(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113167031 A
(43)申请公布日 2021.07.23

(21)申请号 201980077439.5
(22)申请日 2019.10.16
(30)优先权数据
62/746,440 2018.10.16 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.25
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/056460 2019.10.16
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/081639 EN 2020.04.23
(71)申请人 赫尔克里士有限公司
地址 美国特拉华州
(72)发明人 A·E·戈利亚什韦斯基 S·彭
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 过晓东
(51)Int.Cl.
D21H 19/38(2006.01)
D21H 19/40(2006.01)
D21H 19/44(2006.01)

权利要求书2页 说明书8页

(54)发明名称

用于电极的水性粘合剂组合物以及生产方法

(57)摘要

公开了一种水性粘合剂组合物，其包含衍生自至少一种阳离子单体和至少一种非离子单体的阳离子共聚物。此外，本公开通常涉及电极组合物以及使用所述粘合剂组合物制备电极，特别是阳极的方法。

CN 113167031 A

1.用于锂离子电池的电极的水性粘合剂组合物,其包括:

衍生自至少一种阳离子单体和至少一种非离子单体的阳离子共聚物,其中所述至少一种阳离子单体选自:丙烯酰胺基丙基三甲基氯化铵(APTAC)、甲基丙烯酰胺基丙基三甲基氯化铵(MAPTAC)、丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵(AETAC)、甲基丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵(MAETAC)、N-[2-(丙烯酰氧基)乙基]-N-苄基二甲基氯化铵、丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵和3-(甲基丙烯酰氨基)丙基-月桂基-二甲基氯化铵(MAPLDMAC);其中所述至少一种非离子单体选自:丙烯酰胺(AM)、二甲基丙烯酰胺、二乙基丙烯酰胺、羟乙基丙烯酰胺、二甲基氨基丙基丙烯酰胺、二甲基氨基丙基甲基丙烯酰胺、乙酸乙烯酯(VA)、乙烯基甲酰胺、丙烯腈(AN)、丙烯酸酯、丙烯酸乙基己酯、丙烯酸羧乙酯、甲基丙烯酸二甲基氨基乙酯和甲基丙烯酸二乙基氨基乙酯。

2.权利要求1的水性粘合剂组合物,其还包括选自以下的阴离子聚合物:羧甲基纤维素;瓜尔胶衍生物;聚丙烯酸;聚(丙烯酰胺-2-甲基丙烷磺酸);衍生自丙烯酰胺-2-甲基丙烷磺酸与丙烯酰胺、丙烯腈、丙烯酸或丙烯酸酯的共聚物;海藻酸盐;壳聚糖;角叉菜胶以及衍生自丙烯酰胺基甲基丙基磺酸酯(AMPS)、丙烯酸、丙烯酰胺和3-烯丙基氧基-2-羟基丙基磺酸的四元共聚物。

3.权利要求1的水性粘合剂组合物,其中所述阳离子共聚物的重均分子量为约5,000至约1,000,000道尔顿。

4.水性浆料组合物,其包含:

权利要求1的水性粘合剂组合物,

电极活性材料,

导电剂,

分散剂,和

水性溶剂。

5.权利要求4的水性浆料组合物,其中所述电极为阳极。

6.权利要求4的水性浆料组合物,其中所述电极活性材料包含一种或多种选自Si、Sn和Ti的化学元素。

7.权利要求6的水性浆料组合物,其中所述含Si的电极活性材料选自SiO_x/石墨、SiC、SiO_x、SiO_xC、Si-石墨烯、基于Si的合金及其组合。

8.权利要求4的水性浆料组合物,其中所述导电剂选自基于碳的导电剂、基于石墨的导电剂、基于金属的导电剂和基于金属化合物的导电剂。

9.权利要求4的水性浆料组合物,其中基于所述水性浆料组合物的总重量,所述水性粘合剂组合物的存在量以干重计为约0.25至约12重量%。

10.权利要求4的水性浆料组合物,其中所述水性浆料组合物在约1至约40s^{-1}的剪切速率和25℃下的Brookfield粘度为约1,000至约15,000mPa.s。

11.用于锂离子电池的电极,其包括:

权利要求5的水性浆料组合物;和

集电器。

12.权利要求11的电极,其中将所述水性浆料组合物涂覆在所述集电器上以形成膜。

13.权利要求11的电极,其中所述集电器包括选自铝、铜及其组合的金属。

14.权利要求12的电极,其中所述膜的厚度为约10μm至约150μm。

15.权利要求11的电极,其中,所述电极为阳极。

16.权利要求11的电极,其中所述膜的表面和所述集电器的表面彼此粘合,其通过90度剥离粘合性测试而测定的粘合强度为至少约0.3gf/mm。

17.锂离子电池,其包括阳极、阴极和电解质,其中所述阳极是权利要求11的电极。

18.制备用于锂离子电池的电极的方法,其包括以下步骤:

将权利要求1的水性粘合剂组合物、电极活性材料、导电剂、分散剂和水性溶剂混合以形成水性浆料组合物;

将所述水性浆料组合物施加到集电器上,以在所述集电器上形成包括浆料层的涂覆的集电器;和

使在涂覆的集电器上的浆料层干燥,以在集电器上形成膜,其中所述膜和集电器构成电极。

19.权利要求17中任一项的方法,其中基于所述水性浆料组合物的总重量,所述水性粘合剂组合物在所述水性浆料组合物中的存在量以干重计为约0.25%至约12%,和所述电极活性材料在所述水性浆料组合物中的存在量以干重计为约80%至约99.5%。

用于电极的水性粘合剂组合物以及生产方法

技术领域

[0001] 本发明公开和/或要求保护的发明方法、步骤、方法、产物、结果和/或概念(以下统称为“本公开”)通常及用于电池电极的水性粘合剂组合物及其制备方法。更具体地但非限制性地,本公开涉及包含衍生自至少一种阳离子单体和至少一种非离子单体的阳离子共聚物的水性粘合剂组合物。此外,本公开通常涉及电极组合物和用所述水性粘合剂组合物制备电极、特别是阳极的方法。

[0002] 发明背景

[0003] 锂离子电池(LIB)用于一系列产品中,包括医疗设备、电动汽车、飞机,最值得注意的是诸如笔记本电脑、手机和相机的消费产品。由于其高的能量密度、高工作电压和低自放电,锂离子电池已经超越二次电池市场,并继续在发展中的工业和产品中找到新的用途。

[0004] 通常而言,锂离子电池包括阳极、阴极和电解质材料,例如含有锂盐的有机溶剂。更具体而言,通过将阳极活性材料或阴极活性材料与粘合剂和溶剂混合以形成糊剂或浆料,然后将其在集电器上,例如铝或铜,进行涂覆并干燥,以在集电器上形成膜而形成阳极和阴极(统称为“电极”)。然后将阳极和阴极分层并盘绕,然后将其容纳在包含电解质材料的压制外壳中,所有这些一起一起形成锂离子电池。

[0005] 当制备电极时,重要的是选择具有足够的粘合性和化学性质的粘合剂,使得甚至在操作以装配到压制电池壳体中时,涂覆在集电器上的膜也会与集电器保持接触。由于该膜包含电极活性材料,因此如果该膜没有与集电器保持足够的接触,则会对电池的电化学性能可能具有重大干扰。因此,粘合剂在锂离子电池的性能中起关键作用。现有的粘合剂,例如丁苯橡胶/羧甲基纤维素对于活性材料具有极低的粘附性。随着锂离子电池的用途从小型电子设备变为诸如电动汽车和能量存储的大型电子设备,需要诸如硅及其相关材料的负极材料,其具有包括高安全性、延长的循环寿命、高能量密度和高功率的更好的性能。现有的粘合剂不能满足该要求。因此,需要开发新的水性粘合剂组合物以满足这些要求。

[0006] 发明概念详述

[0007] 在详细解释本公开的至少一个实施方案之前,应理解的是,本公开并不限制其应用为构造细节以及在如下说明书或如下附图中阐述的组件或步骤或方法的排列。本公开能够具有其它实施方案或者能够以多种方法实践或执行。此外,应理解的是,这里采用的措词和术语是用于描述的目的,而不应认为是限制性的。

[0008] 除非本文另外定义,否则与本公开结合使用的技术术语应具有本领域技术人员通常理解的含义。此外,除非上下文另外要求,否则单数术语应包括复数,并且复数术语应包括单数。

[0009] 在本说明书中提及的所有专利、公开的专利申请和非专利出版物显示本公开所属领域的技术人员的技术水平。在本申请的任何部分中所引用的所有专利、公开的专利申请和非专利出版物均整体引用作为参考,其程度与每个单独的专利或出版物被具体地和单独地指示通过引用而并入的程度相同。

[0010] 根据本公开,可以在不进行过度实验的情况下制备和执行本文公开的所有物品

和/或方法。尽管已经根据通过实施方案而对本公开的物品和方法进行了描述，但是对于本领域的技术人员显而易见的是，可以对物品和/或方法以及本文描述的方法的步骤或步骤顺序进行改变，而并不背离本公开的概念、精神和范围。对于本领域技术人员显而易见的所有这些类似的替换和修改都认为在本公开的精神、范围和概念之内。

[0011] 如根据本公开所使用，除非另外指出，否则以下术语应理解为具有如下含义。

[0012] 词语“一”或“一个”与术语“包含”结合使用时，可以表示“一个”，但也与“一个或多个”、“至少一个”和“一个或多个”的含义一致。除非明确指出仅当替代方案相互排斥时是指替代方案，术语“或”用来表示“和/或”，尽管本公开支持仅提及替代方案和“和/或”的定义。在整个本申请中，术语“约”用于表示包括量化装置的误差的固有变化的数值，用于测定该值的方法或研究对象之间存在的变化。例如但并不作为限制，当使用术语“大约”时，指定值可以以正负百分之十二、百分之十一、百分之十或百分之九、百分之八或百分之七、或百分之六、或百分之五、或百分之四、或百分之三、或百分之二或百分之一变化。术语“至少一个”的使用将理解为包括一个和大于一个的任何数量，包括但不限于1、2、3、4、5、10、15、20、30、40、50、100等。术语“至少一个”可以扩展高至100或1000或更多，这具体取决于其所连接的术语。此外，不应将100/1000的数量视为限制性的，这是因为较低或较高的限制也会产生令人满意的结果。另外，术语“X、Y和Z中的至少一个”的使用应理解为包括单独X、单独Y和单独Z、以及X、Y和Z的任何组合。序数术语(即“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等)的使用仅是为了区分两个或更多个项目，除非另有说明，否则并不意味着暗示任何顺序、次序或一个项目相对于另一个的重要性，或任何添加次序。

[0013] 如本文所用，词语“包含”(以及包含的任何形式，例如“包含”和“包含”)，“具有”(以及具有的任何形式，例如“具有”和“具有”)，“包括”(以及包括的任何形式，例如“包括”和“包括”)或“含有”(以及含有的任何形式，例如“含有”和“含有”)是包含性的或开放式的，并不排除其他、未引用的元素或方法步骤。如本文所使用的术语“或其组合物”是指该术语之前的所列项目的所有排列和组合。例如，“A、B、C或其组合物”用于包括以下中的至少一项：A、B、C、AB、AC、BC或ABC，如果次序在特定情况下是重要的话，则还包括BA、CA、CB、CBA、BCA、ACB、BAC或CAB。继续该实例，明确包括的是包含一个或多个项目或术语的重复的组合物，例如BB、AAA、MB、BBC、AAABCCCC、CBBAAA、CABABB等。本领域技术人员应理解的是，除非从上下文明显看出，否则通常对任何组合中的项目或术语的数量并没有限制。

[0014] 如本文所用，术语“共聚物”是指通过至少两种不同单体的聚合反应而形成的聚合物。

[0015] 如本文所用，术语“共聚”包括所有类型的共聚，例如无规、接枝、嵌段等。通常，根据本公开而使用的共聚物可以依据任何合适的催化共聚合方法而制备，包括溶液共聚、淤浆共聚、气相共聚和高压共聚方法。

[0016] 如本文所用，词语“水性”或“水性溶剂”包括水以及包含水和一种或多种与水混溶的溶剂的混合物。

[0017] 本公开包括用于制备锂离子电池电极的水性粘合剂组合物。具体而言，所述粘合剂组合物包含阳离子共聚物，所述阳离子共聚物可衍生自至少一种阳离子单体和至少一种非离子单体，其中所述阳离子单体选自：丙烯酰胺基丙基三甲基氯化铵(APTAC)、甲基丙烯酰胺基丙基三甲基氯化铵(MAPTAC)、丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵(AETAC)、甲基丙烯酰氧

基乙基三甲基氯化铵(MAETAC)、N-[2-(丙烯酰氧基)乙基]-N-苄基二甲基氯化铵、丙烯酰氧基乙基三甲基氯化铵和3-(甲基丙烯酰氨基)丙基-月桂基-二甲基氯化铵(MAPLDMAC);其中所述非离子单体选自:丙烯酰胺(AM)、二甲基丙烯酰胺、二乙基丙烯酰胺、羟乙基丙烯酰胺、二甲基氨基丙基丙烯酰胺、二甲基氨基丙基甲基丙烯酰胺、乙酸乙烯酯(VA)、乙烯基甲酰胺、丙烯腈(AN)、丙烯酸酯、丙烯酸乙基己酯、丙烯酸羧乙酯、甲基丙烯酸二甲基氨基乙酯和甲基丙烯酸二乙基氨基乙酯。

[0018] 所述共聚物的重均分子量可以为约5,000至约2,500,000道尔顿,或约8,000至约2,000,000,或约100,000至约1,500,000道尔顿,或约300,000至约1,000,000道尔顿。

[0019] 所述水性粘合剂组合物还可以包含至少一种阴离子聚合物。阴离子聚合物的实例可包括但不限于羧甲基纤维素;羧甲基羟乙基纤维素;瓜尔胶衍生物,包括羧烷基瓜尔胶,诸如羧甲基瓜尔胶和羧烷基羟丙基瓜尔胶,诸如羧甲基羟乙基瓜尔胶和羧甲基羟丙基瓜尔胶;聚丙烯酸;聚(丙烯酰胺-2-甲基丙烷磺酸);衍生自丙烯酰胺-2-甲基丙烷与丙烯酰胺、丙烯腈、丙烯酸或丙烯酸酯的共聚物;海藻酸盐;壳聚糖;角叉菜胶以及衍生自2-丙烯酸酰胺基-2-甲基-1-丙烷磺酸(AMPS)、丙烯酸、丙烯酰胺和3-烯丙基氧基丙基磺酸的四元共聚物。

[0020] 本公开还涉及包含水性粘合剂组合物、电极活性材料和导电剂的水性浆料组合物。在一个非限制性的实施方案中,所述水性浆料组合物还可以包含分散剂和水性溶剂。所述水性粘合剂组合物与先前描述的那些相同。

[0021] 所述电极活性材料可以是阳极活性材料。该阳极活性材料可以是含硅的电极活性材料,或含金属的材料,例如Sn或Ti。在一个非限制性的实施方案中,所述含硅材料可以是硅、硅-石墨烯、硅-碳纳米管、基于硅的合金及其组合。

[0022] 所述阳极活性材料还可以包含氧化硅或碳涂覆的氧化硅。氧化硅可以例如但并不限于用式SiO_x表示,其中$1\leqslant x<2$。碳涂覆的氧化硅可以由式SiO_xC表示,其中$1\leqslant x<2$,并且其中碳与氧化硅的重量比可以为至少50:50,或为约70:30至约99:1,或约80:10至大约95:5,或约90:10至大约95:5。.

[0023] 在一个非限制性的实施方案中,所述阳极活性材料可以包含硅-石墨烯组合物。例如,可从XG Sciences,Inc.(Lansing,MI)市购的XG-SIG™硅-石墨烯纳米复合材料可用于本公开中。在另一个非限制性的实施方案中,所述阳极活性材料可以包含硅合金,例如但并不限于硅钛镍合金(STN),和/或硅合金与石墨的混合物。更具体而言,所述阳极活性材料可以包括硅合金和石墨混合物,其中硅合金的存在量为约30至50重量%,或约35至约45重量%,或约37.5至约42.5重量%,并且其中石墨的存在量为约50至约70重量%,或约55至约65重量%或约57.5至约62.5重量%。

[0024] 所述电极活性材料可以是阴极活性材料。所述阴极活性材料可以包含,由或基本上由含锂的过渡金属氧化物组成的任何材料。在一个非限制性的实施方案中,所述阴极活性材料可以选自磷酸铁锂($LiFePO_4$)、钴酸锂($LiCoO_2$)、镍酸锂($LiNiO_2$)、锂镍钴铝氧化物($LiNiCoAlO_2$)、锂镍锰钴氧化物($LiNiMnCoO_2$)、锂锰氧化物($LiMn_2O_4$)及其组合。

[0025] 在另一个非限制性的实施方案中,所述阴极活性材料可以由元素而掺杂,其可以包括但并不限于硼、镁、铝、钛、铬、铁、锆、铜、锌、镓、钇、氟化物及其组合。另外,也可以将薄涂层材料施加到阴极活性材料表面上,其可以包括但并不限于ZnO、In_2O_3、SnO_2、Y_2O_3、La_2O_3、

Li_2TiO_3、$CaTiO_3$、$BaTiO_3$、SrO及其组合。

[0026] 所述导电剂可以选自基于碳的导电剂、基于石墨的导电剂、基于金属的导电剂和基于金属化合物的导电剂，但不限于此。

[0027] 基于碳的导电剂可选自Super P炭黑(可从Imerys Graphite&Carbon Switzerland SA市购)、ketchen黑、denka黑、乙炔黑、炭黑、导热黑或槽黑。所述基于石墨的导电剂可以为可由Imerys Graphite&Carbon Switzerland SA市购的诸如KS6或KS15的TIMREX®石墨级。所述碳纳米管(CNT)可以是LB 100或LB 200系列，可由Cnano Technology Limited，San Jose，CA市购。所述基于金属或金属化合物的导电剂可以选自锡、氧化锡或磷酸锡($SnPO_4$)。所述导电剂在涂层中的量基于浆料组合物的总重量，可以为0.1至20重量％，或0.5至10重量％，或1至5重量％。

[0028] 所述分散剂可以选自基于聚丙烯酸酯的树脂；聚环氧乙烷；$(EO)_l(PO)_m(EO)_l$的嵌段聚合物，其中EO表示环氧乙烷，PO表示环氧丙烷，l和m为1至500的数；聚氯乙烯(PVC)；聚乙烯吡咯烷酮(PVP)；聚丙烯酸(PAA)；丙烯腈/丁二烯/苯乙烯(ABS)聚合物；丙烯腈/苯乙烯/丙烯酸酯聚合物(ASA)；ABS聚合物和碳酸亚丙酯的混合物；苯乙烯/丙烯腈共聚物(SAN)；或甲基丙烯酸甲酯/丙烯腈/丁二烯/苯乙烯聚合物(MABS)。分散剂的量可以为导电剂的0.1至20重量％。所述导电剂可以在分散剂的存在下均匀地分散。

[0029] 水性溶剂可以是水和/或水-溶剂。溶剂完全溶解在水中。本公开的浆料具有良好的稳定性，其中所述浆料可以明显地在溶液中停留至少24小时，或至少3天或至少5天。在一个实施方案中，上述水性浆料组合物的Brookfield粘度为约1,000mPa.s至约15,000mPa.s，或约4000mPa.s至约11,000mPa.s，或约5500mPa.s至约8500mPa.s，且剪切速率在25℃下为约$1s^{-1}$至约$40s^{-1}$。

[0030] 本公开包括电极，其包含所述水性浆料组合物和集电器，由水性浆料组合物和集电器组成，或基本由所述水性浆料组合物和集电器组成。将含水浆料组合物涂覆在集电器的表面上以形成膜。电极活性材料在膜中的存在量为约70至约99重量％，或约80至约95重量％，或约85至约95重量％；导电碳的存在量为约0.5至约15重量％，或约2.5至约10重量％，或形成约1至约4重量％；并且粘合剂组合物在膜中的存在量为约0.5至约15重量％，或约2.5至约10重量％，或约4至约11重量％。

[0031] 所述集电器可以包含任何用作阳极或阴极活性材料的电导体的材料。集电器可以由选自铝、碳、铜、不锈钢、镍、锌、银及其组合的材料而制成。在一个非限制性的实施方案中，用于阳极的集电器包括铜箔。在另一个非限制性的实施方案中，用于阴极的集电器包括铝箔。

[0032] 另外，本公开还包括制备锂离子电池的电极的方法，该方法包括以下步骤：(1)将水性粘合剂组合物、电极活性材料、导电剂、任选的分散剂和水性溶剂混合以形成水性浆料组合物；(2)将水性浆料组合物施加于集电器上，以在集电器上形成包含浆料层的涂覆的集电器。(3)将涂覆后的集电体上的浆料层进行干燥，以在集电器上形成膜，其中所述膜和集电器组成电极。水性粘合剂组合物、电极活性材料、导电剂、分散剂和水性溶剂与前述相同。

[0033] 在一个非限制性的实施方案中，在集电器上干燥浆料的步骤(3)包括在约80至约175℃或在约100至约150℃的温度下加热涂覆的集电器，持续时间约0.5小时至约3小时，或约1小时至约2小时。

[0034] 电极干膜的厚度为约20μm至约150μm,或约30μm至约100μm,或约30μm至约70μm。

[0035] 上述膜可以结合到上述集电器的表面以形成接合。在一个实施方案中,通过90度剥离粘合力测试而测定了所述接合的粘合强度为至少0.5gf/mm,或至少0.7gf/mm,或至少1.0gf/mm,这将在下面描述。

实施例

[0036] 制备衍生自丙烯酰胺基甲基丙烷硫酸-丙烯酰胺的共聚物(AMPS-AM):

[0037] 所述聚合在配备有回流冷凝器、机械搅拌器和氮气入口气体的1L四颈玻璃反应器中进行。将137.2g AMPS钠盐溶液(15摩尔%)、120g AM(85摩尔%)和350g去离子水在氮气下进行混合以形成混合物。将该混合物加入反应器中,并用氮气鼓泡约15分钟。通过将基于单体总重量为0.2重量%的Vazo-50溶解在水/乙醇(1:1重量比)中而制备Vazo-50溶液。将反应器加热至约55-60℃。通过加入Vazo-50溶液而开始聚合并持续约6小时。在1h、2h、3h、4h和6h将Vazo-50溶液添加到反应器中。在六个小时的期间内,使温度保持在约50-55℃。然后,将反应器的温度升至约65-70℃,并将所得的粘性材料搅拌约10-16小时。最后,将反应器中的内容物排出,并在3-5mm Hg的真空下在约65℃下干燥约5-7小时。将所获得的固体研磨成粉末,以用作下述的阴离子聚合物(AMPS-AM)。

[0038] 制备用于粘度和粘附性测试的硅浆料

[0039] 使用表1中列出的成分制备浆料。对于表1中列出的阳极活性物质,650mAh/g SiO代表石墨和氧化硅的粉末混合物,其可由深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司(BTR Energy Materials Co.LTD(中国深圳))市购。680mAh/g SiO表示初始容量为约350mAh/g,重量比为75:25(石墨与氧化硅)的石墨(可由贝特瑞新能源材料股份有限公司市购)和SiOx(可由Osaka Titanium Technologies Co.,Ltd.(Amagasaki,Hyogo Prefecture,Japan)市购)的粉末混合物。导电碳,C-NERGY™ Super C65(Imerys Graphite&Carbon,Bodio,Switzerland市购)用作表1中所列出的导电剂。各组分的含量是基于浆料的总重量。

[0040] 表1:浆料组合物

[0041]

样品	阳离子共聚物 (重量%)	阴离子聚合物 (重量%)	阳极活性材料 (重量%)	导电剂 (重量%)	水 (重量%)
1	N-Hance™ SP-100 (0.7)	CMC 7LF (2.1)	650 mAh/g SiO (39.8)	1.8	55.6
2	N-Hance™ SP-100 (0.3)	CMC 7HO (1.0)	650 mAh/g SiO (20.0)	0.9	77.7
3	N-DurHance™ AA200 (1.2)	CMC 7LF	650 mAh/g SiO (36.7)	1.6	59.2
4	N-Hance™ SP-100 (0.4)	CMC 7MF (1.2)	650 mAh/g SiO (20.0)	1.0	74.5
5	N-Hance™ SP-100 (0.6)	CMC 7LF (1.8)	650 mAh/g SiO (42.1)	2.3	53.2
6	N-Hance™ SP-100 (0.2)	CMC 7LF (1.8)	650 mAh/g SiO (35.4)	2.0	60.7
7	Prasetol™ 644BC (0.7)	CMC 7LF (2.0)	650 mAh/g SiO (40.1)	1.8	55.4
8	Prasetol™ 611BC (0.7)	CMC 7LF (2.0)	650 mAh/g SiO (40.1)	1.8	55.4
9	Prasetol™ 610BC (0.7)	CMC 7LF (2.0)	650 mAh/g SiO (38.1)	1.7	57.6
10	Prasetol™ 852BC (0.7)	CMC 7LF (2.1)	650 mAh/g SiO (40.4)	1.8	55.0
11	N-Hance™ 4572 (1.6)	CMC 7LF (1.6)	650 mAh/g SiO (38.3)	1.1	57.4
12	N-Hance™ 4572 (0.5)	AMPS-AM 共聚物 (2.9)	650 mAh/g SiO (35.7)	1.6	60.3
13	N-Hance™ SP-100 (0.7)	AMPS-AM 共聚物 (2.2)	650 mAh/g SiO (33.2)	1.4	63.0
14	N-Hance™ 3215 (0.5)	CMC 7LF (1.9)	680 mAh/g SiO (35.6)	1.6	60.4
15	XxtraDura™FLA 3766	CMC 7LF (2.1)	680 mAh/g SiO (35.0)	1.6	61.1
16*	--	CMC MAC 350 (0.9)	650 mAh/g SiO (33.5)	1.5	62.8

[0042] N-Hance™ SP100:丙烯酰胺基丙基三氯化铵/丙烯酰胺共聚物,可由Ashland LLC市购。

[0043] N-DurHance™ AA200:(3-丙烯酰胺基丙基)三甲基氯化铵的高电荷均聚物,可由Ashland LLC市购。

[0044] Prasetol™ 644BC:丙烯酰胺基丙基三氯化铵/丙烯酰胺共聚物,可由Solenis LLC市购。

[0045] Prasetol™ 611BC:丙烯酰胺基丙基三氯化铵/丙烯酰胺共聚物,可由Solenis LLC市购。

[0046] Prasetol™ 610BC:丙烯酰胺基丙基三氯化铵/丙烯酰胺共聚物,可由Solenis LLC市购。

[0047] Prasetol™ 852BC:烯酰胺基丙基三氯化铵/丙烯酰胺共聚物,可由Solenis LLC市

购。

[0048] N-Hance™ 4572:瓜尔胶和瓜尔胶衍生物,可由Ashland LLC市购。

[0049] N-Hance™ 3215:瓜尔胶羟丙基三氯化铵,可由Ashland LLC市购。

[0050] XxtraDura™ FLA 3766:降失水剂,可由Ashland LLC。

[0051] CMC 7LF:Aqualon™羧甲基纤维素钠,可由Ashland LLC市购。

[0052] CMC 7HO:Blanose™羧甲基纤维素钠,可由Ashland LLC市购。

[0053] CMC MAC 350:Sunrose®羧甲基纤维素,可由Nippon Paper Group,Inc.Japan市购。

[0054] *含有1.3重量%的Zeon® BM-480B:苯乙烯丁二烯胶乳,可由Zeon Corporation,Tokyo,Japan市购。

[0055] 浆料的流变学测量

[0056] 表1中列出的浆料组合物的粘度使用来自Brookfield Engineering Laboratories,Inc.(Middleboro,MA)的Brookfield®粘度计在3rpm和30rpm下用转子4而测量。所述粘度是在17mL小瓶中,在混合后立即测量并且在混合3天后测量。结果列于表2中。浆料的稳定性也示于表2中。

[0057] 表2:粘度和浆料稳定性

[0058]

样品#	混合后的粘度 (3 RPM/30 RPM) (mPa.s)	3 天后的粘度 (3 RPM/30 RPM) (mPa.s)	稳定性 (天)
1	15000/6090	13890/5110	> 5
2	28830/7410	26660/6970	> 5
3	40800/7200	39450/5980	> 3
4	17770/4290	14270/3430	> 3
5	7770/3600	11290/5470	> 3
6	23110/6570	30060/7990	> 5
7	8110/4090	8320/4080	> 5
8	7460/4550	7900/6100	> 3
9	9350/5900	9620/6000	> 5
10	8370/4080	8720/4110	> 5

[0059]

11	16990/5550	19800/7430	> 3
12	28200/6140	61000/12230	< 1
13	31200/8840	81400/13640	< 1
14	14797/4679	55788/8978	> 1
15	27954/5759	50589/8638	>1
16	57588/9758	58987/9718	> 5

[0060] 粘合性测量

[0061] 在通过将浆料组合物在铜集电器上涂覆且干燥而形成的电极上进行90度剥离测试而进行粘合性测量。所述90度剥离测试通过使用来自Instron® (Norwood,MA)的剥离测

试夹具进行，其中测试电极的负载为2.5-3.5mg/cm^{2}和负载为4.0-5.0mg/cm^2。将单个电极样品使用来自3M公司(St.Paul，MN)的3M®双面透明胶带而安装在不锈钢板上，然后将粘附在透明胶带上的薄膜通过Instron®仪器以1英尺/分钟的速率而剥离，在此期间Instron®仪器测量了使膜从集电器上剥离所需的力。结果列于表3中。

[0062] 表3：

[0063]

样品 #	粘合性 (gf/mm)	
	负载 2.5-3.5 mg/cm^2	负载 4.0-5.0 mg/cm^2
1	1.279	0.99
2	1.90	0.73
3	1.16	0.75
4	3.15	1.61
5	1.59	1.28
6	2.53	1.74
7	2.06	0.85
8	3.47	1.79
9	2.14	1.37
10	1.81	1.89
11	1.83	--
12	3.75	--
13	3.75	2.85
14	1.49	--
15	2.04	--
16	1.69	--