率	锂离子电池能量密度(Wh/L)
实施例 1	2	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	7/10	690
实施例 2	5	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	7/10	687
实施例 3	10	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	8/10	685
实施例 4	15	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	9/10	683
实施例 5	20	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	9/10	680
实施例 6	23	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	9/10	675
实施例 7	2	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘位于重叠部分上方	10/10	8/10	690

[0114]

实施例 8	2	绝缘层覆盖第一活性物质层	第五端边缘与第三端边缘平齐	10/10	6/10	688
实施例 9	2	第一活性物质层覆盖绝缘层	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	9/10	690
实施例 10	2	第一活性物质层覆盖绝缘层	第五端边缘超出重叠部分 3mm	10/10	10/10	690
实施例 11	2	第一活性物质层覆盖绝缘层	第五端边缘位于重叠部分上方	10/10	8/10	690
实施例 12	2	第一活性物质层覆盖绝缘层	第五端边缘与第三端边缘平齐	10/10	7/10	687
实施例 13	2	绝缘层覆盖第一活性物质层并在正极集流体两侧都设置相同的绝缘层结构	第五端边缘超出重叠部分 1mm	10/10	8/10	663
对比例 1	-	绝缘层与第一活性物质层间隔距离 3mm	第五端边缘与绝缘层的距离 2mm	9/10	2/10	686

[0115] 如上表1所示，本申请的电极极片通过对第一活性物质层与绝缘层设置交叠的重叠部分能够有效的提升穿钉测试的穿钉通过率及重物冲击测试的重物冲击通过率，进而增加电化学装置的安全性能，并且对其能量密度基本没有多大影响。

[0116] 通过比较对比例1及实施例1可知，当绝缘层与第一活性物质层之间存在间隔的部

分时,锂离子电池的重物冲击通过率会大幅下降,并且锂离子电池的穿钉通过率会稍微下降。举例而言,对比例1的锂离子电池由于存在位于绝缘层与第一正极活性物质层之间的没有被电阻率高的层保护的正极集流体,当受到重物冲击时该正极集流体容易与负极活性物质层接触,并导致锂离子电池产生短路的情况。

[0117] 通过比较实施例1-6可知,随着绝缘层与第一活性物质层的重叠部分的扩大,锂离子电池的重物冲击通过率也会提升。但是,重叠部分的扩大也会造成锂离子电池能量密度的减少。

[0118] 通过比较实施例1和7及8可知,第二活性物质层与第一活性物质层及绝缘层的设置关系对锂离子电池的重物冲击通过率有一定的影响,当第二活性物质层延伸覆盖重叠部分和/或超出重叠部分时,锂离子电池具有较高的重物冲击通过率。此外,第二活性物质层延伸并覆盖在重叠部分或绝缘层上能够稍微提升锂离子电池的能量密度。

[0119] 通过比较实施例1与实施例9可知,在重叠部分中将第一正极活性物质层覆盖绝缘层能够具有较高的重物冲击通过率。同时,通过比较实施例9-12可知,当第二正极活性物质层的第五端把第一正极活性物质层的第一端的端部盖住时,能够使第一端102a更难以脱落,进而具有更好的穿钉通过率及重物冲击通过率。

[0120] 通过上述实施例的比较,可以清楚的理解本申请的电极极片,能够有效提升其电化学装置的安全性能,并且减少对能量密度的影响。

[0121] 整个说明书中对“一些实施例”、“部分实施例”、“一个实施例”、“另一举例”、“举例”、“具体举例”或“部分举例”的引用,其所代表的意思是在本申请中的至少一个实施例或举例包含了该实施例或举例中所描述的特定特征、结构、材料或特性。因此,在整个说明书中的各处所出现的描述,例如:“在一些实施例中”、“在实施例中”、“在一个实施例中”、“在另一个举例中”,“在一个举例中”、“在特定举例中”或“举例“,其不必然是引用本申请中的相同的实施例或示例。此外,本文中的特定特征、结构、材料或特性可以以任何合适的方式在一个或多个实施例或举例中结合。

[0122] 尽管已经演示和描述了说明性实施例,本领域技术人员应该理解上述实施例不能被解释为对本申请的限制,并且可以在不脱离本申请的精神、原理及范围的情况下对实施例进行改变,替代和修改。

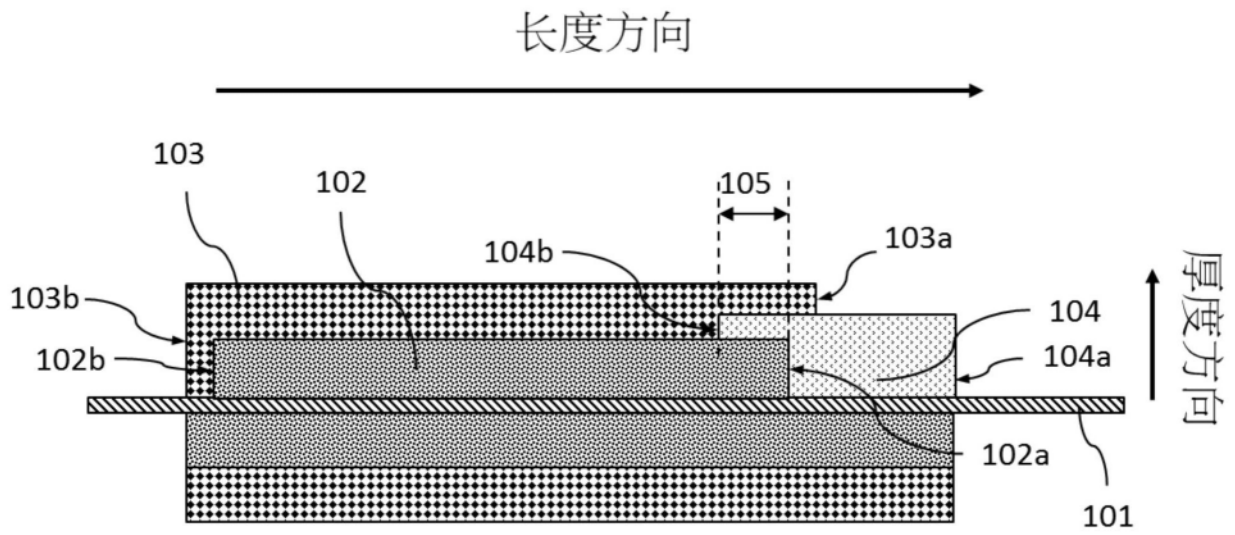

长度方向
103
102
105
104b
103a
103b
102b
104
104a
厚度方向
102a
101

图1

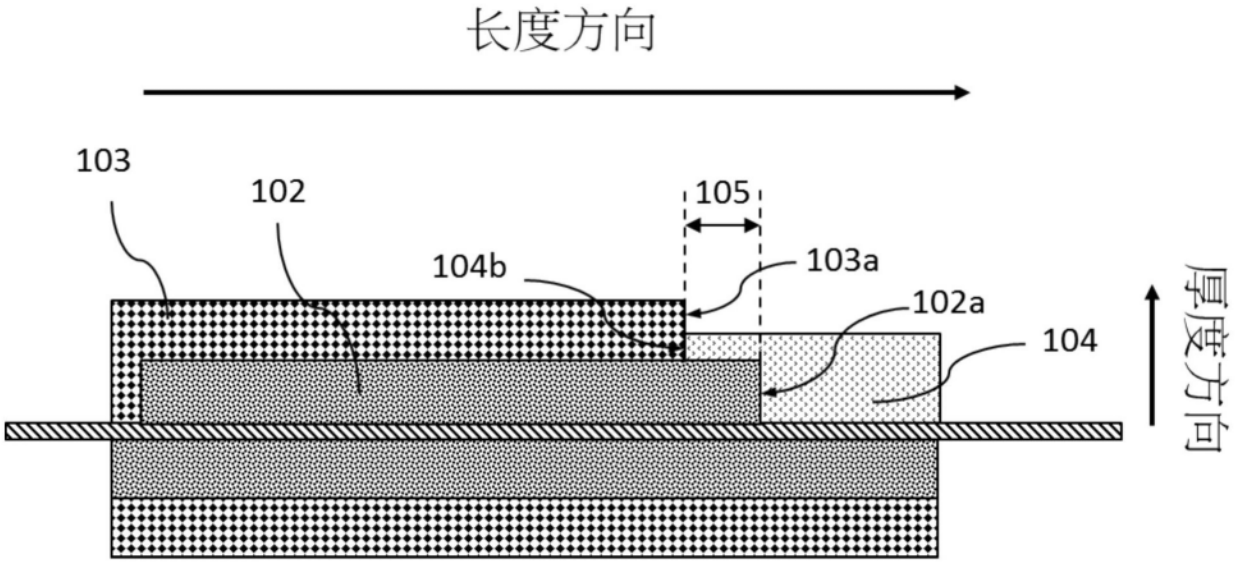

长度方向
103
102
105
104b
103a
102a
104
厚度方向

图2

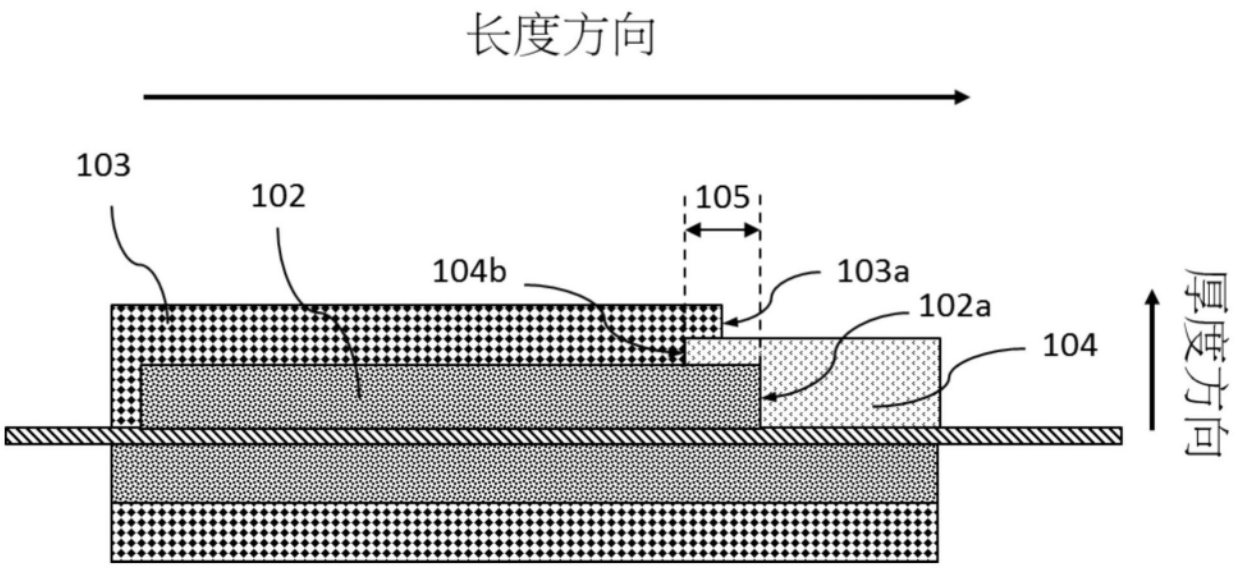

长度方向
103
102
105
104b
103a
102a
104
厚度方向

图3

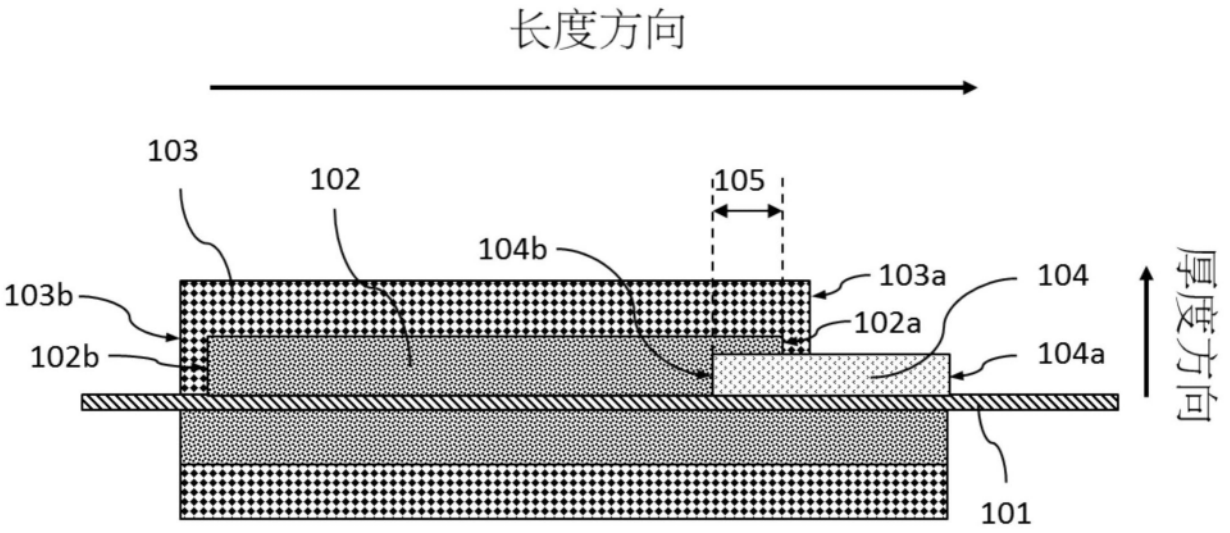

长度方向
103
102
105
104b
103a
104
103b
102a
102b
104a
厚度方向
101

图4

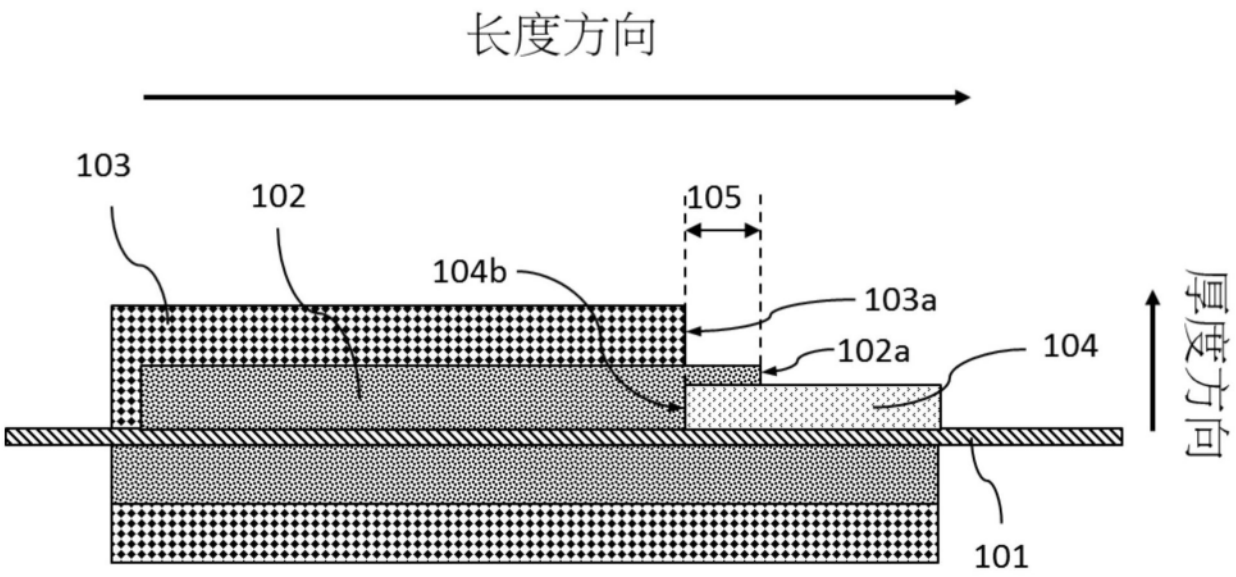

长度方向
103
102
105
104b
103a
102a
104
厚度方向
101

图5

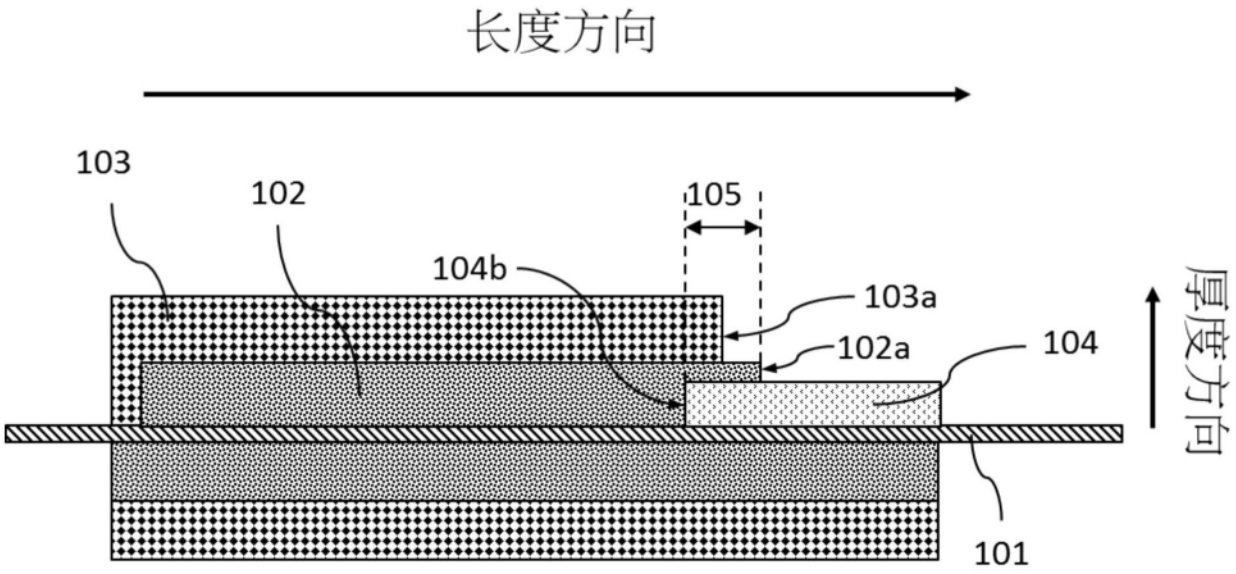

长度方向
103
102
105
104b
103a
102a
104
厚度方向
101

图6

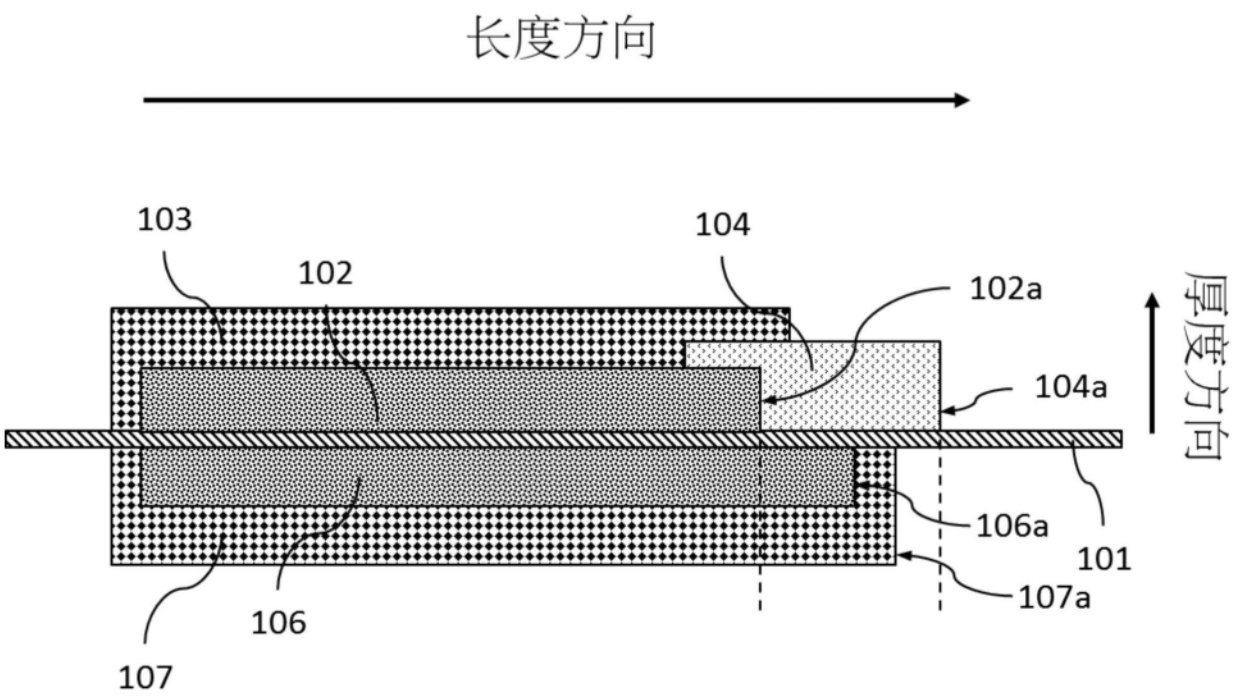

长度方向
103
102
104
102a
104a
厚度方向
106a
101
107a
106
107

图7

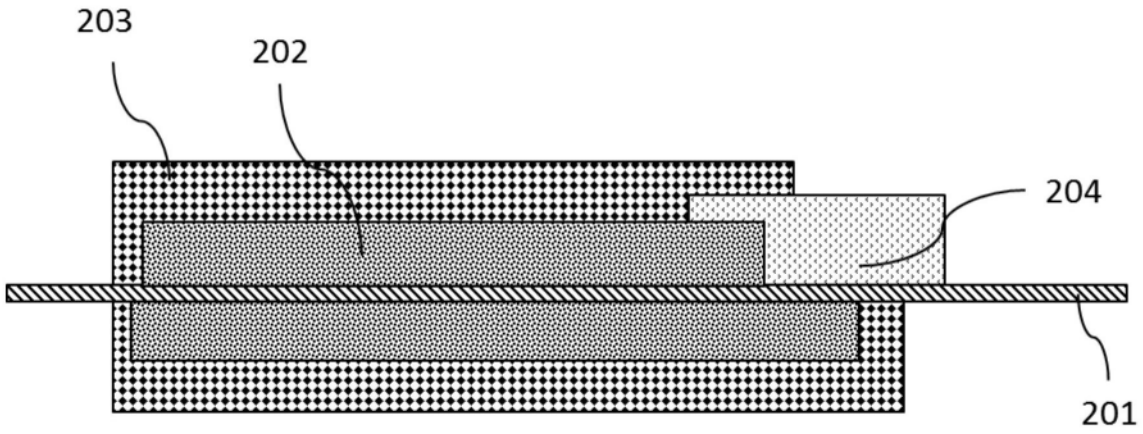

203
202
204
201

图8

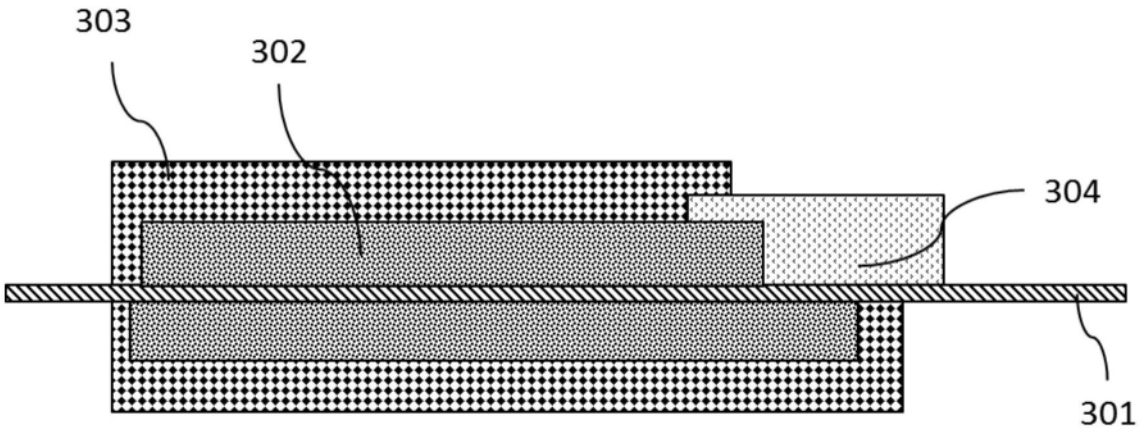


图9

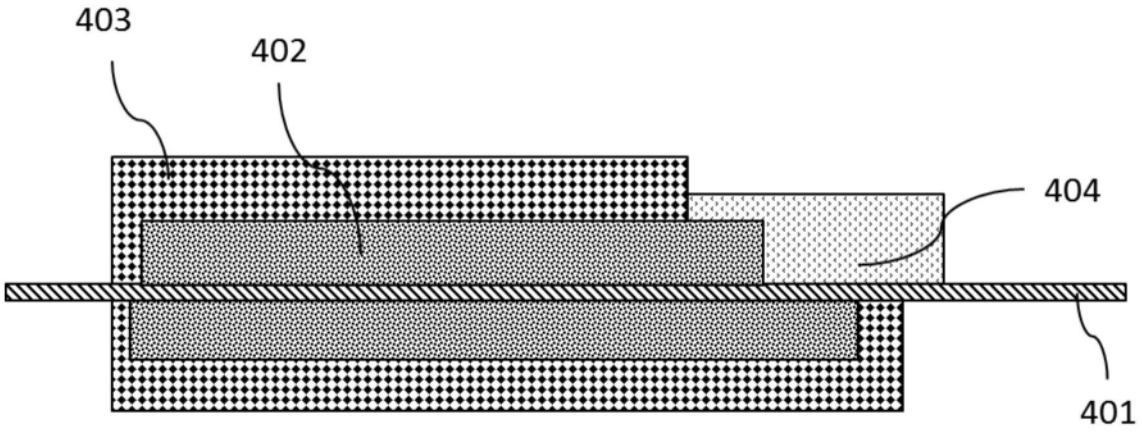


图10

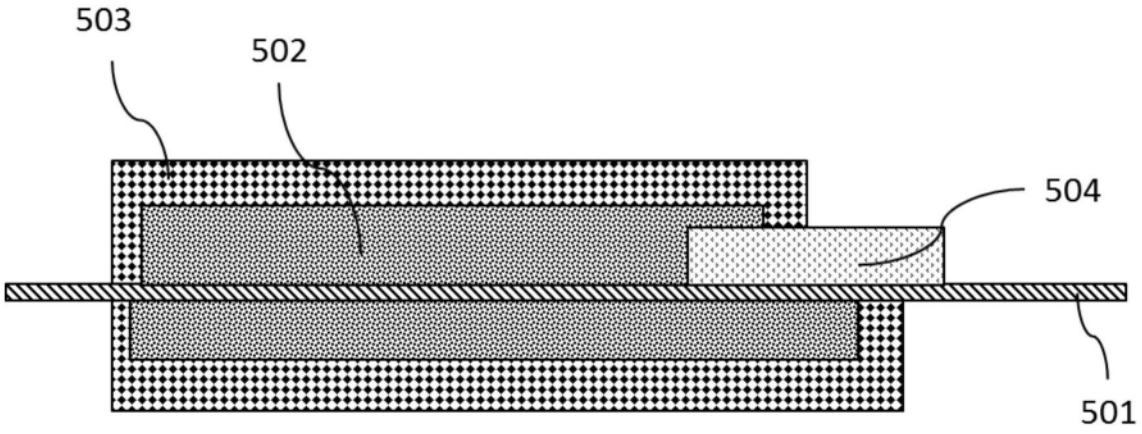


图11

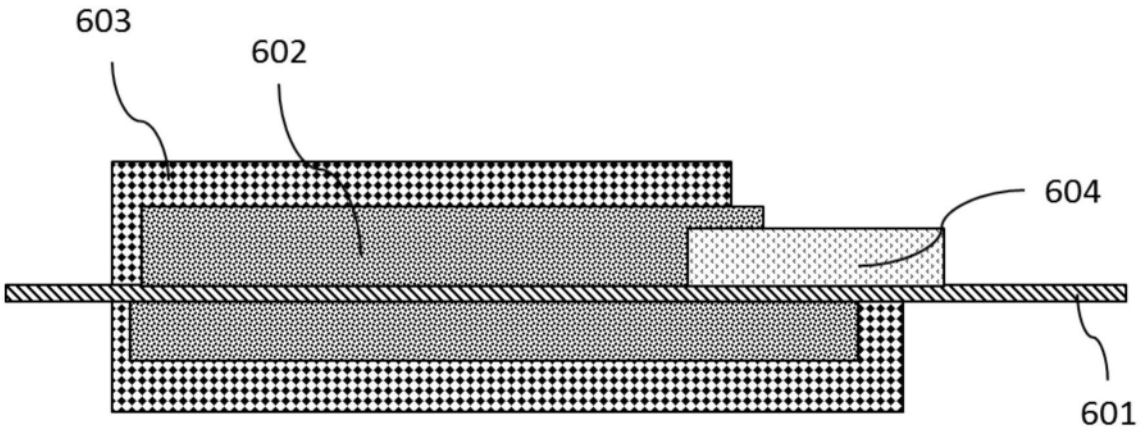


图12

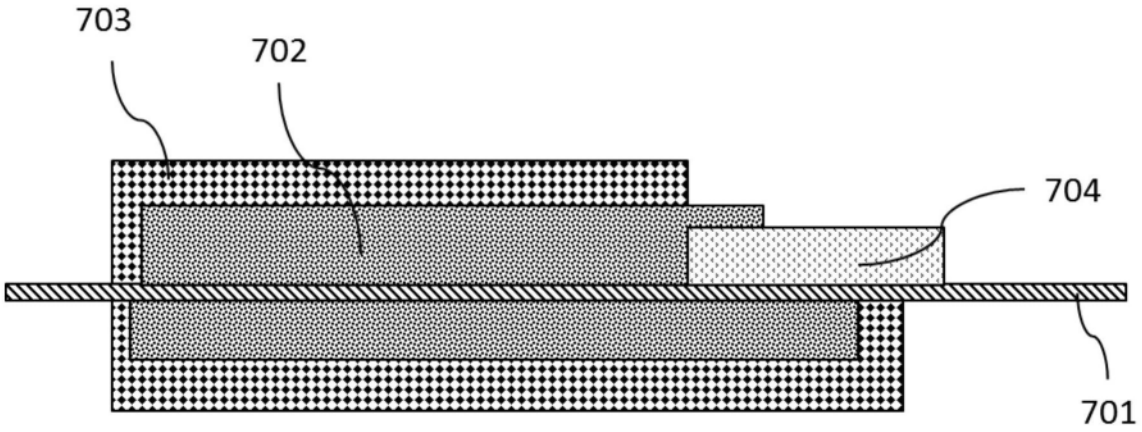


图13

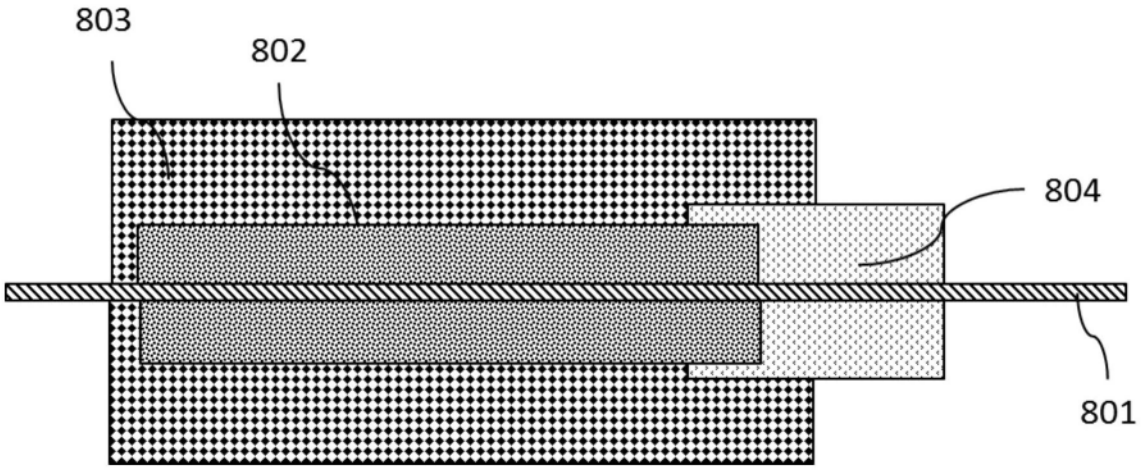


图14