



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106784556 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201710017940.5

H01M 10/0525(2010.01)

(22)申请日 2011.07.18

H01G 9/02(2006.01)

(30)优先权数据

61/399,883 2010.07.19 US

(62)分案原申请数据

201180035701.3 2011.07.18

(71)申请人 奥普图多特公司

地址 美国马萨诸塞州

申请人 西荷有限公司

(72)发明人 徐中 史蒂文·艾伦·卡尔森

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 王达佐 洪欣

(51)Int.Cl.

H01M 2/16(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

用于电化学电池的隔膜

(57)摘要

提供了用于电池和电容器的隔膜,其包含(a)至少50%重量比的氧化铝和(b)有机聚合物,其中所述改性氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性氧化铝,并且其中所述处理提供氧化铝在诸如N-甲基吡咯烷酮的非质子溶剂中的分散性。优选地,有机酸为诸如对甲苯磺酸的磺酸。还优选地,有机聚合物是诸如聚偏二氟乙烯的氟化聚合物。还提供了包含这种隔膜的电化学电池和电容器。

1. 用于产生电流的电池的隔膜,其包含微孔层,所述微孔层包含:
 - (a) 改性氧化铝,其通过用有机酸表面处理氧化铝而形成;和
 - (b) 有机聚合物。
2. 用于产生电流的电池的隔膜,其包含微孔层,所述微孔层包含:
 - (a) 改性氧化铝,其通过用有机酸表面处理氧化铝而形成;
 - (b) 有机聚合物;和其中所述微孔层为干凝胶层。
3. 如权利要求1所述的隔膜,其中所述微孔层为干凝胶层。
4. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述有机聚合物包含聚偏二氟乙烯聚合物。
5. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述有机聚合物包含第一氟化有机单体和第二有机单体。
6. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述有机酸为磺酸。
7. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述有机酸为磺酸并且所述磺酸为芳基磺酸。
8. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述氧化铝包含式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5。
9. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述隔膜包含50重量%至90重量%的所述改性氧化铝。
10. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述微孔层具有2nm至70nm的平均孔径。
11. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述产生电流的电池为二次锂离子电池、一次锂电池或电容器。
12. 如权利要求1-3中任一项所述的隔膜,其中所述微孔层涂覆在至少一个微孔聚烯烃层的一面或两面上。
13. 电化学电池,其包含:
 - 阳极,
 - 阴极,
 - 含有锂盐的有机电解质,和置于所述阳极和所述阴极之间的隔膜,其中所述隔膜包含微孔层,所述微孔层包含:
 - (a) 改性氧化铝,其通过用有机酸表面处理氧化铝而形成;和
 - (b) 有机聚合物。
14. 如权利要求13所述的电化学电池,其中所述微孔层为干凝胶层。

用于电化学电池的隔膜

发明领域

[0001] 本发明一般地涉及多孔膜领域并且涉及产生电流的电池领域和用于产生电流的电池的隔膜(separator)领域。更具体地,本发明涉及包含氧化铝和有机聚合物的多孔隔膜(separator membrane),其中通过使用有机酸处理已经将所述氧化铝表面改性以提供在质子惰性有机溶剂中的分散性。此外,本发明涉及包含这种多孔隔膜的诸如锂离子电池和电容器的产生电流的电池。

[0002] 背景

[0003] 将已经组装成用于电化学电池的结构电活性材料称为电极。在用于电化学电池的电极对之中,将电化学较高电势一侧上的电极称为正电极或阴极,而将电化学较低电势一侧上的电极称为负电极或阳极。电池组(battery)可包含一个或多个电化学电池。

[0004] 为防止从阳极到阴极内部短路中电子不期望的流动,将电解质元素置于阴极和阳极之间。该电解质元素必须为非导电的以防止短路,但必须允许阳极和阴极之间离子传输。电解质元素还应为电化学稳定的并且化学上朝向阳极和阴极。

[0005] 通常,电解质元素包含称为隔膜的多孔材料(因为它使阳极和阴极彼此分离或隔离)和通常在隔膜的孔中包含离子电解质盐和离子导电材料的水性或非水性电解质。多种材料已经用于电化学电池中电解质元素的多孔层或隔膜。这些多孔隔膜材料包括诸如聚乙烯和聚丙烯、玻璃纤维滤纸和陶瓷材料的聚烯烃。通常在电化学电池的制造中以置于阳极和阴极之间的多孔无支撑膜形式提供这些隔膜材料。

[0006] 包含有机溶剂和锂盐的液体有机电解质通常在用于可再充电或二次锂离子和不可再充电或一次锂电化学电池的电解质元素中的隔膜的孔中用作电解质。或者,可使用包含离子导电聚合物和锂盐和任选有机溶剂的凝胶或固体聚合物电解质代替液体有机电解质。

[0007] 除了为多孔的并对产生电流的电池的其他材料化学稳定之外,隔膜应为柔韧、薄、成本经济并具有良好的机械强度和安全性。

[0008] 隔膜中的高孔隙率对于获得大多数电池组中的有效性能所需的高离子导电性是很重要的,除了例如,在相对低的充电和放电速率下操作的那些电池,还对于诸如超级电容器的电容器的效率是很重要的。期望在锂离子电池组中隔膜具有至少30%,且优选40%或更高的孔隙率。

[0009] 电解质元素中隔膜的另一高度期望的特征在于它容易被提供离子导电性的电解质材料润湿。当隔膜材料为具有非极性表面性质的聚烯烃材料时,电解质材料(其通常具有高度的极性性质)常不充分地润湿隔膜材料。这由于电解质材料在电解质元素中不均匀的分布而导致电池组长时间填充电解质并可能导致电池组的低容量。

[0010] 用于锂离子电池的隔膜通常为聚烯烃隔膜,其在低于200°C下熔化并且非常易燃。锂离子电池组以及锂一次电池和相同的电容器在它们的电解质中使用非常易燃的有机溶剂。非熔化和阻燃剂隔膜将帮助防止由内部短路、热逃逸或其它不安全条件导致的任何有机电解质燃烧的蔓延,其可能蔓延至电池组或电容器的较大面积并导致大爆炸。由于锂离子

子电池越来越多地用于高功率应用,例如用于电动车,因此对提高的安全性需要大大增加,这是由于这些车辆电池组的非常大的规模和高功率比。

[0011] 适用于锂离子和其它产生电流的电池并且具有对内部短路和热逃逸提供安全性的阻燃剂和非熔化性质同时保持电解质和隔膜的化学稳定性的隔膜对电池组和电容器工业具有很大价值。

[0012] 发明概述

[0013] 为获得用于诸如电池和电容器的产生电流的电池的隔膜中增加的安全性,本发明在隔膜中使用诸如氧化铝的不易燃无机氧化物并且优选使用具有氟化基团的不易燃有机聚合物。本发明使用多种无机氧化物颗粒预处理、混合、涂覆、干燥和分层方法用于制备这种隔膜。

[0014] 本发明的一个方面涉及用于产生电流的电池的隔膜,其中所述隔膜包含含有 (a) 至少50%重量比的氧化铝和 (b) 有机聚合物的微孔层,其中所述氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性氧化铝。在一个实施方案中,有机酸为磺酸,优选为芳基磺酸,并且更优选为甲苯磺酸。在一个实施方案中,有机酸为羧酸。在一个实施方案中,氧化铝包括通式 $A_1_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,并且其中通过使用有机酸处理而使所述水合氧化铝以表面改性形成改性水合氧化铝。在一个实施方案中,改性氧化铝具有50%重量比至85%重量比的 Al_2O_3 含量。

[0015] 在一个实施方案中,改性氧化铝具有65%重量比至80%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,隔膜包含60%重量比至90%重量比的改性氧化铝。在一个实施方案中,隔膜包含70重量比至85%重量比的改性氧化铝。在一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,有机聚合物包括聚偏二氟乙烯聚合物。在一个实施方案中,隔膜包含第一氟化有机单体和第二有机单体的共聚物。在一个实施方案中,第二有机单体为第二氟化有机单体。

[0016] 在本发明隔膜的一个实施方案中,产生电流的电池为二次锂离子电池。在一个实施方案中,产生电流的电池为一次锂电池。在一个实施方案中,产生电流的电池为电容器。在一个实施方案中,隔膜在低于300°C的温度下不熔化。在一个实施方案中,隔膜为阻燃剂隔膜。

[0017] 本发明的另一方面涉及电化学电池,其包括阳极、阴极、含有锂盐的有机电解质和置于阳极和阴极之间的隔膜,其中所述隔膜包含含有 (a) 至少50%重量比的氧化铝和 (b) 有机聚合物的微孔层,其中所述氧化铝通过有机酸处理而表面改性。在一个实施方案中,有机酸为磺酸,优选为芳基磺酸,并且更优选为甲苯磺酸。在一个实施方案中,有机酸为羧酸。在一个实施方案中,氧化铝包括通式 $A_1_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,并且其中所述水合氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性水合氧化铝。

[0018] 在本发明电化学电池的一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,阳极的阳极活性材料为锂。在一个实施方案中,改性氧化铝具有50%重量比至85%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,改性氧化铝具有65%重量比至80%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,有机聚合物包含聚偏二氟乙烯聚合物。在一个实施方案中,有机聚合物包含第一氟化有机单体和第二有机单体的共聚物。在一个实施方案中,第二有机单体为第二氟化有机单体。在一个实施方案中,锂盐为六氟磷酸锂。

[0019] 本发明的另一方面涉及电容器,其包含两个电极、含有四烷基铵盐的有机电解质和置于两个电极之间的隔膜,其中所述隔膜包含含有(a)至少50%重量比的氧化铝和(b)有机聚合物的微孔层,其中所述氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性氧化铝。在一个实施方案中,无机氧化物包括通式 $A_1xO_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,其中所述氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性氧化铝。在一个实施方案中,有机酸为磺酸。在一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,有机聚合物包含聚偏二氟乙烯聚合物。在一个实施方案中,有机聚合物包含第一氟化有机单体和第二有机单体的共聚物。

[0020] 发明详述

[0021] 本发明的隔膜提供了用于包括但不限于锂电池组和电容器的产生电流的电池的优异安全性和其它关键性能性质。

[0022] 制备用于电化学电池的微孔干凝胶隔膜的方法在第6,153,337号和第6,306,545号美国专利中并且在第20020092155号美国专利申请中进行描述,全部属于Carlson等人。在这些参考文献中描述的用于涂覆干凝胶隔膜的液体混合物包含无机氧化物、有机粘结剂,并且通常水在混合物中作为挥发性液体。任选地,液体混合物包括有机溶剂,优选为质子有机溶剂。质子有机溶剂的实例为醇类和二醇类。

[0023] 形成干凝胶层的干燥方法包括去除液体混合物中的液体。如无机氧化物干凝胶涂层领域中已知的,当去除液体时,无机氧化物溶胶的胶体颗粒形成凝胶,其在进一步损失液体后形成无机氧化物的3维微孔网络。如本文使用的术语“干凝胶层”和“干凝胶结构”分别是指涂覆的层或涂覆层的结构,其中如例如,在Ichinose等人的Chem.Mater.,第9卷,第1296至1298页(1997)中描述的通过干燥液体溶胶或溶胶-凝胶混合物以形成固体凝胶基质,用于无机氧化物为基础的干凝胶的涂覆层。

[0024] 因此,如果例如通过形成液体-蒸汽边界相基本上去除在液体溶胶-凝胶混合物中形成的凝胶的液体,则如本文使用,将产生的凝胶层或膜称为干凝胶层。因此,本发明的微孔干凝胶层包含具有以基本上连续的方式从层的一个最外表面直至层的另一最外表面互相连接的孔的干燥微孔三维固体网络。在涂覆层中连续干凝胶涂覆层具有连续结构形式的干凝胶材料,即,诸如无机氧化物颗粒的材料接触并且不具有结构的不连续性,例如彼此分开的固体颜料颗粒的不连续层。

[0025] 相比之下,可通过干凝胶方法形成干凝胶颜料颗粒,所述干凝胶方法包括干燥对颜料合适的前体的液体溶液以形成干凝胶颜料颗粒的干燥块,然后通常将其研磨为细粉末以提供干凝胶颜料颗粒。本发明的微孔无机氧化物层可为但不限于干凝胶层。本发明的无机氧化物层还可为不是干凝胶涂覆层的固体颜料颗粒的不连续层并且在不连续层结构中具有彼此分开的固体颜料颗粒的不连续性。该分开通常包括置于颜料颗粒之间的有机聚合物。如本文使用的,术语“干凝胶涂层”和“干凝胶涂覆层”与术语“干凝胶层”同义。

[0026] 如本文使用的,术语“微孔”描述层或涂层的材料,其中所述材料具有直径为约1微米或更少的孔。如本文使用的,术语“纳米孔”描述层或涂层的材料,其中所述材料具有直径为约100纳米或更少的孔。

[0027] 优选地,对于电池组和电容器隔膜应用,这些孔以基本上连续的方式从微孔层的一个最外表面直至层的另一最外表面连接。该基本上连续的3维微孔无机氧化物网络在产

生电流的电池的充电和放电过程中在使诸如锂离子的离子通过隔膜的扩散方面是有效的。

[0028] 可以%孔隙率或%孔体积表征隔膜中的孔的量,其为每立方厘米的孔每立方厘米的隔膜。可通过使用具有已知密度的相对不挥发的液体填充孔,然后通过使用现在的液体除以已知密度的液体计算隔膜重量的增加,然后将该份额除以隔膜的体积测量孔隙率,如从隔膜的面积和平均厚度计算的。

[0029] 在本发明隔膜的一个实施方案中,微孔无机氧化物层的平均孔径为2nm至70nm。通常,微孔无机氧化物层的平均孔径为30nm至50nm。这些非常小的孔,比聚烯烃隔膜的平均孔径小约5倍至10倍,对锂盐电解质的高导电性没有产生限制。因此,本发明隔膜的孔径与锂离子电池组电解质一起可提供至少等于聚烯烃隔膜的离子传输和导电性。

[0030] 在本发明隔膜的一个实施方案中,无机氧化物为氧化铝。如用于电化学电池的电解质元素和隔膜领域已知的,可单独地或结合包括氧化铝的其它无机氧化物来使用诸如氧化锆和二氧化硅的其它无机氧化物。优选的氧化铝为铝勃姆石。如本文使用的,术语“拟薄水铝石”是指具有化学通式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5。本文使用的与“拟薄水铝石”同义的术语包括“铝勃姆石”、“勃姆石”、“AlOOH”和“水合氧化铝”。本文称为拟薄水铝石的材料与无水氧化铝或氧化铝(Al_2O_3 诸如 α -氧化铝或 γ -氧化铝)以及通式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝其中x小于1.0或大于1.5不同。在本发明隔膜的一个实施方案中,隔膜中氧化铝的重量%大于50%。当制造产生电流的电池时,氧化铝的该负载量帮助提供通过电解质的导电性和快速润湿所需的隔膜的孔隙率。

[0031] 本发明的一个方面涉及用于产生电流的电池的隔膜,其中所述隔膜包含含有(a)至少50%重量比的氧化铝和(b)有机聚合物的微孔层,其中所述氧化铝通过有机酸处理以表面改性以形成改性氧化铝。隔膜可仅包含本发明的微孔层或可包含诸如例如通常用于锂离子电池组的多孔聚烯烃层的另外的微孔层。例如,可在微孔聚烯烃层的一面或两面上涂覆本发明的微孔层,例如Celgard 2500,从Charlotte,NC的Polypore, Inc.获得的聚烯烃隔膜膜的商品名。然而,5微米至20微米的厚度对于仅包含本发明微孔层的本发明的隔膜是典型的,在聚烯烃微孔隔膜上的本发明微孔层的涂层厚度通常为但不限于1微米至4微米。

[0032] 在本发明隔膜的一个实施方案中,有机酸为磺酸,优选为芳基磺酸,且更优选为甲苯磺酸。在一个实施方案中,有机酸为羧酸。表面改性氧化铝的一个目的是使氧化铝颗粒可分散在有机溶剂中,特别是可分散在质子惰性有机溶剂中。该较宽范围的分散性在实现使用较宽范围的可溶于质子惰性有机溶剂但不溶于水和醇的有机聚合物方面是有利的。如用于质子惰性有机溶剂中的优异分散性的无机氧化物的表面改性领域已知的,在本发明中可使用其它类型的表面改性的无机氧化物。

[0033] 在本发明隔膜的一个实施方案中,氧化铝包括通式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,并且其中所述水合氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性水合氧化铝。在一个实施方案中,改性氧化铝具有50%重量比至85%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,改性氧化铝具有65%重量比至80%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,隔膜包含60%重量比至90%重量比的改性氧化铝。在一个实施方案中,隔膜包含70%重量比至85%重量比的改性氧化铝。在一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,有机聚合物包含聚偏二氟乙烯(PVDF)聚合物,例如KYNAR HSV 900,用于锂电池组的PVDF聚合物的商品名和从Arkema, Inc.获得的其它应用。在一个实施方案中,隔膜包含第一氟化有

机单体和第二有机单体的共聚物。在一个实施方案中,第二有机单体为第二氟化有机单体。

[0034] 在本发明隔膜的一个实施方案中,产生电流的电池为二次锂离子电池。在一个实施方案中,产生电流的电池为一次锂电池。在一个实施方案中,产生电流的电池为电容器。在一个实施方案中,隔膜在低于300°C的温度下不熔化。氧化铝或其它无机氧化物材料主要负责提供在高温下该非熔化和尺寸稳定性质。在一个实施方案中,隔膜为阻燃剂隔膜。氧化铝或其它无机氧化物为阻燃剂材料并且结合也是阻燃剂的高度氟化有机聚合物提供了阻燃剂隔膜。

[0035] 本发明的另一方面涉及电化学电池,其包含阳极、阴极、含有锂盐的有机电解质以及置于所述阳极和所述阴极之间的隔膜,其中所述隔膜包含含有(a)至少50%重量比的氧化铝和(b)有机聚合物的微孔层,其中通过使用有机酸处理来使所述氧化铝表面改性。在一个实施方案中,有机酸为磺酸,优选为芳基磺酸,且更优选为甲苯磺酸。在一个实施方案中,有机酸为羧酸。在一个实施方案中,氧化铝包括通式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,并且其中通过使用有机酸处理来使水合氧化铝表面改性以形成改性水合氧化铝。

[0036] 在本发明电化学电池的一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,阳极的阳极活性材料为锂。在一个实施方案中,改性氧化铝具有50%重量比至85%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,改性氧化铝具有65%重量比至80%重量比的 Al_2O_3 含量。在一个实施方案中,有机聚合物包含聚偏二氟乙烯聚合物。在一个实施方案中,有机聚合物包含第一氟化有机单体和第二有机单体的共聚物。在一个实施方案中,第二有机单体为第二氟化有机单体。在一个实施方案中,锂盐为六氟磷酸锂。

[0037] 本发明的另一方面涉及电容器,其包含两个电极、含有四烷基铵盐的有机电解质和置于所述两个电极之间的隔膜,其中所述隔膜包含含有(a)至少50%重量比的氧化铝和(b)有机聚合物的微孔层,其中所述氧化铝通过有机酸处理而表面改性以形成改性氧化铝。在一个实施方案中,无机氧化物包括通式 $A_2O_3 \cdot xH_2O$ 的水合氧化铝,其中x为1.0至1.5,其中通过使用有机酸处理表面改性氧化铝以形成改性氧化铝。在一个实施方案中,有机酸为磺酸。在一个实施方案中,微孔层为干凝胶层。在一个实施方案中,有机聚合物包含聚偏二氟乙烯聚合物。在一个实施方案中,有机聚合物包含第一氟化有机单体和第二有机单体的共聚物。

实施例

[0038] 在下列实施例中描述本发明的几个实施方案,通过例示并且不通过限制提供所述实施例。

[0039] 实施例1

[0040] 制备在甲基乙基酮中的DISPAL 10SR的20%重量比的分散体,从SASOL North America, Houston, TX获得的表面改性的氧化铝的商品名。根据SASOL对DISPAL 10SR的材料安全数据表(MSDS),氧化铝是铝勃姆石,并且表面改性包括对甲苯磺酸(PTSA)。单独地,制备在N-甲基吡咯烷酮(NMP)中的KYNAR HSV 900的10%重量比溶液。将氧化铝分散体加入至搅拌的氟聚合物溶液以制备包含5:1的干重量比的氧化铝和氟聚合物的分散体。该分散体的%固体为约17%。

[0041] 将该分散体涂覆在硅释放面上的3毫米厚的硅处理的聚酯(PET)膜上以产生约20微米的干燥涂层厚度,然后从释放基板分层以提供具有约43%的孔隙率的无支撑氧化铝微孔隔膜。与具有相同厚度的Ube聚烯烃隔膜代替氧化铝隔膜的对照钮扣电池相比,在具有含石墨的阳极、在有机碳酸盐溶剂中的含六氟磷酸锂的电解质和含氧化钴的阴极的典型锂离子钮扣电池中该氧化铝微孔隔膜的评价表现为在55°C下相等或更好的化学稳定性、循环和在1C和5C充电下的离子导电性。

[0042] 氧化铝隔膜在低于300°C的温度下不熔化并且为阻燃剂,如当暴露于明火时不燃烧证实的。

[0043] 实施例2

[0044] 将实施例1的氧化铝和氟聚合物分散体涂覆在来自Ube的20微米厚的聚烯烃隔膜上并在90°C下干燥以避免收缩和聚烯烃隔膜的熔化。涂层的厚度从1微米至4微米变化,干燥并在聚烯烃隔膜的一面或两面上涂覆。制备实施例1描述的在聚烯烃隔膜的一面或两面上具有2微米厚的氧化铝微孔涂层的钮扣电池并产生可与仅具有聚烯烃隔膜的对照钮扣电池比较的55°C下的稳定性、循环和导电性。

[0045] 对比实施例1

[0046] 在2200rpm下搅拌40分钟混合在甲基乙基酮中的DISPAL 10F4的20%重量比的分散体,从SASOL North America,Houston,TX获得的表面改性的铝勃姆石的商品名。没有获得令人满意的分散体,并且几乎所有颜料都沉淀至混合容器的底部。根据SASOL对DISPAL 10F4的材料安全数据表(MSDS),表面改性包括甲酸。单独地,制备在NMP中的KYNAR HSV 900的10%重量比溶液。伴随在2200rpm下持续搅拌40分钟,以3:1的干重量比的铝勃姆石和氟聚合物将在甲基乙基酮中的不分散的DISPAL 10F4混合物加入至搅拌的氟聚合物溶液。没有获得令人满意的分散体,并且几乎所有颜料都沉淀至混合容器的底部。混合物不适用于涂覆在释放基板上的隔膜层。

[0047] 对比实施例2

[0048] 制备在NMP中的KYNAR HSV 900的7.5%重量比溶液。伴随在2200rpm下搅拌向该氟聚合物溶液缓慢添加5:1的干重量比的铝勃姆石和氟聚合物的DISPAL 10F4同时在2200rpm下持续搅拌40分钟。没有获得令人满意的分散体,并且几乎所有颜料都沉淀至混合容器的底部。混合物不适用于涂覆在释放基板上的隔膜层。

[0049] 对比实施例1和2显示使用甲酸表面改性的氧化铝未提供在由NMP和甲基乙基酮代表的非质子溶剂中的分散性,因此不适用于涂覆隔膜,该隔膜具有聚偏二氟乙烯(PVdF)和需要诸如NMP的非质子溶剂用于溶解度并用于诸如隔膜或电池组电极涂层的涂层的其它氟聚合物。

[0050] 尽管已经参考其具体和一般实施方案详细描述本发明,但对本领域技术人员明显的是在不违背其实质和范围下能对其中进行各种改变和修改。