(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107078253 B
(45)授权公告日 2021.03.23

(21)申请号 201580045130.X

(22)申请日 2015.04.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107078253 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(30)优先权数据
14/335,367 2014.07.18 US
62/026,663 2014.07.20 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.02.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/027176 2015.04.22

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2016/010600 EN 2016.01.21

(73)专利权人 米尔泰克紫光国际有限公司
地址 美国马里兰州

(72)发明人 J·阿诺德 G·E·弗尔克
J·法索罗 帕特里克·拉登

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 高瑜 郑霞

(51)Int.Cl.
H01M 50/446(2021.01)
H01M 50/451(2021.01)
H01M 50/46(2021.01)
H01M 50/403(2021.01)
H01M 10/0585(2010.01)
B29C 48/00(2019.01)
B29C 39/00(2006.01)
B29C 35/08(2006.01)
B29K 509/02(2006.01)

(56)对比文件
WO 2013107911 A1,2013.07.25
CN 1612377 A,2005.05.04
US 2013022868 A1,2013.01.24
CN 102132442 A,2011.07.20
CN 101989651 A,2011.03.23
CN 103339757 A,2013.10.02
US 2005260492 A1,2005.11.24
CN 103460444 A,2013.12.18

审查员 王蓉

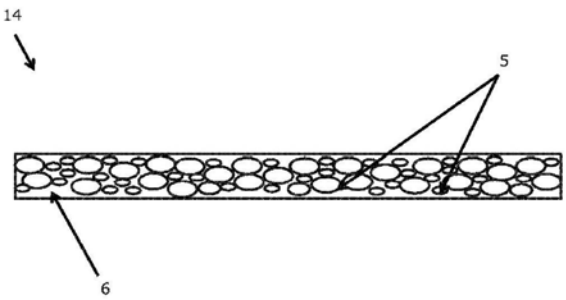
权利要求书2页 说明书51页 附图39页

(54)发明名称

紫外线或电子束固化的聚合物粘结的陶瓷颗粒锂二次电池隔离物及其制备方法

(57)摘要

本发明提供了可加强并保护隔离物并且提高使用此类隔离物的电化学装置的操作安全性的多孔、电绝缘和耐电化学的表面涂层，多孔、电绝缘和耐电化学的独立式隔离物，紫外线(UV)或电子束(EB)可固化粘结剂用于将电绝缘的多孔陶瓷颗粒涂层固定在隔离物上或产生独立式隔离物的用途，以及通过对反应性液态树脂和陶瓷颗粒的浆料进行紫外线或电子束固化来制备聚合物粘结的陶瓷颗粒隔离物涂层、隔离物和电化学装置的方法。



CN 107078253 B

1.一种隔离物,包括

多孔聚合物膜;和

在所述多孔聚合物膜上的多孔涂层,所述多孔涂层包括:

陶瓷颗粒材料;以及

紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含由来自暴露在紫外线或电子束辐射的一种或多种前体形成的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合,其中在100℃,所述紫外线或电子束固化基质不熔化并保持完整并保持其形状,所述固化基质将所述陶瓷颗粒材料粘结至所述固化基质,基于所述多孔涂层的总重量计,所述隔离物包含85重量%至95重量%的陶瓷颗粒材料,

其中所述隔离物是自支撑的,被施加在离型膜上,或被直接施加在阴极、阳极或电解质上。

2.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述紫外线或电子束固化基质不利用热塑性粘结剂将所述陶瓷颗粒材料保持原位。

3.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述紫外线或电子束固化基质为非离子的。

4.根据权利要求1所述的隔离物,所述多孔涂层还包括在被加热时填充所述隔离物的孔以便为所述隔离物提供热关闭机制的组合物。

5.根据权利要求4所述的隔离物,所述组合物包括热塑性颗粒,其中所述多孔聚合物膜具有比所述热塑性颗粒更高的熔点。

6.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述隔离物被配置成抑制离子流穿过所述隔离物的孔,并且响应于所述隔离物被加热至高于120℃的温度而保持电绝缘。

7.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述隔离物具有用于离子通过所述隔离物的曲折路径。

8.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述隔离物包括以一个或多个图案印刷在所述多孔聚合物膜上的所述多孔涂层。

9.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述隔离物的厚度在0.1μm和30μm之间。

10.根据权利要求1所述的隔离物,其中所述一种或多种前体包含UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物或者它们的组合。

11.根据权利要求10所述的隔离物,其中所述丙烯酸酯化单体包括丙烯酸酯化封端单体。

12.一种电池,包括根据权利要求1所述的隔离物。

13.一种制备隔离物的方法,包括:

将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料,所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;

将所述浆料施加到离型膜,或将所述浆料直接施加到阴极、阳极、电解质或它们的组合;以及

使所述浆料经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述陶瓷颗粒

材料，并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布，其中所述紫外线或电子束固化基质是热固性网络，所述热固性网络将所述陶瓷颗粒材料粘结至所述紫外线或电子束固化基质，并且其中在固化时，所述陶瓷颗粒材料和所述紫外线或电子束固化基质一起形成多孔层，并且其中基于所述多孔层的总重量计，所述多孔层包含85重量％至95重量％的陶瓷颗粒材料；以及

将所述多孔层施加到多孔聚合物膜，使所述多孔层形成在所述多孔聚合物膜上的涂层，其中在100℃，所述多孔层不熔化并保持完整并保持其形状。

14.根据权利要求13所述的方法，其中所述浆料被施加到所述离型膜，并且其中所述方法还包括在使所述浆料经受紫外线或电子束辐射之后从所述离型膜释放所述多孔层。

15.根据权利要求13所述的方法，其中所述浆料被施加到所述离型膜，并且其中所述方法还包括将所述多孔层施加到所述阴极、所述阳极、所述电解质或它们的组合；并且在将所述多孔层施加到所述阴极、所述阳极、所述电解质或它们的组合之后，从所述离型膜释放所述多孔层。

16.根据权利要求13所述的方法，其中将所述浆料施加到所述离型膜，或将所述浆料直接施加到阴极、阳极、电解质或它们的组合的步骤包括在使所述浆料经受紫外线或电子束辐射之前，通过使用丝网、帘式涂覆、凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨或它们的组合印刷所述浆料来将所述浆料浇铸。

17.根据权利要求16所述的方法，其中所述施加包括通过使用反向凹版印刷来印刷所述浆料来将所述浆料浇铸。

18.根据权利要求13所述的方法，其中施加所述浆料的步骤包括将所述浆料印刷或挤出在以一个或多个图案印刷或挤出的一个或多个层中。

紫外线或电子束固化的聚合物粘结的陶瓷颗粒锂二次电池隔离物及其制备方法

[0001] 相关专利申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2014年7月20日提交的美国临时申请No.62/026,663和2014年7月18日提交的美国专利申请14/335,367的优先极和权益。上述申请以引用方式全文并入本文中，并且形成本申请的一部分。

技术领域

[0003] 本申请属于碱离子二次(可充电)电池的技术领域;并且特别是属于锂二次电池以及在锂二次电池的组装中放置在电极之间的粘结陶瓷颗粒隔离物的制造的技术领域。更具体地讲，本申请涉及紫外线(UV)或电子束(EB)可固化粘结剂用于将非电子导电的陶瓷颗粒粘结在一起以形成多孔陶瓷隔离物的用途。

背景技术

[0004] 电化学装置，诸如电池，广泛用于便携式电源和辅助性电源中。电池的基本工作单元是电化学电池。电化学电池包括两个电极(阳极和阴极)和电解质。阳极和阴极在物理上分离并且与电解质接触。电池电解质可为液体、固体或凝胶。对于空气、液体和一些凝胶电解质，在阳极和阴极之间设置多孔的不导电隔离物。电解质提供离子从阴极流至阳极(充电)以及离子从阳极流至阴极(放电)的路径。如果阴极和阳极形成电接触，则电池将不工作。

[0005] 隔离物用于将阴极与阳极"分开"，其充当阴极和阳极之间的电屏障。尽管隔离物为电屏障，但隔离物可以不是离子屏障。在一些情况下，为了使离子流最大化，隔离物尽可能薄并且尽可能多孔。隔离物可为多孔聚合物薄膜。

[0006] 隔离物聚合物中的空隙空间用电解质填充，电解质还填充阳极涂层和阴极涂层中的孔。含有选定的锂盐的有机烷基碳酸盐是液体电解质的一个例子。电解质提供高离子(如，锂离子)迁移率，并且被设计为当暴露于阴极表面和阳极表面处的电压电位时是化学惰性的。

[0007] 由于其电存储容量，锂二次(可充电)电池已成为混合动力车辆和电动车辆、电网存储以及大量便携式消费电子设备诸如膝上型计算机、蜂窝电话和手持工具的优选电存储设备。更高存储容量来自电极表面内的更高电压电位和更大能量密度(离子密度)的组合。

[0008] 随着更高电压和能量密度而来的是发生火灾的风险更大。隔离物为防止火灾的关键部件。下列情况下可发生火灾:1)电池迅速放电，使得相应的热使隔离物热熔融或收缩，2)对电池的物理损坏使得阳极和阴极接触，或者3)电解质电镀(不可逆的副反应)使锂离子将锂金属电镀到阳极上，使得随时间推移在阳极上产生锂增长物(如，枝状物、尖状物等)，锂增长物持续增长，直至形成通向阴极的金属桥。

[0009] 由于非水性和可燃性电解质，在操作期间安全操作电池以免出现着火风险是必要的。必须有效地消除热量，否则电池的温度将升高。必须消除阳极和阴极之间通过隔离物电

短路，以防止局部热积聚和潜在的燃烧。因此，需要设计和制造这样的隔离物，该隔离物具有多孔、机械强度高、耐热和稳定的属性，并且当电池被加热或挤压时不会形成导致短路的裂纹或收缩。

[0010] 典型隔离物是热塑性聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、或PE和PP的共挤出共混物的多孔聚合物薄膜。隔离膜中的孔用电解质(例如，含有选定的锂盐的有机烷基碳酸盐)填充。类似地，电解质填充阳极和阴极上的涂层中的孔。就有机烷基碳酸盐电解质而言，碳酸盐提供锂离子在阳极和阴极之间行进并通过隔离物的路径。电解质还必须经受阳极和阴极之间的电压。PE或PP隔离物的优点中的一个是这些热塑性聚合物在暴露于热时流动。这种热引起的流动使得隔离物中的孔闭合。当孔闭合时，隔离物为离子流的屏障。因此在轻微或逐渐过热状态的情况下，热塑性隔离物将电池关闭。

[0011] 然而，热塑性PE-PP具有若干缺点。热塑性PE-PP隔离物在强度和耐热性方面与常见厨房夹层袋非常类似。在电池破裂的情况下，PE-PP隔离物提供微不足道的机械强度；并且在快速放电的情况下，PE-PP隔离物不具有耐热性以保留原位。在高热条件下，聚合物隔离物可发生熔融乃至卷曲、解聚和分解。当聚合物隔离膜卷曲或分解时，阴极和阳极之间的屏障消失。在这种状态下，如果电池无法立即停止运转，则将爆发火灾。

[0012] 根据防火安全考虑，需要一种优良、多孔、机械强度高、耐热并且稳定的隔离物，其中当电化学电池受热或被压缩时不由于收缩而开裂或导致短路。

发明内容

[0013] 提供本"发明内容"以便以简化的形式介绍一些构思，所述构思在下面的具体实施方式中有进一步描述。本"发明内容"并非意图识别关键或必要特征。

[0014] 本发明公开了多孔、电绝缘(如，非导电)并且耐电化学表面涂层，所述涂层加强并保护隔离物并且提高使用此类隔离物的电化学装置的操作安全性。本发明还公开了通过对反应性液态树脂(如，单体和/或低聚物)和陶瓷颗粒的浆料进行紫外线或电子束固化来制备此类涂层、隔离物和电化学装置的方法。

[0015] 一个或多个实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV水性混合物或者来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者一种或多种单体与一种或多种低聚物的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0016] 另外的实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV可固化环氧树脂的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0017] 另外的实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV可固化有机硅的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0018] 另外的实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV可固化氨基甲酸酯的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0019] 另外的实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV可固化橡胶的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0020] 另外的实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自UV可固化硫酯的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮

化硼或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。

[0021] 各种实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在一些实施例中，隔离物为聚合物膜。在某些实施例中，隔离物为三层隔离物。根据一些实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。根据各种实施例，涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物，并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。

[0022] 某些实施例涉及图案涂覆的隔离物，该图案涂覆的隔离物包括隔离物以及以图案粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及以图案粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混

合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在一些实施例中，隔离物为聚合物膜。在其他实施例中，隔离物为三层隔离物。根据某些实施例，紫外线或电子束固化涂层以图案粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层以图案粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。根据各种实施例，图案涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保留粘结至图案化的紫外线或电子束固化基质并且保留粘结至隔离物，并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。

[0023] 其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中，隔离物为聚合物膜。在一些实施例中，隔离物为三层隔离物。根据某些实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。根据各种实施例，涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物，并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持

其形状。根据各种实施例，电化学装置包括阳极、阴极、电解质、集电器或它们的组合。在某些实施例中，电化学装置为碱离子电池(如，锂离子电池)。

[0024] 另外其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的锂离子电池，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及具有涂覆的隔离物的锂离子电池，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中，隔离物为聚合物膜。在一些实施例中，隔离物为三层隔离物。根据某些实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。根据各种实施例，涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物，并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。根据各种实施例，锂离子电池包括阳极、阴极、电解质、集电器或它们的组合。

[0025] 各种实施例包括制备上述每种和任何一种涂覆的隔离物或者任何一种结合了上述任何一种涂覆的隔离物的电化学装置的方法，所述方法包括：将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；并且使浆料涂覆的隔离物经受紫外线或电子束辐射，从而固化可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质。紫外线或电子束固化基质粘附至隔离物的至少一个表面并且陶瓷颗粒材料基本上遍及紫外线或电子束固化基质分布。在一些实施例中，浆料还包含溶剂、光引发剂、自由基引发剂、分散剂、粘附促进剂、润湿剂、硅烷涂覆的颗粒、暗固化添加剂、共引发剂、发泡剂或它们的组合。在其他实施例中，浆料不包含溶剂。浆料可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离

物的底部表面或者它们的组合。在各种实施例中，通过筛网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机或它们的组合将浆料以印刷图案施加至隔离物。根据某些实施例，该方法还可包括将涂覆的隔离物定位在电化学装置中并且随后对电化学装置充电和放电。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼或它们的组合，并且可固化粘结剂混合物包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在一些实施例中，隔离物为聚合物膜。在其他实施例中，隔离物为三层隔离物。根据某些实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。

[0026] 各种实施例涉及固化涂层，该固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含固化基质，该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约30至约98重量％或约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中，前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。在某些实施例中，涂层还包括5-50％或30-40％未聚合的天然树脂(例如，松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸，或它们的组合)。在各种实施例中，涂层还包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中，基于涂层的总重量计，热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包含不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，可固化粘结剂混合物由100％低聚物组成。在其他实施例中，可固化粘结剂混合物包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中，热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。

[0027] 另外其他实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离

物的至少一个表面的固化涂层，所述固化涂层包含：固化基质，该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中，前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。根据一些实施例，固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。

[0028] 某些实施例涉及图案涂覆的隔离物，该图案涂覆的隔离物包括隔离物以及以图案粘附至隔离物的至少一个表面的固化涂层，所述固化涂层包含：固化基质，该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中，前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。根据某些实施例，固化涂层以图案粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，固化涂层以图案粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。

[0029] 其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的固化涂层，所述固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含固化基质，该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中，前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。根据一些实施例，固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在一些实施例中，电化学装置为碱离子电池(如，锂离子电池)。

[0030] 各种实施例包括制备涂覆的隔离物或结合了涂覆的隔离物的电化学装置的方法，所述方法包括：将包含前体和交联剂的可固化粘结剂混合物与陶瓷颗粒材料混合以形成浆料；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；以及将浆料涂覆的隔离物固化，从而固化可固化粘结剂混合物。各种交联剂都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中，前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。浆料可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离

物的底部表面或者它们的组合。在各种实施例中，通过筛网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机或它们的组合将浆料以印刷图案施加至隔离物。根据某些实施例，该方法还可包括将涂覆的隔离物定位在电化学装置中并且随后对电化学装置充电和放电。

[0031] 一个或多个实施例涉及紫外线或电子束固化的涂层，其包含：陶瓷颗粒材料；以及聚合物材料，该聚合物材料包含固化基质，该固化基质包含来自UV水性混合物或者来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物和一种或多种单体与一种或多种低聚物的组合。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量％，约30至约98重量％，约30至约95重量％，约40至约98重量％，或约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中，陶瓷颗粒材料包括圆形颗粒。陶瓷颗粒材料不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，陶瓷颗粒材料的颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒的尺寸彼此不同。根据各种实施例，陶瓷颗粒材料不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。在某些实施例中，涂层还包括5-50％或30-40％未聚合的天然树脂(例如，松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸或它们的组合)。在各种实施例中，涂层还可包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中，基于涂层的总重量计，热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，该一种或多种前体由100％低聚物组成。在其他实施例中，该一种或多种前体包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中，热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例，紫外线或电子束固化基质不包含聚偏二氟乙烯(PVDF)。

[0032] 各种实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量％，约30至约98重量％，约30至约95重量％，约40至约98重量％，或约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中，陶瓷颗粒材料包括圆形颗粒。陶瓷颗粒材料不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，陶瓷颗粒材料的颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒的尺寸彼此不同。根据各种实施例，陶瓷颗粒材料不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。在某些实施例中，涂层还包括5-50％或30-40％未聚合的天然树脂(例如，松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸或它们的组合)。在各种实施例中，涂层还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如，热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中，该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中，基于涂层的总重量计，热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，该一种或多种前体由100％低聚物组成。在其他实施例中，该一种或多种前体包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中，热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例，紫外线或电子束固化基质不包含聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一些实施例中，隔离物为聚合物膜。在某些实施例

中，隔离物为三层隔离物。根据一些实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合存在于隔离物上，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。可通过丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨(例如，喷墨印刷机)或它们的组合将涂层施加到隔离物。在某些实施例中，涂层可以以能减少隔离物的收缩、提高隔离物的抗撕裂性或它们的组合的图案施加。例如，在一个或多个实施例中，涂层可平行于机器方向印刷在隔离物上以减少隔离物的收缩。在另外的实施例中，涂层可相对于机器方向横向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性。在另外其他的实施例中，涂层可相对于机器方向斜向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性并减少隔离物的收缩。示例性图案包括但不限于平行排、穿孔图案、交叉影线图案以及它们的组合。涂覆的隔离物可为多孔的。根据各种实施例，涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物，并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。在某些实施例中，涂覆的隔离物的涂层厚度在约0.1和约10μm之间，或者在约0.1和约3μm之间。

[0033] 其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置(例如，碱离子电池，诸如锂二次电池)，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量％，约30至约98重量％，约30至约95重量％，约40至约98重量％，或约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布，并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料为氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁或它们的组合，并且该一种或多种前体包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中，陶瓷颗粒材料包括圆形颗粒。陶瓷颗粒材料不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，陶瓷颗粒材料的颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料

的所有颗粒具有相同的尺寸;然而,在其他实施例中,陶瓷颗粒材料的颗粒的尺寸彼此不同。根据各种实施例,陶瓷颗粒材料不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。在某些实施例中,涂层还包括5-50%或30-40%未聚合的天然树脂(例如,松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸,或它们的组合)。在各种实施例中,涂层还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如,热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中,该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中,基于涂层的总重量计,热塑性颗粒以约2至约60重量%或约5至约45重量%的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中,所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中,热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中,所有热塑性颗粒具有相同的尺寸;然而,在其他实施例中,热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中,可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如,以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如,在一些实施例中,该一种或多种前体由100%低聚物组成。在其他实施例中,该一种或多种前体包括比该一种或多种单体多至少约20重量%的该一种或多种低聚物(例如,比该一种或多种单体多约20至约50重量%的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中,热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例,紫外线或电子束固化基质不包含聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一些实施例中,隔离物为聚合物膜。在某些实施例中,隔离物为三层隔离物。根据一些实施例,紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面,但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中,紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合存在于隔离物上,并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。可通过丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨(例如,喷墨印刷机)或它们的组合将涂层施加到隔离物。在某些实施例中,涂层可以以能减少隔离物的收缩、提高隔离物的抗撕裂性或它们的组合的图案施加。例如,在一个或多个实施例中,涂层可平行于机器方向印刷在隔离物上以减少隔离物的收缩。在另外的实施例中,涂层可相对于机器方向横向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性。在另外其他的实施例中,涂层可相对于机器方向斜向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性并减少隔离物的收缩。示例性图案包括但不限于平行排、穿孔图案、交叉影线图案以及它们的组合。涂覆的隔离物可为多孔的。根据各种实施例,涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔,并且响应于被加热至100℃或更高(如,100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中,陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物,并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如,100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。在某些实施例中,涂覆的隔离物的涂层厚度在约0.1和约10μm之间,或者在约0.1和约3μm之间。根据各种实施例,电化学装置包括阳极、阴极、电解质、集电器或它们的组合。

[0034] 各种实施例包括制备上述每种和任何一种涂覆的隔离物或者任何一种结合了上

述任何一种涂覆的隔离物的电化学装置的方法，所述方法包括：将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；并且使浆料涂覆的隔离物经受紫外线或电子束辐射，从而固化可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质。在某些实施例中，在用浆料涂覆之前拉伸隔离物。在其他实施例中，将浆料施加到未拉伸的膜并让其干燥；然后将膜拉伸以产生孔(将膜转化为隔离膜)；并且最终，在拉伸之后将该涂层紫外线或电子束固化。紫外线或电子束固化基质粘附至隔离物的至少一个表面并且陶瓷颗粒材料基本上遍及紫外线或电子束固化基质分布。在一些实施例中，浆料还包含溶剂、光引发剂、自由基引发剂、分散剂、粘附促进剂、润湿剂、硅烷涂覆的颗粒、暗固化添加剂、共引发剂、发泡剂或它们的组合。在某些实施例中，浆料还包括5-50％或30-40％未聚合的天然树脂(例如，松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸，或它们的组合)。在各种实施例中，浆料还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如，热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中，该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中，基于紫外线或电子束固化基质的总重量计，热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，可固化粘结剂混合物由100％低聚物组成。在其他实施例中，可固化粘结剂混合物包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中，热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例，浆料不包含聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一些实施例中，隔离物为聚合物膜。在某些实施例中，隔离物为三层隔离物。根据一些实施例，将浆料施加于隔离物的顶部表面或底部表面，但是不施加于顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，将浆料施加于隔离物的顶部表面和底部表面两者。浆料可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。可通过丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨(例如，喷墨印刷机)或它们的组合将浆料施加到隔离物。在某些实施例中，浆料可以以能减少隔离物的收缩、提高隔离物的抗撕裂性或它们的组合的图案施加。例如，在一个或多个实施例中，浆料可平行于机器方向印刷在隔离物上以减少隔离物的收缩。在另外的实施例中，浆料可相对于机器(例如，卷材)方向横向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性。在另外其他的实施例中，浆料可相对于机器方向斜向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性并减少隔离物的收缩。示例性图案包括但不限于平行排、穿孔图案、交叉影线图案以及它们的组合。所制备的涂覆的隔离物可为多孔的。根据各种实施例，所制备的涂覆的隔离物可阻止离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或

更高(如,100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中,陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物,并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如,100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。在某些实施例中,所制备的涂覆的隔离物的涂层厚度在约0.1和约10μm之间,或者在约0.1和约3μm之间。根据某些实施例,该方法还可包括将涂覆的隔离物定位在电化学装置中并且随后对电化学装置充电和放电。基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量%的量存在于固化涂层中。在某些实施例中,基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量%,约30至约98重量%,约30至约95重量%,约40至约98重量%,或约40至约95重量%的量存在于固化涂层中。在各种实施例中,陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质,通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物,并且包含至少一种具有电绝缘性的导热材料。在一些实施例中,陶瓷颗粒材料为氧化铝(如,氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁或它们的组合,并且可固化粘结剂混合物包括UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合。在各种实施例中,紫外线或电子束固化基质为非离子的。在一些实施例中,隔离物为聚合物膜。在其他实施例中,隔离物为三层隔离物。根据某些实施例,紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面,但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中,紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。

[0035] 另外其他实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的固化涂层,所述固化涂层包含:固化基质,该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物;以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量%的量存在于固化涂层中。在某些实施例中,基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量%的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用,并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中,前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。根据一些实施例,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面,但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物,并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在某些实施例中,固化涂层还包括5-50%或30-40%未聚合的天然树脂(例如,松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸,或它们的组合)。在各种实施例中,固化涂层还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如,热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中,该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中,基于固化涂层的总重量计,热塑性颗粒以约2至约60重

量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中,所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中,热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中,所有热塑性颗粒具有相同的尺寸;然而,在其他实施例中,热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中,可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如,以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如,在一些实施例中,可固化粘结剂混合物由100％低聚物组成。在其他实施例中,可固化粘结剂混合物包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如,比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中,热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。

[0036] 其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的固化涂层,所述固化涂层包含:聚合物材料,该聚合物材料包含固化基质,该固化基质包含来自前体和交联剂的交联反应产物;以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中,基于固化涂层的总重量计,陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。各种各样的交联剂都可用,并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中,前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。根据一些实施例,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面,但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物,并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在一些实施例中,电化学装置为碱离子电池(如,锂离子电池)。在某些实施例中,固化涂层还包括5-50％或30-40％未聚合的天然树脂(例如,松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸,或它们的组合)。在各种实施例中,固化涂层还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如,热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中,该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中,基于固化涂层的总重量计,热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中,所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中,热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中,所有热塑性颗粒具有相同的尺寸;然而,在其他实施例中,热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中,可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如,以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如,在一些实施例中,可固化粘结剂混合物由100％低聚物组成。在其他实施例中,可固化粘结剂混合物包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如,比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中,热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。

[0037] 各种实施例包括制备涂覆的隔离物或结合了涂覆的隔离物的电化学装置的方法,所述方法包括:将包含前体和交联剂的可固化粘结剂混合物与陶瓷颗粒材料混合以形成浆

料;将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物;以及将浆料涂覆的隔离物固化,从而固化可固化粘结剂混合物。各种交联剂都可用,并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的示例性交联剂包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂或过氧化物。在某些实施例中,前体为水性丙烯酸、水性氨基甲酸酯或它们的组合。浆料可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物,并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在各种实施例中,通过筛网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机或它们的组合将浆料以印刷图案施加至隔离物。根据某些实施例,该方法还可包括将涂覆的隔离物定位在电化学装置中并且随后对电化学装置充电和放电。在某些实施例中,浆料还包括5-50%或30-40%未聚合的天然树脂(例如,松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸,或它们的组合)。在各种实施例中,浆料还可包含在被加热时填充隔离物的孔以给隔离物提供热关闭机制的组合物(例如,热迁移塑料或低聚合丙烯酸剂)。在一个或多个实施例中,该组合物包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中,基于可固化粘结剂混合物的总重量计,热塑性颗粒以约2至约60重量%或约5至约45重量%的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中,所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中,热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中,所有热塑性颗粒具有相同的尺寸;然而,在其他实施例中,热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在各种实施例中,可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如,以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如,在一些实施例中,可固化粘结剂混合物由100%低聚物组成。在其他实施例中,可固化粘结剂混合物包括比该一种或多种单体多至少约20重量%的该一种或多种低聚物(例如,比该一种或多种单体多约20至约50重量%的该一种或多种低聚物)。在某些实施例中,热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。

[0038] 在某些实施例中,整个隔离物在紫外线或电子束工艺中制造。代替制造被施加到现有隔离物(例如,聚合物膜)上的涂层的做法,将可固化粘结剂混合物浇铸(例如,浇铸到离型膜上或直接浇铸到阳极、阴极、电解质或它们的组合上)或挤出(例如,挤出到离型膜上),并且然后进行紫外线或电子束固化。在将可固化粘结剂混合物浇铸或挤出到离型膜上的情况下,然后可将紫外线或电子束固化隔离物从离型膜剥离以产生自支撑隔离物,或者首先施加到阴极、阳极或它们的组合(例如,用热和压力),并且然后从离型膜剥离。所有上述用于生产紫外线或电子束可固化涂层、隔离物或电化学装置的化学物质和工艺,都可用于制备具有紫外线或电子束固化工艺的隔离膜或包括其的电化学装置。整个隔离物可作为自支撑膜浇铸或挤出,抵靠离型膜固化或直接施加并固化在阴极、阳极或电解质(例如,液体或固体电解质)上。浇铸的例子包括但不限于印刷。在某些变型形式中,隔离物可包括与紫外线或电子束固化基质保持在一起的陶瓷颗粒,该紫外线或电子束固化基质包含一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或它们的组合。使用此类隔离物改善电化学装置的操作安全性的多孔、电绝缘(例如,非导电)和耐电化学性的隔离膜可通过紫外线或电子束固化反应性液态树脂(例如,单体和/或低聚物)和陶瓷颗粒而形成。在某些变型形式中,除了陶瓷颗粒和反应性液态树脂之外,浆

料还可包括在被加热时流动的热塑性颗粒或其他组合物。用热迁移塑料、低聚合丙烯酸剂或其他在加热时可填充孔的组合物填充树脂基质，可给隔离物提供热关闭机制。在一个或多个实施例中，浆料包括具有在约100℃和约145℃之间的熔点的热塑性颗粒。示例性的热塑性颗粒包括但不限于硬脂酰胺蜡、氧化聚乙烯蜡、聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡、聚四氟乙烯蜡、双硬脂酰胺改性的聚乙烯、乙烯-丙烯共聚物蜡、聚丙烯共聚物、聚酰胺蜡或它们的组合的颗粒。在某些实施例中，基于浆料的总重量计，热塑性颗粒以约2至约60重量％或约5至约45重量％的量使用。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在某些实施例中，热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例，陶瓷颗粒材料包括至少一种不导电的导热材料。合适的陶瓷材料的例子包括氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝(例如勃姆石)等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁、其他非电子导电但具有可观导热率的化合物或者它们的组合。陶瓷颗粒材料可包括全部具有相同尺寸、形状和材料的颗粒，或者可以包括尺寸、形状、材料或它们的组合不同的颗粒。在某些实施例中，陶瓷颗粒材料包括圆形颗粒。陶瓷颗粒材料不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，陶瓷颗粒材料的颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，陶瓷颗粒材料的所有颗粒具有相同的尺寸；然而，在其他实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒的尺寸彼此不同。根据各种实施例，陶瓷颗粒材料不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。根据各种实施例，紫外线或电子束固化隔离物不包含聚偏二氟乙烯(PVDF)。在某些变型形式中，基于固化隔离物的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于隔离物中。在某些实施例中，基于固化隔离物的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量％，约30至约98重量％，约30至约95重量％，约40至约98重量％，或约40至约95重量％的量存在于固化隔离物中。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料粘结到紫外线或电子束固化基质。示例性前体包含UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体，或者它们的组合。在各种实施例中，紫外线或电子束固化基质为非离子的。在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变隔离物的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，该一种或多种前体由100％低聚物组成。在其他实施例中，该一种或多种前体包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。隔离物还可包含5-50％或30-40％未聚合天然树脂(例如，松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸或它们的组合)，其具有适于熔化并且流动的熔点，以提供离子传输穿过隔离物的热关闭温度。隔离物可以单层或多层浇铸。这些层可用印刷工艺(例如，丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨(例如，喷墨印刷机)，或它们的组合)印刷以产生孔隙度和路径，锂离子可穿过该孔隙度和路径以到达阴极或阳极。通过印刷多层，可以产生曲折的离子路径。在一个或多个实施例中，隔离物可沿卷材方向印刷。在另外的实施

例中，隔离物可平行于卷材方向印刷。在另外其他的实施例中，隔离物可相对于卷材方向横向印刷。示例性图案包括但不限于平行排、穿孔图案、交叉影线图案以及它们的组合。隔离物可包括连续的印刷层和/或图案化的印刷层。多层隔离物可包括两个或更多个相同层(例如，相同组成和/或图案)或者一个或多个不同层(例如，至少一个层与其他层在组成和/或图案上不同)。根据各种实施例，使用紫外线或电子束固化粘结剂使陶瓷颗粒粘结在一起以形成隔离物，这样制造的隔离物具有尺寸稳定性、高孔隙度、机械强度、有效的热传递，在高温下安全地运行并且通过在整个电化学电池中有效地均匀散热来减小热失控的风险。根据各种实施例，固化隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中，陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质，并且固化隔离物在被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。在某些实施例中，固化隔离物的厚度在约0.1和约30μm之间，约2和约10μm之间，或约0.1和约3μm之间。另外的实施例在本文有描述。

附图说明

[0039] 一些实施例以举例的方式，而非以限制的方式，在附图的各个图中示出。

[0040] 图1示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的截面图。

[0041] 图2为根据一个或多个实施例的示意图，该示意图示出了用于对隔离物进行涂覆的系统。

[0042] 图3为根据一个或多个实施例的流程图，该流程图示出了用于制备具有涂覆的隔离物的电池的步骤。

[0043] 图4A示出了未涂覆的基准隔离物的电压曲线。

[0044] 图4B示出了未涂覆的基准隔离物的充电速率性能。

[0045] 图4C示出了未涂覆的基准隔离物的循环性能。

[0046] 图5示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0047] 图6示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0048] 图7示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0049] 图8示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0050] 图9示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0051] 图10示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0052] 图11A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0053] 图11B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0054] 图11C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0055] 图12A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0056] 图12B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0057] 图12C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0058] 图13A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0059] 图13B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0060] 图13C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0061] 图14A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0062] 图14B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0063] 图14C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0064] 图15A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0065] 图15B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0066] 图15C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0067] 图16A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0068] 图16B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0069] 图16C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0070] 图17A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0071] 图17B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0072] 图17C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0073] 图18A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0074] 图18B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0075] 图18C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0076] 图19A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0077] 图19B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0078] 图19C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0079] 图20A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0080] 图20B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0081] 图20C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0082] 图21A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0083] 图21B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0084] 图21C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0085] 图22A示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的电压曲线。

[0086] 图22B示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的充电速率性能。

[0087] 图22C示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的循环性能。

[0088] 图23示出了根据一个或多个实施例的隔离物的截面图。

[0089] 图24示出了根据一个或多个实施例的多层隔离物的截面图。

[0090] 图25为根据一个或多个实施例的流程图，该流程图示出了用于制备具有隔离物的电池的步骤。

[0091] 图26为根据一个或多个实施例的流程图，该流程图示出了用于制备具有隔离物的电池的步骤。

[0092] 图27是根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的一部分的照片，该涂覆的隔离物印刷有平行于隔离膜的卷材或机器方向布置的排图案。

[0093] 图28是根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的一部分的照片，该涂覆的隔离物印刷有相对于隔离膜的卷材或机器方向横向布置的排图案。

[0094] 图29是根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的一部分的照片，该涂覆的隔离物

印刷有相对于隔离膜的卷材或机器方向斜向布置的排图案。

[0095] 图30是根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的一部分的照片，该涂覆的隔离物印刷有相对于隔离膜的卷材或机器方向斜向布置的穿孔图案。

[0096] 图31是根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物的一部分的照片，该涂覆的隔离物印刷有相对于隔离膜的卷材或机器方向斜向布置的穿孔排图案。

[0097] 图32是根据一个或多个实施例的浇铸(自支撑)隔离膜的显微照片。

具体实施方式

[0098] 可使用反应性液态树脂(如，单体和/或低聚物)和陶瓷颗粒的紫外线(UV)或电子束(EB)固化浆料来加强和保护隔离物并且提高使用此类隔离物的电化学装置的操作安全性。本文呈现了具有高温尺寸稳定性、关闭机制、高孔隙度和机械强度的涂覆的隔离物。此类涂覆的隔离物可通过使用紫外线或电子束固化材料将陶瓷颗粒涂层粘结至聚合物膜隔离物的改进工艺来制造。

[0099] 现在将详细说明各种实施例，其一个或多个例子在下文示出。每个实例均以对本公开进行说明而非限制的方式提供。对于本领域内的技术人员将显而易见的是，在不脱离本公开范围或精神的前提下，可做出各种修改和变型。例如，作为一个实施例的一部分示出或描述的特征，可用于另一个实施例中以得出又一个实施例。因此，本公开意在涵盖此类修改和变型。

[0100] 某些变型涉及利用特定EB或光化UV可固化粘结剂的电化学装置(如，锂二次电池)隔离物，以及涉及制造所述隔离物的方法。根据各种实施例，在制备具有陶瓷薄涂层的涂覆的隔离物时可利用特定的EB和/或UV可固化材料作为粘结剂，因为该特定的EB和/或UV可固化材料在固化时对聚合物(如，聚乙烯、聚丙烯或它们的组合)隔离物展示出良好粘附力，同时对存在于电化学装置中的苛刻电解材料提供必要抗性并保持必要的隔离物孔隙度。

[0101] 各种实施例涉及紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约5至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以约5至约95重量％，约30至约98重量％，约30至约95重量％，约40至约98重量％，或约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。

[0102] 紫外线或电子束固化涂层可用于加强和保护隔离物并且提高使用此类隔离物的电化学装置的操作安全性。图1示出了根据一个或多个实施例的涂覆的隔离物1的截面图。图1的多孔隔离膜2在顶侧3和底侧4涂覆有混在多孔UV固化粘结剂6中的陶瓷颗粒5。

[0103] 虽然陶瓷颗粒不限于任何特定形状，但是当组装电池时以及当电池在正常操作中膨胀或收缩时，圆形或圆化的颗粒使隔离物的脆性聚合物(如，聚烯烃)膜的撕裂应力降至最低。图1、图23和图24的陶瓷颗粒5为圆形或圆化的颗粒的例子。在一些实施例中，紫外线或电子束固化涂层可具有完全相同或类似形状的陶瓷颗粒。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层的陶瓷颗粒可具有不同形状。根据另外的实施例，隔离物顶侧上的涂层的陶瓷颗粒可具有不同于隔离物底侧上的涂层的陶瓷颗粒的形状。在一些实施例中，陶瓷颗粒

可为中空的，以给最终的紫外线或电子束固化涂层提供更大孔隙度。可用于各种实施例中的陶瓷颗粒形状的例子包括但不限于简单的球体或更复杂形状诸如沸石。

[0104] 陶瓷颗粒材料的颗粒的尺寸很大程度上受限于紫外线或电子束固化涂层的厚度。例如，可能无需使用会显著超出涂层的厚度的颗粒。实际粒度在电化学装置的设计中确定。例如，被设计为单次使用的临时电池可使用非常薄的涂覆的隔离物(如，1μm厚度)，并且因此，相对小的陶瓷颗粒(如，0.1μm)可能是适当的。然而，动力工具(高放电)或车辆电池(高能量密度)可能需要较长寿命和更大安全性考虑，并且因此，一些实施例包括在涂层中具有10μm陶瓷颗粒的25μm厚的涂覆的隔离物。在一些实施例中，陶瓷颗粒全部为大约相同尺寸。在其他实施例中，陶瓷颗粒材料包含不同尺寸的颗粒。例如，图1、图23和图24的多孔UV固化粘结剂6用具有不同尺寸的陶瓷颗粒5填充。根据另外的实施例，隔离物顶侧上的涂层的陶瓷颗粒可具有不同于隔离物底侧上的涂层的陶瓷颗粒的尺寸。添加不同尺寸的颗粒可增大颗粒与颗粒接触和堆积密度，从而增大涂层的导热性和安全性。

[0105] 在某些实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒具有从约1nm至约10μm的粒度。在其他实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒具有从约1nm至约9.5μm、从约1nm至约9μm、从约1nm至约8.5μm、从约1nm至约8μm、从约1nm至约7.5μm、从约1nm至约7μm、从约1nm至约6.5μm、从约1nm至约6μm、从约1nm至约5.5μm、从约1nm至约5μm、从约1nm至约4.5μm、从约1nm至约4μm、从约1nm至约3.5μm、从约1nm至约3μm、从约1nm至约2.5μm、从约1nm至约2μm、从约1nm至约1.5μm、从约1nm至约1μm、从约2nm至约10μm、从约2nm至约9.5μm、从约2nm至约9μm、从约2nm至约8.5μm、从约2nm至约8μm、从约2nm至约7.5μm、从约2nm至约7μm、从约2nm至约6.5μm、从约2nm至约6μm、从约2nm至约5.5μm、从约2nm至约5μm、从约2nm至约4.5μm、从约2nm至约4μm、从约2nm至约3.5μm、从约2nm至约3μm、从约2nm至约2.5μm、从约0.1μm至约10μm、从约0.1μm至约9.5μm、从约0.1μm至约9μm、从约0.1μm至约8.5μm、从约0.1μm至约8μm、从约0.1μm至约7.5μm、从约0.1μm至约7μm、从约0.1μm至约6.5μm、从约0.1μm至约6μm、从约0.1μm至约5.5μm、从约0.1μm至约5μm、从约0.1μm至约4.5μm、从约0.1μm至约4μm、从约0.1μm至约3.5μm、从约0.1μm至约3μm、从约0.1μm至约2.5μm、从约0.1μm至约2μm、从约0.1μm至约1.5μm、从约0.1μm至约1μm或它们的组合的粒度。

[0106] 在一些实施例中，陶瓷颗粒材料的颗粒具有约10μm、约9.5μm、约9μm、约8.5μm、约8μm、约7.5μm、约7μm、约6.5μm、约6μm、约5.5μm、约5μm、约4.5μm、约4μm、约3.5μm、约3μm、约2.5μm、约2μm、约1.5μm、约1μm、约0.9μm、约0.8μm、约0.7μm、约0.6μm、约0.5μm、约0.4μm、约0.3μm、约0.2μm、约0.1μm、约0.09μm、约0.08μm、约0.07μm、约0.06μm、约0.05μm、约0.04μm、约0.03μm、约0.02μm、约0.01μm、约1nm或它们的组合的粒度。

[0107] 各种陶瓷材料都可用，并且可在各种实施例中使用。根据某些实施例，陶瓷颗粒材料包括至少一种具有电绝缘性(如，具有至少10^7欧姆的电阻)的导热材料。在各种实施例中，陶瓷颗粒材料具有小于可固化粘结剂混合物并且小于未涂覆的隔离膜的导电率。在某些实施例中，涂层的陶瓷颗粒可使隔离物的导热率提高而不提高隔离物的导电率。可用于各种实施例中的陶瓷材料的例子包括但不限于氧化铝(如，氧化铝(Al_2O_3)、羟基氧化铝(例如勃姆石)等)、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁、其他具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物或者它们的组合。各种实施例的固化涂层包含至少一种类型的陶瓷材料。在一些实施例中，固化涂层可包含两种或更多种类型的陶瓷材

料的组合，包括本文所述的陶瓷材料类型中的任何两种或更多种、三种或更多种、四种或更多种、五种或更多种等的组合。例如，在某些实施例中，固化涂层可包含氧化铝、三水合氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼、羟基硅酸镁或者另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物中的一者。在其他实施例中，固化涂层可包含两种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)和羟基氧化铝、氧化铝和氧化硅、氧化铝和碳化硅、氧化铝和二氧化钛、氧化铝和氧化镁、氧化铝和氮化硼、氧化铝和三水合氧化铝、氧化铝和羟基硅酸镁、氧化铝和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物、氧化硅和二氧化钛、氧化硅和氧化镁等)、三种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅和羟基氧化铝；氧化铝、氧化硅和碳化硅；氧化铝、氧化硅和二氧化钛；氧化铝、氧化硅和氧化镁；氧化铝、氧化硅和氮化硼；氧化铝、氧化硅和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物；氧化硅、二氧化钛和氧化镁；氧化铝、氧化硅和三水合氧化铝；氧化铝、氧化硅和羟基硅酸镁；等)、四种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅、碳化硅和羟基氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅和二氧化钛；氧化铝、氧化硅、碳化硅和氧化镁；氧化铝、氧化硅、碳化硅和氮化硼；氧化铝、氧化硅、碳化硅和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物；氧化硅、碳化硅、二氧化钛和氧化镁；氧化硅、碳化硅、二氧化钛和氮化硼；氧化铝、氧化硅、碳化硅和三水合氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅和羟基硅酸镁；等)、五种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和羟基氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和氧化镁；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和氮化硼；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和三水合氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛和羟基硅酸镁；等)、六种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁和羟基氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁和氮化硼；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁和三水合氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁和羟基硅酸镁；等)、七种陶瓷材料(如，氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼和羟基氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼和另一种具有电绝缘性但具有可观导热率的化合物；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼和三水合氧化铝；氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼和羟基硅酸镁；等)。

[0108] 基于固化涂层的总重量计，各种实施例的固化涂层包含的陶瓷颗粒材料的量为从约5至约98重量%。在一些实施例中，固化涂层包含的陶瓷颗粒材料的量为从约5至约95重量%、从约5至约90重量%、从约5至约85重量%、从约5至约80重量%、从约5至约75重量%、从约5至约70重量%、从约5至约65重量%、从约5至约60重量%、从约5至约55重量%、从约5至约50重量%、从约5至约45重量%、从约5至约40重量%、从约5至约35重量%、从约5至约30重量%、从约5至约25重量%、从约5至约20重量%、从约5至约15重量%、从约5至约10重量%、从约30至约98重量%、从约30至约95重量%、从约30至约90重量%、从约30至约85重量%、从约30至约80重量%、从约30至约75重量%、从约30至约70重量%、从约30至约65重量%、从约30至约60重量%、从约30至约55重量%、从约30至约50重量%、从约30至约45重量%、从约30至约40重量%、从约30至约35重量%、从约40至约98重量%、从约40至约95重量%、从约40至约90重量%、从约40至约85重量%、从约40至约80重量%、从约40至约75重量%、从约40至约70重量%、从约40至约65重量%、从约40至约60重量%、从约40至约55重

量%、从约40至约50重量%、从约40至约45重量%、从约50至约98重量%、从约50至约95重量%、从约50至约90重量%、从约50至约85重量%、从约50至约80重量%、从约50至约75重量%、从约50至约70重量%、从约50至约65重量%、从约50至约60重量%、从约50至约55重量%、从约60至约98重量%、从约60至约95重量%、从约60至约90重量%、从约60至约85重量%、从约60至约80重量%、从约60至约75重量%、从约60至约70重量%、从约60至约65重量%、从约70至约98重量%、从约70至约95重量%、从约70至约90重量%、从约70至约85重量%、从约70至约80重量%、从约70至约75重量%、从约80至约98重量%、从约80至约95重量%、从约80至约90重量%、从约80至约85重量%、从约90至约98重量%、从约90至约95重量%或从约95至约98重量%。在某些实施例中，固化涂层包含的陶瓷颗粒材料的量为约5重量%、约10重量%、约15重量%、约20重量%、约25重量%、约30重量%、约35重量%、约40重量%、约45重量%、约50重量%、约55重量%、约60重量%、约65重量%、约70重量%、约75重量%、约80重量%、约85重量%、约90重量%、约95重量%、约96重量%、约97重量%或约98重量%。

[0109] 在一些实施例中，基于固化涂层的总重量计，其他固体也可以约20至约95重量%的量添加至陶瓷颗粒以提高锂电池性能。在其他实施例中，其他固体也可以约25至约95重量%、约30至约95重量%、约35至约95重量%、约40至约95重量%、约45至约95重量%、约50至约95重量%、约55至约95重量%、约60至约95重量%、约65至约95重量%、约70至约95重量%、约75至约95重量%、约80至约95重量%、约85至约95重量%、约90至约95重量%、约20至约30重量%、约20至约40重量%、约20至约50重量%、约20至约60重量%、约20至约70重量%、约20至约80重量%或约20至约90重量%的量添加至陶瓷颗粒。

[0110] 可用于各种实施例中的其他固体的例子包括但不限于硅掺杂型陶瓷氧化物或锂掺杂型陶瓷氧化物。在一些实施例中，固化涂层可包括一种其他固体(如，硅掺杂型陶瓷氧化物或锂掺杂型陶瓷氧化物等)。在其他实施例中，固化涂层可包括两种或更多种类型的其他固体的组合，包括本文所述的其他固体类型中的任何两种或更多种(如，硅掺杂型陶瓷氧化物和锂掺杂型陶瓷氧化物等)、三种或更多种、四种或更多种、五种或更多种等的组合。

[0111] 在某些变型形式中，除了陶瓷颗粒和反应性液态树脂之外，涂层可包括在被加热时流动的热塑性颗粒或其他组合物。用热迁移塑料、低聚合丙烯酸剂或其他在加热时可填充孔的组合物填充树脂基质，可给隔离物提供热关闭机制。热稳定的热固性UV材料在被加热时将不会流动，因此当电池变热时，热塑性颗粒或其他组合物流动。具体地讲，热塑性颗粒或其他组合物流到最小压力的点(例如，孔)。因此，当电池变得太热(例如，110-300℃，可通过选择热塑性或其他组合物来选择特定温度)时，热塑性颗粒或其他组合物将流入孔中并阻断离子流向阳极或阴极。这会使电池永久停止运转，并减少经历热失控的电池的火灾。

[0112] 在各种实施例中，基于涂层总重量计，热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物以约5至约60重量%的量加入到陶瓷颗粒和反应性液态树脂，以给隔离物提供热关闭机制。在某些实施例中，基于涂层的总重量计，涂层可以约5至约55重量%、约5至约50重量%、约5至约45重量%、约5至约40重量%、约5至约35重量%、约5至约30重量%、约5至约25重量%、约5至约20重量%、约20至约60重量%、约20至约50重量%、约25至约50重量%、约30至约50重量%、约35至约50重量%、约40至约50重量%、约45至约50重量%、约30至约40重量%、或约30至约45重量%的量包含热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物。在一个

或多个实施例中，基于涂层的总重量计，涂层可以5重量％、10重量％、5重量％、20重量％、25重量％、30重量％、35重量％、40重量％、45重量％或50重量％的量包含未聚合天然树脂。

[0113] 热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物可被选择具有不干扰正常运行的电池的操作的熔点。根据某些实施例，所需停止运转温度(例如，特定电池的不可逆停止运转的规格)指示热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物的选择。例如，可使用具有对应于所需停止运转温度的熔点的热塑性颗粒(和/或其他在被加热时流动的组合物)。在各种实施例中，涂层包括熔点在约100℃和约200℃之间的热塑性颗粒。具有低于约100℃的熔点的热塑性颗粒(和/或其他在被加热时流动的组合物)可能干扰正常运行的电池的操作。换句话讲，具有低于约100℃的熔点的热塑性颗粒(和/或其他在被加热时流动的组合物)可切断正常操作的电池。另一方面，具有高于约200℃的熔点的热塑性颗粒(和/或其他在被加热时流动的组合物)可能不能防止热失控。具有大于约145℃的熔点的热塑性颗粒(和/或其他在被加热时流动的组合物)可能仅可用于其中基础隔离膜(例如，聚合物膜)具有较高熔点的涂覆的隔离膜的涂层中。因此，在各种实施例中，涂层包括热塑性颗粒，该热塑性颗粒的熔点在约100℃和约160℃之间、在约100℃和约155℃之间、在约100℃和约150℃之间、在约100℃和约145℃之间、在约105℃和约200℃之间、在约110℃和约200℃之间、在约115℃和约200℃之间、在约120℃和约200℃之间、在约125℃和约200℃之间、在约130℃和约200℃之间、在约135℃和约200℃之间、在约140℃和约200℃之间、在约145℃和约200℃之间、在约150℃和约200℃之间、在约155℃和约200℃之间、在约160℃和约200℃之间、在约165℃和约200℃之间、在约170℃和约200℃之间、在约175℃和约200℃之间、在约180℃和约200℃之间、在约185℃和约200℃之间、在约190℃和约200℃之间、在约195℃和约200℃之间、在约110℃和约160℃之间、在约115℃和约160℃之间、在约120℃和约160℃之间、在约125℃和约160℃之间、在约130℃和约160℃之间、在约135℃和约160℃之间、在约140℃和约160℃之间、在约145℃和约160℃之间、在约150℃和约160℃之间、在约155℃和约160℃之间、在约110℃和约145℃之间、在约115℃和约145℃之间、在约120℃和约145℃之间、在约125℃和约145℃之间、在约130℃和约145℃之间、在约135℃和约145℃、或在约140℃和约145℃之间。

[0114] 可用于各种实施例中的热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物(和相应的示例性熔融温度)的例子包括但不限于以下物质的颗粒：硬脂酰胺蜡(100℃)、氧化聚乙烯蜡(110℃)、聚乙烯蜡(110℃、144℃或150℃)、聚乙烯/巴西棕榈蜡共混物(110℃)、聚乙烯/聚四氟乙烯蜡(117℃)、蜡(118℃)、聚乙烯蜡共混物(124℃)、二硬脂酰胺改性的聚乙烯(135℃或138℃)、乙烯-丙烯共聚物蜡(137℃)、聚丙烯共聚物(140℃)、聚酰胺蜡(142℃、145℃或186℃)、聚丙烯蜡(160℃)、低分子量聚丙烯(155℃)或它们的组合。在各种实施例中，可协同使用两种或更多种热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物。在一些实施例中，涂层可包括一种类型的热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物。在其他实施例中，涂层可包括两种或更多种类型的热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物的组合，包括本文所述的热塑性颗粒或其他在被加热时流动的组合物类型中的任何两种或更多种、三种或更多种、四种或更多种、五种或更多种等的组合。热塑性颗粒不一定必须是均匀的(在尺寸或材料方面)。在一个或多个实施例中，所有热塑性颗粒由相同的材料组成。在其他变型形式中，热塑性颗粒包括不同材料的混合物。在一些实施例中，所有热塑性颗粒具有相同的尺

寸;然而,在其他实施例中,热塑性颗粒的尺寸彼此不同。在某些实施例中,热塑性颗粒不包含任何具有大于10μm的尺寸的颗粒。

[0115] 根据各种实施例,涂层可包含约5至约50重量%(基于涂层的总重量计)未聚合天然树脂(例如,衍生自天然来源的未聚合树脂),其具有适于熔化并且流动的熔点,以提供离子传输穿过隔离物的热关闭温度。在某些实施例中,基于涂层的总重量计,涂层可以约5至约45重量%、约5至约40重量%、约5至约35重量%、约5至约30重量%、约5至约25重量%、约5至约20重量%、约5至约15重量%、约5至约10重量%、约10至约50重量%、约15至约50重量%、约20至约50重量%、约25至约50重量%、约30至约50重量%、约35至约50重量%、约40至约50重量%、约45至约50重量%、或约30至约40重量%的量包含未聚合天然树脂。在一个或多个实施例中,基于涂层的总重量计,涂层可以5重量%、10重量%、15重量%、20重量%、25重量%、30重量%、35重量%、40重量%、45重量%或50重量%的量包含未聚合天然树脂。可用于涂层中的未聚合天然树脂的例子包括但不限于松香、树胶、多糖、纤维素、大豆树脂、蛋白质树脂、聚乳酸或它们的组合。在一些实施例中,涂层可包含一种类型的天然树脂。在其他实施例中,涂层可包含两种或更多种类型的天然树脂的组合,包括本文所述的天然树脂类型中的任何两种或更多种、三种或更多种、四种或更多种、五种或更多种等的组合。

[0116] 在某些实施例中,陶瓷颗粒与由具体单体和/或低聚物(其用作最终交联聚合物粘结剂的前体)以及光引发剂、分散剂、粘附促进剂、润湿剂、热塑性塑料、天然树脂或它们的组合构成的可固化粘结剂组合物混合。涂层颗粒(如,硅烷涂覆的颗粒)可用于各种实施例中以提高固化粘结剂组合物与陶瓷颗粒之间的粘附力。

[0117] 根据各种实施例,紫外线或电子束可固化粘结剂混合物可选自三个通用类别:1)UV可固化水性,2)由UV可固化有机硅或UV可固化环氧树脂构成的UV可固化环氧树脂,以及3)UV可固化(甲基)丙烯酸酯(如,丙烯酸酯化氨基甲酸酯、聚酯、橡胶和硫酯),其中"(甲基)丙烯酸酯"是指甲基丙烯酸酯、丙烯酸酯、丙烯酰胺、丙烯酰吗啉、乙烯基酯以及它们的组合。

[0118] 可用于各种实施例中的可固化粘结剂混合物组分的例子包括但不限于丙烯酸酯化水性树脂共混物、脂环族环氧封端低聚物和单体以及阳离子光引发剂、丙烯酸酯化封端低聚物和单体以及自由基引发剂、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体以及它们的组合。各种实施例的可固化粘结剂混合物包含至少一种类型的前体组分。在某些实施例中,可固化粘结剂混合物包含一种类型的前体组分(如,一种类型的UV可固化水性氨基甲酸酯、一种类型的丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、一种类型的丙烯酸酯化单体、一种类型的丙烯酸酯化橡胶、一种类型的脂环族环氧低聚物、一种类型的丙烯酸类树脂、一种类型的脂环族环氧有机硅、一种类型的聚酯丙烯酸酯、一种类型的三聚氰胺丙烯酸酯、一种类型的脂族氨基甲酸酯丙烯酸酯等)。在其他实施例中,可固化粘结剂混合物可包括两种或更多种类型的前体组分的组合,包括本文所述的前体组分类型中的任何两种或更多种(如,脂环族环氧封端低聚物和单体;丙烯酸酯化单体和丙烯酸酯化橡胶;丙烯酸酯化封端低聚物和单体;等)、三种或更多种(如,聚酯丙烯酸酯、脂族氨基甲酸酯丙烯酸酯和丙烯酸类树脂;三聚氰胺丙烯酸酯、脂族氨基甲酸酯丙烯酸酯和丙烯酸类树脂;等)、四种或更多种、五种或更多种等的组合。前体成分的混合物可用于优化涂层特性,诸如柔性、韧性、伸长率、颗粒粘附力、隔离物粘附力、孔隙度和离子导电率。受益于这种混合物的前体的一个非限制性例子

为丙烯酸酯化成分。

[0119] 在各种实施例中，可以改变该一种或多种低聚物与该一种或多种单体的比例(例如，以改变涂层的粘合特性和弹性特性)。例如，在一些实施例中，该一种或多种前体由100％低聚物组成。在其他实施例中，该一种或多种前体包括比该一种或多种单体多至少约20重量％的该一种或多种低聚物(例如，比该一种或多种单体多约20至约50重量％的该一种或多种低聚物)。

[0120] 根据某些实施例，紫外线或电子束固化涂层可包含橡胶聚合物(如，基于聚异戊二烯的橡胶、基于聚丁二烯的橡胶等)。可用于基于橡胶聚合物的紫外线或电子束固化涂层的制备的可固化粘结剂混合物组分的例子包括但不限于异戊二烯、丁二烯、环戊二烯、亚乙基降冰片烯、乙烯基降冰片烯以及它们的组合。在一些实施例中，可固化粘结剂混合物组分可被官能化为包含能提高陶瓷颗粒粘附力和/或改进紫外线或电子束引起的交联的反应性基团(如，羧酸酯基团、丙烯酸酯基团、乙烯基基团、乙烯基醚基团或环氧基团)。

[0121] 橡胶聚合物不限于任何特定聚合物主链。在一个或多个实施例中，紫外线或电子束固化涂层可包含具有带一个或多个反应性官能团的异戊二烯主链的橡胶聚合物。示例性橡胶聚合物主链包括但不限于羧基化甲基丙烯酸酯化异戊二烯主链、羧基化甲基丙烯酸酯化丁二烯主链、丁二烯主链以及它们的组合。在某些实施例中，紫外线或电子束固化涂层可包含多个不同的聚合物主链链段(如，异戊二烯-丁二烯共聚物)。

[0122] 在一个或多个实施例中，脂环族环氧封端低聚物和单体以及阳离子光引发剂包含在树脂混合物中。将该混合物与非碱性陶瓷砂石混合、施加于隔离物并且在隔离物上进行紫外线或电子束固化。脂环族环氧封端基团可位于几乎任何聚合物主链上。在某些实施例中，聚合物主链为烃主链或有机硅主链。也可选择脂环族环氧成分的混合物以优化涂层特性，诸如柔性、韧性、伸长率、颗粒粘附力、隔离物粘附力和离子导电率。

[0123] 在一些实施例中，将丙烯酸酯化水性树脂共混物与陶瓷颗粒混合、施加于隔离物并且在隔离物上进行紫外线或电子束固化。

[0124] 在其他实施例中，丙烯酸酯化封端低聚物和单体以及自由基引发剂包含在树脂混合物中。将该树脂混合物与陶瓷混合、施加于隔离物并且在隔离物上进行紫外线或电子束固化。在某些实施例中，丙烯酸酯化组合物为EB固化的，并且因此，光引发剂为不必要的并且不应当包含在配方中。

[0125] 丙烯酸酯化封端基团可位于几乎任何聚合物主链上。在某些实施例中，聚合物主链可抵抗热的电解质并且不与离子(如，锂离子)反应。示例性主链包括但不限于橡胶、有机硅、硫酯、丙烯酸酯、苯乙烯丙烯酸酯、氨基甲酸酯、氟化烃、烃以及聚酯。

[0126] 在某些实施例中，不使用聚偏二氟乙烯(PVDF)粘结剂。PVDF要求溶解于N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)中，后者为一种危险溶剂。当使用NMP时，在某些情况下必须捕集并回收利用NMP，因为其对于工人呼吸而言太危险并且是一种不能排放到环境中的危害性污染物。

[0127] 另外，各种实施例本来并非利用热塑性粘结剂将陶瓷颗粒保持原位。当达到热塑性塑料的熔点时，陶瓷颗粒将自由移动。相比之下，不含热塑性粘结剂的各种本发明实施例的陶瓷颗粒保持粘附至紫外线或电子束固化涂层的聚合物以及隔离物两者。

[0128] 如上所述，附加成分可在各种实施例中与可固化粘结剂组合物混合。可用于各种实施例的涂层中的示例性附加成分(除了上述热塑性颗粒和天然树脂之外)包括但不限于

反应性稀释剂、分散剂、润湿剂、暗固化添加剂、另选光引发剂、共引发剂、溶剂、发泡剂、交联剂以及它们的组合。此类添加剂的非限制性例子在本文的实例中有详述。在一些实施例中，涂层可包含一种类型的附加成分(如，一种分散剂、润湿剂、暗固化添加剂、另选光引发剂、共引发剂、溶剂、发泡剂、热塑性颗粒或天然树脂等)。在其他实施例中，涂层可包含两种或更多种类型的附加成分的组合，包括本文所述的附加组分类型中的任何两种或更多种(如，分散剂和阳离子光引发剂；分散剂和溶剂；光引发剂和溶剂；等)、三种或更多种(分散剂、光引发剂和消泡剂；分散剂、pH调节剂和交联剂；分散剂、光引发剂和溶剂；等)、四种或更多种(分散剂、光引发剂、共引发剂和溶剂；等)、五种或更多种(分散剂、光引发剂、共引发剂、pH调节剂和溶剂；等)等的组合。这些中的大部分为微量成分并且可能在从约0至约10重量％、从约0至约5重量％或者从约0至约2重量％的范围内。在一些实施例中，浆料不包含光引发剂。

[0129] 可用作附加成分的示例性反应性稀释剂包括但不限于丙烯酸异冰片酯、聚乙二醇二丙烯酸酯、二丙烯酸己二醇酯、烷氧基化二丙烯酸己二醇酯以及它们的组合。可用作附加成分的交联剂的例子包括但不限于单官能丙烯酸酯、双官能丙烯酸酯、多官能丙烯酸酯、其他乙烯基化合物以及它们的组合。如果使用，丙烯酸酯可以是直链的、支链的(如，丙烯酸2-乙基己酯、丙烯酸异十八烷基酯等)、环状的(如，丙烯酸二环戊酯、n-乙烯基己内酰胺等)或芳族的(如，丙烯酸苯氧基乙酯)。示例性双官能和多官能丙烯酸酯包括但不限于1,6-己二醇二(甲基)丙烯酸脂、1,9-己二醇二(甲基)丙烯酸脂、三环葵烷二甲醇二丙烯酸酯以及它们的组合。

[0130] 可用作附加成分的示例性光引发剂包括但不限于二苯甲酮、羟基苯乙酮、甲基二苯甲酮、4-苯基二苯甲酮、4,4′-双(二乙基氨基)二苯甲酮、米蚩酮、4-(2-羟乙氧基)苯基-(2-羟基-2-甲基丙基)酮、其他二苯甲酮衍生物、苄基二甲基缩酮、2-苄基-2-N,N-二甲基氨基-1-(4-吗啉代苯基)-1丁酮、2-巯基苯并噁唑、樟脑醌、2-羟基-2-甲基-1-(4-叔丁基)苯基-1-丙酮、2-甲基-1-[4-(甲硫基苯基)-2-吗啉代丙酮、马来酰亚胺、2,4,5-三甲基苯甲酰-二苯基氧化膦、双(2,6-二甲基氧基苯甲酰基)(2,4,4-三甲基戊基)氧化膦、双(2,4,6-三甲基苯甲酰基)-苯基氧化膦、丙酮光引发剂(如，低聚(2-羟基-2-甲基-1-[4-(1-甲基乙烯基)苯基]丙酮、2-羟基-2-甲基-1-苯基丙-1-酮以及它们的组合)、氧化物光引发剂(如，双(2,4,6-三甲基苯甲酰基))、衍生自上述光引发剂的聚合物光引发剂，以及它们的组合。

[0131] 可用作附加成分的润湿剂的例子包括但不限于丙酮、异丙醇、碳酸二甲酯以及它们的组合。

[0132] 另外其他实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。

[0133] 其他实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的任何上述紫外线或电子束固化涂层。例如，某些实施例涉及具有涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的紫外线或电子束固化涂层，所述紫外线或电子束固化涂层包含：聚合物材料，该聚合物材料包含紫外线或电子束固化基质，该固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约30至约98重量％的量存在于固化涂层中。在某些实施例中，基于固化涂层的总重量计，陶瓷颗粒材料可以从约40至约95重量％的量存在于固化涂层中。其他实施例涉及制备涂覆的隔离物或结合了涂覆的隔离物的电化学装置的方法，所述方法包括：将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；并且使浆料涂覆的隔离物经受紫外线或电子束辐射，从而固化可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质。紫外线或电子束固化基质粘附至隔离物的至少一个表面并且陶瓷颗粒材料遍及紫外线或电子束固化基质分布。

[0134] 图2示出了可在其上进行浆料施加和固化工序的系统，其中，多孔隔离膜2从第一线轴7退绕，使用液体涂覆机9用浆料8涂覆，使浆料涂层膜隔离物10在任选的鼓风机/加热器11下方经过以去除溶剂(未示出)，并且随后使浆料涂层膜隔离物10在紫外线或电子束源12(如，灯)下方经过以固化浆料8。然后可将涂覆的隔离物1任选地卷绕在第二线轴13上。在某些实施例中，该系统不具有和/或利用任选的鼓风机/加热器11。

[0135] 图3示出了根据某些实施例的制备涂覆的隔离物的方法。所述方法包括：将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料(步骤101)，所述混合物包含选自单体、低聚物以及它们的组合的至少一者；将浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物(步骤102)；以及使浆料涂覆的隔离物经受紫外线或电子束辐射(步骤104)，从而固化可固化粘结剂混合物。该方法可任选地包括在步骤101中添加溶剂以例如控制浆料的稠度。如果在步骤101中添加溶剂，则该方法可任选地包括在步骤104中固化浆料之前，在任选的步骤103中去除溶剂。该方法也可包括将电池与涂覆的隔离物组装在一起的步骤105。电池可包括例如阳极、阴极、电解质和涂覆的隔离物。图3中示出的示例性方法无需包括每个步骤，并且各步骤可在不进行其他步骤的情况下单独进行。

[0136] 在某些实施例中，在将浆料施加到隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物(步骤102)之前，先拉伸隔离物。在其他实施例中，将浆料施加到未拉伸的隔离膜上至隔离物的一个表面以形成浆料涂覆的隔离物(步骤102)并干燥，接着将干燥的浆料涂覆的隔离物拉伸，然后进行紫外线或电子束固化(步骤104)。

[0137] 根据各种实施例，可使用常规混合技术制备紫外线或电子束可固化粘结剂组分和陶瓷颗粒的浆料。随后将浆料涂覆在隔离物上并且使用UV光化辐射或EB辐射进行固化。在各种实施例中，浆料的涂层厚度标称小于10μm并且通常小于4μm。在某些实施例中，最小浆料涂层厚度为0.1到0.3μm。例如，在某些实施例中，浆料涂层厚度介于约0.1和约10μm之间、介于约0.3和约10μm之间、介于约0.1和约3μm之间、介于约0.3和约3μm之间、介于约0.1和约1μm之间、介于约0.3和约1μm之间、介于约1和约3μm之间、介于约2和约3μm之间、介于约2和

约4μm之间、介于约2和约5μm之间、介于约2和约6μm之间、介于约2和约7μm之间、介于约2和约8μm之间、介于约2和约9μm之间、介于约3和约4μm之间、介于约3和约5μm之间、介于约3和约6μm之间、介于约3和约7μm之间、介于约3和约8μm之间、介于约3和约9μm之间、或介于约3和约10μm之间。在一些实施例中，浆料涂层的厚度为约0.1μm、约0.2μm、约0.3μm、约0.4μm、约0.5μm、约0.6μm、约0.7μm、约0.8μm、约0.9μm、约1μm、约2μm、约3μm、约4μm、约5μm、约6μm、约7μm、约8μm、约9μm或约10μm。

[0138] 在一个或多个实施例中，使用胶印机实现该最小涂层厚度。通常将隔离物的一侧或两侧进行涂覆并且对涂层进行紫外线或电子束固化。UV固化是指从200到500nm的光谱。尽管400到460nm在技术上位于紫蓝色可见光内，但UV灯在该区域中也发出大量能量，并且精选的"UV"光引发剂吸收这些频率下的光。UV可见光引发剂尤其适于该应用，因为这些长波长更能够更深地渗透进入液体涂层内。在各种实施例中的一些中，这极其关键，因为导热颗粒中的许多为白色的并且在阻挡UV光方面非常有效。对于这些应用而言，通常最好使用输出最大值在UVC和可见范围内的灯。通常使用光引发剂的混合物，以利用任何穿过颗粒渗透进入涂层内的光。

[0139] 还可将水或溶剂添加至紫外线或电子束可固化粘结剂组合物，以例如增加固化涂层的孔隙度或者调节液体涂层的流动特性和流变特性，以使其适于不同的施加方法。不同浆料施加方法的例子包括但不限于：帘式涂覆、辊、凹版印刷、柔性版印刷、丝网、圆网、凸版印刷、胶版印刷、狭缝涂覆、喷墨(例如，喷墨印刷机)以及任何其他适用于涂覆膜的印刷方法。如果将水或溶剂添加至粘结剂，则在一些实施例中它们可在紫外线或电子束固化之前从涂层中去除。一些合适的溶剂为具有低毒性、具有最小调节、迅速蒸发并且对于浆料中的涂层成分或颗粒不具有高亲和力的那些溶剂。各种溶剂均都可用，并且可在各种实施例中使用。可用于各种实施例中的溶剂的例子包括但不限于乙二醇醚和醇类(如，异丙醇)。如上所述，在某些实施例中溶剂不包含NMP。放弃使用NMP，可以不必要进行溶剂捕集和回收利用，因此不必要花费与此类工艺相关的任何成本和时间。

[0140] 如果利用水或溶剂，则其可以最多至约70％的量存在于浆料中。在一些实施例中，溶剂以介于约15与20％之间、介于约10与20％之间或介于约5与20％之间的量存在于浆料中。在某些实施例中，溶剂以小于约20％、小于约15％、小于约10％或小于约5％的量存在于浆料中。溶剂或水的量小于约20％，蒸发会迅速。

[0141] 在各种实施例中，隔离物包括顶部表面和底部表面，并且将浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物包括将浆料施加于顶部表面或底部表面，但是不施加于顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，将浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物包括将浆料施加于顶部表面和底部表面两者。浆料可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在一些实施例中，将浆料以连续涂层施加于顶部表面并且以连续涂层施加于底部表面。在其他实施例中，将浆料以图案施加于顶部表面并且以图案施加于底部表面。在另外其他实施例中，将浆料以图案施加于顶部表面并且以连续涂层施加于底部表面。在另外的实施例中，将浆料以图案施加于底部表面并且以连续涂层施加于顶部表面。

[0142] 在一些实施例中，将所得浆料以连续涂层施加在聚合物隔离物上。可用于施加该

液体浆料的示例性施加方法包括但不限于:辊涂、丝网、帘式、凹版印刷、反向凹版印刷、狭缝涂覆、柔性版印刷、凸版印刷、胶版印刷、喷墨(例如,喷墨印刷机)以及它们的组合。在一些实施例中,存在短暂干燥期(如,整个卷材上的空气或热空气)以去除水或溶剂而制备多孔液体涂层。随后使浆料暴露于UV光化辐射或EB辐射,以使树脂聚合并且将陶瓷颗粒彼此粘结以及粘结至隔离物。在一个或多个实施例中,在紫外线或电子束固化暴露期间使用冷硬轧辊。可通过该连续涂覆方法涂覆隔离物的一侧或两侧。

[0143] 在各种实施例中,将所得浆料以图案印刷在隔离物上。可用于以印刷图案施加该液体浆料的施加方法的例子包括但不限于:丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷、凸版印刷、胶版印刷、喷墨(例如,喷墨印刷机)以及它们的组合。不同印刷方法用于实现不同厚度和分辨率的涂层。所列印刷技术的次序是从最厚到最薄以及分辨率从最粗到最精细。在暴露更多表面时,印刷图案可能需要更少气流和干燥。在施加之后,随后使浆料暴露于UV光化辐射或EB辐射,以使树脂聚合并且将陶瓷颗粒彼此粘结以及粘结至隔离物。在一个或多个实施例中,在紫外线或电子束固化暴露期间使用冷硬轧辊。可通过该图案印刷工艺涂覆隔离物的一侧或两侧。

[0144] 在某些实施例中,涂层可以以能减少隔离物的收缩、提高隔离物的抗撕裂性或它们的组合的图案施加。例如,涂层可平行于机器方向印刷在隔离物上以减少隔离物的收缩。图27是平行于机器方向印刷的隔离物涂层的照片。在另外的实施例中,涂层可相对于机器方向横向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性。图28是相对于机器方向横向印刷的隔离物涂层的照片。在另外其他的实施例中,涂层可相对于机器方向斜向印刷在隔离物上以增加隔离物的抗撕裂性并减少隔离物的收缩。图29是相对于机器方向斜向印刷的隔离物涂层的照片。示例性图案包括但不限于平行排(图27-图29和图31)、穿孔图案(图30和图31)、交叉影线图案以及它们的组合。

[0145] 在某些实施例中,浆料包含UV水性基质组分并且使用柔性版印刷以图案印刷在隔离物上。在其他实施例中,浆料包含氨基甲酸酯/或橡胶基质组分并且使用胶版印刷以图案印刷在隔离物上。根据一些实施例,浆料包含水性基质组分并且使用除胶版印刷之外的施加方法以图案印刷在隔离物上。

[0146] 现有技术方法不教导或利用本公开中示出的图案化固化隔离物涂层。将浆料以图案施加于隔离物具有许多优点。例如,使浆料图案化,可以使用更少的浆料(如,更少粘结剂和陶瓷颗粒材料),并且因此材料成本降低。在一些实施例中,在图案涂层的情况下使用的粘结剂的量比在连续涂层的情况下使用的粘结剂的量少两倍。与连续涂层相比较,图案涂层使得涂覆的隔离物孔隙度改进并且浆料施加速率提高,同时具有与连续涂层相同的安全性有益效果。

[0147] 各种实施例的隔离物在类型、组成或形式方面没有特别限制。然而,隔离物在功能方面可受到限制。例如,在某些实施例中,隔离物必须至少能够充当电化学装置(如,电池)的阴极和阳极之间的电屏障,同时允许离子(如,锂离子)流动穿过隔离物的孔。换句话讲,当用于电化学装置(如,电池)中时,隔离物必须为电屏障,而非离子屏障。多种隔离物可商购获得并且在各种实施例中适用。在某些实施例中,隔离物具有关闭机制。例如,隔离物可由在暴露于热时流动的热塑性聚合物构成。这种热引起的聚合物流动使得隔离物中的孔闭合,并且因此,隔离物变成离子流的屏障。因此,在轻微或逐渐过热的情况下,热塑性隔离物

使电池停止运转。在一些实施例中，隔离物被配置成在特定温度下关闭。例如，在某些实施例中，隔离物被配置成响应于被加热至100℃或更高的温度而关闭。在其他实施例中，隔离物被配置成响应于被加热至105℃或更高、110℃或更高、115℃或更高、120℃或更高、125℃或更高、130℃或更高、135℃或更高、140℃或更高、145℃或更高、150℃或更高、155℃或更高、160℃或更高、165℃或更高、170℃或更高、175℃或更高、180℃或更高、185℃或更高、190℃或更高、195℃或更高、或者200℃或更高的温度而关闭。在各种实施例中，关闭温度上限为所用特定电解质的易燃性或电池壳体的易燃性。在某些实施例中，隔离物被配置成响应于被加热至从100℃到200℃、从110℃到200℃、从120℃到200℃、从100℃到140℃、从110℃到140℃或从120℃到140℃的温度而关闭。在其他实施例中，隔离物被配置成响应于被加热至100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃、155℃、160℃、165℃、170℃、175℃、180℃、185℃、190℃、195℃或200℃的温度而关闭。根据各种实施例，关闭温度取决于用于制备隔离物的特定聚合物。例如，三层隔离物的关闭温度通常由中心层(如，聚乙烯)的熔融温度确定。

[0148] 可用于各种实施例中的隔离物的例子包括但不限于包含聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)或它们的组合(如，PE和PP的共挤出共混物)的聚合物薄膜或膜。在一些实施例中，隔离物可具有单一层(如，单一聚合物膜)。在其他实施例中，隔离物可包括两层或更多层，包括两层或更多层、三层或更多层、四层或更多层、五层或更多层等在内。在某些实施例中，隔离物为三层隔离物。三层隔离物的一个非限制性例子为PP\PE\PP三层隔离物。

[0149] 未涂覆的隔离物可具有介于约5和约25μm之间的厚度。在某些实施例中，未涂覆的隔离物的厚度介于约5和约20μm之间、介于约10和约20μm之间、介于约15和约20μm之间、介于约10和约25μm之间或者介于约15和约25μm之间。

[0150] 各种实施例的固化涂层包括至少一种类型的可固化粘结剂混合物。在一些实施例中，固化涂层可包含两种或更多种类型的可固化粘结剂混合物的组合，包括本文所述的可固化粘结剂混合物类型中的任何两种或更多种、三种或更多种、四种或更多种、五种或更多种等的组合在内。

[0151] 如果没有光可渗透到涂层的基部，则可使用电子束固化。剂量为约10至约40kGy的高能量电子(75-300kV)可穿透液体浆料并且对涂层固化直到达到隔离物(如，聚烯烃膜或三层隔离物)。

[0152] 在某些实施例中，固化可在室温下以介于约5和约2000英尺/分钟的速度进行。在一些实施例中，如果使用EB，则惰性环境可能是必要的。然而，在使用UV固化的各种实施例中，不需要惰性环境。

[0153] 在各种实施例中，介于约1和约100kGy之间的辐射剂量为适当的。在某些实施例中，灯可在约50和约1000瓦/英寸之间进行照明。

[0154] 根据各种实施例，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面，但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中，紫外线或电子束固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。紫外线或电子束固化涂层可以连续涂层、图案或它们的组合存在于隔离物上，并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。根据各种实施例，涂覆的隔离物抑制离子流穿过隔离物的孔，并且响应于被加热至100℃或更高(如，100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、

140℃、145℃、150℃等)的温度而保持电绝缘。在另外的实施例中,陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物,并且涂覆的隔离物在被加热至100℃或更高(如,100℃、105℃、110℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、140℃、145℃、150℃等)的温度时保持其形状。

[0155] 根据各种实施例,紫外线或电子束固化基质为非离子的。在某些实施例中,陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质,通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物,并且遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布。这不同于使用离子材料诸如离子聚合物层的现有技术方法,所述离子聚合物层形成通道/入口。离子聚合物层本身有助于离子传输并且不具有粘结功能。更可能的是,现有技术的此类离子材料会将聚合物粘结至自身。使用现有技术的此类隔离物的电池的充电和放电速率受到限制,因为离子必须在聚合物上行进。

[0156] 某些实施例不需要使用紫外线或电子束固化。例如,前体混合物可包含通过除紫外线或电子束固化之外的方法进行固化的水性丙烯酸酯、水性氨基甲酸酯或它们的组合。在压机不具有用于紫外线或电子束固化的设备的情况下,此类实施例为可用的。然而,在不使用紫外线或电子束固化的一个或多个实施例中,为了获得能经受苛刻电解质和锂离子环境的耐化学性,交联剂为必要的。用于该类型的化学性的通用交联剂的例子包括但不限于(聚)氮丙啶、金属干燥剂和过氧化物。除了不包括紫外线或电子束固化的方法以外,某些不使用紫外线或电子束固化的实施例不限于任何特定固化方法。适用于不使用紫外线或电子束固化的各种实施例的固化方法的一个非限制性例子为强迫通风固化。

[0157] 利用除紫外线或电子束固化之外的固化方法的实施例的浆料可包含与紫外线或电子束固化实施例相同类型和量的陶瓷颗粒材料。这些浆料也可以连续涂层、图案或它们的组合施加到隔离物,并且可完全或部分地覆盖隔离物的顶部表面、隔离物的底部表面或者它们的组合。在各种实施例中,通过丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机、喷墨(例如,喷墨印刷机)或它们的组合将浆料以印刷图案施加至隔离物。如上所述,现有技术方法不教导或利用本公开中示出的图案化固化隔离物涂层。根据一些实施例,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面或底部表面,但是不粘附至顶部表面和底部表面两者。在其他实施例中,固化涂层粘附至隔离物的顶部表面和底部表面两者。

[0158] 根据各种实施例,相比于经由除紫外线或电子束固化之外的固化方法的固化图案化隔离物涂层,紫外线或电子束固化图案化隔离物涂层会得到更清晰、更确定的图案。在某些实施例中,与经由除紫外线或电子束固化之外的方法固化的图案化隔离物涂层相比较,经由紫外线或电子束固化图案化隔离物涂层获得的更清晰、更确定的图案产生改善的隔离物性能。

[0159] 现有技术的重大缺点之一为隔离物涂覆工艺。此类现有技术涂覆工艺利用PVDF粘结剂并且极其缓慢。它比用于制备隔离物的共挤出和双轴取向工艺慢得多。因此,涂覆工艺变成离线工艺。事实上,现有技术的溶剂蒸发工艺需要多条线(每条线都比足球场长)才能跟上每个挤出机。这是极其资本密集型工艺,需要大量人力、设备和不动产来运行。因为各种本发明实施例的粘结剂瞬间固化,因此各种本发明实施例克服了其他隔离物涂覆方法的一些时间和经济上的约束。此前的涂覆方法需要具有相关干燥时间的干燥烘箱。涂覆/干燥越慢,烘箱必须越长并且因此资本成本越大。

[0160] 根据各种实施例,固化涂层可具有介于约0.1和约10μm之间的厚度。在某些实施例

中，固化涂层的厚度介于约2和约3μm之间、介于约2和约4μm之间、介于约2和约5μm之间、介于约2和约6μm之间、介于约2和约7μm之间、介于约2和约8μm之间、介于约2和约9μm之间。在一些实施例中，固化涂层的厚度为约0.1μm、约0.2μm、约0.3μm、约0.4μm、约0.5μm、约0.6μm、约0.7μm、约0.8μm、约0.9μm、约1μm、约2μm、约3μm、约4μm、约5μm、约6μm、约7μm、约8μm、约9μm或约10μm。固化涂层可包含不止一层涂层，并且每个层不一定需要相同。在一些实施例中，涂覆的隔离物可包括两层或更多层涂层，包括本文所述涂层中任何一者的两层或更多层、三层或更多层、四层或更多层、五层或更多层等在内。当施加多个涂层时，每个层不一定必须具有相同厚度、组成或形式(如，图案化的或连续的)。

[0161] 根据各种实施例，固化的涂覆的隔离物可具有介于约6和约30μm之间的厚度。在某些实施例中，固化的涂覆的隔离物可具有介于约6和约7μm之间、介于约6和约8μm之间、介于约6和约9μm之间、介于约6和约10μm之间、介于约6和约15μm之间、介于约6和约20μm之间、介于约6和约25μm之间、介于约10和约30μm之间、介于约15和约30μm之间、介于约20和约30μm之间、介于约25和约30μm之间、介于约10和约15μm之间、介于约10和约20μm之间、介于约10和约25μm之间的厚度。在一些实施例中，固化涂层的厚度为约6μm、约7μm、约8μm、约9μm、约10μm、约11μm、约12μm、约13μm、约14μm、约15μm、约16μm、约17μm、约18μm、约19μm、约20μm、约21μm、约22μm、约23μm、约24μm、约25μm、约26μm、约27μm、约28μm、约29μm或约30μm。

[0162] 在某些实施例中，整个隔离物在紫外线或电子束工艺中制造。代替制备涂层，将可固化粘结剂混合物浇铸或挤出，然后进行紫外线或电子束固化。图23示出了根据一个或多个实施例的固化隔离物14的截面图。图23的固化隔离物14包括在多孔UV固化粘结剂6中的陶瓷颗粒5。所有上述用于生产紫外线或电子束可固化涂层、隔离物或电化学装置的化学物质和工艺，都可用于制备具有紫外线或电子束固化工艺的隔离膜或包括其的电化学装置。整个隔离物可作为自支撑膜浇铸，抵靠离型膜固化或直接施加并固化在阴极、阳极或电解质(例如，液体或固体电解质)上。在某些变型形式中，隔离物可包括与紫外线或电子束固化基质保持在一起的陶瓷颗粒，该紫外线或电子束固化基质包含一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或它们的组合。根据各种实施例，使用紫外线或电子束固化粘结剂使陶瓷颗粒粘结在一起以形成隔离物，这样制造的隔离物具有尺寸稳定性、高孔隙度、机械强度、有效的热传递，在高温下安全地运行并且通过在整个电化学电池中有效地均匀散热来减小热失控的风险。

[0163] 使用此类隔离物改善电化学装置的操作安全性的多孔、电绝缘(例如，非导电)和耐电化学性的隔离膜可通过紫外线或电子束固化反应性液态树脂(例如，单体和/或低聚物)和陶瓷颗粒而形成。图25示出了根据某些实施例的制备固化隔离物的方法。所述方法包括：将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料(步骤201)，所述混合物包含选自单体、低聚物以及它们的组合的至少一者；将浆料施加到离型膜以形成浆料涂层离型膜(步骤202)；以及使浆料涂层离型膜经受紫外线或电子束辐射(步骤204)，从而固化可固化粘结剂混合物并且形成固化隔离膜。该方法可任选地包括在步骤201中添加溶剂以例如控制浆料的稠度。如果在步骤201中添加溶剂，则该方法可任选地包括在步骤204中固化浆料之前，在任选的步骤203中去除溶剂。该方法还可包括从离型膜释放(例如，剥离)固化隔离物的步骤205和组装具有固化隔离膜的电池的步骤206。电池可包括例如阳极、阴极、电解质和固化隔离膜。图25中示出的示例性方法无需包括每个步骤，并且各步骤可在不

进行其他步骤的情况下单独进行。

[0164] 图26示出了根据另外的实施例的制备固化隔离物的方法。所述方法包括:将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料(步骤301),所述混合物包含选自单体、低聚物以及它们的组合的至少一者;将浆料直接施加到阳极、阴极、电解质或它们的组合(步骤302);以及使浆料涂覆的阳极、阴极、电解质或它们的组合经受紫外线或电子束辐射(步骤304),从而固化可固化粘结剂混合物并且形成固化隔离膜。该方法可任选地包括在步骤301中添加溶剂以例如控制浆料的稠度。如果在步骤301中添加溶剂,则该方法可任选地包括在步骤304中固化浆料之前,在任选的步骤303中去除溶剂。该方法也可包括将电池与固化隔离膜组装在一起的步骤305。电池可包括例如阳极、阴极、电解质和固化隔离膜。图26中示出的示例性方法无需包括每个步骤,并且各步骤可在不进行其他步骤的情况下单独进行。

[0165] 隔离物可以单层或多层浇铸。图23是根据各个实施例的单层固化隔离物的例子。图24示出了根据一个或多个实施例的多层固化隔离物15的截面图。图24的多层固化隔离物15的每个层包括在多孔UV固化粘结剂6中的陶瓷颗粒5。这些层可用印刷工艺印刷以产生孔隙度和路径,锂离子可穿过该孔隙度和路径以到达阴极或阳极。通过印刷多层,可以产生曲折的离子路径。隔离物可包括连续的印刷层和/或图案化的印刷层。多层隔离物可包括两个或更多个相同层(例如,相同组成和/或图案)或者一个或多个不同层(例如,至少一个层与其他层在组成和/或图案上不同)。例如,图24的所有层16、17和18可被图案化。层16、17和18中的每一个层的图案可为相同或不同的。在其他实施例中,图24的所有层16、17和18可以是连续的。在另外的实施例中,图24的层16、17和18中的一个或多个层可以是连续的,并且图24的层16、17和18中的一个或多个层可被图案化。

[0166] 各种实例在下面示出。每个实例均以对本公开进行说明而非限制的方式提供。对于本领域内的技术人员将显而易见的是,在不脱离本公开范围或精神的前提下,可做出各种修改和变型。例如,作为一个实例的一部分示出或描述的特征可用于另一个实例中。因此,本公开意在涵盖此类修改和变型。

[0167] 实例

[0168] 实例1:隔离物上的水性、UV可固化的氧化铝填充涂层

[0169] 制备水性UV可固化粘结剂组合物,并且以下表1中示出的比率与氧化铝粉末混合以形成浆料。

[0170]

表1：具有氧化铝粉末的UV可固化水性粘结剂			
成分	制造商	化学说明	重量%
Ucecoat 7689	氰特公司(Cytec)	丙烯酸酯化的聚氨酯水性分散体	16
Ucecoat 7699	氰特公司(Cytec)	丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯分散混合物	16
Tego 750W	赢创公司(Evonik)	改性的聚合物分散剂	2.2
9038-95-3	阿尔塔纳公司(Altana)	聚硅氧烷消泡剂	0.2
乙二醇醚	陶氏化学公司 (Dow Chemical)	溶剂	2
N-甲基二乙醇胺	巴斯夫公司(BASF)	共引发剂	0.8
Irgacure 500	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	1.9
Irgacure 819-dw	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	0.9
26R-020212UP2	先进材料有限公司 (Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5-1μm	60
		总计	100

[0171] 将从表1所得的浆料施加在被设计为用于锂离子电池中的25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。对于各种样品隔离物制备单面或双面涂层。如表2中所见，针对样品1和样品3的三层隔离物的单面制备涂层。相比之下，样品2和样品4的三层隔离物在两面上进行涂覆(如，双面涂层)。另外，施加于隔离物的涂层为连续多孔涂层或图案化涂层。如表2中所见，针对样品3和样品4的三层隔离物制备连续多孔涂层。相比之下，对样品1和样品2的三层隔离物进行图案涂覆。如表2中汇总，样品1的三层隔离物在单面上用表1的涂层进行图案涂覆，样品2的三层隔离物在两面上用表1的涂层进行图案涂覆，样品3的三层隔离物在单面上用表1的涂层进行连续涂覆，并且样品4的三层隔离物在两面用表1的涂层进行连续涂覆。

[0172] 使用RK Control Koater通过#1K条杆涂覆连续涂层。随后以150英尺/分钟的传送带速度在Miltec MUVI传送带上将涂层固化，该传送带具有配备有Miltec380-0004UV灯泡的单一Miltec MPI-400灯。每个所得氧化铝填充UV涂层为4至6μm厚。例如，连续涂覆在单面上的样品隔离物在该单面具有所得4-6μm厚的氧化铝填充UV涂层，并且连续涂覆在双面上的样品隔离物在每一面具有所得4-6μm厚的氧化铝填充UV涂层。

[0173] 通过得自泊姆克公司(Pamarco)的柔性版印刷手工打样机实现图案化涂层。将网纹辊和橡胶辊的位置颠倒，使得所施加的图案为网纹图案而非可能得自于橡胶辊的平滑涂层。使用200行/英寸(lpi)5.3bcm网纹。这产生2至4μm厚的氧化铝填充UV涂层。例如，在单面上进行图案涂覆的样品隔离物在该单面具有所得2-4μm厚的氧化铝填充UV涂层，并且在双面上进行图案涂覆的样品隔离物在每一面具有所得2-4μm厚的氧化铝填充UV涂层。

[0174] 得自连续涂覆的陶瓷涂层和得自图案涂覆的陶瓷涂层都看起来均一、稳定并且强力粘附至隔离物。将涂覆和未涂覆的25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜的样品置于100℃下的烘箱中。未涂覆的样品卷曲并且显示部分熔化的迹象，呈现斑点。被涂覆的样品保持平坦并且卷曲极少。

[0175] 将未涂覆的隔离物组装到18650锂离子纽扣电池中。阴极为标准的14mg/cm^2NMC涂

覆的铝。阳极为锂金属。以C/10速率对电池充电和放电。图4A、图4B和图4C分别示出了未涂覆的基准隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。

[0176] 将涂覆的隔离物样品组装到18650锂离子纽扣电池中。阴极为标准的14mg/cm^{2}NMC涂覆的铝。阳极为锂金属。以C/10速率对电池充电和放电。图5至图8示出了涂覆的样品隔离物的电压曲线。如表2以及图4A和图5至图8的电压曲线(C/10)所示，利用涂覆的隔离物的电池能够充电和放电并且充电容量和放电容量与对照物的充电容量和放电容量类似。

[0177]

表2：纽扣电池测试结果，具有和不具有UV固化陶瓷涂层的25微米微孔三层PP/PE/PP隔离物

样品	条件	电压曲线	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
对照物	未涂覆	图4A	2.03	1.82	176	159	90
1	单面图案涂覆	图5	2.04	1.79	179	157	87
2	双面图案涂覆	图6	1.95	1.73	181	161	89
3	单面连续涂覆	图7	2.13	1.94	173	156	90
4	双面连续涂覆	图8	2.15	1.82	184	156	84

[0178] 实例2中示出了UV可固化水性涂层的另一个非限制性例子。

[0179] 实例2:隔离物上的具有氧化铝粉末的UV可固化水性氨基甲酸酯丙烯酸酯涂层

[0180] 制备UV可固化水性氨基甲酸酯丙烯酸酯粘结剂组合物，并且以下表3中示出的比率与氧化铝粉末混合以形成浆料。

[0181]

表3：具有氧化铝粉末的UV可固化水性氨基甲酸酯丙烯酸酯涂层

成分	制造商	化学说明	重量%
Neorad R-440	帝斯曼利康树脂公司(DSM NeoResins)	分散的氨基甲酸酯丙烯酸酯	34.8
Tego 750W	赢创公司(Evonik)	分散剂	2.2
BYK-028	毕克化学有限公司(BYK Chemie)	有机硅消泡剂	0.2
Irgacure 500	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	1.9
Irgacure 819-W	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	0.9
26R-020212UP2	先进材料有限公司(Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5至1μm	60.0
		总计	100.0

[0182] 将得自表3的浆料施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。通过120lpi三螺旋网纹实现单面和双面图案化涂层。如在实例1中一样，在NMC锂金属半电池中测试涂覆的隔离物。表4和表5以及图11A和图12A的结果证明单面和双面陶瓷图案涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图11B和图12B示出了涂覆的隔离物允许以从0.1到至少2C的速率进行锂离子充电和放电。在这些速率下，与未涂覆的隔离物(图4B)相比，涂层不会妨碍离子流动。图11C和图12C示出电池成功充电和放电超过50次循环。

[0183] 图11A、图11B和图11C分别示出了样品7的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电

速率性能和循环性能(C/5)。样品7的三层隔离物在单面上用表3的氧化铝填充UV涂层的4至8μm厚涂层进行图案涂覆。

[0184]

表4：纽扣电池测试结果，UV陶瓷水性氨基甲酸酯丙烯酸酯单面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.15	1.88	176	154	87
2	1.90	1.88	155	154	99
3	1.89	1.87	155	153	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0185] 图12A、图12B和图12C分别示出了样品8的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。样品8的三层隔离物在两个面上每面用表3的氧化铝填充UV涂层的8μm厚涂层进行图案涂覆。

[0186]

表5：纽扣电池测试结果，UV陶瓷水性氨基甲酸酯丙烯酸酯双面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.24	1.95	180	156	87
2	1.96	1.94	157	156	99
3	1.96	1.94	157	156	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0187] 实例3:隔离物上的UV可固化氧化铝填充橡胶丙烯酸酯涂层

[0188] 制备UV可固化组合物,并且以下表6中示出的比率与氧化铝粉末混合以形成浆料。该高度填充的产物既不包含容剂也不包含水。

[0189]

表6：具有氧化铝粉末的UV可固化丙烯酸酯化橡胶涂层

成分	制造商	化学说明	重量%
SR307	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯化橡胶	10
SR306	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯化单体	10
SR454	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯化单体	12
Solsperse 39000	诺誉公司(Noveon)	分散剂	3.5
TPO-L	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	0.5
Irgacure 1173	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	4.0
26R-020212UP2	先进材料有限公司(Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5-1μm	60
		总计	100

[0190] 将从表6所得的浆料施加在被设计为用于锂离子电池中的25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD2325)上。

[0191] 针对样品6的三层隔离物制备连续多孔涂层。相比之下,对样品5的三层隔离物进

行图案涂覆。样品5的三层隔离物在两面上用表6的涂层进行图案涂覆，而样品6的三层隔离物在两面上用表6的涂层进行连续涂覆。

[0192] 使用RK Control Koater通过#1K条杆施加双面连续涂层。随后以150英尺/分钟的传送带速度在Miltec MUVI传送带上将涂层固化，该传送带具有配备有Miltec 380-0004UV灯泡的单一Miltec MPI-400灯。这产生每面为4至6μm厚的UV固化氧化铝涂层。

[0193] 通过得自泊姆克公司(Pamarco)的柔性版手工打样机实现双面图案化涂层。将网纹辊和橡胶辊的位置颠倒，使得所施加的图案为网纹图案而非可能得自于橡胶辊的平滑涂层。使用200行/英寸(lpi)5.3bcm网纹。这产生每面2至4μm厚的氧化铝填充UV涂层。

[0194] 得自连续涂覆的陶瓷涂层和得自图案涂覆的陶瓷涂层都看起来均一、稳定并且强力粘附至隔离物。将涂覆和未涂覆的25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜的样品置于100℃下的烘箱中。未涂覆的样品卷曲并且显示部分熔化的迹象，呈现斑点。被涂覆的样品保持平坦并且卷曲极少。

[0195] 将未涂覆的隔离物组装到18650锂离子纽扣电池中。阴极为标准的14mg/cm^2NMC涂覆的铝。阳极为锂金属。以C/10速率对电池充电和放电。图4A、图4B和图4C分别示出了未涂覆的基准隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。

[0196] 将涂覆的隔离物样品组装到18650锂离子纽扣电池中。阴极为标准的14mg/cm^2NMC涂覆的铝。阳极为锂金属。以C/10速率对电池充电和放电。图9和图10分别示出了涂覆的隔离物样品5和样品6的电压曲线。如图9和图10的电压曲线(C/10)中所示，利用涂覆的隔离物的纽扣电池能够充电和放电。

[0197] 另外，还使用Little Joe打样机将表6的浆料施加于25μm微孔PP\PE\PP三层隔离物的一面。该打样机模仿胶版印刷工艺。在这种情况下，通过用于保持涂层厚度的0.4密耳楔板来施加固体涂层。这样在三层隔离物的一面上产生均一的薄型1μm厚氧化铝填充UV涂层。

[0198] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物(样品9)进行测试。图13A、图13B和图13C分别示出了样品9的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表7和图13A中的结果证明涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图13B示出该陶瓷橡胶涂覆的隔离物允许0.1C至2C速率下的锂离子充电和放电，并且图13C示出超过50次循环的电池完全充电和放电。

[0199]

表7：纽扣电池测试结果，单面印刷的UV陶瓷丙烯酸酯化橡胶涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.09	1.82	182	158	87
2	1.83	1.82	160	159	99
3	1.83	1.82	159	158	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0200] 得自表6的浆料也使用网纹辊施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。制备单面图案涂层。通过220lpi锥形网纹实现图案化涂层。这产生3至8μm厚的氧化铝填充UV涂层。

[0201] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物(样品10)进行测试。图14A、图14B和图14C分别示出了样品10的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表8和图14A中的结果证明涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图14B示出该陶瓷橡胶涂覆的隔离物允许0.1C至2C的锂离子充电和放电速率，并且图14C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0202]

表8：纽扣电池测试结果，图案印刷的UV陶瓷丙烯酸酯化橡胶涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.06	1.78	172	149	86
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0203] 实例4:隔离物上的具有氧化铝的交联丙烯酸涂层

[0204] 除UV交联之外，一些实施例通过化学交联剂使UV和其他水性聚合物交联以实现更大粘附力和耐化学性。表9示出了填充有氧化铝的水性丙烯酸涂层的例子。在这种情况下，添加氧化锌以得到丙烯酸类树脂的交联。

[0205]

表9：具有氧化铝粉末的交联水性丙烯酸涂层

成分	制造商	化学说明	重量%
Joncryl LMV 7031	巴斯夫公司(BASF)	水中的丙烯酸类树脂	11.2
Joncryl HR 1620	巴斯夫公司(BASF)	水中的丙烯酸类树脂	11.2
Joncryl 2660	巴斯夫公司(BASF)	水中的丙烯酸类树脂	10.4
Tamol 1254	陶氏化学公司(Dow Chemical)	聚羧酸分散剂	4.0
氨26°	巴斯夫公司(BASF)	pH调节剂	1.2
氧化锌	巴斯夫公司(BASF)	交联剂	2.0
26R-020212UP2	先进材料有限公司 (Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5至1μm	60.0
		总计	100.0

[0206] 将得自表9的浆料施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。制备单面和双面图案化涂层。

[0207] 通过得自泊姆克公司(Pamarco)的柔性版印刷手工打样机实现图案化涂层。将网纹辊和橡胶辊的位置颠倒，使得所施加的图案为网纹图案而非可能得自于橡胶辊的平滑涂层。使用120lpi、21.5bcm三螺旋状网纹。这产生4至8μm厚的氧化铝填充UV涂层。例如，隔离物样品11在单面上用4至8μm厚的氧化铝填充UV涂层进行图案涂覆，而隔离物样品12在两面上用8μm厚的氧化铝填充UV涂层进行图案涂覆。样品11和样品12的陶瓷涂层稳定并且强力粘附至隔离物。

[0208] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物样品进行测试。图15A、图15B和图15C分别示出了样品11的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/S)。表10和图15A中的结果证明单面涂覆的隔离物(样品11)在锂离子电池中起

作用。图15B示出该涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率，并且图15C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0209]

表10：纽扣电池测试结果，交联陶瓷丙烯酸酯单面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.11	1.86	177	156	88
2	1.87	1.85	157	155	99
3	1.87	1.85	156	155	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0210] 图16A、图16B和图16C分别示出了样品12的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表11和图16A中的结果证明该类型的双面涂覆的隔离物(样品12)在锂离子电池中也起作用。图16B示出该涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率，并且图16C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0211]

表11：纽扣电池测试结果，交联陶瓷丙烯酸酯双面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.17	1.92	178	157	88
2	1.93	1.92	158	157	99
3	1.93	1.91	158	157	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0212] 实例5:隔离物上的UV可固化氧化铝填充脂环族环氧涂层

[0213] 制备UV可固化组合物，并且以下表12中示出的比率与氧化铝粉末混合以形成浆料。该高度填充的产物既不包含溶剂也不包含水。

[0214]

表12：具有氧化铝粉末的UV可固化脂环族环氧树脂涂层

化学品		化学说明	重量%
3,4-环氧环己基甲基3,4-环氧环己烷羧酸酯		脂环族环氧低聚物	38
以50%碳酸丙烯酯混合三芳基锍六氟磷酸盐		阳离子光引发剂	2
26R-020212UP2	先进材料有限公司 (Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5-1μm	60
		总计	100

[0215] 将从表12所得的浆料施加在被设计为用于锂离子电池中的25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。该液体浆料不包含分散剂并且粘度高得多(～15,000至25,000cP)以允许凸版印刷或胶版印刷应用。

[0216] 通过Little Joe压机施加单面连续涂层以模仿胶印机应用。使用0.4密耳楔板保持涂层厚度。随后以150英尺/分钟的传送带速度在Miltec MUVI传送带上将涂层固化，该传送带具有配备有Miltec 380-0004UV灯泡的单一Miltec MPI-400灯。这产生4至8μm厚的不

具有图案的连续固化氧化铝涂层(样品13)。

[0217] 如在上述实例中一样,在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物样品进行测试。图17A、图17B和图17C分别示出了样品13的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表13和图17A示出了电化学半电池测试的结果。表13和图17A证明可通过该涂覆的隔离物在C/10下对NMC阴极锂阳极电池充电。图17B示出了该陶瓷环氧涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率。图17C示出了超过50次循环的锂离子半电池充电和放电。

[0218]

表13:纽扣电池测试结果,UV陶瓷脂环族环氧树脂单面涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电,mAh	放电,mAh	充电,mAh/g	放电,mAh/g	AhEff,%
1	2.26	1.96	180	156	87

[0219]

2	1.97	1.95	157	155	99
3	1.96	1.95	156	155	100
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0220] 在某些实施例中,可能需要溶剂来降低UV环氧树脂的粘度,以便通过网纹辊施加UV环氧树脂,以模仿柔性版印刷工艺和凹版印刷工艺。表14示出了根据一个或多个实施例的浆料配方变化。在此类浆料中,添加两种溶剂的混合物。一种溶剂迅速蒸发,而另一种溶剂缓慢蒸发,以避免涂层在网纹辊上干燥。

[0221]

表14:具有氧化铝粉末的UV可固化阳离子环氧树脂涂层

成分	制造商	化学说明	重量%液体混合物	重量%固化涂层
Doublemer 421P	双键化工公司(Double Bond Chemical)	脂环族环氧低聚物	8.75	10.29
Doublecure 1190	双键化工公司(Double Bond Chemical)	阳离子光引发剂	1.00	1.18
Solsperse 41000	诺誉公司(Noveon)	分散剂	3.00	3.53
正丙醇	力素公司(Nexo)	快速蒸发溶剂	12.00	0.00
乙二醇醚	陶氏化学公司(Dow Chemical)	缓慢蒸发溶剂	3.00	0.00
26R-801	先进材料有限公司(Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末,0.5至1μm	72.25	85.00
		总计	100.00	100.00

[0222] 将得自表14的浆料施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。制备单面图案涂层。通过220lpi锥形网纹实现图案化涂层。这产生2至3μm厚的氧化铝填充UV涂层(样品14)。

[0223] 如在上述实例中一样,在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物进行测试。图18A、图18B和图18C分别示出了样品14的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表15和图18A中的结果证明该涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图18B示出该

涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率，并且图18C示出超过50次循环电池充电和放电而不出现问题。

[0224]

表15：纽扣电池测试结果，UV陶瓷脂环族环氧树脂单面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.21	1.94	179	157	88
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0225] 实例6:UV可固化有机硅涂层。

[0226] 根据各个实施例可施加的UV可固化化学物质的广泛范围的另一个例子包括有机硅。有机硅可例如用丙烯酸脂、乙烯基、脂环族环氧化物或它们的组合封端。UV可固化脂环族示于表16中。

[0227]

表16：具有氧化铝粉末的UV阳离子有机硅涂层

成分	制造商	化学说明	重量%
UV Poly 206	蓝星有机硅公司(Bluestar Silicones)	具有光引发剂的脂环族环氧有机硅	60
氧化铝7955.05	圣戈班集团(Saint Gobain)	氧化铝粉末，0.5微米	40
		总计	100

[0228] 将得自表16的浆料施加于25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)。制备单面图案涂层。通过120lpi三螺旋状网纹实现图案化涂层。这产生8μm厚的氧化铝填充UV涂层(样品15)。

[0229] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物进行测试。图19A、图19B和图19C分别示出了样品15的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表17和图19A中的结果证明涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图19B示出该涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率，并且图19C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0230]

表17：纽扣电池测试结果，图案UV陶瓷阳离子有机硅单面涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.35	1.78	201	153	76
2	1.80	1.77	154	152	99
3	1.78	1.77	152	152	100
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0231] 实例7:UV氨基甲酸酯涂层。

[0232] 根据各个实施例可施加的UV可固化化学物质的广泛范围的另一个例子包括所有形式的氨基甲酸酯丙烯酸脂。氨基甲酸酯可例如用(甲基)丙烯酸酯、乙烯基或它们的组合封端。UV可固化陶瓷涂层配方示于表18中。

[0233]

表18：具有氧化铝粉末的UV可固化氨基甲酸酯丙烯酸酯涂层

成分	制造商	化学说明	重量%液体混合物	重量%固化涂层
CN973J75	沙多玛公司(Sartomer)	脂族氨基甲酸酯丙烯酸酯	3.19	3.75
CN9890	沙多玛公司(Sartomer)	三聚氰胺丙烯酸酯	1.91	2.25
Solsperse 41000	诺誉公司(Noveon)	分散剂	1.28	1.50
SR306	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯单体	1.91	2.25
SR454	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯单体	3.19	3.75
Irgacure 184	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	1.02	1.20
TPO-L	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	0.26	0.30
正丙醇	力素公司(Nexo)	溶剂	15.00	0.00
26R801	先进材料有限公司(Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5至1μm	72.25	85.00
			100.00	100.00

[0234] 将得自表18的浆料施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD 2325)上。制备单面涂层。通过150lpi三螺旋状网纹实现连续涂层和图案化涂层。这产生9至14μm厚的氧化铝填充UV涂层。例如，样品16的隔离物在单面上用表18的UV陶瓷氨基甲酸酯丙烯酸酯涂层的9μm厚连续涂层进行涂覆，而样品17的隔离物在单面上用表18的UV陶瓷氨基甲酸酯丙烯酸酯涂层的11μm厚涂层进行图案涂覆。

[0235] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物进行测试。图20A、图20B和图20C分别示出了样品16的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。图21A、图21B和图21C分别示出了样品17的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表19和表20以及图20A(样品16-单面连续涂层)和图21A(样品17-单面图案涂层)中的结果证明这些UV固化陶瓷涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。

[0236]

表19：纽扣电池测试结果，UV陶瓷氨基甲酸酯丙烯酸酯单面连续涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.15	1.88	180	158	88
2	1.89	1.89	159	158	100
3	1.89	1.88	159	157	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0237]

表20：纽扣电池测试结果，UV陶瓷氨基甲酸酯丙烯酸酯单面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	2.07	1.81	180	157	87
2	1.83	1.82	159	158	100
3	1.83	1.81	159	157	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0238] 图20B和图21B均示出这些陶瓷氨基甲酸酯涂覆的隔离物具有允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率的孔隙度，并且图20C和图21C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0239] 实例8:UV聚酯涂层。

[0240] 根据各个实施例可施加的UV可固化化学物质的广泛范围的另一个例子包括所有形式的聚酯丙烯酸脂。聚酯可例如用(甲基)丙烯酸酯、乙烯基或它们的组合封端。UV可固化聚酯和氨基甲酸酯陶瓷涂层配方示于表21中。

[0241]

表21：具有氧化铝粉末的UV可固化聚酯丙烯酸酯涂层

成分	制造商	化学说明	重量%液体混合物	重量%固化涂层
CN973J75	沙多玛公司(Sartomer)	脂族氨基甲酸酯丙烯酸酯	3.2	3.75
CN3150	沙多玛公司(Sartomer)	聚酯丙烯酸酯	1.9	2.3
Solsperse 41000	诺誉公司(Noveon)	分散剂	1.3	1.5
SR306	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯单体	1.9	2.3
SR454	沙多玛公司(Sartomer)	丙烯酸酯单体	3.2	3.8
Irgacure 184	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	1.0	1.2
TPO-L	巴斯夫公司(BASF)	光引发剂	0.3	0.3
正丙醇	力素公司(Nexo)	溶剂	15.00	-
26R801	先进材料有限公司(Advanced Materials, LLC)	氧化铝粉末，0.5至1μm	72.3	85.0
			100.0	100.0

[0242] 将得自表21的浆料施加在25μm微孔PP\PE\PP三层隔离膜(CELGARD2325)上。制备单面图案涂层。通过165lpi锥形网纹制备图案化涂层。这产生9μm厚的氧化铝填充UV涂层(样品18)。

[0243] 如在上述实例中一样，在NMC锂金属半电池中对涂覆的隔离物进行测试。图22A、图22B和图22C分别示出了样品18的涂覆的隔离物的电压曲线(C/10)、充电速率性能和循环性能(C/5)。表22和图22A中的电化学结果证明该涂覆的隔离物在锂离子电池中起作用。图22B示出该陶瓷聚酯涂覆的隔离物允许从0.1C到至少2C的锂离子充电和放电速率，并且图22C示出超过50次循环的电池充电和放电。

[0244]

表 22：纽扣电池测试结果，UV 陶瓷聚酯氨基甲酸酯丙烯酸酯单面图案涂覆的隔离物与未涂覆的对照隔离物相比较

循环数	充电，mAh	放电，mAh	充电，mAh/g	放电，mAh/g	AhEff，%
1	1.99	1.74	179	156	87

[0245]

2	1.76	1.75	158	157	99
3	1.76	1.74	158	156	99
对照物-未涂覆的隔离物					
1	2.03	1.82	176	159	90

[0246] 实例9：含有氧化铝和聚乙烯的UV涂层。

[0247] 以下是根据各个实施例可施加的UV可固化化学物质的广泛范围的另一个实例。在本实例中，用包含氧化铝和聚乙烯的UV可固化的水性丙烯酸酯化聚氨酯陶瓷涂层配方涂覆单一组分聚丙烯(PP)隔离物，从而为隔离物提供关闭机制。包含氧化铝和聚乙烯的UV可固化的水性丙烯酸酯化聚氨酯陶瓷涂层配方示于表23中。这样的配方不包含任何单体。

[0248]

表 23：具有氧化铝和聚乙烯的 UV 可固化的水性丙烯酸酯化聚氨酯涂层

成分	化学说明	重量%液体混合物	重量%固化涂层
Ucecoat 7689	丙烯酸酯化的聚氨酯水性分散体	15	7.0
Airex 920	消泡剂	1	0.0
二辛基磺基琥珀酸钠衍生物	润湿和分散	6.5	0.0
N-甲基二乙醇胺	胺增效剂	1.5	0.0
Irgacure 500	光引发剂	0.5	0.7
Irgacure 819DW	光引发剂	0.5	0.3
热解法 Al_2O_3	氧化铝	5	0.0
LDPE	聚乙烯蜡	60	78.9
氢化松香酯	增粘剂	10	13.2
		100.0	100.0

[0249] 将得自表23的浆料用Miltec柔性压机沿膜的机器方向以10μm平行排图案施加在16μm微孔PP隔离膜(CELGARD EPP1611)的顶部上。这产生3μm厚的氧化铝填充涂层。使用Miltec MPI-400灯将涂层以150fpm固化。如表24中所示，未涂覆的PP隔离物和涂覆的PP隔离物允许空气以几乎相同的速率(分别为13.4秒和16.2秒)流过它们的孔。这表明隔离物的孔是开放的。然而，当将隔离膜加热至150℃持续30分钟时，观察到空气流动的显著差异。未涂覆的PP隔离物的大部分孔开放，如其Gurley数为25.7所指示。相比之下，涂覆的隔离物的孔是封闭的，如其Gurley数大于1000所指示。如果电池失效并进入热失控，未涂覆的PP隔离物将允许电解质中的离子保持放电。相比之下，具有涂覆的PP的电池将停止运转，因为将不再有从阴极到阳极的离子路径。这对电池安全至关重要。

[0250]

表 24：隔离物性能		
	在室温下的 Gurley（秒）	在 150℃下 30 分钟之后的 Gurley（秒）
未涂覆的 PP 隔离物	13.4	25.7
用来自表 23 的浆料涂覆的 PP 隔离物	16.2	>1000

[0251] 实例10:独立的隔离膜。

[0252] 以下是根据各个实施例的独立的隔离膜的例子。用于独立的隔离膜的含有氧化铝的UV可固化的聚氨酯低聚物陶瓷配方示于表25中。

[0253]

表 25：含有氧化铝的 UV 可固化的聚氨酯低聚物陶瓷独立隔离膜		
成分	化学说明	重量%液体混合物
Ucecoat 7689	丙烯酸酯化的聚氨酯水性分散体	5.0
Airex 920	脱气器	0.5
AC-420	均化剂	3.0
AC-137	分散剂	4.0
MDEA	碱性剂	0.5
Irgacure 500	光引发剂	1.0
Irgacure 819DW	光引发剂	1.0
26R 801 氧化铝	α 氧化铝	85
		100.0

[0254] 通过用SILCOLEASE UV POLY 206(含有UV/EB有机硅聚合物、UV/EB离型改性剂和UV/EB光引发剂的离型涂层)涂覆16μm微孔PP隔离膜来制备有机硅离型膜。用200lpi网纹辊将SILCOLEASE施加在用Miltec MPI-400灯系统以50ft/min运行的1602型Sohn标签压机上。使用RK打样机(台式牵伸机),使用七号棒将来自表25的配方施加在离型隔离物涂层的顶部上。这在离型涂层上产生4μm厚的隔离物涂层。然后将涂层从离型膜剥离以产生自支撑的(例如单独的)膜。然后测定该单独的隔离膜的孔隙度。该浇铸的单独隔离物的所得Gurley为69.6Gurley。图32是该浇铸的自支撑隔离膜的显微照片。在这种情况下,隔离物涂层本身是非常脆弱的。如果施加到隔离物、阳极或阴极,可以制备更薄的涂层。

[0255] 尽管使用氧化铝示出某些变型,但使用本文所公开的任何陶瓷颗粒材料,各种实施例适于本文所公开的任何涂覆的隔离物的制备。根据本公开,本领域的技术人员将认识到,可能需要调节各种工艺参数以适应不同陶瓷颗粒材料的使用。

[0256] 某些实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0257] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括三层隔离物以及粘附至三层隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自

一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0258] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料,所述陶瓷颗粒材料包括至少一种选自氧化铝、氧化硅、碳化硅、二氧化钛、氧化镁、氮化硼以及它们的组合的陶瓷材料。

[0259] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合,其中所述一种或多种前体包含UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0260] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:非离子紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0261] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料,其中陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质,通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物,并且遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布。

[0262] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括具有顶部表面和底部表面的隔离物以及粘附至顶部表面或底部表面但并非粘附至顶部表面和底部表面两者的涂层,其中所述涂层包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0263] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中涂层在隔离物的至少一个表面上图案化,并且其中涂层包含紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0264] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层,其中所述涂层为电绝缘的并且包含:紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;以及陶瓷颗粒材料。

[0265] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物,该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔

离物的至少一个表面的涂层，其中所述涂层为电绝缘的并且包含：紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质，所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料，并且其中所述涂覆的隔离物被配置成保持其形状、抑制离子流穿过所述隔离物的孔，并且响应于所述涂覆的隔离物被加热至高于100℃、高于110℃或高于120℃的温度而保持电绝缘。

[0266] 一个或多个实施例涉及涂覆的隔离物，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层，其中所述涂层包含：紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质，所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料，其中陶瓷颗粒材料粘结至紫外线或电子束固化基质，通过紫外线或电子束固化基质粘结至隔离物，并且遍及紫外线或电子束固化基质均匀分布，并且其中所述涂覆的隔离物被配置为使得在将所述涂覆的隔离物被加热至高于100℃、高于110℃或高于120℃的温度时，所述陶瓷颗粒材料保持粘结至紫外线或电子束固化基质并且保持粘结至隔离物。

[0267] 一个或多个实施例涉及包括涂覆的隔离物的电化学装置，该涂覆的隔离物包括隔离物以及粘附至隔离物的至少一个表面的涂层，其中所述涂层包含：紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质，所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物，所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；以及陶瓷颗粒材料。

[0268] 一个或多个实施例涉及一种方法，所述方法包括将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射，从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质，其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面，并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0269] 一个或多个实施例涉及一种方法，所述方法包括将陶瓷颗粒材料与溶剂和可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；在将所述浆料施加于所述隔离物的至少一个表面之后，从所述浆料去除所述溶剂；并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射，从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质，其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面，并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0270] 一个或多个实施例涉及一种方法，所述方法包括将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料，所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合，其中所述可固化粘结剂混合物包含UV水性混合物、UV可固化环氧树脂、UV可固化有机硅、UV可固化氨基甲酸酯、UV可固化橡胶、UV可固化硫酯、丙烯酸酯化水性树脂共混物、丙烯酸酯化聚氨基甲酸酯、丙烯酸酯化橡胶、丙烯酸酯化单体、脂环族环氧封端低聚物、脂环族环氧封端单体、丙烯酸酯化封端低聚物、丙烯酸酯化封端单体，或者它们的组合；将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物；并且使所述浆

料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面,并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0271] 一个或多个实施例涉及一种方法,所述方法包括将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料,所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;将浆料施加到隔离物的顶部表面或底部表面,但不施加到顶部表面和底部表面两者,以形成浆料涂覆的隔离物;并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面,并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0272] 一个或多个实施例涉及一种方法,所述方法包括将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料,所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;将所述浆料以图案施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物;并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面,并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0273] 一个或多个实施例涉及一种方法,所述方法包括将陶瓷颗粒材料与可固化粘结剂混合物混合以形成浆料,所述可固化粘结剂混合物包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合;使用丝网、帘式涂覆、凹版印刷、反向凹版印刷、柔性版印刷机、凸版印刷、胶印机或它们的组合以印刷图案将浆料施加到隔离物的至少一个表面,以形成浆料涂覆的隔离物;并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面,并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0274] 一个或多个实施例涉及一种方法,所述方法包括:将陶瓷颗粒材料与a)包含一种或多种单体、一种或多种低聚物或它们的组合的可固化粘结剂混合物和b)光引发剂、自由基引发剂、分散剂、粘附促进剂、润湿剂、硅烷涂覆的颗粒、暗固化添加剂、共引发剂、发泡剂或它们的组合混合以形成浆料;将所述浆料施加于隔离物的至少一个表面以形成浆料涂覆的隔离物;并且使所述浆料涂覆的隔离物经受紫外线(UV)或电子束(EB)辐射,从而固化所述可固化粘结剂混合物并且形成紫外线或电子束固化基质,其中所述紫外线或电子束固化基质粘附至所述隔离物的至少一个表面,并且所述陶瓷颗粒材料遍及所述紫外线或电子束固化基质分布。

[0275] 一个或多个实施例涉及一种方法,所述方法包括:组装阴极、阳极,电解质和涂覆的隔离物以形成电池;所述涂覆的隔离物包括多孔隔离物和粘附至所述隔离物的至少一个表面的涂层;所述涂层包含紫外线(UV)或电子束(EB)固化基质和陶瓷颗粒材料,所述固化基质包含来自一种或多种前体的交联反应产物,所述一种或多种前体选自一种或多种单体、一种或多种低聚物或者它们的组合。

[0276] 尽管使用涂覆的隔离物示出某些变型,但使用本文所公开的任何陶瓷颗粒材料和

任何可固化粘结剂混合物，各种实施例适于本文所公开的任何隔离物的制备。根据本公开，本领域的技术人员将认识到，可能需要调节各种工艺参数以适应常规隔离膜的缺乏(例如，就自支撑隔离物而言)。

[0277] 虽然已针对具体配方描述了某些变型，但本领域的技术人员将认识到，存在上述系统和技术的许多变型和置换，这些变化和排列落在所附权利要求中示出的本公开的精神和范围内。

[0278] 各种实施例提供优于现有技术的许多优点，包括但不限于：

[0279] 1.本发明方法是用于制造涂层电池(如，锂二次电池)隔离物的更快速并且更便宜的工艺。

[0280] 2.本发明工艺比现有技术的涂覆方法更安全。在一些实施例中，本发明方法完全不含溶剂。在另一个实施例中，使用溶剂，但相比于现有技术的涂覆方法中所用的溶剂，为毒性更低的溶剂并且用量明显更低。在又一个实施例中，使用完全无害的溶剂(水)。

[0281] 3.本发明的紫外线或电子束工艺生成热固性网络，该网络将陶瓷颗粒粘结至固化粘结剂基质并且粘结至隔离物。热固性网络的优点在于其将不会熔掉，并且其实现的耐热性比热塑性网络所能实现的耐热性高得多。

[0282] 4.本发明方法可与挤出设备内嵌式整合。因为本发明方法可增强隔离膜的强度，因此该内嵌式整合使得可以制备更薄的隔离物。具有更大防火性的更薄隔离物将导致更小电池，并且更薄隔离物还将由于短路径而具有更大离子电导率，从而导致更快速的充电和放电循环，在电池中生成的热量都更少。

[0283] 5.本发明实施例可允许在对隔离物进行双轴取向以增加孔隙度之前施加涂层。以这种方式，可施加涂层、拉伸膜，而对隔离物的孔的干扰会较少。在双轴取向之前施加涂层，会增强隔离膜的强度并防止隔离膜在固化期间的收缩。

[0284] 6.一些本发明实施例允许使用图案化涂层或多孔固体涂层或者两者的组合。使用通过印刷技术施加的图案化涂层，可在隔离物上生成陶瓷绝缘体的可再现网络。这具有使得对隔离物中的孔的干扰减至最低的优点。以这种方式，电池将具有更多电力，即，相比于以相同陶瓷厚度涂覆但依赖溶剂蒸发孔隙度来产生穿过陶瓷涂层的离子电解质路径的隔离物，其能够更快速充电和放电。

[0285] 7.本发明工艺使得可以获得具有多层的涂层，以使得穿过隔离物从阳极到阴极不存在直线路径。

[0286] 8.自支撑隔离物实施例具有重量轻(与包含隔离膜(例如，聚合物隔离膜)的涂覆的隔离物相比)的附加优点并且没有商业聚合物隔离膜的许多缺点。自支撑隔离物不具有热敏层(例如，聚合物隔离膜)，并且不像聚合物隔离膜那样容易撕裂。

[0287] 本公开的范围不受实例中所公开的具体实施例的限制。实例中所公开的具体实施例意在作为一些方面的举例说明，并且任何功能上等同的实施例均在本公开的范围内。事实上，除本文所示和所述的那些实施例之外的各个实施例的各种修改形式都将变得显而易见，并且意在落在所附权利要求的范围内。

[0288] 尽管使用锂离子电池示出某些变型形式，但使用本文所公开的任何隔离物部件，各个实施例均适于本文所公开的任何电池的制备。根据本公开，本领域的技术人员将认识到，可能需要调节各种工艺参数以适应不同电池类型的使用。

[0289] 除非另外指明，否则本发明说明书中所用的术语将被理解为具有各个实施例所属的技术领域中通常使用的含义。

[0290] 在产物在本文中被描述为具有、包含或包括具体组分的情况下，或者在工艺在本文中被描述为具有、包含或包括具体工艺步骤的情况下，设想到各个实施例的产物还可基本上由所述组分组成或者由所述组分组成，并且各个实施例的工艺还基本上由所述工艺步骤组成或者由所述工艺步骤组成。

[0291] 在提供一定范围的值的情况下，介于该范围的上限和下限之间的每个中间值(除非上下文另有明确指出，否则达到下限的单位的十分之一)以及该所规定范围内的任何其他规定值或中间值均涵盖在本公开内。这些较小范围的上限和下限可独立地被包括在较小范围内并且也被涵盖在本公开内，但受制于所规定范围中的任何被具体排除的限值。在所规定范围包括限值中的一者或两者的情况下，排除那些被包括的限值中任一者或两者的范围也被包括在本公开中。例如，"1至5"的数值范围应当解释为不仅包括明确提及的值1和5，而且包括所指示范围内的单独值和子范围。因此，包括在该数值范围内的是单独值诸如2、3、4等以及子范围诸如从1到3、从2到4、从3到5等。示例性值或范围的列示并不表示放弃介于给定范围的上限和下限之间并且包括给定范围的上限和下限的其他值或范围。

[0292] 某些范围在本文呈现为前面带有术语"约"的数值。术语"约"在本文用于对前面带有该术语的精确数字，以及接近或大约为前面带有该术语的数字的数字提供文字支持。在确定数字是接近具体提及的数字还是大约为具体提及的数字时，该接近或大约的无回报数字(unrequited number)可为这样的数字，该数字在呈现其的上下文中提供该具体提及的数字的实质等同形式。

[0293] 应当注意，除非上下文另有明确指出，否则在本文以及所附权利要求中所用的单数形式"一个"、"一种"和"该(所述)"包括复数指代。另外应当注意，权利要求可撰写为排除任何可选要素。故此，这个声明旨在充当使用诸如"单独地"、"仅"等等的与权利要求要素的叙述相关的排他性术语或者使用"否定性"限制的前提基础。

[0294] 本文所述和所示的各个实施例中的每一者具有分立的部件和特征，在不脱离本公开范围或精神的前提下，所述部件和特征可容易地与其他若干实施例中的任一实施例的特征分开或组合。可按事件叙述顺序或者按逻辑上可能的任何其他顺序来进行任何述及的方法。

[0295] 本公开不限于本文所述的特定实施例。另外，本文所用的术语仅是为了描述特定实施例，而并非意在进行限制。

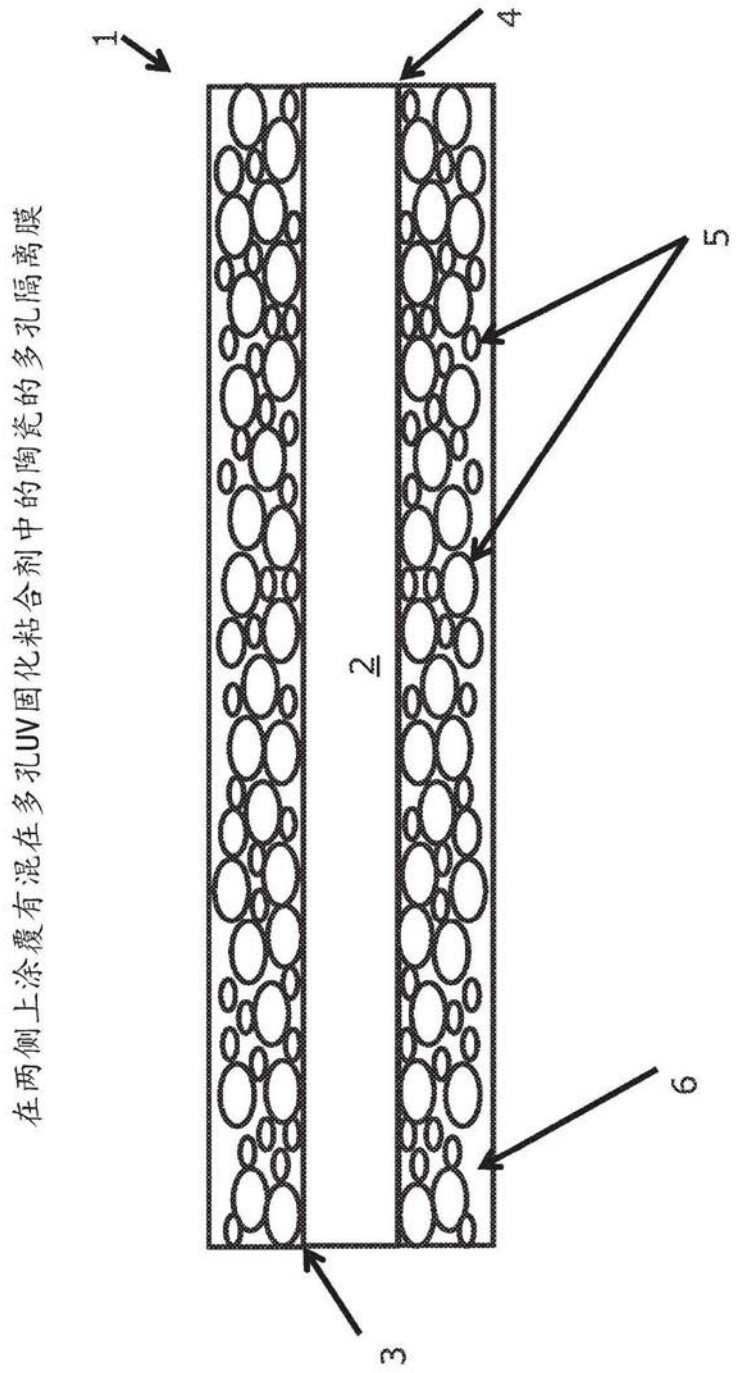


图1

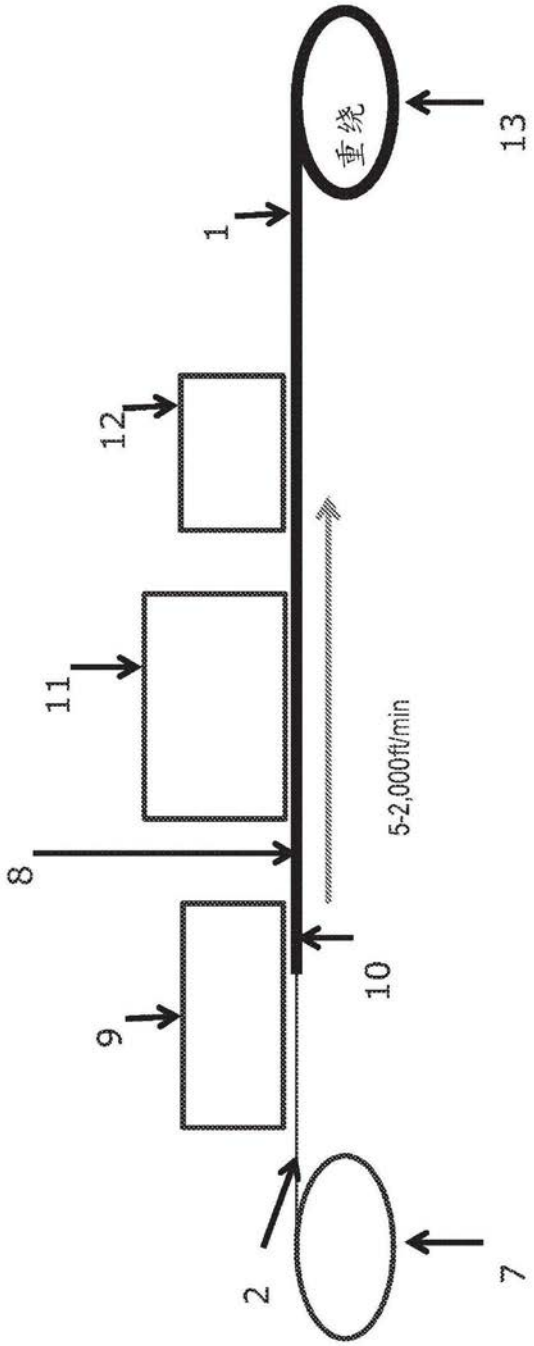


图2

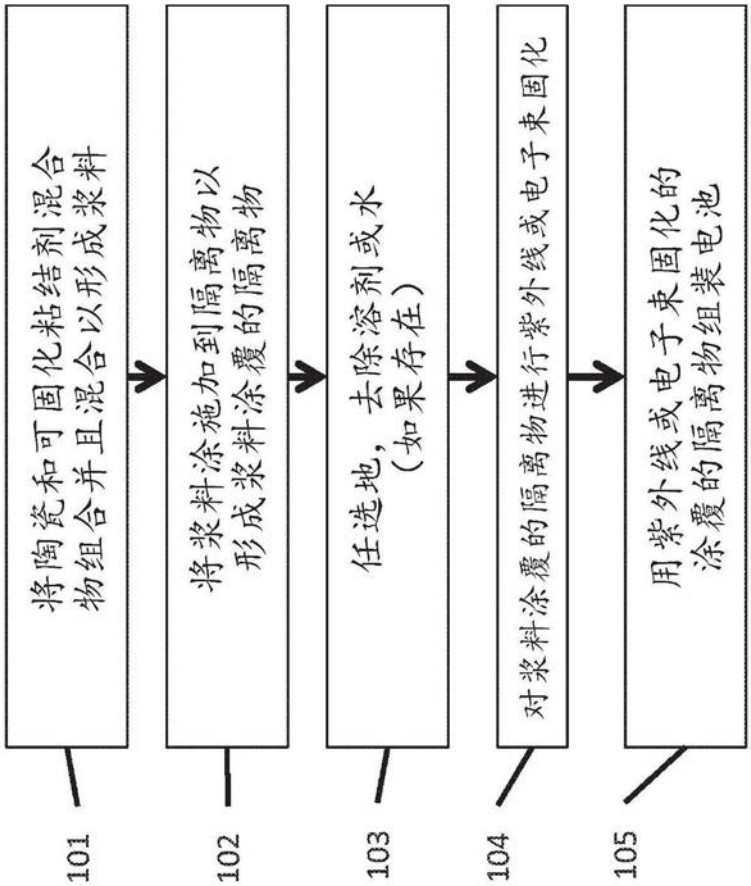

将陶瓷和可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料
将浆料涂施加到隔离物以形成浆料涂覆的隔离物
任选地，去除溶剂或水（如果存在）
对浆料涂覆的隔离物进行紫外线或电子束固化
用紫外线或电子束固化的涂覆的隔离物组装电池
101
102
103
104
105

图3

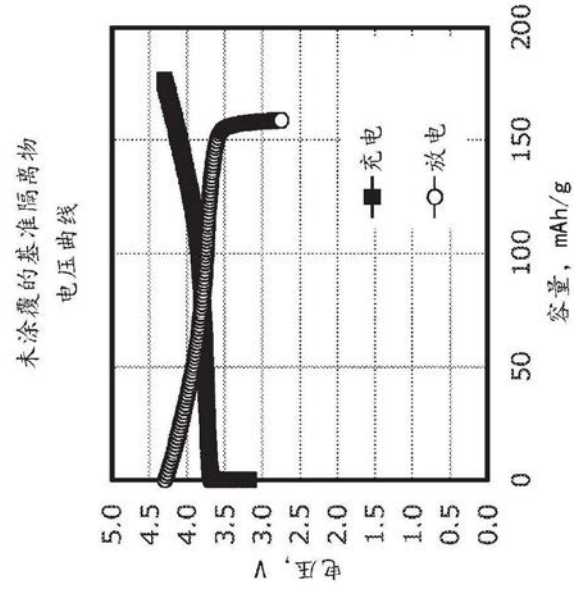

未涂覆的基准隔离物
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
50
100
150
200

图4A

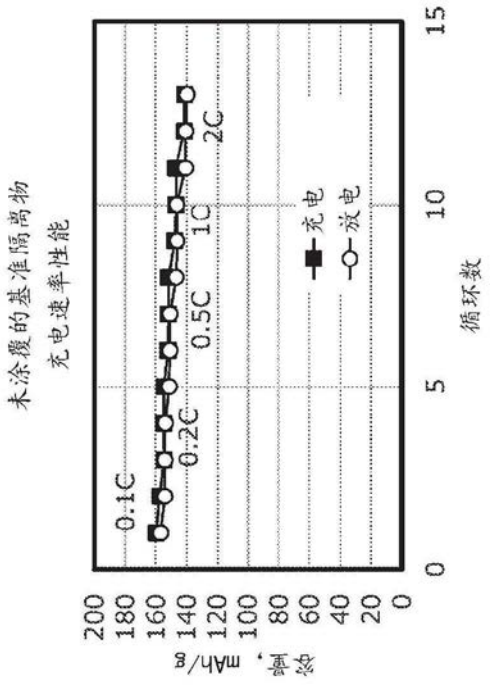

未涂覆的基准隔离物
充电速率性能
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
充电
放电
循环数
0
5
10
15
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图4B

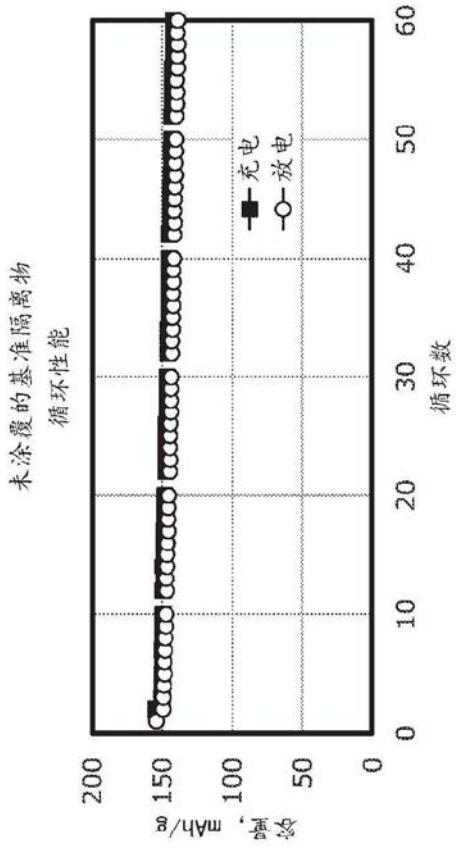

未涂覆的基准隔离物
循环性能
充电
放电
循环数
0
10
20
30
40
50
60
0
50
100
150
200

图4C

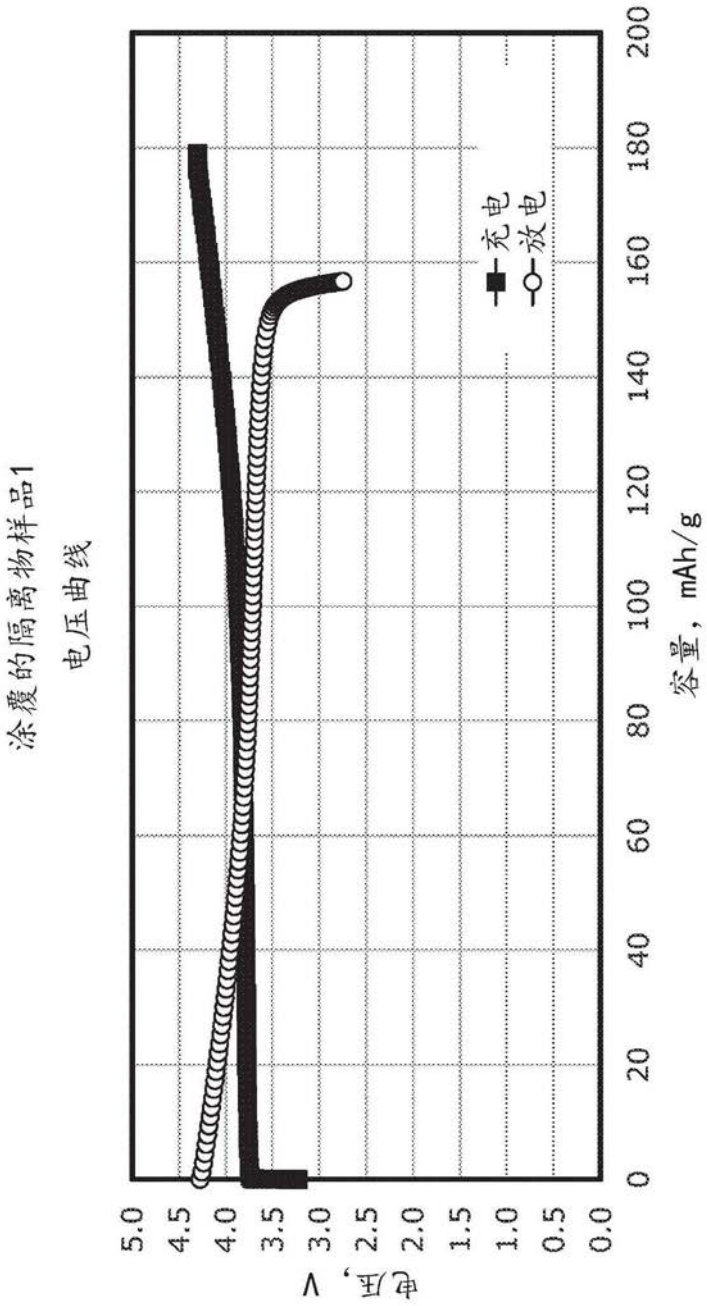

涂覆的隔离物样品1
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图5

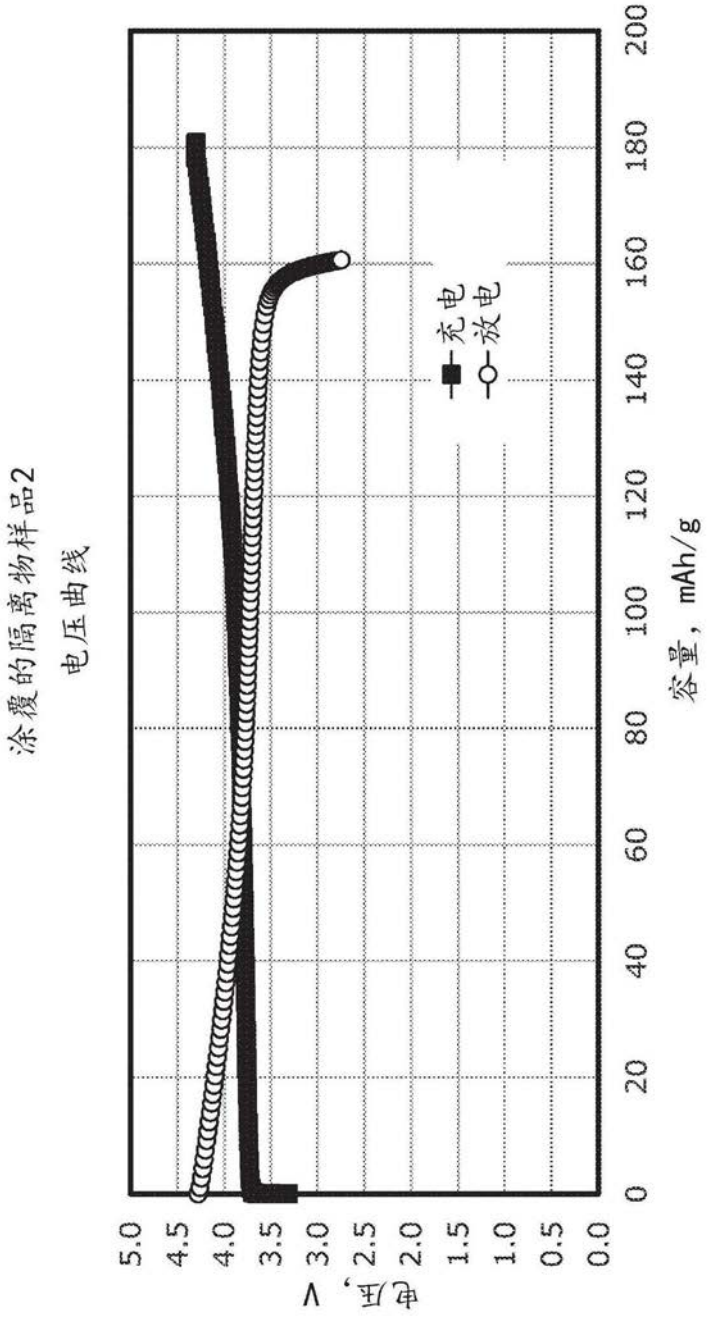

涂覆的隔离物样品2
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图6

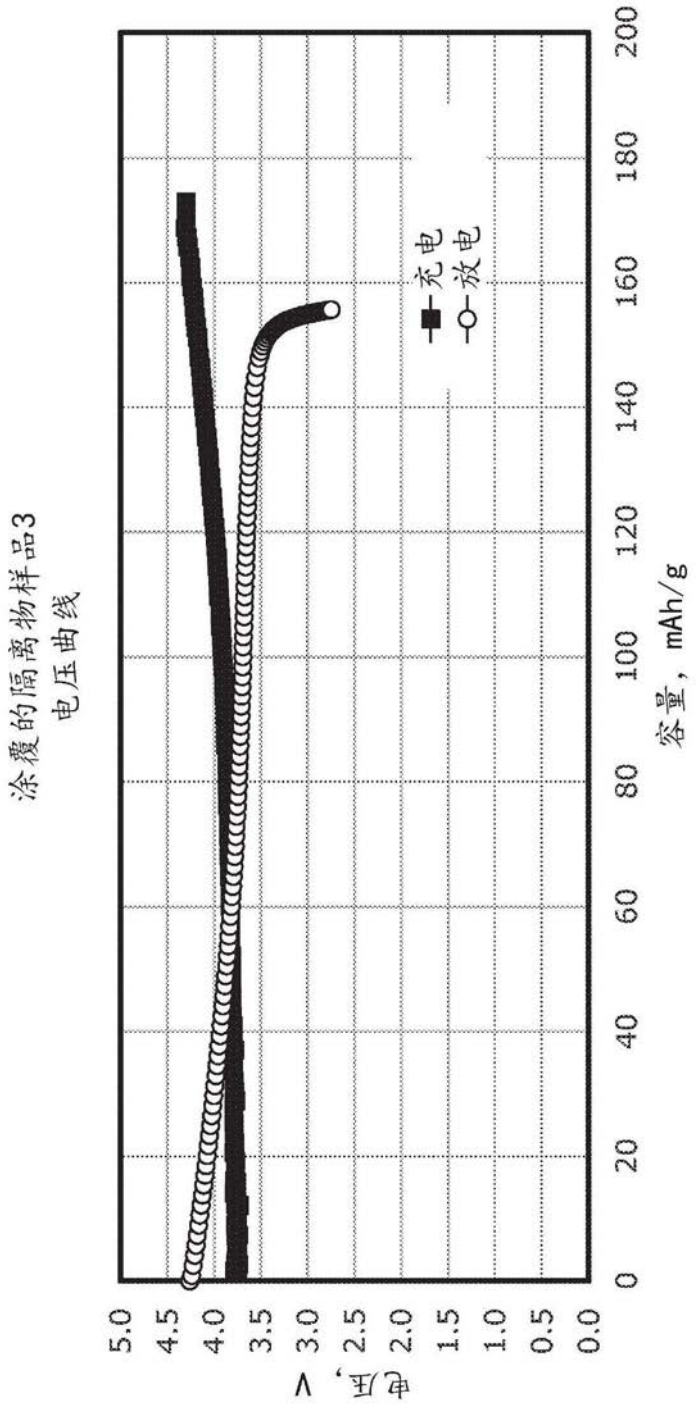

涂覆的隔离物样品3
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图7

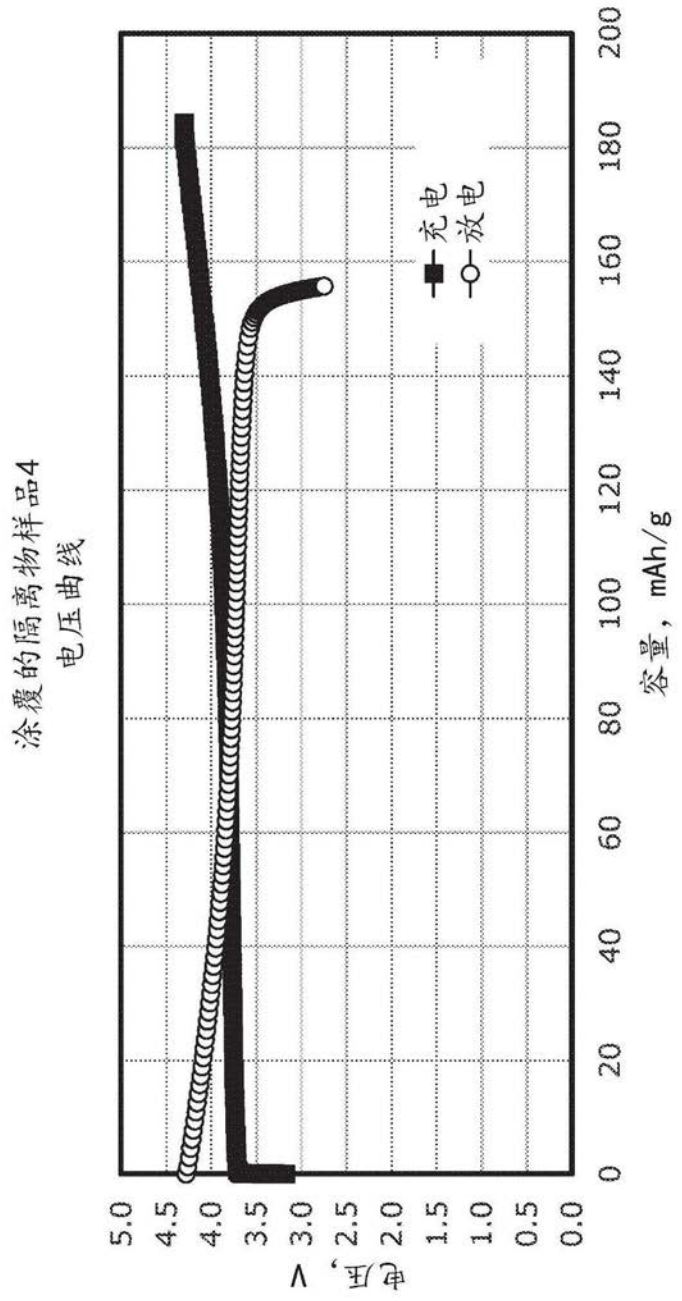

涂覆的隔离物样品4
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图8

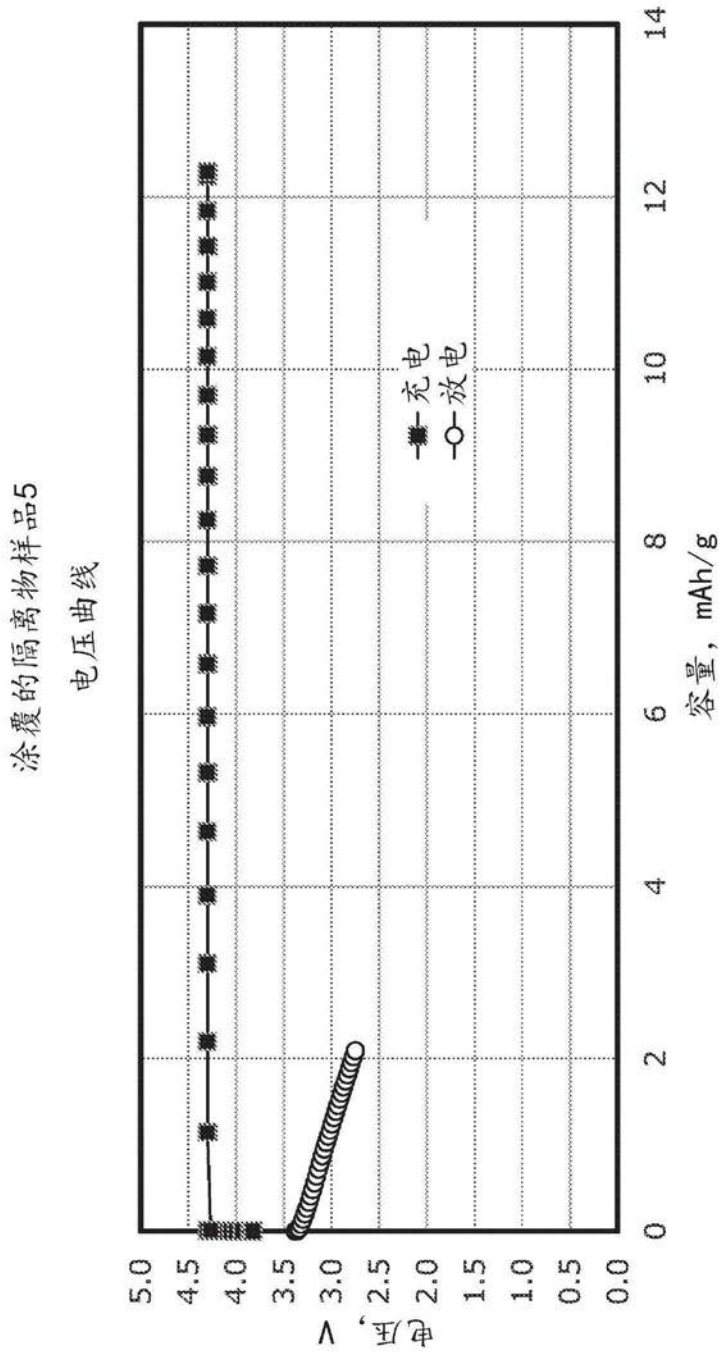

涂覆的隔离物样品5
电压曲线
充电
放电
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
2
4
6
8
10
12
14

图9

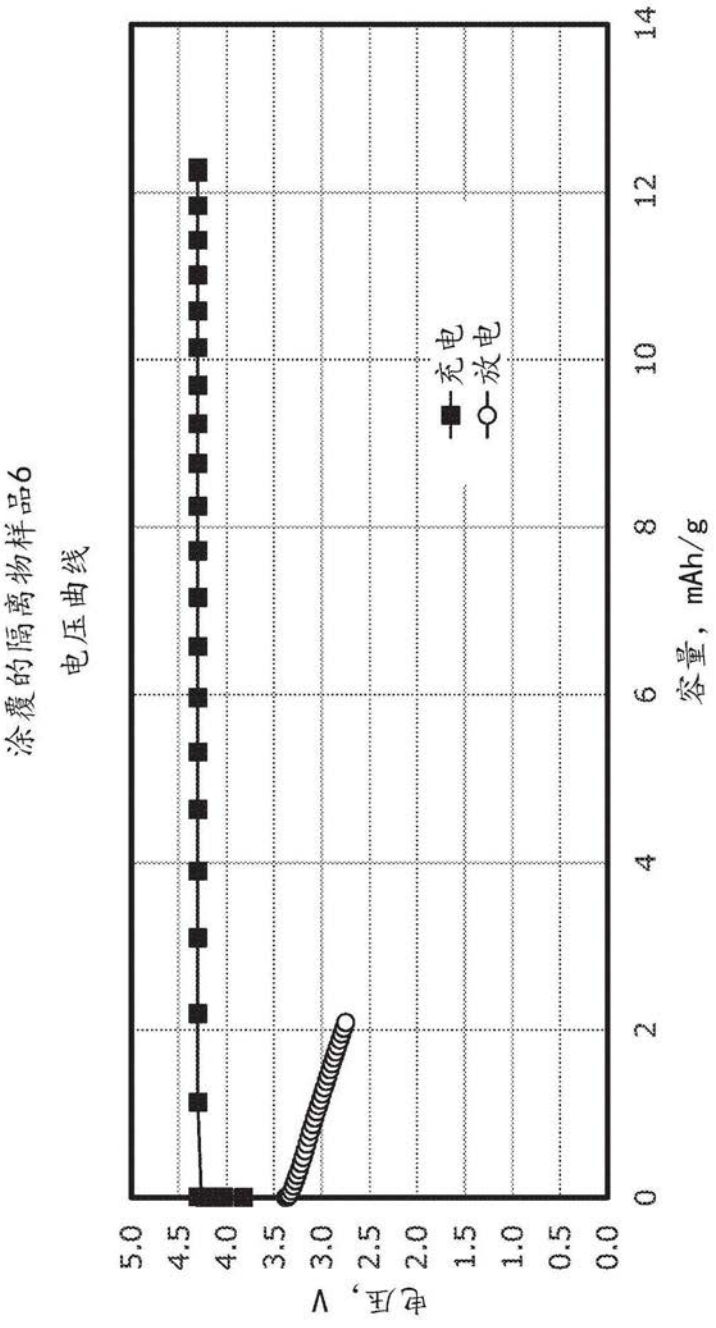

涂覆的隔离物样品6
电压曲线
充电
放电
容量，mAh/g
电压，V
0
2
4
6
8
10
12
14
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0

图10

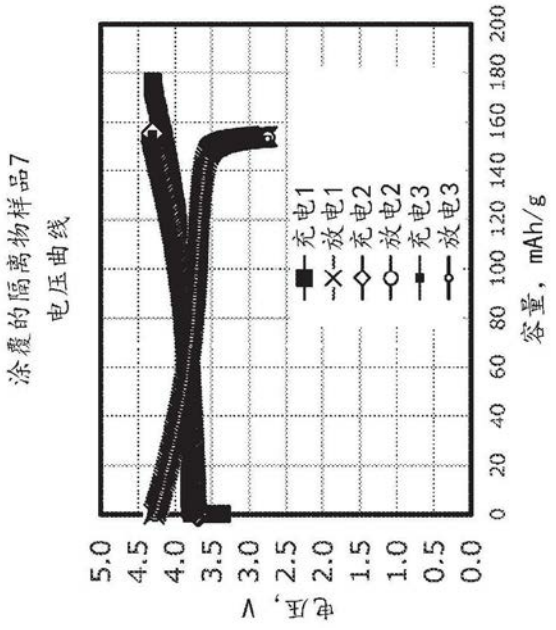

涂覆的隔离物样品7
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g

图11A

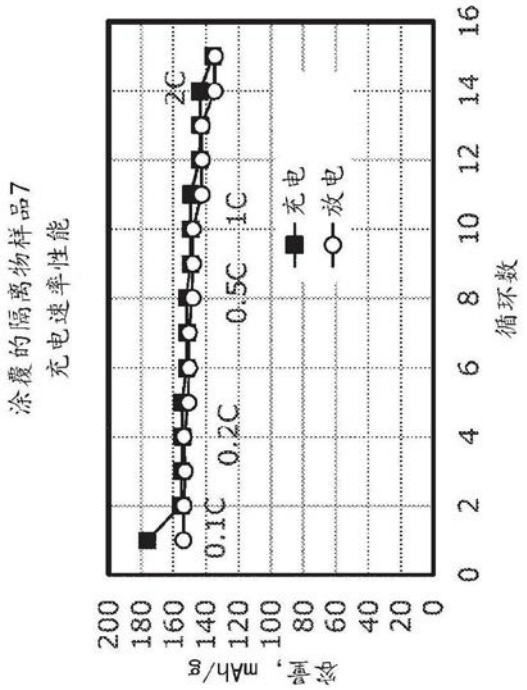

涂覆的隔离物样品7
充电速率性能
充电
放电
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
放电，mAh/g
循环数

图11B

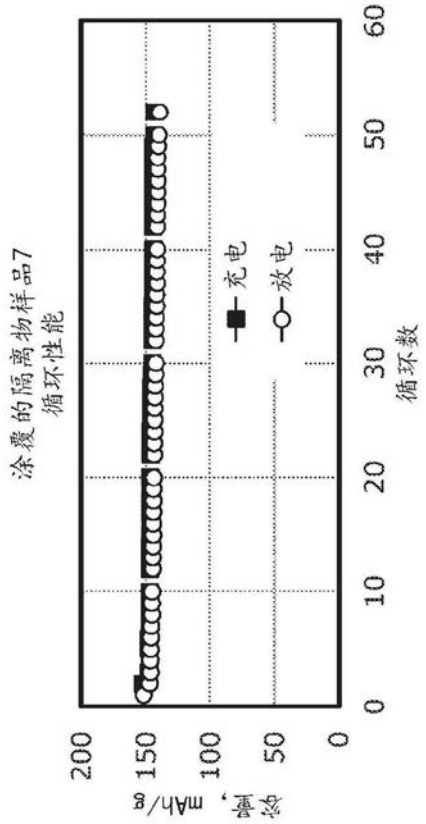

涂覆的隔离物样品7
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
10
20
30
40
50
60

图11C

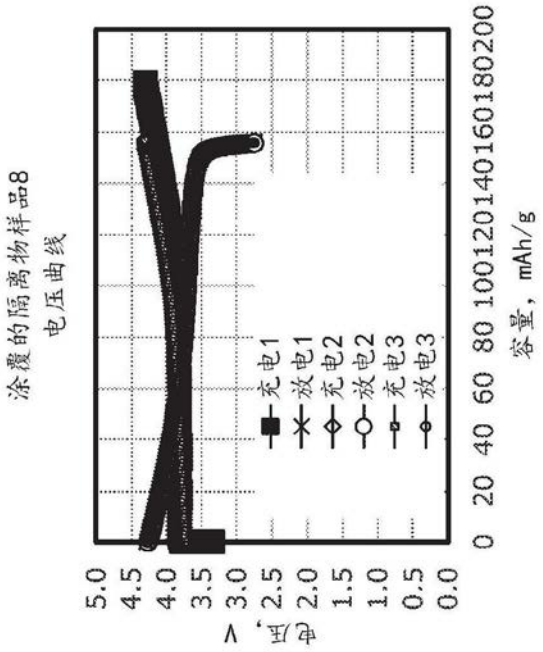

涂覆的隔离物样品8
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图12A

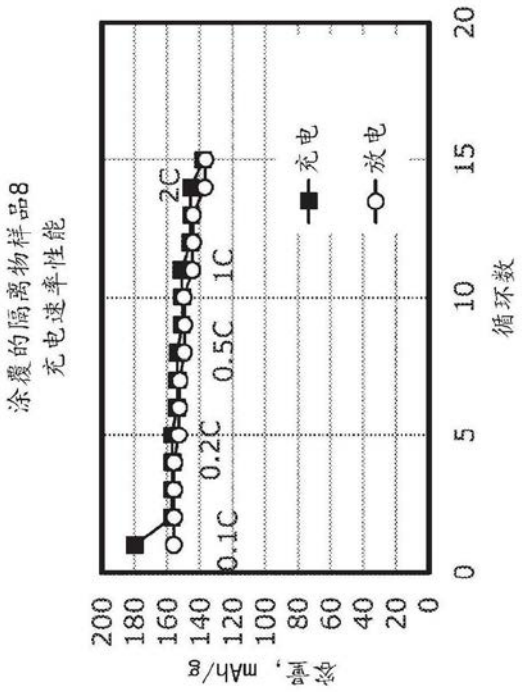

涂覆的隔离物样品8
充电速率性能
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
5
10
15
20

图12B

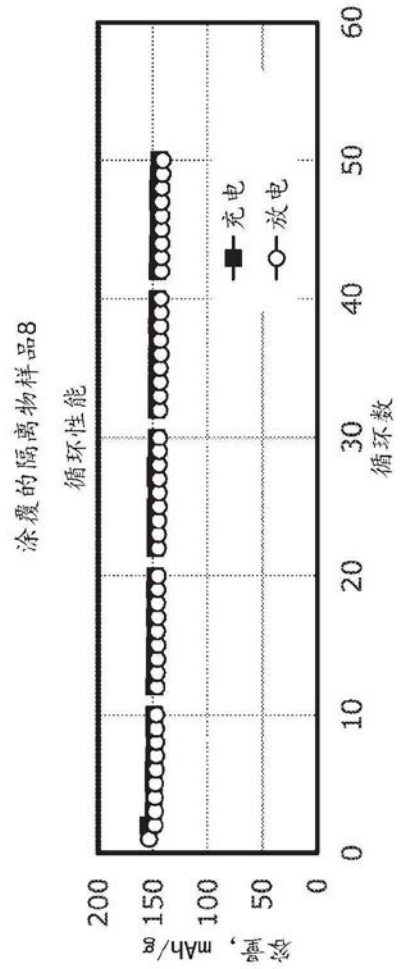

涂覆的隔离物样品8
循环性能
充电
放电
循环数
0
10
20
30
40
50
60
0
50
100
150
200

图12C

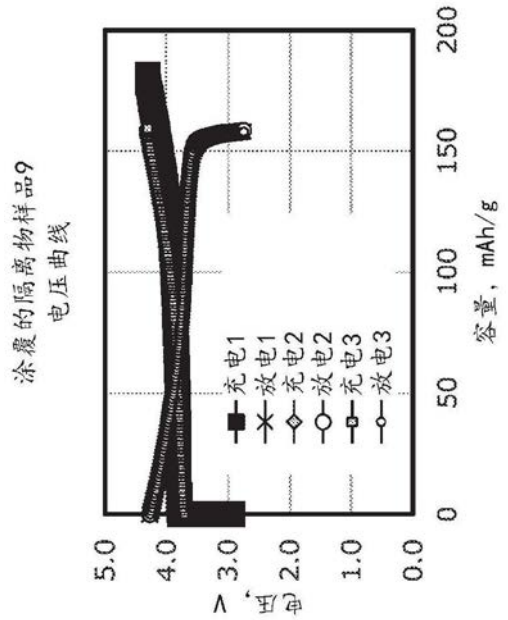

涂覆的隔离物样品9
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
容量，mAh/g
0
50
100
150
200
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0

图13A

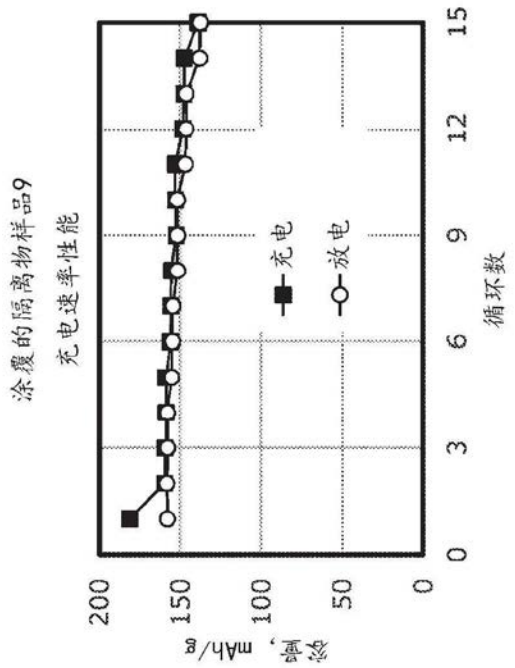

涂覆的隔离物样品9
充电速率性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
3
6
9
12
15

图13B

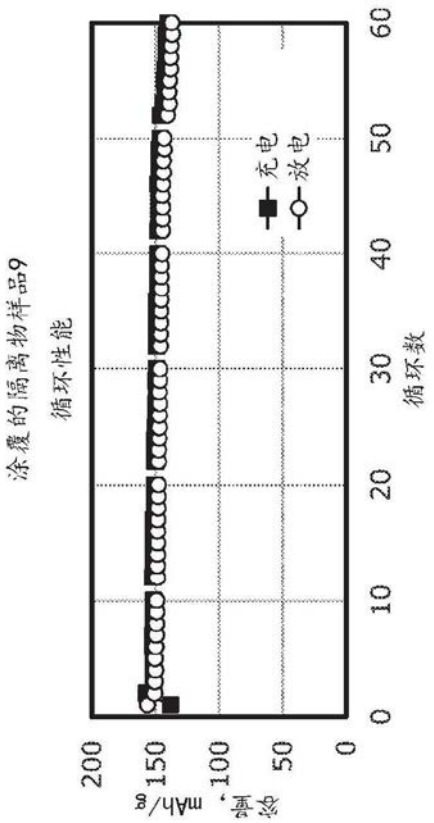

涂覆的隔离物样品9
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
10
20
30
40
50
60

图13C

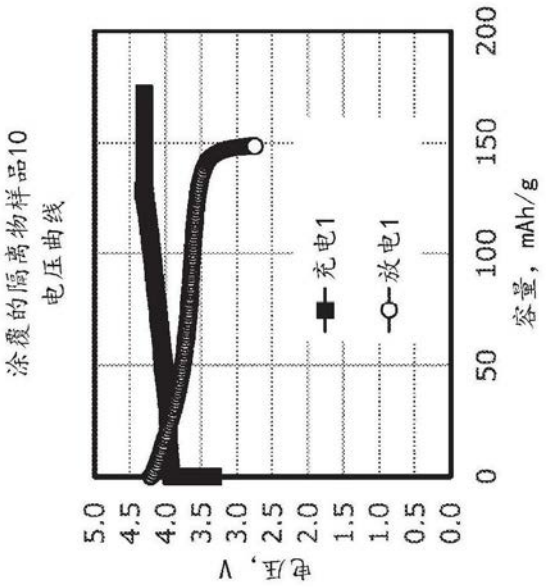

涂覆的隔离物样品10
电压曲线
充电1
放电1
容量，mAh/g
电压，V
0
50
100
150
200
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0

图14a

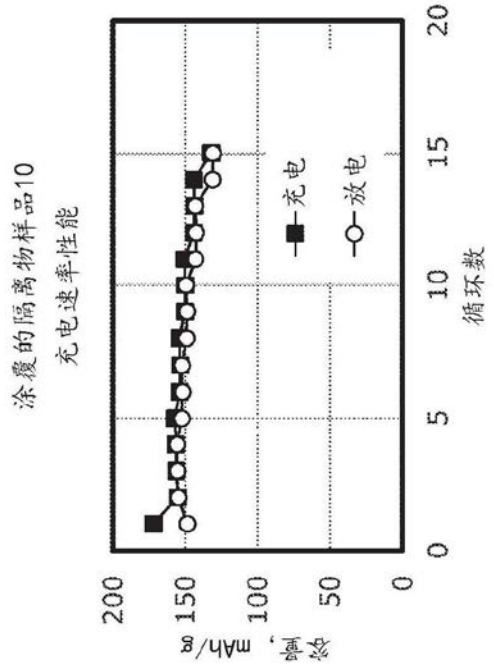

涂覆的隔离物样品10
充电速率性能
充电
放电
循环数
容量，mAh/g
0
5
10
15
20
0
50
100
150
200

图14B

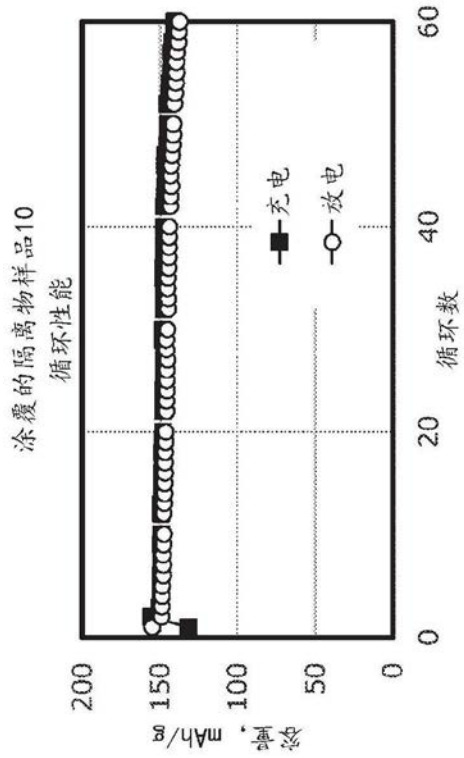

涂覆的隔离物样品10
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
20
40
60

图14C

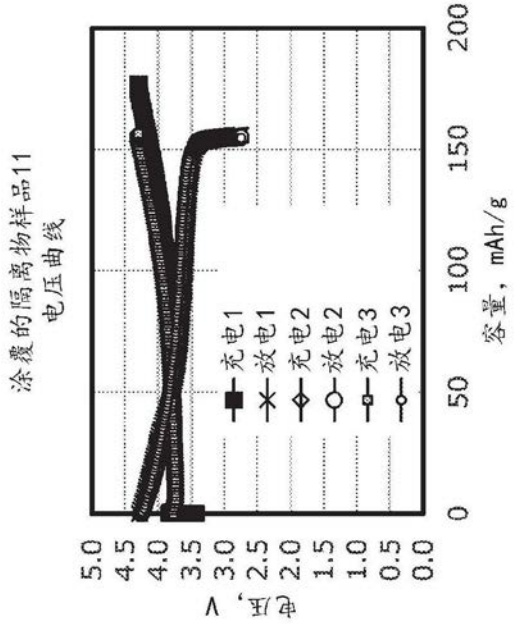

涂覆的隔离物样品11
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
0
50
100
150
200

图15A

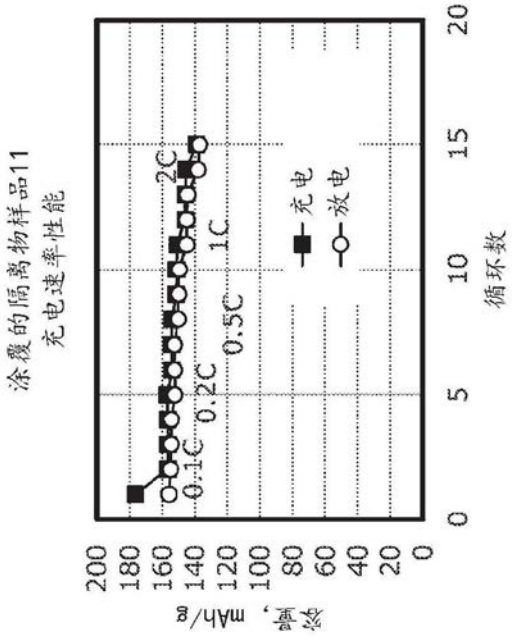

涂覆的隔离物样品11
充电速率性能
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
充电
放电
容量，mAh/g
循环数

图15B

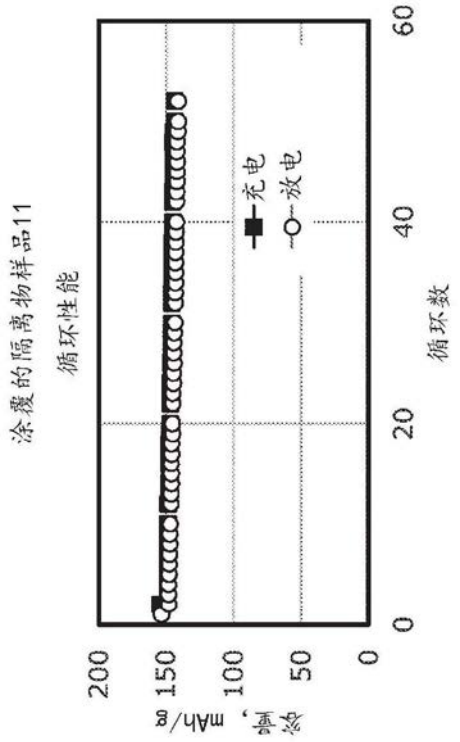

涂覆的隔离物样品11
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数

图15C

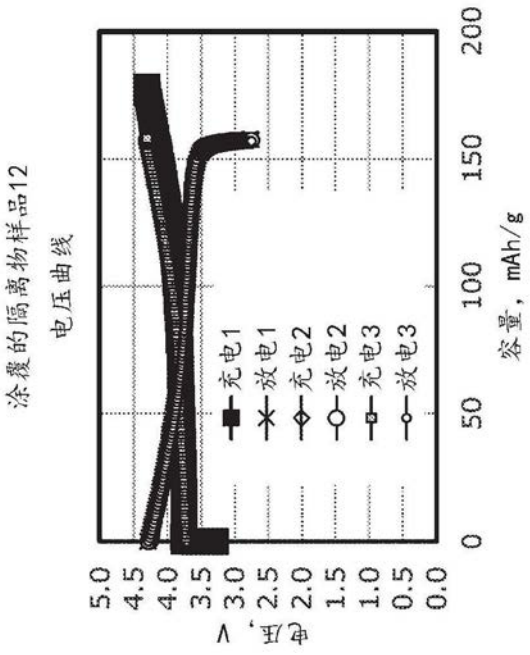

涂覆的隔离物样品12
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g

图16A

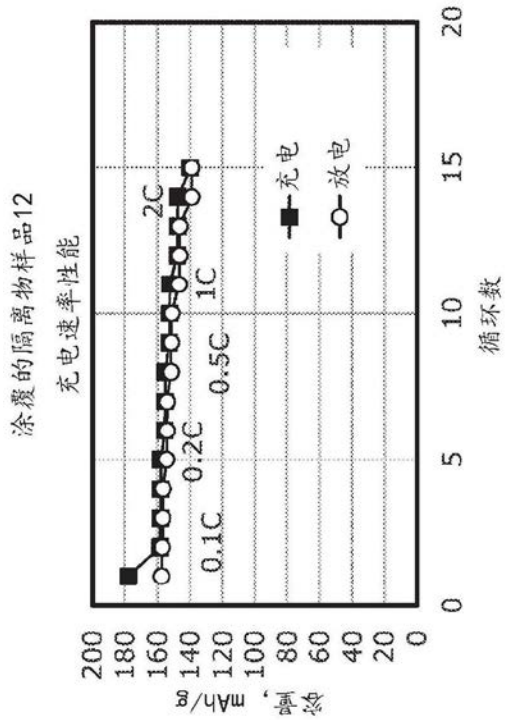

涂覆的隔离物样品12
充电速率性能
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
充电
放电
循环数

图16B

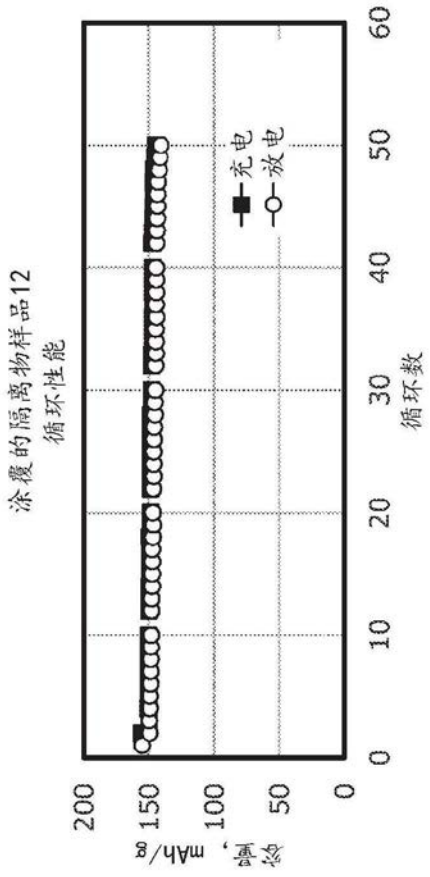

涂覆的隔离物样品12
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
10
20
30
40
50
60

图16C

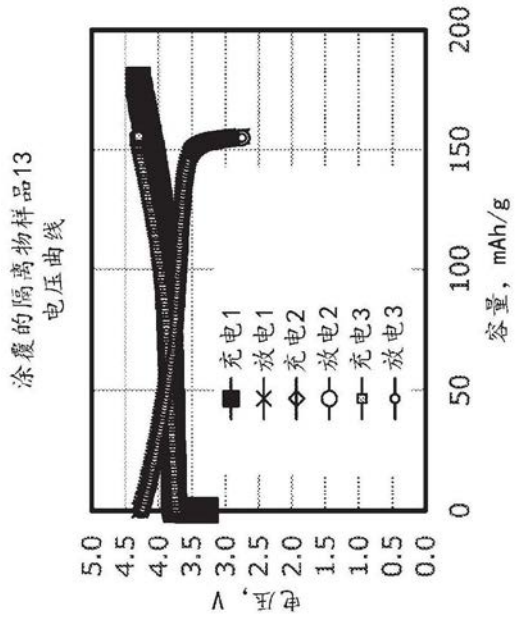

涂覆的隔离物样品13
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
0
50
100
150
200

图17A

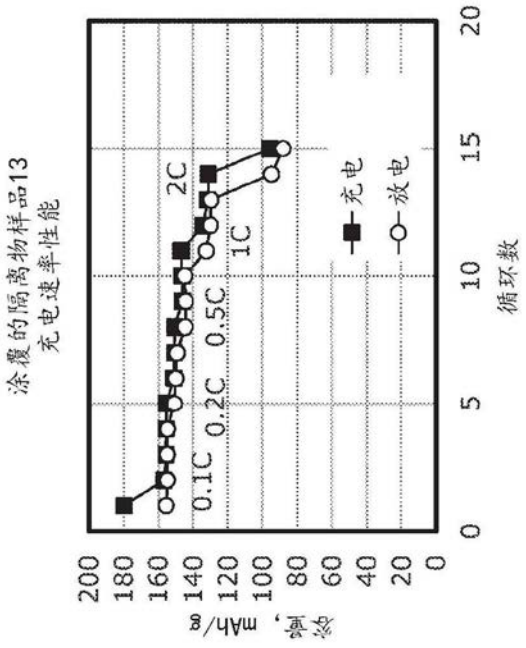

涂覆的隔离物样品13
充电速率性能
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
充电
放电
循环数
mAh/g

图17B

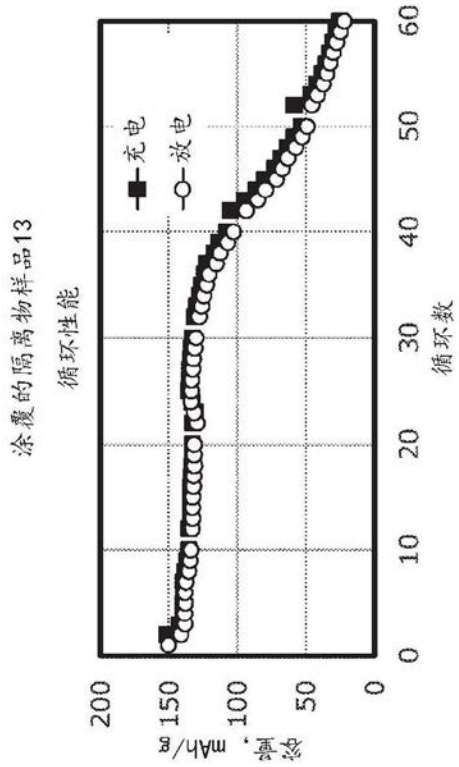

涂覆的隔离物样品13
循环性能
充电
放电
循环数
mAh/g

图17C

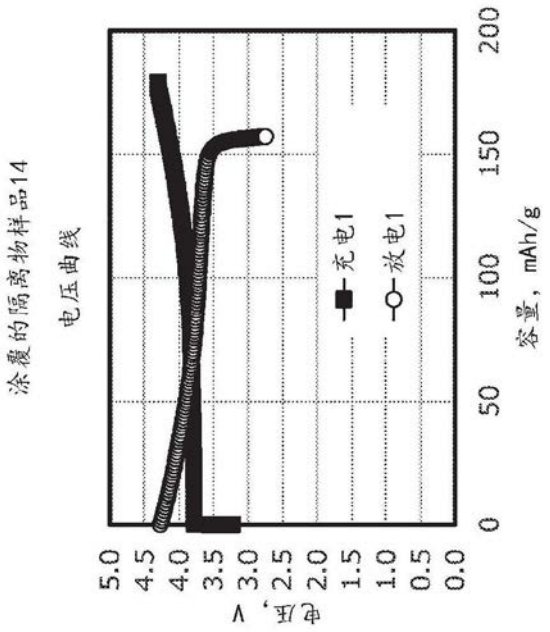

涂覆的隔离物样品14
电压曲线
充电1
放电1
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
50
100
150
200

图18A

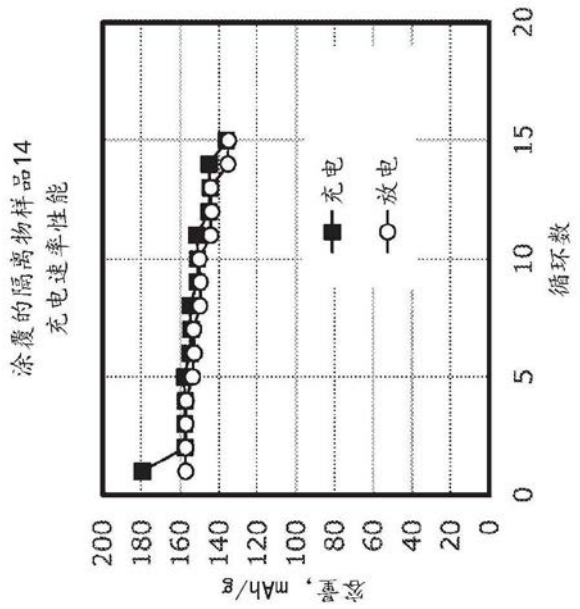

涂覆的隔离物样品14
充电速率性能
充电
放电
效率，mAh/g
循环数
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20

图18B

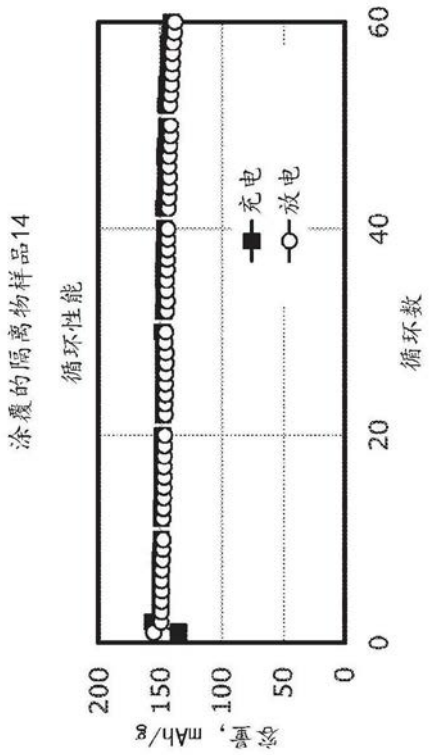

涂覆的隔离物样品14
循环性能
充电
放电
循环数
0
20
40
60
0
50
100
150
200

图18C

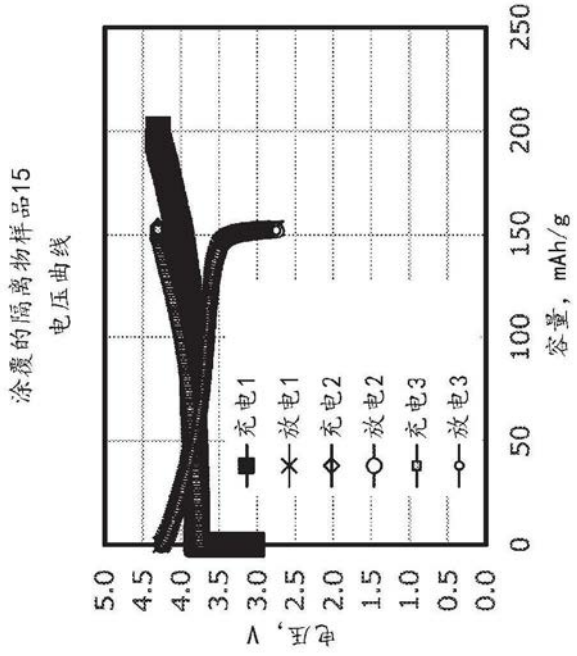

涂覆的隔离物样品15
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
容量, mAh/g
0
50
100
150
200
250
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0

图19A

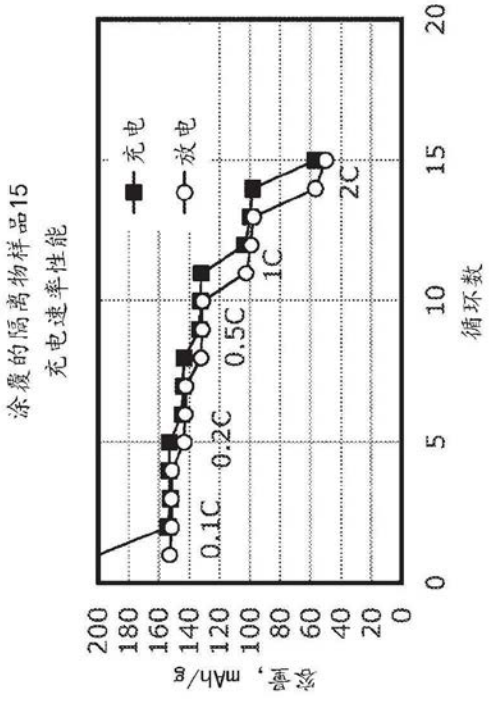

涂覆的隔离物样品15
充电速率性能
充电
放电
0.1C
0.2C
0.5C
1C
2C
循环数
0
5
10
15
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图19B

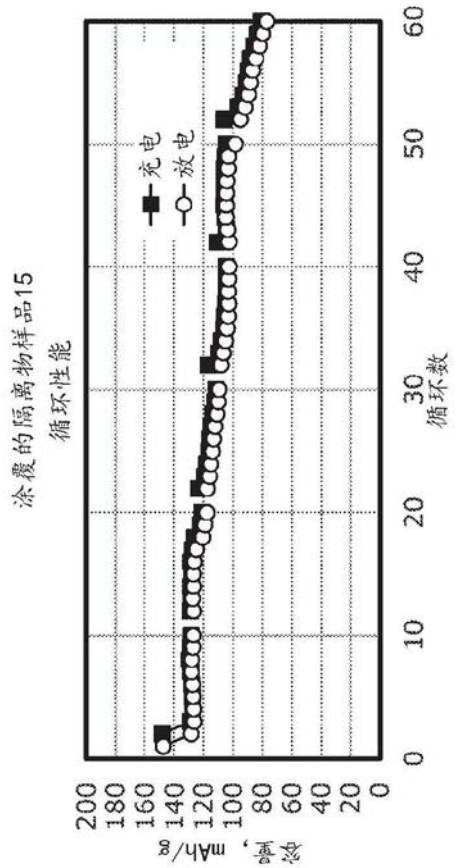

涂覆的隔离物样品15
循环性能
充电
放电
循环数
0
10
20
30
40
50
60
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图19C

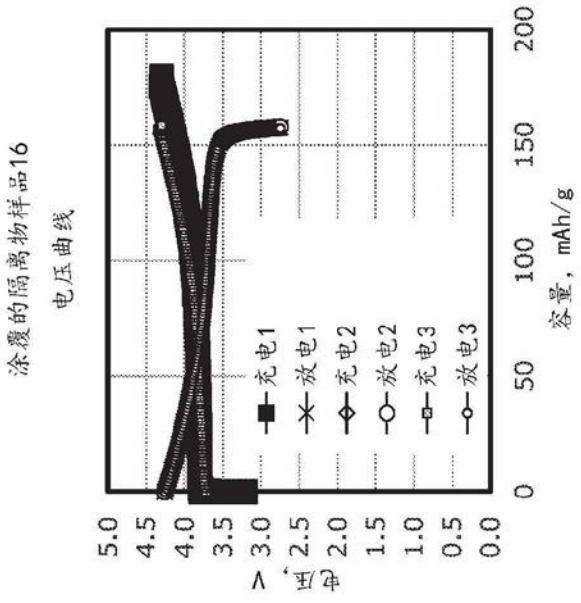

涂覆的隔离物样品16
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
50
100
150
200

图20A

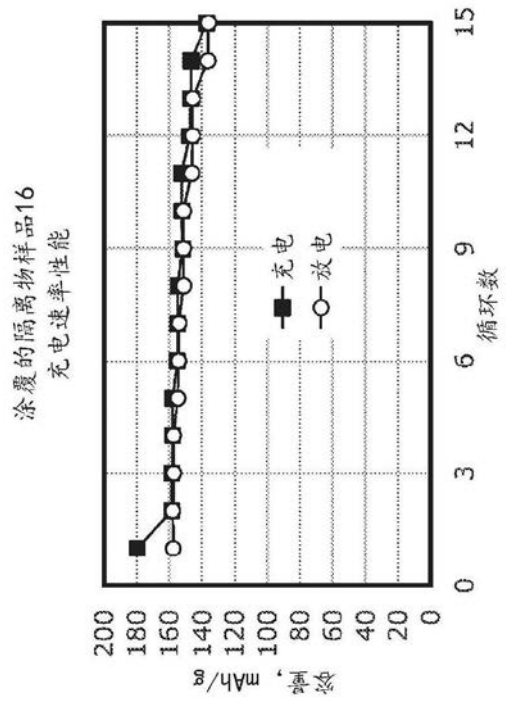

涂覆的隔离物样品16
充电速率性能
充电
放电
放电，mAh/g
循环数
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
3
6
9
12
15

图20B

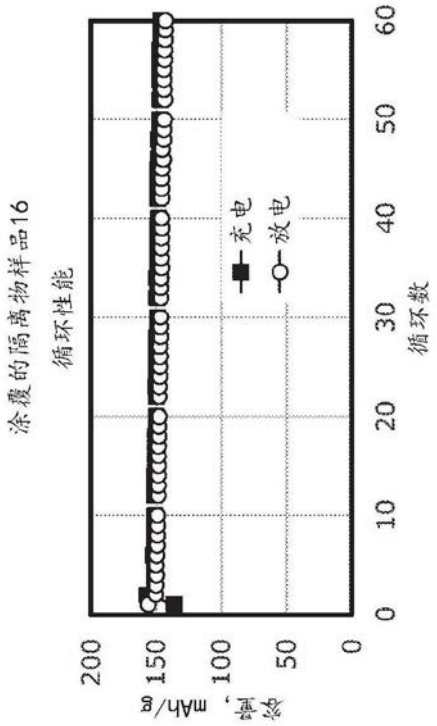

涂覆的隔离物样品16
循环性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数
0
50
100
150
200
0
10
20
30
40
50
60

图20C

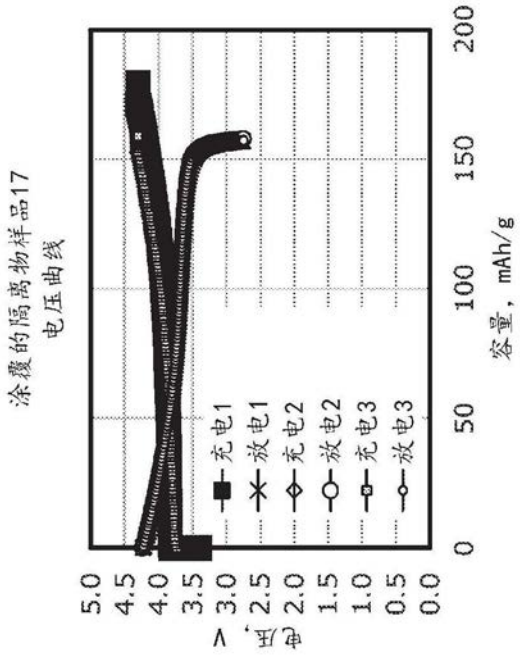

涂覆的隔离物样品17
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
0
50
100
150
200

图21A

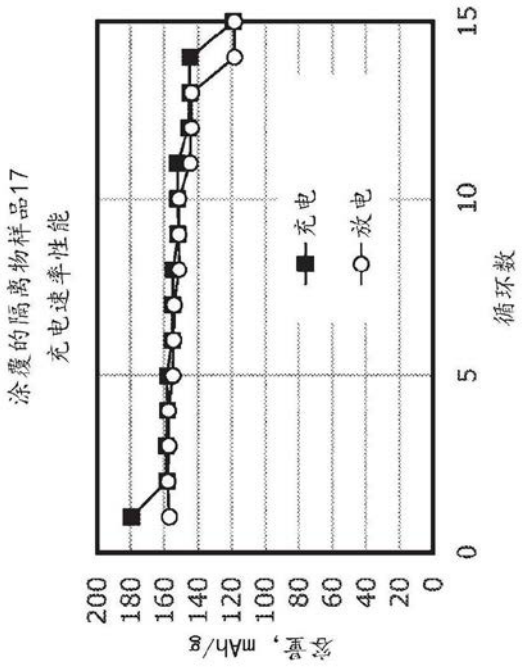

涂覆的隔离物样品17
充电速率性能
充电
放电
循环数
容量，mAh/g
0
5
10
15
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

图21B

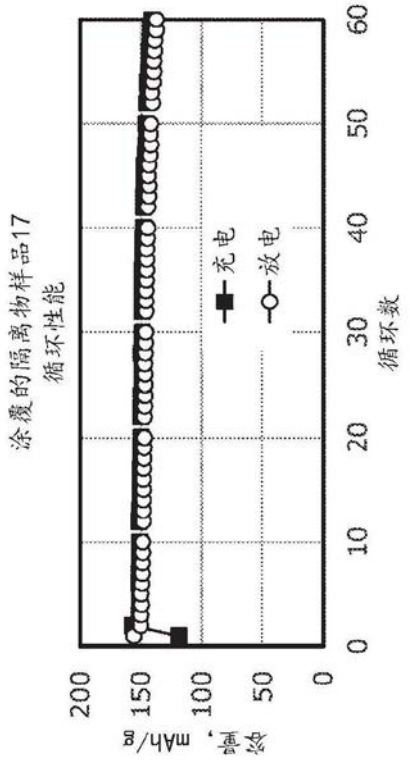

涂覆的隔离物样品17
循环性能
充电
放电
循环数
容量，mAh/g
0
10
20
30
40
50
60
0
50
100
150
200

图21C

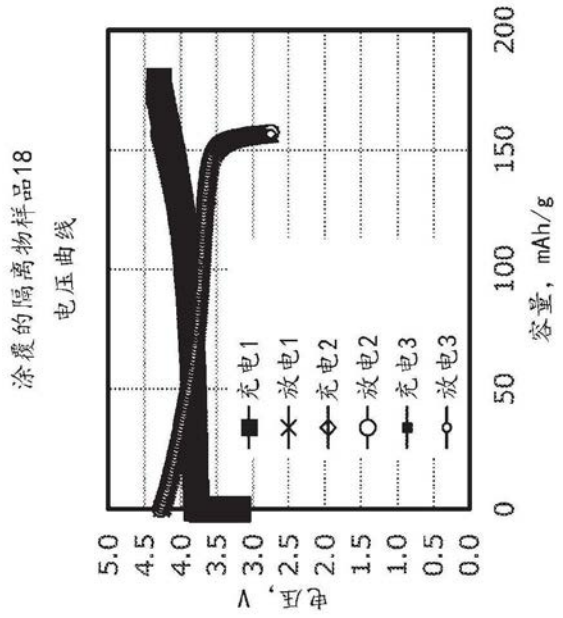

涂覆的隔离物样品18
电压曲线
充电1
放电1
充电2
放电2
充电3
放电3
电压，V
容量，mAh/g

图22A

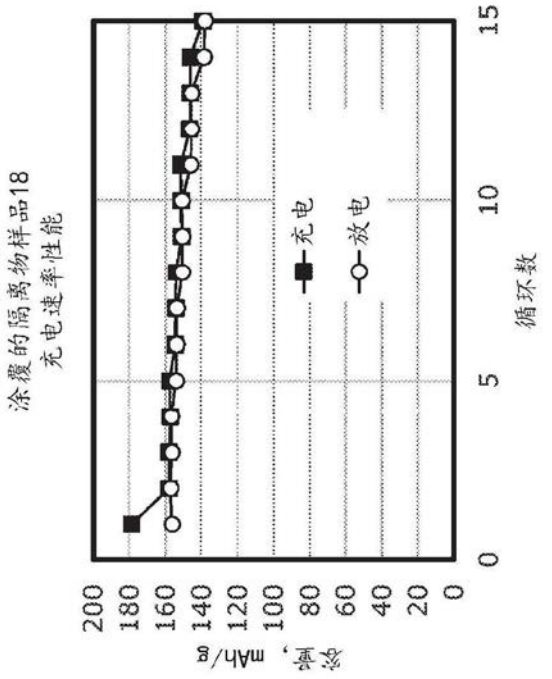

涂覆的隔离物样品18
充电速率性能
充电
放电
容量，mAh/g
循环数

图22B

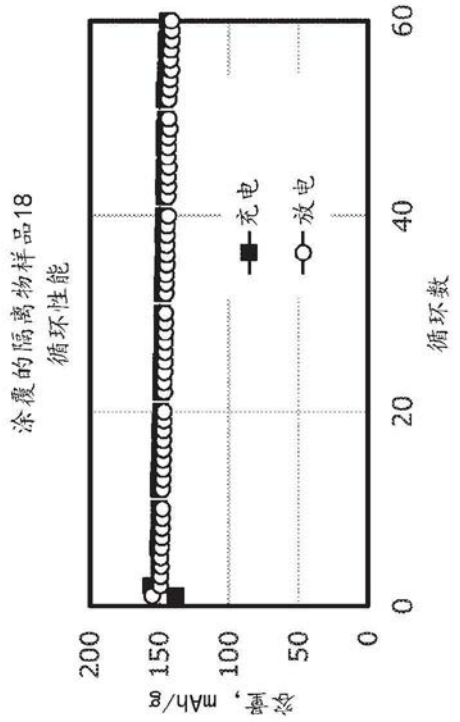


图22C

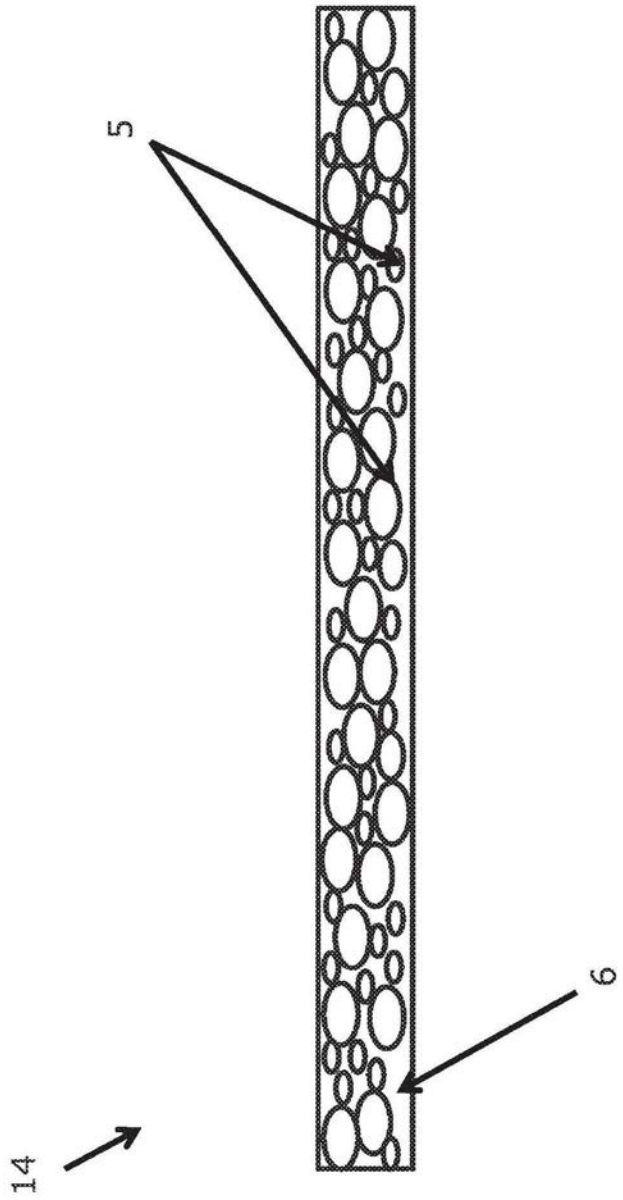


图23

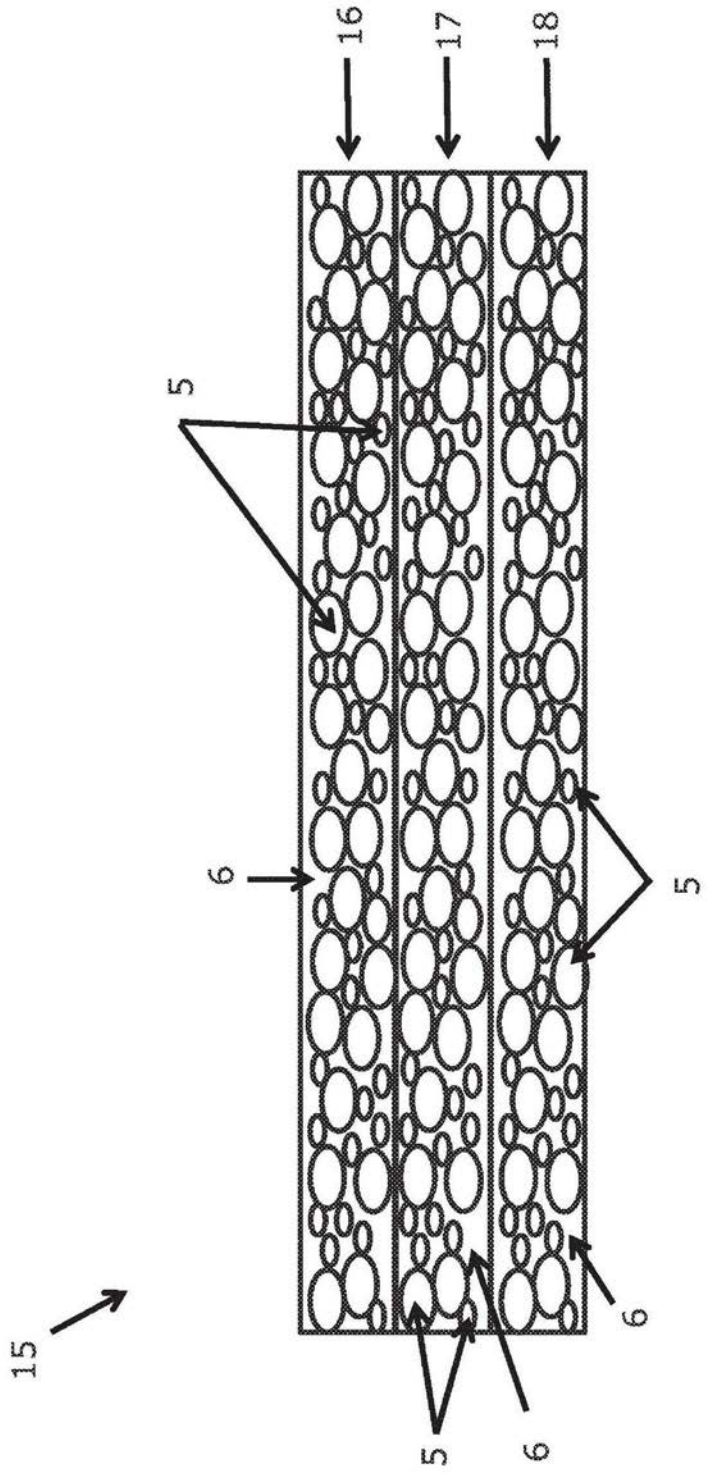


图24

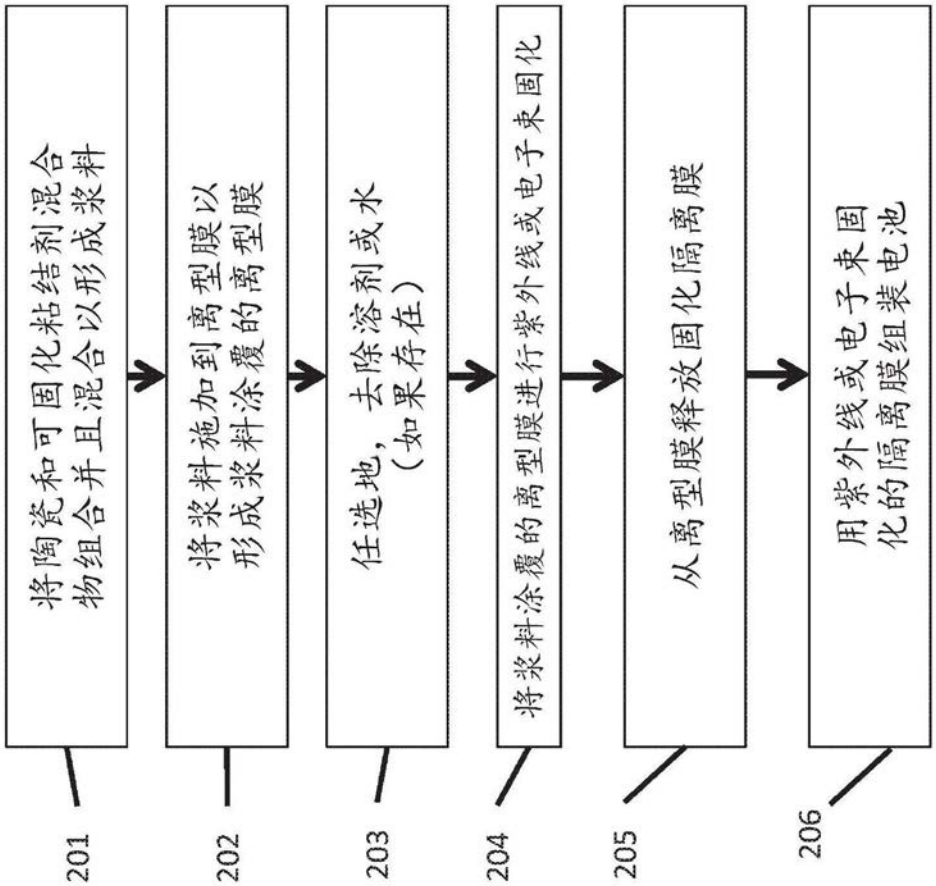

将陶瓷和可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料
将浆料施加到离型膜以形成浆料涂覆的离型膜
任选地，去除溶剂或水（如果存在）
将浆料涂覆的离型膜进行紫外线或电子束固化
从离型膜释放固化隔离膜
用紫外线或电子束固化的隔离膜组装电池
201
202
203
204
205
206

图25

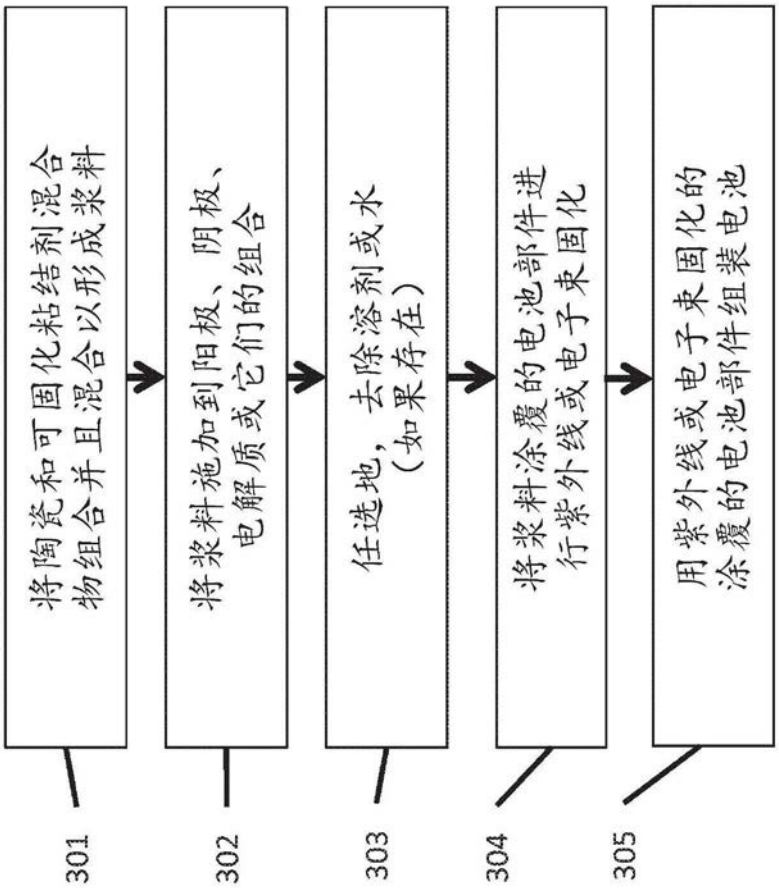

将陶瓷和可固化粘结剂混合物组合并且混合以形成浆料
将浆料施加到阳极、阴极、电解质或它们的组合
任选地，去除溶剂或水（如果存在）
将浆料涂覆的电池部件进行紫外线或电子束固化
用紫外线或电子束固化的涂覆的电池部件组装电池
301
302
303
304
305

图26

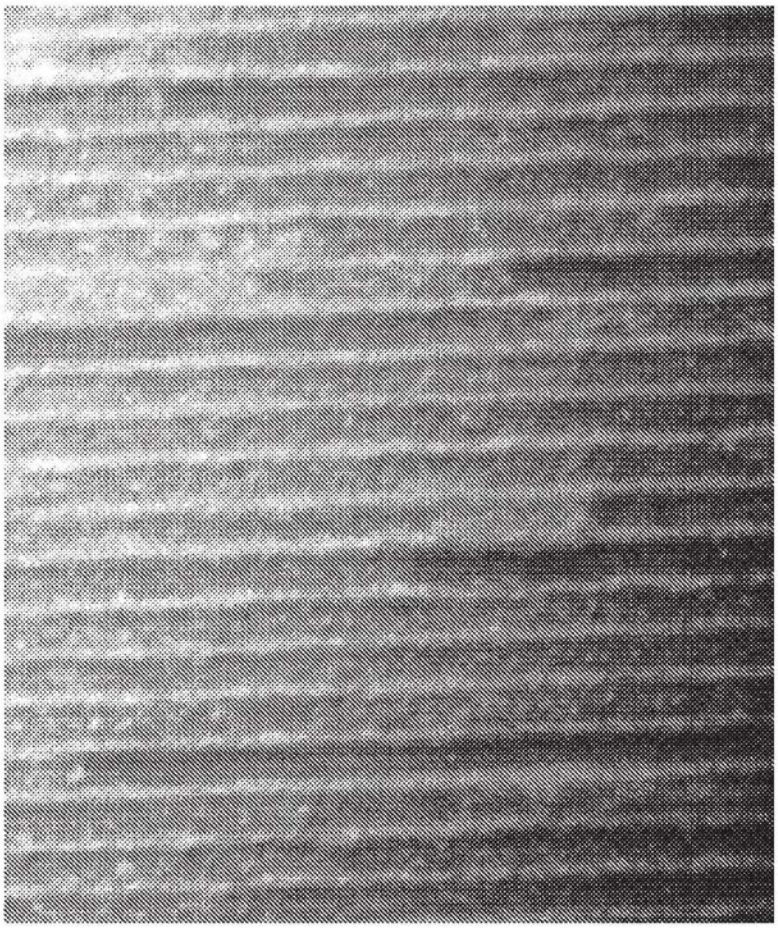


图27

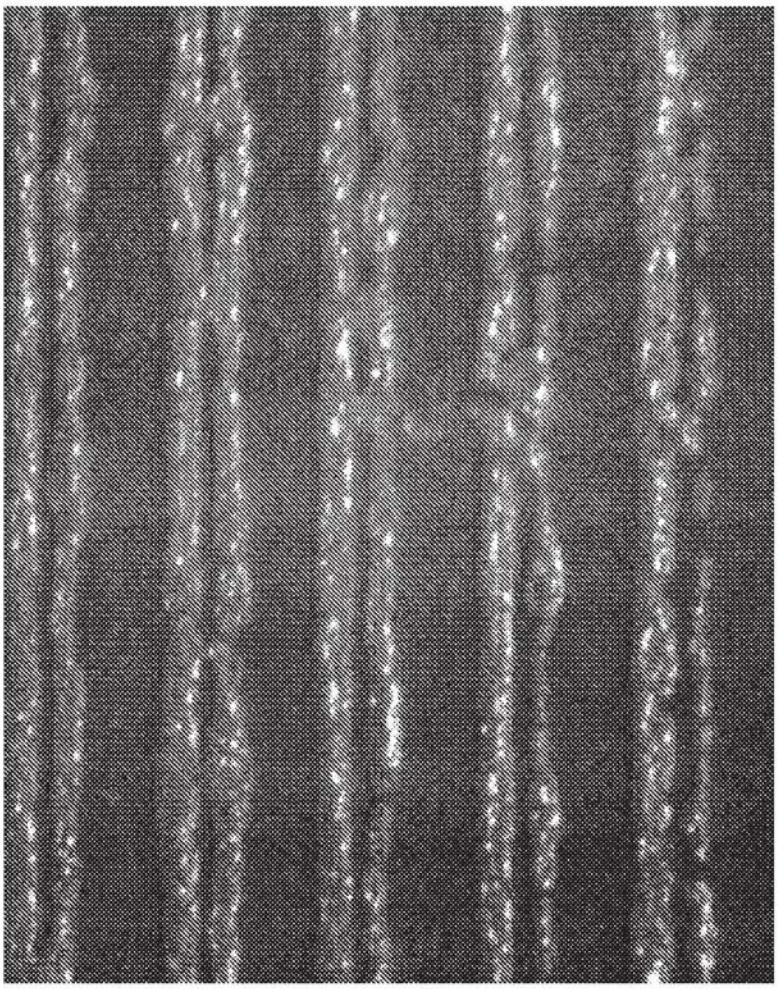


图28

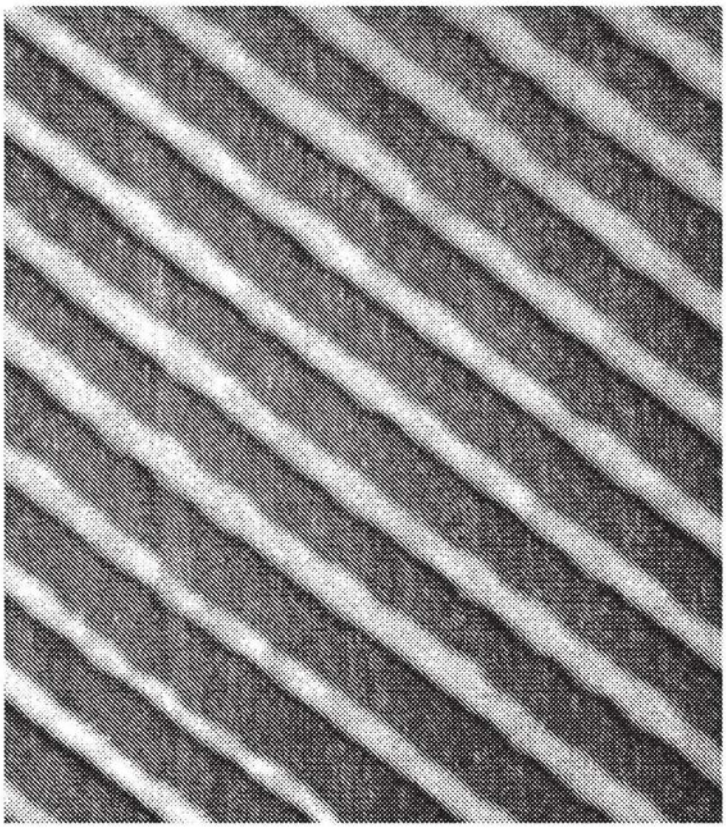


图29

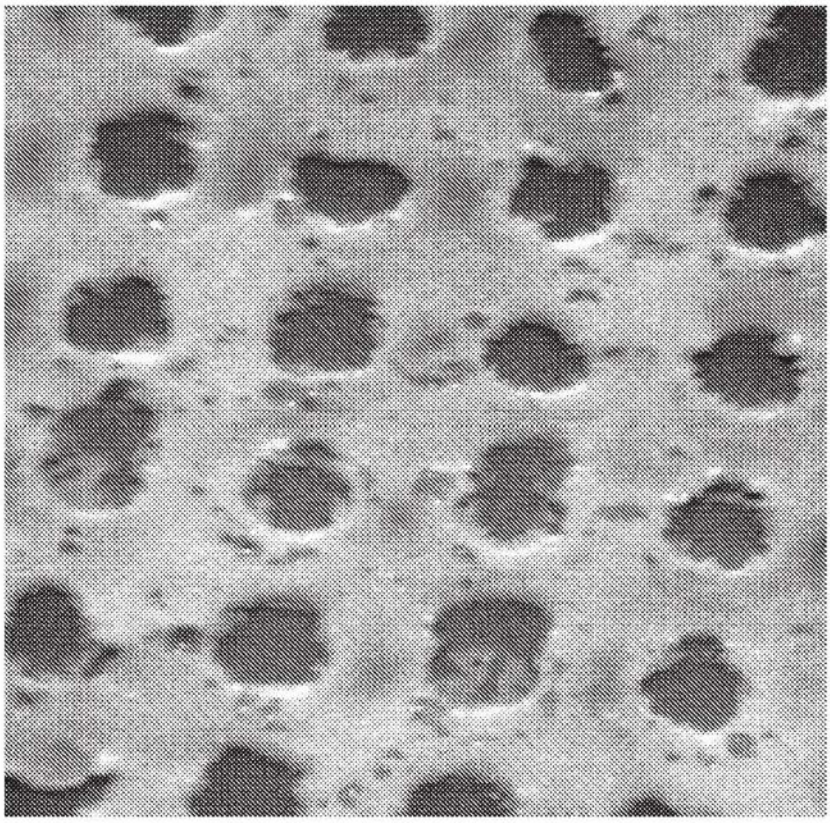


图30

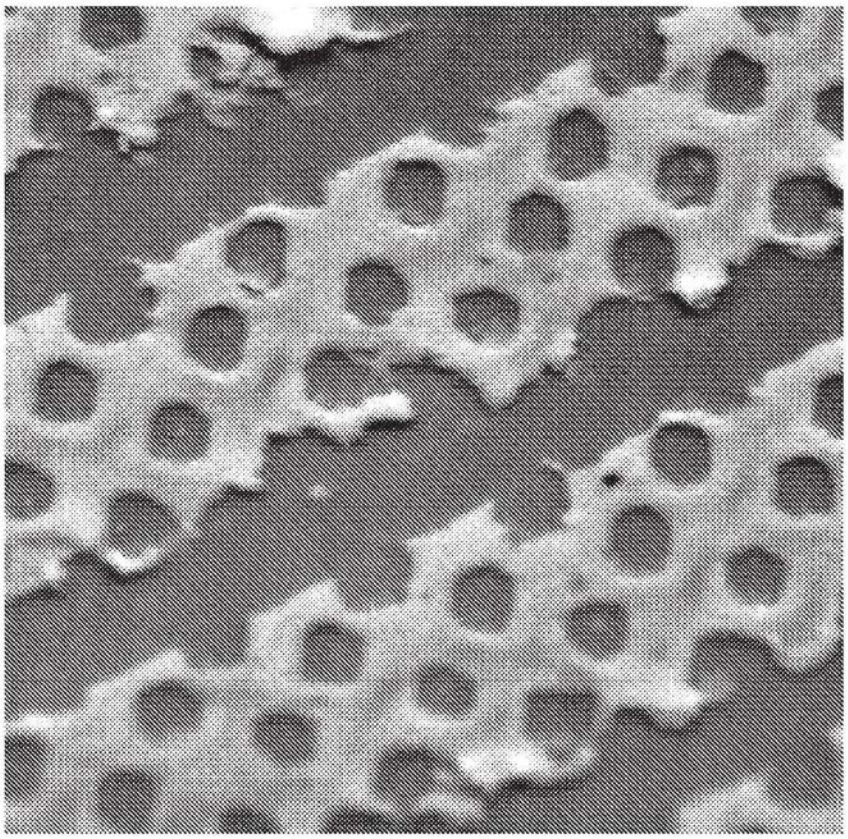


图31

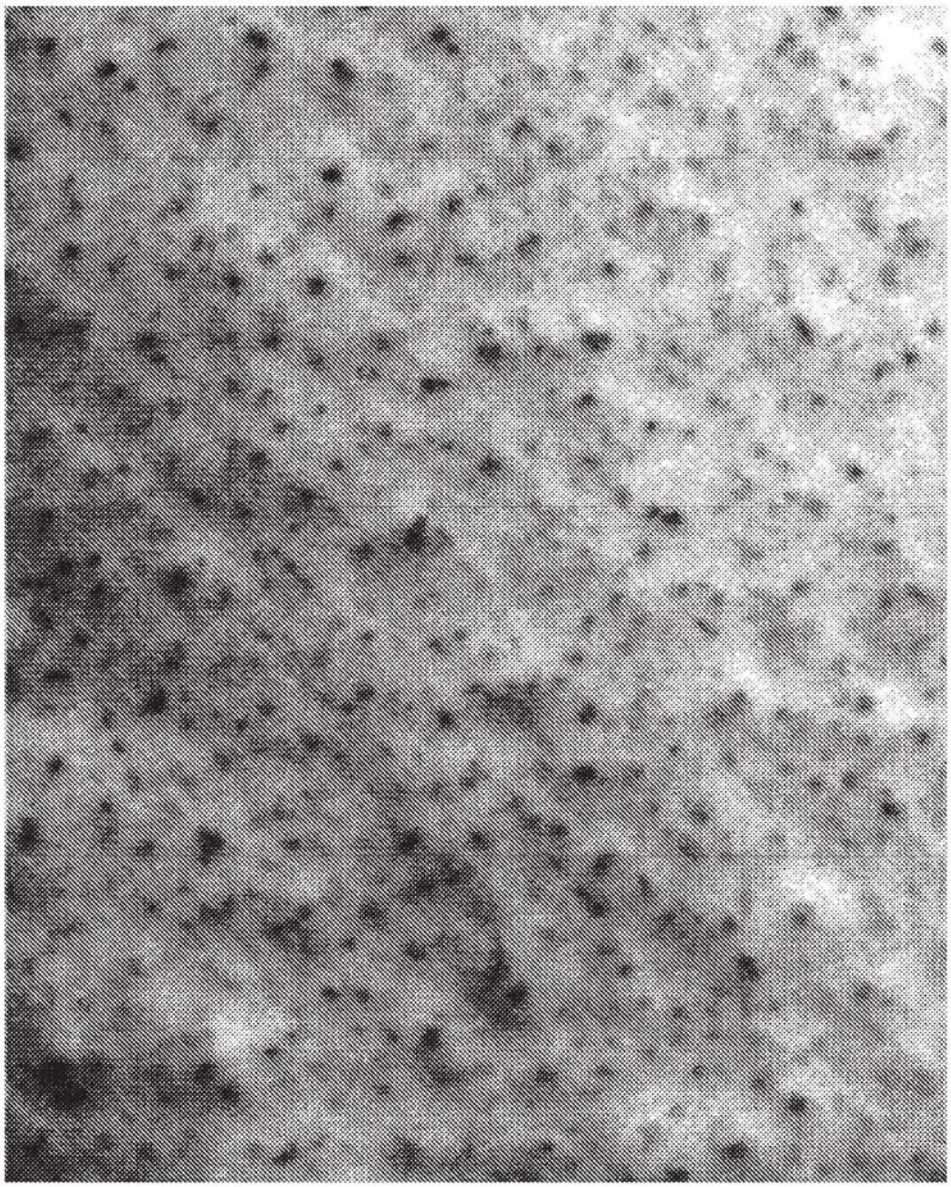


图32