



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102856585 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201210229051. 2

(22) 申请日 2012. 07. 02

(30) 优先权数据

10-2011-0065479 2011. 07. 01 KR

(71) 申请人 株式会社 LG 化学

地址 韩国首尔

(72) 发明人 俞成勋 梁斗景 全钟昊 曹旻廷

(74) 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285

代理人 王媛 钟守期

(51) Int. Cl.

H01M 10/0566(2010. 01)

H01M 10/0525(2010. 01)

H01M 10/42(2006. 01)

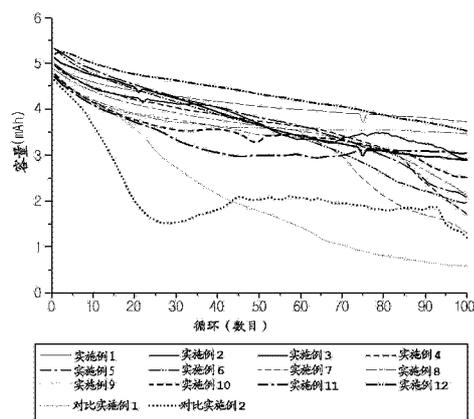
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

非水电解质和使用该非水电解质的锂二次电池

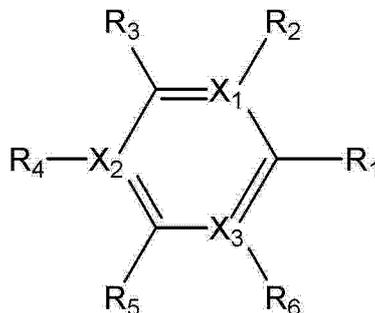
## (57) 摘要

公开了一种用于锂二次电池的含有一种杂多环化合物的非水电解质以及使用所述非水电解质的锂二次电池。



1. 一种用于锂二次电池的非水电解质,其包括一种电解质盐和一种有机溶剂,其中所述非水电解质还包含一种由以下化学式 1 表示的杂多环化合物:

化学式 1



其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  的至少一个为氮,

其中  $R_1$ 、 $R_3$  和  $R_5$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为碳的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

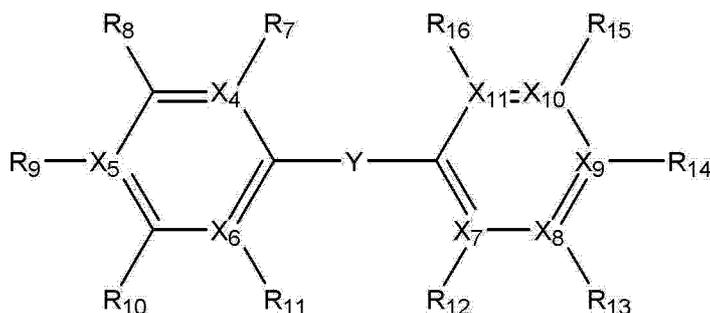
其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为氮的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  分别代表一对未共用电子对,且

其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  能够稠合形成环。

2. 权利要求 1 的用于锂二次电池的非水电解质,其中由化学式 1 表示的杂多环化合物具有至少两个稠合的环,或至少两个通过单键、氧或硫连接的环。

3. 权利要求 1 的用于锂二次电池的非水电解质,其中由化学式 1 表示的杂多环化合物为至少一种由以下化学式 2 至 4 表示的化合物:

化学式 2



其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_4$ 、 $X_5$  和  $X_6$  的至少一个为氮,

其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  为碳的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

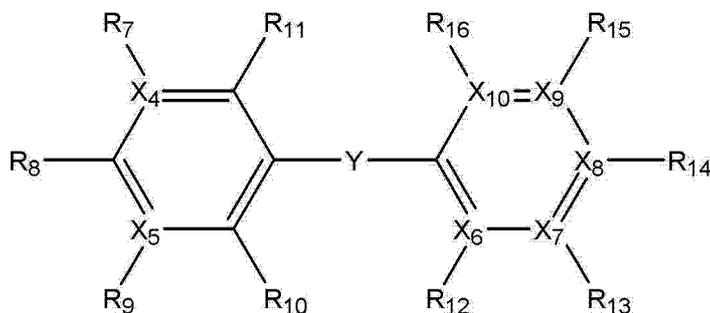
其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  为氮的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  分别代表一对未共用电子对,

其中  $R_8$  和  $R_{10}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧

基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基，

其中 Y 是单键、氧或硫，

化学式 3



其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  独立地为一个碳原子或氮原子，其中  $X_4$  和  $X_5$  的至少一个为氮，

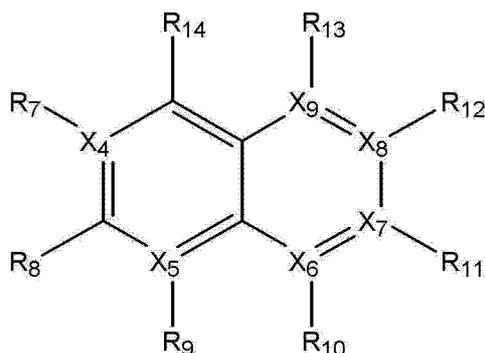
其中，在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  为碳的情况下， $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  独立地为一个取代基，选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基，

其中，在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  为氮的情况下， $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  分别代表一对未共用电子对，

其中  $R_8$ 、 $R_{10}$  和  $R_{11}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基，

其中 Y 是单键、氧或硫，

化学式 4



其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  独立地为一个碳原子或氮原子，其中  $X_4$  和  $X_5$  的至少一个为氮，

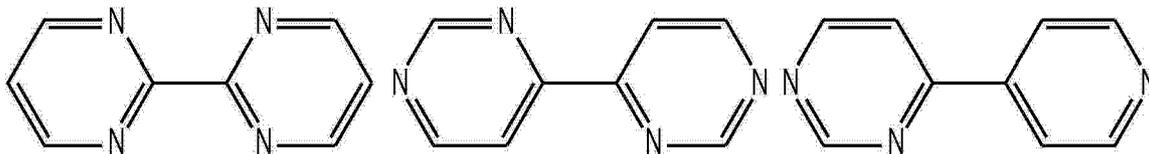
其中，在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  为碳的情况下， $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$  和  $R_{13}$  独立地为一个取代基，选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基，

其中，在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  为氮的情况下， $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$  和  $R_{13}$  分别代表一对未共用电子对，且

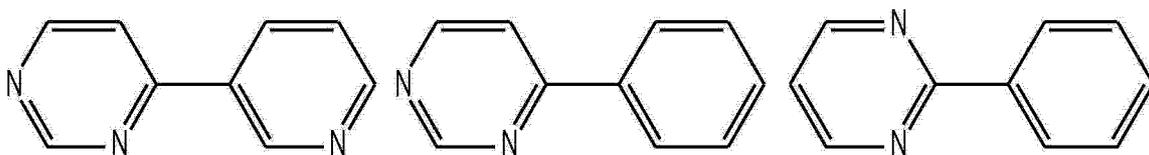
其中  $R_6$  和  $R_{14}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基。

4. 权利要求 3 的用于锂二次电池的非水电解质, 其中由化学式 2 表示的杂多环化合物为一种由以下化学式 5 至 15 表示的化合物:

[化学式 5] [化学式 6] [化学式 7]



[化学式 8] [化学式 9] [化学式 10]

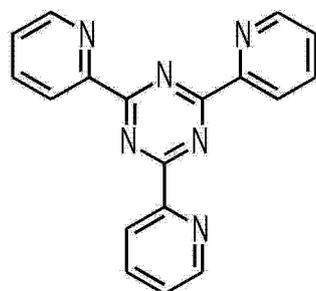
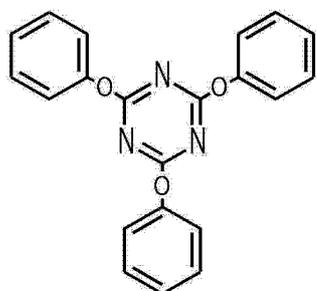


[化学式 11] [化学式 12] [化学式 13]



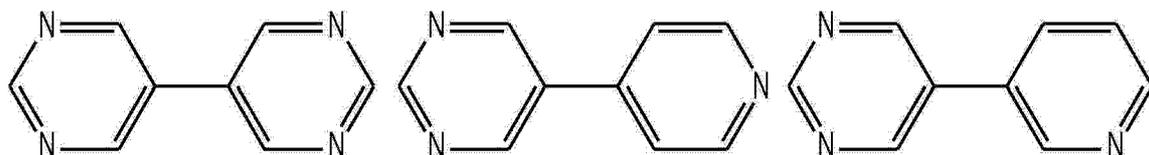
[化学式 14]

[化学式 15]

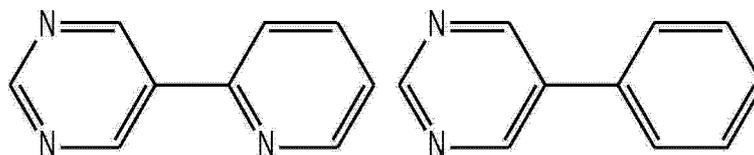


5. 权利要求 3 的用于锂二次电池的非水电解质, 其中由化学式 3 表示的杂多环化合物为一种由以下化学式 16 至 20 表示的化合物:

[化学式 16] [化学式 17] [化学式 18]

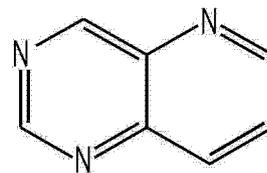
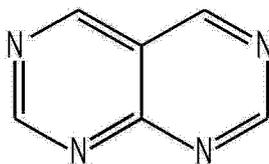
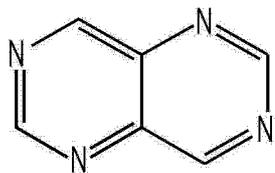


[化学式 19] [化学式 20]

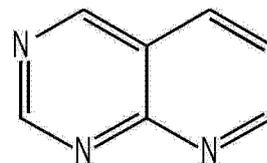
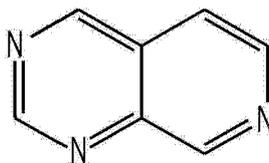
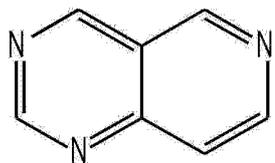


6. 权利要求 3 的用于锂二次电池的非水电解质,其中由化学式 4 表示的杂多环化合物为一种由以下化学式 21 至 31 表示的化合物:

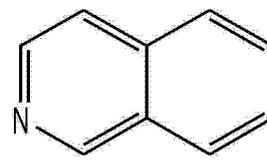
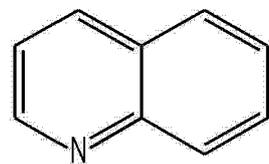
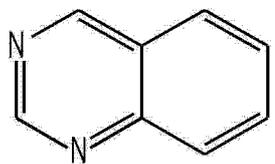
[化学式 21] [化学式 22] [化学式 23]



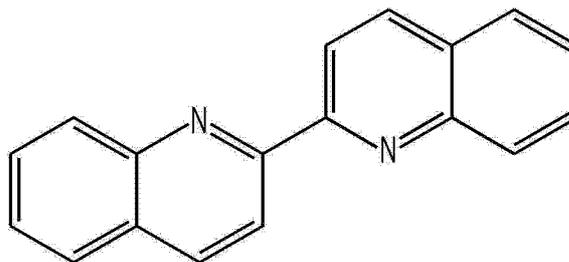
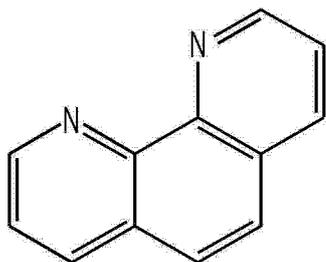
[化学式 24] [化学式 25] [化学式 26]



[化学式 27] [化学式 28] [化学式 29]



[化学式 30] [化学式 31]



7. 权利要求 3 的用于锂二次电池的非水电解质,其中杂多环化合物的含量为 0.05 至 20 重量份,基于 100 重量份的非水电解质计。

8. 权利要求 1 的用于锂二次电池的非水电解质,其中电解质盐是一种锂盐。

9. 权利要求 8 的用于锂二次电池的非水电解质,其中锂盐的阴离子选自  $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $N(CN)_2^-$ 、 $BF_4^-$ 、 $ClO_4^-$ 、 $PF_6^-$ 、 $(CF_3)_2PF_4^-$ 、 $(CF_3)_3PF_3^-$ 、 $(CF_3)_4PF_2^-$ 、 $(CF_3)_5PF^-$ 、 $(CF_3)_6P^-$ 、 $CF_3SO_3^-$ 、 $CF_3CF_2SO_3^-$ 、 $(CF_3SO_2)_2N^-$ 、 $(FSO_2)_2N^-$ 、 $CF_3CF_2(CF_3)_2CO^-$ 、 $(CF_3SO_2)_2CH^-$ 、 $(SF_5)_3C^-$ 、 $(CF_3SO_2)_3C^-$ 、 $CF_3(CF_2)_7SO_3^-$ 、 $CF_3CO_2^-$ 、 $CH_3CO_2^-$ 、 $SCN^-$  和  $(CF_3CF_2SO_2)_2N^-$ 。

10. 权利要求 1 的用于锂二次电池的非水电解质,其中有机溶剂包括选自线性碳酸酯、环状碳酸酯、醚、酯和酰胺的任意一种或其混合物。

11. 权利要求 10 的用于锂二次电池的非水电解质,其中线性碳酸酯包括选自碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸二丙酯、碳酸乙基甲酯、碳酸甲基丙酯和碳酸乙基丙酯的任何一种,或其混合物。

12. 权利要求 10 的用于锂二次电池的非水电解质,其中环状碳酸酯包括选自碳酸亚乙酯、碳酸亚丙酯、碳酸 1,2-亚丁酯、碳酸 2,3-亚丁酯、碳酸 1,2-亚戊酯、碳酸 2,3-亚戊酯、碳酸亚乙烯酯、碳酸乙烯基亚乙酯的任何一种,或其卤化物及其混合物。

13. 权利要求 10 的用于锂二次电池的非水电解质,其中醚包括选自二甲醚、二乙醚、二

丙醚、甲基乙醚、甲基丙醚和乙基丙醚的任何一种,或其混合物。

14. 权利要求 1 的用于锂二次电池的非水电解质,其中非水电解质还包括选自环状亚硫酸酯、饱和磺内酯、不饱和磺内酯和非环状磺的任意一种,或其混合物。

15. 一种锂二次电池,包含:

一个具有一个阳极、一个阴极和一个插入阳极和阴极之间的隔膜的电极组;和

一种注射到电极组中的非水电解质,

其中所述非水电解质是权利要求 1 中定义的用于锂二次电池的非水电解质。

16. 权利要求 15 的锂二次电池,其中阳极具有一个阳极活性材料层,所述层包括锂金属、碳材料、金属化合物或其混合物。

17. 权利要求 16 的锂二次电池,其中金属化合物是含有任意一种选自 Si、Ge、Sn、Pb、P、Sb、Bi、Al、Ga、In、Ti、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ag、Mg、Sr 和 Ba 的金属元素或其混合物的化合物。

18. 权利要求 15 的锂二次电池,其中阴极具有一个包含含锂氧化物的阴极层。

19. 权利要求 18 的锂二次电池,其中含锂氧化物是一种含锂过渡金属氧化物。

20. 权利要求 19 的锂二次电池,其中含锂过渡金属氧化物选自  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMnO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_2$  ( $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ )、 $\text{LiNi}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiCo}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$  ( $0 \leq y < 1$ )、 $\text{Li}(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_4$  ( $0 < a < 2$ ,  $0 < b < 2$ ,  $0 < c < 2$ ,  $a+b+c=2$ )、 $\text{LiMn}_{2-z}\text{Ni}_z\text{O}_4$ 、 $\text{LiMn}_{2-z}\text{Co}_z\text{O}_4$  ( $0 < z < 2$ )、 $\text{LiCoPO}_4$  和  $\text{LiFePO}_4$ ,或其混合物。

## 非水电解质和使用该非水电解质的锂二次电池

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2011 年 7 月 1 日在韩国提交的韩国专利申请第 10-2011-0065479 号的优先权,其全部内容以引用的方式纳入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开内容涉及用于锂二次电池的非水电解质,其包括一种杂多环化合物(hetero polycyclic compound),并涉及使用该非水电解质的锂二次电池。

### 背景技术

[0004] 近年来,对于储能技术的兴趣持续增长。由于储能技术的应用领域已延伸至移动电话、便携式摄像机、笔记本电脑甚至电动车,对作为用于这些电子设备的能量源的高能量密度电池的需求不断增长。为满足这种需求,对锂二次电池的研究正积极进行。

[0005] 开发于 1990 年代早期的锂二次电池由以下构成:能够嵌入和脱嵌锂离子的碳基材料的阳极、含有锂的氧化物的阴极以及含有合适量的溶解于混合有机溶剂中的锂盐的非水电解质。

[0006] 锂二次电池的平均放电电压为约 3.6 至 3.7V,高于碱性电池、镍镉电池等的放电电压。对于这种高工作电压,要求一种在 0~4.2V 的充电/放电范围内化学稳定的电解质组合物。为此,使用一种混合溶剂作为电解质的溶剂,所述溶剂中合适地混合了一种环状碳酸酯化合物(如碳酸亚乙酯和碳酸亚丙酯)和一种线性碳酸酯化合物(如碳酸二甲酯、碳酸乙基甲酯和碳酸二乙酯)。电解质的溶质通常使用锂盐如  $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、 $\text{LiClO}_4$  等,其在电池中用作锂离子源并因此能够使锂电池运行。

[0007] 在锂二次电池的初始充电阶段,从阴极活性材料(如锂金属氧化物)发射出的锂离子迁移至阳极活性材料(如石墨)并嵌入该阳极活性材料层之间。此时,由于锂具有很强的反应性,所述电解质在阳极活性材料(如石墨)的表面与阳极活性材料的碳反应,从而生成化合物如  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$  和  $\text{Li}_2\text{OH}$ 。这些化合物在阳极活性材料(如石墨)的表面形成一种 SEI(固体电解质界面)层。

[0008] SEI 层起离子通道的作用并且仅允许锂离子通过。由于离子通道效应,SEI 层阻止了有机溶剂分子——其与电介质中的锂离子一起移动并具有大的分子量——嵌入阳极活性材料层之间并因此破坏阳极结构。因此,由于阻止了电解质和阳极活性材料之间的接触,电解质未被解离,而可逆地维持了电解质中的锂离子的量,从而确保了稳定的充电/放电。

[0009] 但是,在 SEI 层形成反应过程中,由于碳酸酯基溶剂分解所产生的气体,如  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,电池厚度在充电时可能会增加。另外,当电池在高温下在完全充电状态长期放置时,随着时间流逝,SEI 层由于电化学能和热能的增加会缓慢坍塌,这导致在阳极的暴露的表面和周围的电解质之间持续地发生副反应。由于气体的持续产生,电池的内压增加,导致电池的厚度增加,造成在使用所述电池的设备如手机和笔记本电脑中出现的问题。换言之,当电池长期放置时高温稳定性较差。另外,上述由内压增加导致的问题在含有大量的碳酸

亚乙酯的通用锂二次电池中更严重,因为其 SEI 层不稳定。另外,由于碳酸亚乙酯具有 37 至 39℃ 的高凝固点,使其在室温下为固态,含有大量碳酸亚乙酯的锂二次电池由于在低温下的低离子导电性而具有较差的低温导电性。

[0010] 为解决这一问题,人们做了许多研究,以改变碳酸酯有机溶剂中的溶剂组分的组合物或通过混合一种特殊的添加剂改变 SEI 层形成反应的情况。然而,正如现有技术所知的,在改变溶剂组分或向电解质中加入一种特殊的化合物以改进电池性能的情况中,虽然某些特征得到改善,但其他特征反而退化了。

[0011] 因此,迫切需要开发一种非水电解质组合物,其能够使锂二次电池具有良好的循环特性、良好的低温放电特性和良好的高温放电特性,以及优良的高倍率充电 / 放电特性。

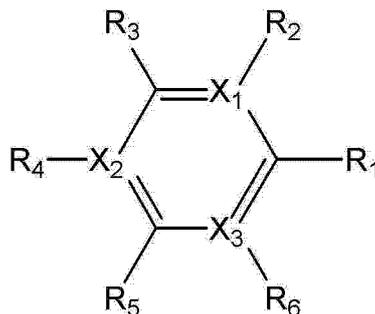
## 发明内容

[0012] 本文旨在解决所述现有技术中的问题,因此本文的一个目的是提供一种用于具有改进的高温循环特性的锂二次电池的非水电解质,以及使用所述非水电解质的锂二次电池。

[0013] 在一方面,本文提供了一种用于锂二次电池的非水电解质,其包括一种电解质盐和一种有机溶剂,其中所述非水电解质还包括一种由以下化学式表示的杂多环化合物:

[0014] 化学式 1

[0015]



[0016] 其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  的至少一个为氮,

[0017] 其中  $R_1$ 、 $R_3$  和  $R_5$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

[0018] 其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为碳的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

[0019] 其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为氮的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  分别代表一对未共用电子对,且

[0020] 其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  能够稠合形成环。

[0021] 在另一方面,本文提供了一种锂二次电池,其包括一个具有一个阳极和一个阴极的电极组,和一种非水电解质,其中非水电解质是上述用于锂二次电池的非水电解质。

[0022] 根据本发明,通过使用具有包含杂多环化合物的非水电解质的锂二次电池,可以抑制电池容量由于高温充电 / 放电而下降,改善电池的高温寿命特性,并阻止由于电解质的老化特性而导致的容量下降。因此,可改善二次电池的寿命特性和稳定性。

## 附图说明

[0023] 本发明的其他目的和方面将从参考附图的对实施方案的说明中变得清楚,其中:

[0024] 图 1 是展示根据实施例 2-1 至 2-12 和对比实施例 2-1 至 2-2 制备的锂二次电池的高温寿命特性的图表。

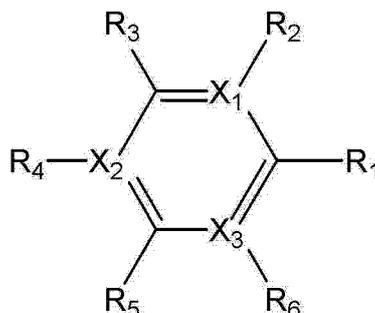
## 具体实施方式

[0025] 下文中,将参考附图详细阐述本发明的优选实施方案。在描述前,应理解的是说明书和所附权利要求中所用的术语不应解释为限制于常用的和字典的含义,而应当基于与本发明的技术方面相对应的含义和概念,根据允许发明人对术语作适当定义以求最好解释的原则进行解释。

[0026] 根据本发明的一个实施方案,一种用于锂二次电池的非水电解质还包括一种由以下化学式 1 表示的杂多环化合物:

[0027] 化学式 1

[0028]



[0029] 其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  的至少一个为氮,

[0030] 其中  $R_1$ 、 $R_3$  和  $R_5$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

[0031] 其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为碳的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

[0032] 其中,在  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  为氮的情况下, $R_2$ 、 $R_4$  和  $R_6$  分别代表一对未共用电子对,且

[0033] 其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  能够稠合形成环。

[0034] 所述杂多环化合物是指一种在环上具有至少一个氮原子的多环氮化合物,并且含氮杂多环化合物由于足够的聚合活性可在电极表面形成具有高聚合度的聚合膜。由于聚合膜难以从电极上剥离,如果聚合膜形成于电极上,可在更长时间内抑制金属阳离子从阴极活性材料层上洗脱和金属在阳极表面上的析。因此,可得到具有更加优良的高温寿命特性的非水电解质二次电池。

[0035] 另外,由于多环上以及氮原子上存在的富电子离域,可稳定产生于电化学反应的自由基,因此可很容易地形成薄膜。

[0036] 由化学式 1 表示的杂多环化合物可具有至少两个环,即至少两个稠合的环,或至

少两个通过单键、氧或硫连接的环。

[0037] 具体来说,术语“至少两个通过单键、氧或硫连接的环”表示一种其中苯基和芳基或杂芳基通过单键、氧或硫连接的结构,正如其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  (其为连接至化学式 1 的基础苯环的碳上的取代基) 为取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基或取代或未取代的杂芳氧基的情况。

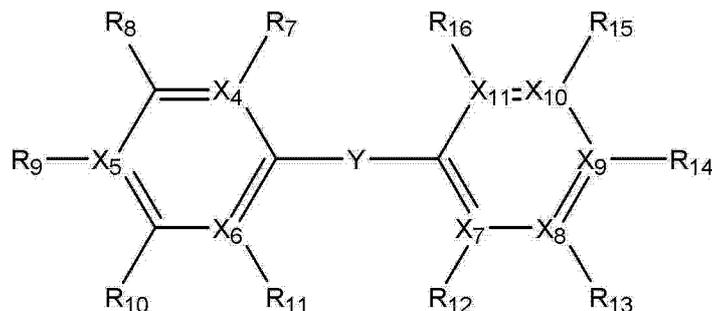
[0038] 另外,术语“至少两个稠合的环”代表一种其中两个任意选自  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  的取代基互相稠合形成环的结构,这是在其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  和  $R_6$  (其为连接至化学式 1 的基础苯环的碳上的取代基) 不是选自取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基或取代或未取代的杂芳氧基的情况下。

[0039] 此时,在连接至通过稠合形成的环的碳上的取代基中,两个取代基可互相稠合形成另一个环。

[0040] 由化学式 1 表示的杂多环化合物可为至少一种由以下化学式 2 至 4 表示的化合物。

[0041] 化学式 2

[0042]



[0043] 其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_4$ 、 $X_5$  和  $X_6$  的至少一个为氮,

[0044] 其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  为碳的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

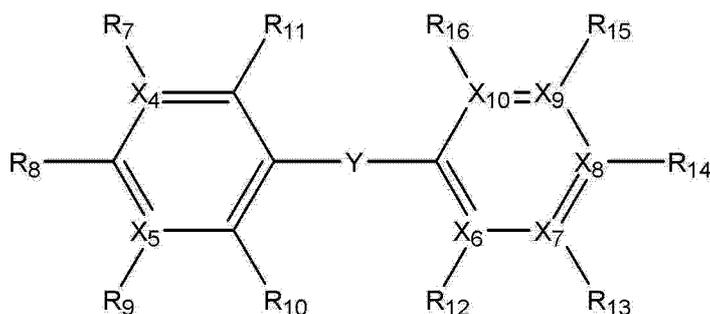
[0045] 其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$  和  $X_{11}$  为氮的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  分别代表一对未共用电子对,

[0046] 其中  $R_8$  和  $R_{10}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基,且

[0047] 其中 Y 是单键、氧或硫。

[0048] 化学式 3

[0049]



[0050] 其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_4$  和  $X_5$  的至少一个为氮,

[0051] 其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  为碳时, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

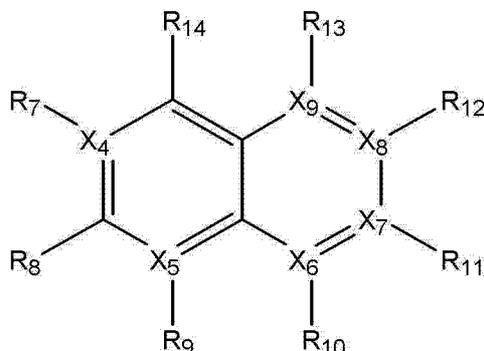
[0052] 其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$  为氮的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$  和  $R_{16}$  分别代表一对未共用电子对,

[0053] 其中  $R_8$ 、 $R_{10}$  和  $R_{11}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基,且

[0054] 其中 Y 是单键、氧或硫。

[0055] 化学式 4

[0056]



[0057] 其中  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  独立地为一个碳原子或氮原子,其中  $X_4$  和  $X_5$  的至少一个为氮,

[0058] 其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  为碳的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$  和  $R_{13}$  独立地为一个取代基,选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基,

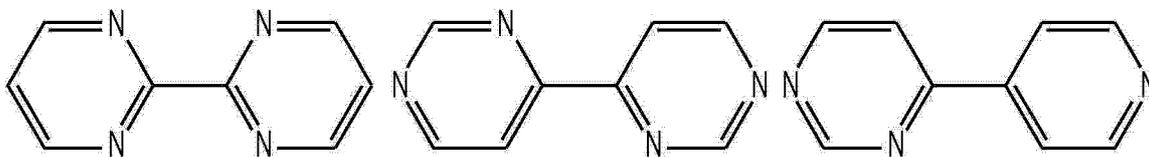
[0059] 其中,在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  和  $X_9$  为氮的情况下, $R_7$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$  和  $R_{13}$  分别代表一对未共用电子对,

[0060] 其中  $R_8$  和  $R_{14}$  独立地为一个选自氢原子、取代或未取代的芳基、取代或未取代的芳氧基、取代或未取代的杂芳基、取代或未取代的杂芳氧基、取代或未取代的烷基、取代或未取代的氨基、取代或未取代的烷氧基、卤素和硝基的取代基。

[0061] 具体来说,由化学式 2 表示的杂多环化合物可为一种由以下化学式 5 至 15 表示的化合物。

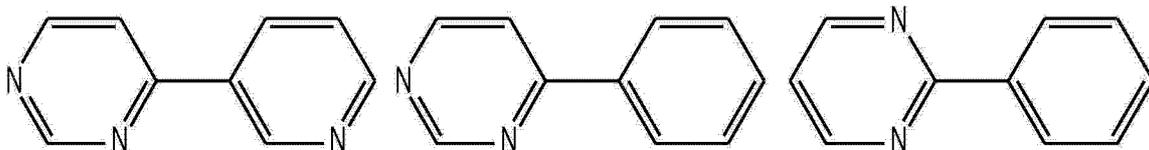
[0062] [化学式 5] [化学式 6] [化学式 7]

[0063]



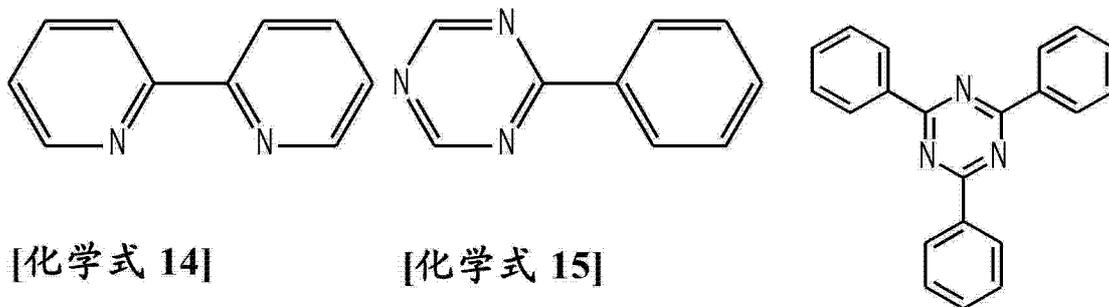
[0064] [化学式 8] [化学式 9] [化学式 10]

[0065]



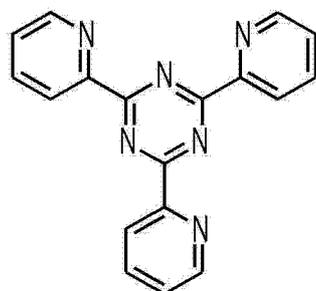
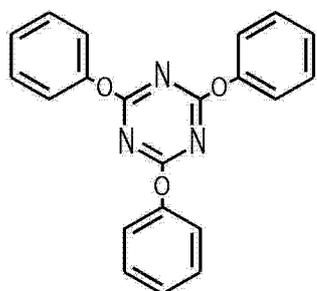
[0066] [化学式 11] [化学式 12] [化学式 13]

[0067]



[化学式 14]

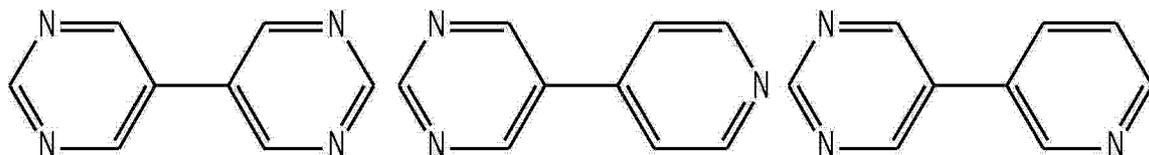
[化学式 15]



[0068] 另外,由化学式 3 表示的杂多环化合物可为一种由以下化学式 16 至 20 表示的化合物。

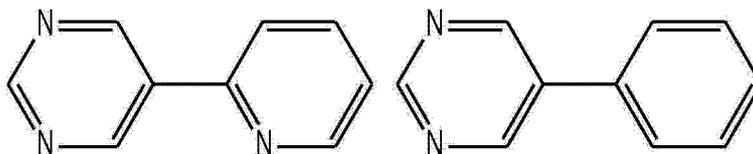
[0069] [化学式 16] [化学式 17] [化学式 18]

[0070]



[0071] [化学式 19] [化学式 20]

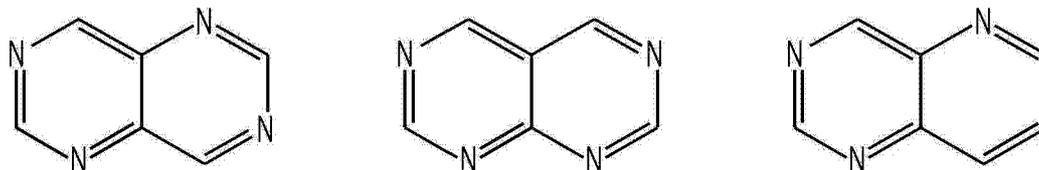
[0072]



[0073] 另外,由化学式 4 表示的杂多环化合物可为一种由以下化学式 21 至 31 表示的化合物。

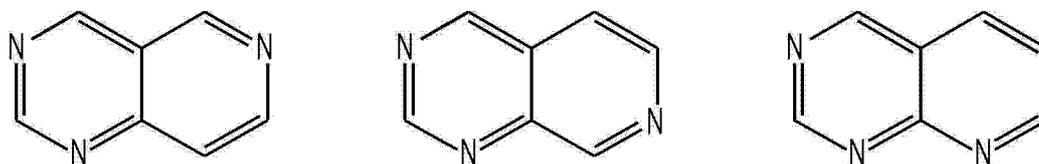
[0074] [化学式 21] [化学式 22] [化学式 23]

[0075]



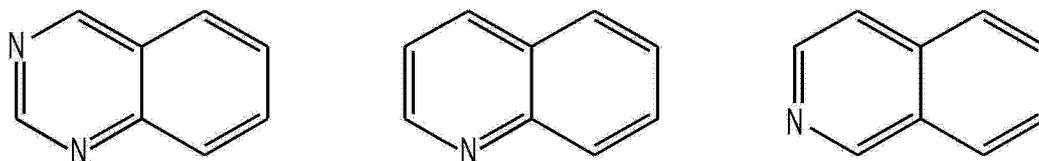
[0076] [化学式 24] [化学式 25] [化学式 26]

[0077]



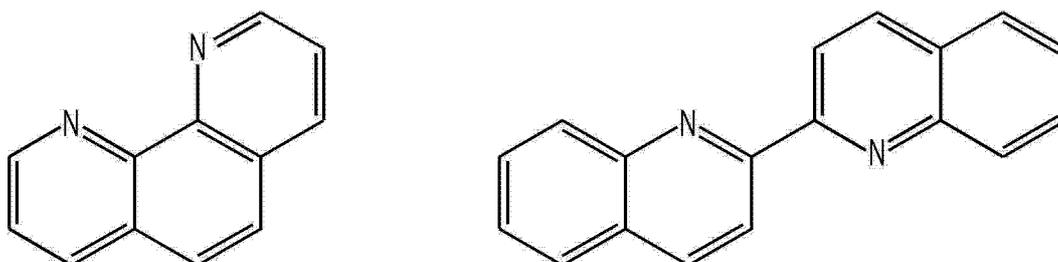
[0078] [化学式 27] [化学式 28] [化学式 29]

[0079]



[0080] [化学式 30] [化学式 31]

[0081]



[0082] 杂多环化合物的含量可为 0.05 至 20 重量份或 0.1 至 10 重量份,基于 100 重量份的非水电解质计。

[0083] 如果杂多环化合物的含量满足上述条件,寿命特性得到充分改善,阴极放电反应不会退化,并且合适地调节了形成于电极表面的聚合膜以促进电极和非水电解质中的锂离子之间的反应,使得锂离子可很容易地嵌入电极和从电极脱嵌。另外,由于多环上以及氮原子上存在的富电子离域,可稳定产生于电化学反应的自由基,因此可很容易地形成薄膜。

[0084] 在本发明的化合物的定义中所用的各取代基可定义如下。

[0085] 作为本发明中所用的取代基,烷基代表具有 1 至 20 个碳原子、优选 1 至 10 个碳原子、更优选 1 至 6 个碳原子的直链或支链饱和单价烃。作为本发明中所用的取代基,未取代



碳酸 2, 3- 亚丁酯、碳酸 1, 2- 亚戊酯、碳酸 2, 3- 亚戊酯、碳酸亚乙烯酯、碳酸乙烯基亚乙酯, 或其卤化物及其混合物。所述卤化物可为, 例如, 碳酸氟代亚乙酯 (fluoroethylene carbonate, FEC), 但不限于此。

[0098] 另外, 线性碳酸酯化合物可为, 例如, 选自以下化合物的任何一种: 碳酸二甲酯 (DMC)、碳酸二乙酯 (DEC)、碳酸二丙酯、碳酸乙基甲酯 (EMC)、碳酸甲基丙酯和碳酸乙基丙酯, 或其混合物, 但不限于此。

[0099] 特别地, 在碳酸酯基有机溶剂中, 环状碳酸酯如碳酸亚乙酯和碳酸亚丙酯是高粘度有机溶剂并且由于高介电常数可以更好的方式离解电解质中的锂盐。如果低粘度低介电常数的线性碳酸酯如碳酸二甲酯和碳酸二乙酯以适宜的比例合适地混入上述环状碳酸酯中, 可得到具有更高的电导率的电解质。

[0100] 另外, 有机溶剂中的醚可为选自以下醚的任何一种: 二甲醚、二乙醚、二丙醚、甲基乙醚、甲基丙醚和乙基丙醚, 或其混合物, 但不限于此。

[0101] 此外, 有机溶剂中的酯可为选自以下酯的任何一种: 乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、 $\gamma$ -丁内酯、 $\gamma$ -戊内酯、 $\gamma$ -己内酯、 $\sigma$ -戊内酯和  $\epsilon$ -己内酯, 或其混合物, 但不限于此。

[0102] 根据本发明的一个实施方案, 用于锂二次电池的非水电解质还可包括现有技术中已知的用于形成 SEI 层的添加剂, 而在不脱离本发明的目的的范围。本发明所用的形成 SEI 层的添加剂可使用环状亚硫酸酯、饱和磺内酯、不饱和磺内酯和非环状磺, 或其混合物中的任意一种, 但不限于此。另外, 在上文提到的环状碳酸酯中, 碳酸亚乙烯酯和碳酸乙烯基亚乙酯也可用作形成 SEI 层的添加剂以改善电池的寿命特性。

[0103] 环状亚硫酸酯可为亚硫酸亚乙酯、亚硫酸甲基亚乙酯、亚硫酸乙基亚乙酯、亚硫酸 4, 5-二甲基亚乙酯、亚硫酸 4, 5-二乙基亚乙酯、亚硫酸亚丙酯、亚硫酸 4, 5-二甲基亚丙酯、亚硫酸 4, 5-二乙基亚丙酯、亚硫酸 4, 6-二甲基亚丙酯、亚硫酸 4, 6-二乙基亚丙酯、亚硫酸 1, 3-丁二醇酯等, 饱和磺内酯可为 1, 3-丙烷磺内酯、1, 4-丁烷磺内酯等, 不饱和磺内酯可为乙烯磺内酯、1, 3-丙烯磺内酯、1, 4-丁烯磺内酯、1-甲基-1, 3-丙烯磺内酯等, 并且非环状磺可为二乙烯基磺、二甲基磺、二乙基磺、甲基乙基磺、甲基乙烯基磺等。

[0104] 形成 SEI 层的添加剂可根据其种类以合适的含量包含, 并且其含量可为, 例如 0.001 至 10 重量份, 基于 100 重量份的非水电解质计。

[0105] 非水电解质可以液体电解质或渗透于聚合物中的凝胶聚合物电解质的形式用作锂二次电池的电解质。

[0106] 根据本发明的一个实施方案, 非水电解质可通过将所述电解质盐混合到非水溶剂中然后混合并溶解所述杂多环化合物而得到。

[0107] 此时, 加入到非水溶剂和电解质中的化合物可在不降低生产率的范围内预先精制以使得该化合物具有极少的杂质。

[0108] 非水电解质可含有空气或二氧化碳以抑制由分解的电解质导致的气体的产生并进一步改善电池特性, 如长期循环特性和充电保持特性。

[0109] 在高温充电 / 放电特性的改善方面, 可使用通过将二氧化碳溶解于非水电解质中得到电解质。溶解的二氧化碳的量可为 0.001 重量% 或更高、0.05 重量% 或更高、或 0.2 重量% 或更高, 基于非水电解质的重量计, 并且二氧化碳可溶解于非水电解质中直至其达到

饱和状态。

[0110] 另外,本发明的一个实施方案提供了一种锂二次电池,其包括一个具有一个阳极、一个阴极和一个插入阳极和阴极之间的隔膜的电极组;和一种注射到电极组中的非水电解质,其中所述非水电解质是上文所述的用于锂二次电池的非水电解质。

[0111] 所述电极组的阳极、阴极和隔膜可使用广泛用于制造锂二次电池的常用的阳极、阴极和隔膜。

[0112] 所述阴极包括一个具有阴极活性材料、导电材料和粘合剂的阴极层,其被承载于一个集电器的单个表面或两个表面。

[0113] 阴极活性材料可优选使用含锂过渡金属氧化物,且可使用,例如,选自  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ )、 $\text{Li}_x\text{NiO}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ )、 $\text{Li}_x\text{MnO}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ )、 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ )、 $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ )、 $\text{Li}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 < y < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Co}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 \leq y < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 \leq y < 1$ )、 $\text{Li}_x(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 < a < 2$ ,  $0 < b < 2$ ,  $0 < c < 2$ ,  $a+b+c=2$ )、 $\text{Li}_x\text{Mn}_{2-z}\text{Ni}_z\text{O}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 < z < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{Mn}_{2-z}\text{Co}_z\text{O}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ ,  $0 < z < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{CoPO}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ ) 和  $\text{Li}_x\text{FePO}_4$  ( $0.5 < x < 1.3$ ) 的任意一种,或其混合物。

[0114] 含锂过渡金属氧化物可涂覆金属如铝 (Al) 或金属氧化物。另外,也可使用硫化物、硒化物和卤化物代替含锂过渡金属氧化物。

[0115] 导电材料可以是任何在电化学装置中不会导致化学变化的导电性材料。通常,可使用炭黑、石墨、碳纤维、碳纳米管、金属粉末、导电金属氧化物和有机导电材料。目前市售的导电材料的产品的实例包括乙炔黑系列 (Chevron Chemical Company 和 Gulf Oil Company)、Ketjen Black EC 系列 (ArmaK Company)、Vulcan XC-72 (Cabot Company) 和 Super P (MMM Company)。

[0116] 配置阳极使得具有阳极活性材料和粘合剂的阳极层被集电器的单个表面或两个表面承载。

[0117] 阳极活性材料通常可为能够嵌入 / 脱嵌锂离子的碳材料、锂金属、锂金属、和金属化合物、或其混合物。

[0118] 具体来说,碳材料可使用低结晶碳或高结晶碳。低结晶碳代表性地包括软碳和硬碳,而高结晶碳代表性地包括高温烧结碳如天然石墨、漂浮石墨 (Kish graphite)、热解碳、中间相沥青基碳纤维、中间相碳微球、中间相沥青和得自于石油沥青或煤焦油沥青的焦炭。

[0119] 金属化合物可包含至少一种金属元素,如 Si、Ge、Sn、Pb、P、Sb、Bi、Al、Ga、In、Ti、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ag、Mg、Sr 和 Ba。这种金属化合物可以任何形式的基团、合金、氧化物 ( $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SnO}_2$  等)、氮化物、硫化物、硼化物、与锂的合金等使用。但是,基团、合金、氧化物和与锂的合金可能需要大的容量。在其中,可使用至少一种选自 Si、Ge 和 Sn 的元素,并且如果包括至少一种选自 Si 和 Sn 的元素,电池可具有更大的容量。

[0120] 用于阴极和阳极的粘合剂起到将阴极活性材料和阳极活性材料保持于集电器处并且连接活性材料的作用,并且可不受限制地使用常用的粘合剂。

[0121] 例如,可使用各种粘合剂聚合物,如聚偏 1,1-二氟乙烯-六氟丙烯共聚物 (PVDF-co-HFP)、聚偏 1,1-二氟乙烯、聚丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯丁二烯橡胶 (SBR) 和羧甲基纤维素 (CMC)。

[0122] 用于阴极和阳极的集电器由高导电性金属材料制成,并且任何在电池的电压范围内没有反应性的金属材料均可用于集电器,只要活性材料的浆料可很容易地粘附于其上。阴极集电器可以是由铝、镍或其混合物制成的薄片等,但不限于此。阳极金属材料可以是由铜、金、镍或铜合金或其混合物制成的薄片等,但不限于此。另外,集电器可使用由上述材料制成的叠层基底。

[0123] 阴极和阳极可通过以下步骤制备:将活性材料、导电材料和粘合剂与具有高沸点的溶剂混合制成电极化合物,然后将所述化合物施用于集电器的铜箔等,干燥并挤压成型该化合物,然后在真空中在 50°C 至 250°C 的温度加热该化合物约 2 小时。

[0124] 另外,阴极的电极层可具有 30 至 120  $\mu\text{m}$ 、或 50 至 100  $\mu\text{m}$  的厚度(在集电器的一个表面),阳极的电极层可具有 1 至 100  $\mu\text{m}$ 、或 3 至 70  $\mu\text{m}$  的厚度。如果阴极和阳极满足上述厚度范围,电极材料层确保了足够量的活性材料,因此可以阻止电池容量降低并改善循环特性和倍率特性。

[0125] 另外,隔膜可使用通常用作常规隔膜的多孔聚合物膜,例如由基于聚烯烃的聚合物(如乙烯均聚物、丙烯均聚物、乙烯/丁烯共聚物、乙烯/己烯共聚物和乙烯/甲基丙烯酸酯共聚物)制成的多孔聚合物膜,或其叠层,并且可使用由例如高熔玻璃纤维或聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维制成的多孔无纺纤维,但不限于此。

[0126] 本发明的锂二次电池不限于一种具体的形状,而是可具有圆柱状、棱柱状、袋状或硬币状。

[0127] 在下文中,将通过具体实施例详细阐述本发明。但是,此处所作出的阐述仅是为说明目的的优选实施例,无意于限制本发明的范围,因此应该理解为实施例是为了对本领域普通技术人员提供更明确的解释。

#### [0128] 非水电解质的制备

##### [0129] 实施例 1-1

[0130] 混合 30 体积%的碳酸氟代亚乙酯(FEC)、10 体积%的碳酸亚丙酯(PC)和 60 体积%的碳酸乙基甲酯(EMC)以制备混合液体。此后,基于 100 重量份的制备的混合液体计,再将 2 重量份的 1,3-丙烷磺内酯和 1 重量份的 4-苯基嘧啶(化学式 9)加入其中,然后溶解  $\text{LiPF}_6$  于其中使其具有 1M 的浓度,从而制备了一种非水电解质。

##### [0131] 实施例 1-2

[0132] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质,不同在于使用 2,2'-联嘧啶(化学式 5)替代了 4-苯基嘧啶。

##### [0133] 实施例 1-3

[0134] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质,不同在于使用喹啉(化学式 27)替代了 4-苯基嘧啶。

##### [0135] 实施例 1-4

[0136] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质,不同在于使用 2,2'-联吡啶(化学式 11)替代了 4-苯基嘧啶。

##### [0137] 实施例 1-5

[0138] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质,不同在于使用喹啉(化学式 28)替代了 4-苯基嘧啶。

[0139] 实施例 1-6

[0140] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用异喹啉(化学式 29) 替代了 4- 苯基嘧啶。

[0141] 实施例 1-7

[0142] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.1 重量份的 1, 10- 邻二氮杂菲(化学式 30) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0143] 实施例 1-8

[0144] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.5 重量份的 2, 2'- 联喹啉(化学式 31) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0145] 实施例 1-9

[0146] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.5 重量份的 2- 苯基 -1, 3, 5- 三嗪(化学式 12) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0147] 实施例 1-10

[0148] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.05 重量份的 2, 4, 6- 三苯基 -1, 3, 5- 三嗪(化学式 13) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0149] 实施例 1-11

[0150] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.1 重量份的 2, 4, 6- 三苯氧基 -1, 3, 5- 三嗪(化学式 14) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0151] 实施例 1-12

[0152] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用 0.1 重量份的 2, 4, 6- 吡啶基 -1, 3, 5- 三嗪(化学式 15) 替代了 1 重量份的 4- 苯基嘧啶。

[0153] 对比实施例 1-1

[0154] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于未使用 4- 苯基嘧啶。

[0155] 对比实施例 1-2

[0156] 以与实施例 1-1 相同的方式制备了一种非水电解质, 不同在于使用联苯替代了 4- 苯基嘧啶。

[0157] 锂二次电池的制备

[0158] 实施例 2-1

[0159] 通过使用  $\text{LiCoO}_2$  作为阴极并且天然石墨作为阳极制备了电极, 然后以常规方式注射实施例 1-1 中制备的非水电解质以制备锂二次电池。

[0160] 实施例 2-2

[0161] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池, 不同在于使用了实施例 1-2 中制备的非水电解质。

[0162] 实施例 2-3

[0163] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池, 不同在于使用了实施例 1-3 中制备的非水电解质。

[0164] 实施例 2-4

[0165] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池, 不同在于使用了实施例 1-4 中制备

的非水电解质。

[0166] 实施例 2-5

[0167] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-5 中制备的非水电解质。

[0168] 实施例 2-6

[0169] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-6 中制备的非水电解质。

[0170] 实施例 2-7

[0171] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-7 中制备的非水电解质。

[0172] 实施例 2-8

[0173] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-8 中制备的非水电解质。

[0174] 实施例 2-9

[0175] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-9 中制备的非水电解质。

[0176] 实施例 2-10

[0177] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-10 中制备的非水电解质。

[0178] 实施例 2-11

[0179] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-11 中制备的非水电解质。

[0180] 实施例 2-12

[0181] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了实施例 1-12 中制备的非水电解质。

[0182] 对比实施例 2-1

[0183] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了对比实施例 1-1 中制备的非水电解质。

[0184] 对比实施例 2-2

[0185] 以与实施例 2-1 相同的方式制备锂二次电池,不同在于使用了对比实施例 1-2 中制备的非水电解质。

[0186] 锂二次电池的特性评估

[0187] 高温寿命特性

[0188] 根据实施例 2-1 至 2-12 和对比实施例 2-1 至 2-2 制备的锂二次电池(电池容量 5.5mAh)在 60°C 用 0.7C 的恒定电流充电至 4.35V 然后用 4.35V 的恒定电压充电,然后当充电电流达到 0.275mA 时停止充电过程。此后,锂二次电池留置 10 分钟然后以 0.5C 的恒定电流放电至 3.0V。充电 / 放电循环进行 100 次然后测量电池容量。测量结果显示于图 1 中。此处, C 代表 C- 速率,其为电池的充电 / 放电电流速率,由安培 (A) 表示,并且通常表示为与电池容量之比。换言之,对于上述电池 1C 意味着 5.5mA 的电流。

[0189] 参见图 1, 可以理解为, 与具有不含杂多环化合物的电解质的锂二次电池相比, 具有包含杂多环化合物的非水电解质的锂二次电池在高温下具有优良的寿命特性。

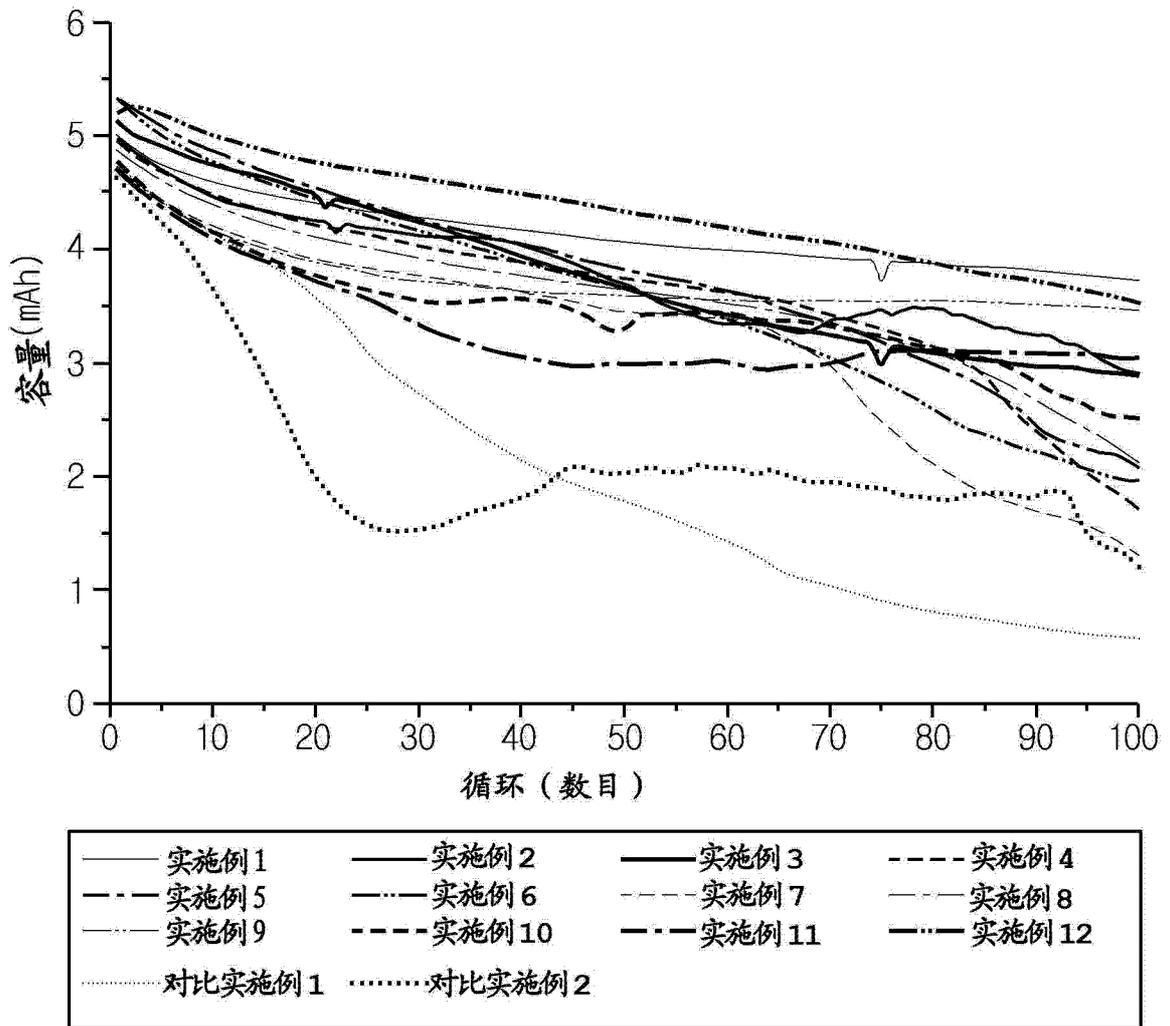


图 1