



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109216768 B

(45)授权公告日 2020.06.26

(21)申请号 201811168492.X

H01M 10/0525(2010.01)

(22)申请日 2018.10.08

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 102893443 A, 2013.01.23, 全文.

申请公布号 CN 109216768 A

WO 2012057311 A1, 2012.05.03, 全文.

US 2008254361 A1, 2008.10.16, 全文.

(43)申请公布日 2019.01.15

CN 105789698 A, 2016.07.20, 全文.

(73)专利权人 河南师范大学

杨炎革等.《高电压电解液添加剂PTES性能研究》.《河南科技》.2016,140-142.

地址 453007 河南省新乡市牧野区建设东路46号

赵培正, 杨书廷等.《聚合物锂离子二次电池》.《河南师范大学学报(自然科学版)》.2002, 第30卷(第3期), 54-57.

(72)发明人 杨炎革 岳红云 董红玉 尹艳红
李向南 杨书廷

审查员 吕兆倩

(74)专利代理机构 新乡市平原智汇知识产权代理事务所(普通合伙) 41139

代理人 路宽

(51) Int. Cl.

H01M 10/0567(2010.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

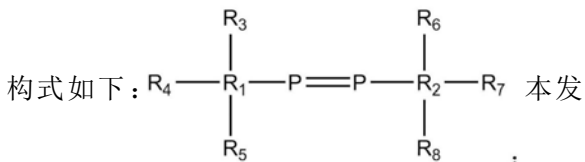
(54)发明名称

储存性能、安全性能下降的问题。

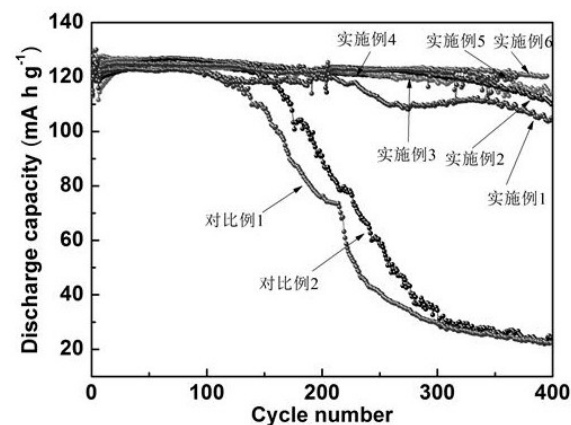
一种锂离子电池添加剂及含有该添加剂的锂离子电池非水电解液和应用

(57)摘要

本发明公开了一种锂离子电池高电压长循环添加剂及含有该添加剂的锂离子电池非水电解液和应用,属于锂离子电池技术领域。本发明的技术方案要点为:一种锂离子电池高电压长循环添加剂,该添加剂为含磷双键类化合物,其结

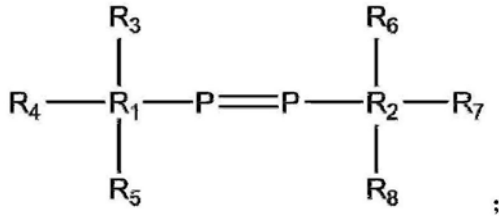


明还具体公开了含有该添加剂的锂离子电池非水电解液及其在制备锂离子电池中的应用。本发明的电解液通过添加含磷双键类添加剂,能够改善锂离子电池的电极电解液界面性质,提高其稳定性,从而提高锂离子电池在高电压下的循环稳定性;能使含有Ni和Mn的高电压正极材料在4.5V以上的高电压下稳定工作,解决了锂离子电池在高电压充放电条件下易分解导致电池循环性能、



1. 一种锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述锂离子电池非水电解液中含有锂离子电池高电压长循环添加剂,该添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的0.1%~10%;

所述锂离子电池高电压长循环添加剂为含磷双键类化合物,其结构式如下:



其中R₁、R₂分别为相同或者不同的C或Si,R₃、R₄、R₅、R₆、R₇、R₈分别为相同或者不同的C₁~6链状烷基、C₁~6烯烃基、C₁~6炔烃基、卤素、C₃~8环烷基、C₆~12芳香基或Si₁~2硅烷基。

2. 根据权利要求1所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述R₁、R₂为相同的基团,R₃、R₄、R₅为相同的基团,R₆、R₇、R₈为相同的基团。

3. 根据权利要求1所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的0.2%~5%。

4. 根据权利要求1所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述锂离子电池非水电解液包括添加剂、锂盐化合物和有机溶剂,其中锂盐化合物为六氟磷酸锂、六氟砷酸锂、六氟铋酸锂、高氯酸锂、四氟硼酸锂、双草酸硼酸锂、双氟草酸硼酸锂、三氟甲磺酸锂、二(三氟甲基磺酰)亚胺锂或双氟磺酰亚胺锂中的至少一种,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸甲乙酯或碳酸甲丙酯中的至少一种。

5. 根据权利要求4所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述锂盐化合物的摩尔浓度为0.8~1.5mol/L。

6. 根据权利要求1所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述锂离子电池非水电解液还包括第二类添加剂,该第二类添加剂为碳酸亚乙烯酯、碳酸乙烯亚乙酯、氟代碳酸乙烯酯、硫酸乙烯酯、甲烷二磺酸亚甲酯、1,3-丙基磺酸内酯、丙烯基-1,3-磺酸内酯、丁二腈、己二腈、三(三甲基硅基)亚磷酸酯、三(三甲基硅基)磷酸酯、三(三甲基硅氧基)硼酸酯或双氟草酸硼酸锂中的至少一种。

7. 根据权利要求6所述的锂离子电池非水电解液,其特征在于:所述第二类添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的1%~3%。

一种锂离子电池添加剂及含有该添加剂的锂离子电池非水电解液和应用

技术领域

[0001] 本发明属于锂离子电池技术领域,具体涉及一种锂离子电池高电压长循环添加剂及含有该添加剂的锂离子电池非水电解液和应用。

背景技术

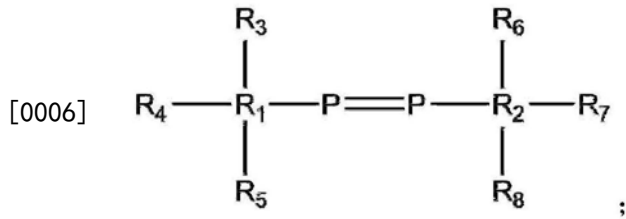
[0002] 目前已经商业化的锂离子二次电池对比于之前的电池具有比能量高、电压高及循环寿命长等诸多优点。在很多小型设备领域(如:手机、手表等)得到了广泛应用。随着锂离子电池的蓬勃发展,其已经开始被用于电动汽车和混合动力汽车领域。然而,随着大型移动式设备的迅速发展,对锂离子电池的使用寿命、比容量和使用条件提出了更加苛刻的要求,因此进一步发展锂离子电池技术具有重要的意义。

[0003] 为了满足大型移动式用电设备的需求,发展大比容量的电池已经迫在眉睫。由于正极材料一直是锂离子电池发展的短板,所以目前来说增大锂离子电池的比容量就是增大正极的比容量。增大正极材料的比容量一般有两种方法,第一就是发展新型的高容量锂电池正极材料,这需要广大基础研究工作者的共同努力,其次就是提升锂离子电池的电压,但是所有的高电压正极材料都面临一个共性的问题-电解液在高电压下的分解问题,如何解决电解液在高电压正极材料表面的氧化分解反应是当前高电压电解液研究面临的核心问题之一。解决了高电压下电解液的稳定性问题,对高电压正极材料的推广应用至关重要。所以研发一种能使用在高电压电池上,使其循环性能、存储性能及安全性能得到可靠保障的锂离子电池电解液是当务之急。目前广泛接受的有三种方法能解决这个问题,首先是正极材料的包覆,使用惰性的氧化物包覆正极材料,这样能在一定程度上解决电解液分解的问题,但是这种生产工艺过程复杂,设备繁琐,成本提升巨大,同时这种方法也会降低电池的比容量;第二种方法是使用溶剂替代,研发新型的耐氧化溶剂取代现有的碳酸酯类电解液溶剂,例如腈类,砜类,离子液体等,但是这些电解液要么粘度过高,要么与负极的匹配有问题,距离实际应用还很远;第三种方法是使用电解液添加剂原位成膜的方法,这种方法简单且效果明显,是解决这个问题的理想方案。本发明就是发明一种超稳定循环的高电压锂离子电池电解液添加剂。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题是提供了一种锂离子电池高电压长循环添加剂及含有该添加剂的锂离子电池非水电解液,该锂离子电池非水电解液用于锂离子电池有效解决了锂离子电池在高电压充放电条件下易分解导致电池循环性能、储存性能及安全性能下降的问题。

[0005] 本发明为解决上述技术问题采用如下技术方案,一种锂离子电池高电压长循环添加剂,其特征在于:该添加剂为含磷双键类化合物,其结构式如下:



[0007] 其中R₁、R₂分别为相同或者不同的C或Si，R₃、R₄、R₅、R₆、R₇、R₈分别为相同或者不同的C₁₋₆链状烷基、C₁₋₆烯烃基、C₁₋₆炔烃基、卤素、C₃₋₈环烷基、C₆₋₁₂芳香基或Si₁₋₂硅烷基。

[0008] 优选的，所述R₁、R₂为相同的基团，R₃、R₄、R₅为相同的基团，R₆、R₇、R₈为相同的基团。

[0009] 优选的，所述含磷双键类化合物选自

[0010] tris(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphane或

[0011] [[(amino-trimethylsilyl)-trimethylsilylphosphanylidene-λ⁵-phosphanyl)-trimethylsilylamino]-dimethylsilyl]methane中的至少一种。

[0012] 所述tris(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphane由Dichloro(pentamethylcyclopentadienyl)phosphine与Tris(trimethylsilyl)methylithium反应制得，所述Tris(trimethylsilyl)methylithium由Chlorotrimethylsilane与Trichloromethane反应制得。

[0013] 本发明的锂离子电池高电压长循环添加剂在化成过程中优先发生氧化反应，氧化产物很难溶于电解液，沉积在正极表面形成一层致密的钝化膜，起到保护正极的作用，阻止电解液与电极的直接接触，抑制电解液在正极表面发生氧化反应，并且抑制了正极过渡金属对电解液的催化氧化分解作用。同时由于正极保护膜的主要成分为含磷化合物，相对于传统的有机保护膜，含磷化合物的保护膜的电化学性能更好，能够在高电压下保护正极极片，减少正极极片与电解液的氧化作用，另外其具有更强的离子导电能力，从而改善了高电压下锂离子电池的循环和存储性能。

[0014] 本发明所述的含有上述锂离子电池高电压长循环添加剂的锂离子电池非水电解液，其特征在于：所述添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的0.1%~10%。

[0015] 优选的，所述添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的0.2%~5%，含磷双键化合物分解形成的保护膜，在高电压条件下以正极保护膜的的保护作用为主。当含磷双键的含量小于0.2wt%时，化成时在正极表面形成的保护膜不够致密，在高电压充放电时不能很好地起到阻止正极氧化电解液的作用；当含量大于5wt%时，化成时会在正极表面形成大量的反应产物，导致锂离子电池内阻的增加，影响锂离子电池的正常性能。

[0016] 优选的，所述锂离子电池非水电解液包括添加剂、锂盐化合物和有机溶剂，其中锂盐化合物为六氟磷酸锂(LiPF₆)、六氟砷酸锂(LiAsF₆)、六氟锑酸锂(LiSbF₆)、高氯酸锂(LiClO₄)、四氟硼酸锂(LiBF₄)、双草酸硼酸锂(LiBOB)、双氟草酸硼酸锂(LiDFOB)、三氟甲磺酸锂(LiOTf)、二(三氟甲基磺酰)亚胺锂(LiTFSI)或双氟磺酰亚胺锂(LiFSI)中的至少一种，有机溶剂为碳酸乙烯酯(EC)、碳酸丙烯酯(PC)、碳酸二甲酯(DMC)、碳酸二乙酯(DEC)、碳酸甲乙酯(EMC)或碳酸甲丙酯(MPC)中的至少一种。

[0017] 优选的，所述锂盐化合物的摩尔浓度为0.8~1.5mol/L。

[0018] 优选的，所述锂离子电池非水电解液还包括第二类添加剂，该第二类添加剂为碳

酸亚乙烯酯 (VC)、碳酸乙烯亚乙酯 (VEC)、氟代碳酸乙烯酯 (FEC)、硫酸乙烯酯 (DTD)、甲烷二磺酸亚甲酯 (MMDS)、1,3-丙基磺酸内酯 (1,3-PS)、丙烯基-1,3-磺酸内酯 (RPS)、丁二腈 (SN)、己二腈 (ADN)、三(三甲基硅基)亚磷酸酯 (TMSPi)、三(三甲基硅基)磷酸酯 (TMSP)、三(三甲基硅氧基)硼酸酯 (TMSB) 或双氟草酸硼酸锂 (LiDFOB) 中的至少一种。

[0019] 优选的,所述第二类添加剂质量占锂离子电池非水电解液总质量的1%~3%。

[0020] 本发明所述的锂离子电池非水电解液在制备锂离子电池中的应用,使用该锂离子电池非水电解液制得的锂离子电池能够在4.5V以上的高电压下稳定工作并且在高电压下具有较好的循环稳定性。

[0021] 本发明的锂离子电池非水电解液中通过添加含磷双键类添加剂,能够改善锂离子电池的电极电解液界面性质,提高其稳定性,从而提高锂离子电池在高电压下的循环稳定性;能使含有Ni和Mn的高电压正极材料在4.5V以上的高电压下稳定工作,有效解决了锂离子电池在高电压充放电条件下易分解导致电池循环性能、储存性能及安全性能下降的问题。

附图说明

[0022] 图1为具体实施方式中所述长循环高电压电解液使用 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 正极材料循环的性能图谱。

具体实施方式

[0023] 以下结合具体实施方式对本申请的技术方案作进一步的说明。

[0024] 实施例1

[0025] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物和锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)组成;电解液中含磷双键类化合物的质量分数为3%,锂盐化合物的浓度为0.8mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含磷双键类化合物为tris(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphane。

[0026] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0027] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0028] 2) 取配方量的各组分,将含硅钛酸酯类化合物加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到含硅钛酸酯类化合物的质量分数为3%、锂盐化合物浓度为0.8mol/L的电解液,备用。

[0029] 本实施例的锂离子电池为CR-2032扣式电池,以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,以PE多孔聚合薄膜作为隔膜,采用包括以下步骤的制备方法得到:

[0030] 1) 制作正极极片:将正极活性物质镍锰尖晶石(LNMO)、导电剂Super P(SP)、粘结剂聚偏二氟乙烯(PVDF)按质量比8:1:1在N-甲基吡咯烷酮(NMP)溶剂体系中充分搅拌混合均匀后,涂覆于Al箔上,烘干、冷压、裁片,得到正极极片;

[0031] 制作负极极片:将负极活性物质石墨、导电剂Super P(SP)、粘结剂丁苯橡胶(SBR)、增稠剂羧甲基纤维素钠(CMC)按照质量比95:2:2:1在去离子水溶剂体系中充分搅拌

混合均匀后,涂覆于Cu箔上烘干、冷压、裁片,得到负极极片;

[0032] 2) 将正负极片裁成直径为14mm的圆片,在手套箱中组装CR-2032扣式电池。

[0033] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0034] 实施例2

[0035] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物和锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)组成;电解液中含磷双键类化合物的质量分数为3%,锂盐化合物的浓度为1.5mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含磷双键类化合物为tris(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphan。

[0036] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0037] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0038] 2) 取配方量的各组分,将含磷双键类化合物加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到含磷双键类化合物的质量分数为3%、锂盐化合物浓度为1.5mol/L的电解液,备用。

[0039] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0040] 实施例3

[0041] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物、锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)和第二类添加剂组成;电解液中含磷双键类化合物占电解液总质量的3%,第二类添加剂的质量分数为1%,锂盐化合物的浓度为0.8mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含磷双键类化合物为tris(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphan;第二类添加剂为三(三甲基硅氧基)硼酸酯。

[0042] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0043] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0044] 2) 取配方量的各组分,将含磷双键类化合物和第二类添加剂加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到含磷双键类化合物的质量分数为3%、第二类添加剂的质量分数为1%、锂盐化合物浓度为0.8mol/L的电解液,备用。

[0045] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0046] 实施例4

[0047] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物、锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)和第二类添加剂组成;电解液中含磷双键类化合物占电解液总质量的3%,第二类添加剂的质量分数为1%,锂盐化合物的浓度为1.5mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含磷双键类化合物为tris

(trimethylsilyl)methyl-[tris(trimethylsilyl)methylphosphanylidene]phosphan; 第二类添加剂为三(三甲基硅氧基)硼酸酯。

[0048] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0049] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0050] 2) 取配方量的各组分,将含磷双键类化合物和第二类添加剂加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到含磷双键类化合物的质量分数为3%、第二类添加剂的质量分数为1%、锂盐化合物浓度为1.5mol/L的电解液,备用。

[0051] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0052] 实施例5

[0053] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物、锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)和第二类添加剂组成;电解液中含磷双键类化合物的质量分数为3%,第二类添加剂的质量分数为3%,锂盐化合物的浓度为0.8mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含硅钛酸酯类化合物为四(三甲基硅氧基)钛(TTMS);第二类添加剂为乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯的混合物,其中乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯的质量比为2:1。

[0054] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0055] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0056] 2) 去配方量的各组分,将含磷双键类化合物、乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到磷双键类化合物的质量分数为3%、乙烯亚乙酯的质量分数为2%、1,3-丙基磺酸内酯的质量分数为1%、锂盐化合物浓度为0.8mol/L的电解液,备用。

[0057] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0058] 实施例6

[0059] 本实施例的锂离子电池非水电解液由有机溶剂、锂盐化合物、锂离子电池高电压长循环添加剂(即含磷双键类化合物)和第二类添加剂组成;电解液中含磷双键类化合物的质量分数为3%,第二类添加剂的质量分数为3%,锂盐化合物的浓度为1.5mol/L,有机溶剂为碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的混合溶剂,其中碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯的质量比为3:3:4;锂盐化合物为六氟磷酸锂;含硅钛酸酯类化合物为四(三甲基硅氧基)钛;第二类添加剂为乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯的混合物,其中乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯的质量比为2:1。

[0060] 本实施例的锂离子电池非水电解液的制备方法,包括以下步骤:

[0061] 1) 取配方量的碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯混合均匀得到有机溶剂;

[0062] 2) 去配方量的各组分,将含磷双键类化合物、乙烯亚乙酯和1,3-丙基磺酸内酯加入有机溶剂中,混合均匀,再加入锂盐化合物得到磷双键类化合物的质量分数为3%、乙烯亚乙酯的质量分数为2%、1,3-丙基磺酸内酯的质量分数为1%、锂盐化合物浓度为1.5mol/L的电解液,备用。

[0063] 本实施例的锂离子电池以本实施例的锂离子电池非水电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0064] 对比例1

[0065] 本对比例的锂离子电池电解液按照包括以下步骤的方法进行制备:

[0066] 1) 将碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯按照3:3:4(质量比)的比例混合均匀得到有机溶剂;

[0067] 2) 将有机溶剂混合均匀,再添加六氟磷酸锂(LiPF₆),配制成LiPF₆浓度为0.8mol/L的电解液,备用。

[0068] 本对比例的锂离子电池以本对比例的锂离子电池电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0069] 对比例2

[0070] 本对比例的锂离子电池电解液按照包括以下步骤的方法进行制备:

[0071] 1) 将碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯和碳酸二甲酯按照3:3:4(质量比)的比例混合均匀得到有机溶剂;

[0072] 2) 将有机溶剂混合均匀,再添加六氟磷酸锂(LiPF₆),配制成LiPF₆浓度为1.5mol/L的电解液,备用。

[0073] 本对比例的锂离子电池以本对比例的锂离子电池电解液为电解液,其余完全同实施例1。

[0074] 锂离子电池性的能测试结果见表1。

[0075] 表1实施例1~5及对比例1~2的锂离子电池的性能测试结果

实施例及对比例	常温下循环400周之后的容量保持率
实施例1	87.5%
实施例2	91.8%
实施例3	94.2%
实施例4	94.8%
实施例5	95.8%
实施例6	98.6%
对比例1	17.8%
对比例2	19.2%

[0077] 从表1的数据可以看出电解液中加入含磷双键类化合物作为锂离子电池高电压长循环添加剂后,通过其在正极的成膜作用,抑制了电解液与正极材料在高电压下的氧化分解反应,显著延长了锂离子电池的循环寿命,明显改善了锂离子电池的常温循环性能,进一步通过引入LiDFOB、SN、AND、VEC、PS、TMSB等第二类添加剂后,可以进一步改善锂离子电池的循环性能。

[0078] 需要说明的是,上述实施例仅为本发明的较佳实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明得到精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

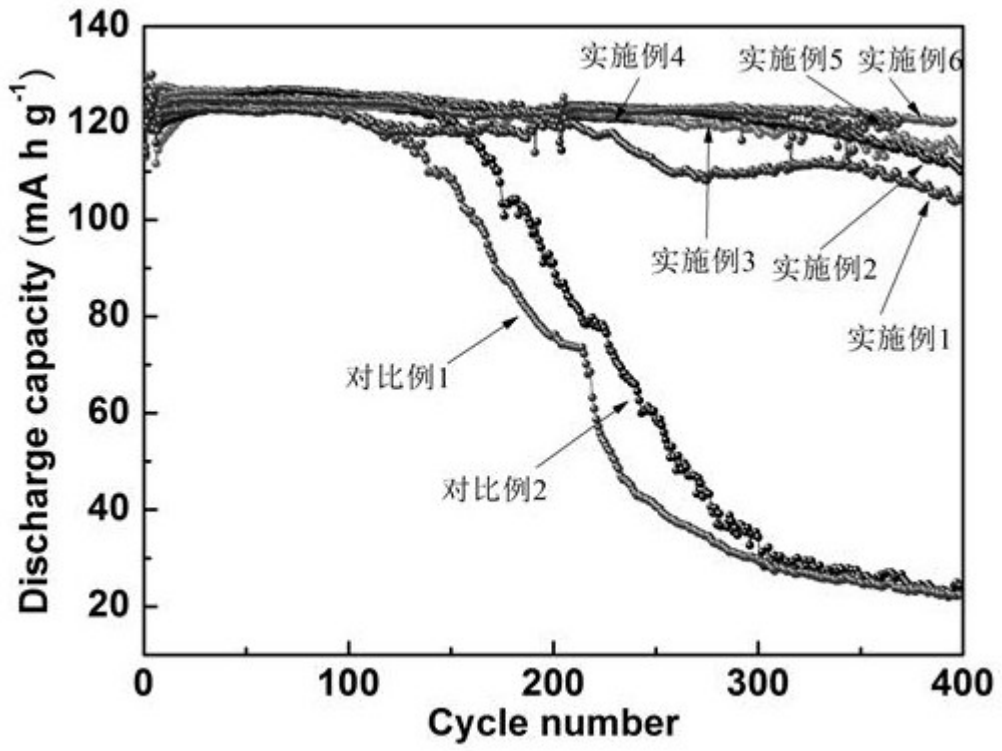


图1