



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107799827 B

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201710754781.7

(22)申请日 2017.08.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107799827 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(30)优先权数据

15/253951 2016.09.01 US

(73)专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72)发明人 M·蔡 杨黎 戴放

G·V·达德黑奇

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 韦欣华 杨思捷

(51)Int.Cl.

H01M 10/0569(2010.01)

H01M 10/052(2010.01)

(56)对比文件

CN 104241689 A, 2014.12.24,

CN 101640291 A, 2010.02.03,

CN 103682437 A, 2014.03.26,

CN 1973397 A, 2007.05.30,

US 2010248025 A1, 2010.09.30,

US 2013040185 A1, 2013.02.14,

US 2013149596 A1, 2013.06.13,

CN 103250295 A, 2013.08.14,

CN 103443993 A, 2013.12.11,

审查员 李瑞梅

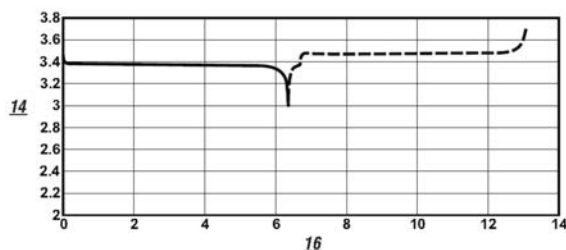
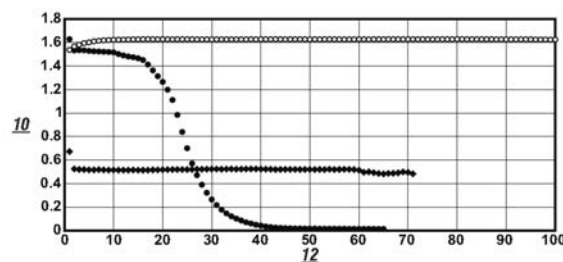
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

作为用于锂金属基负极的电解质助溶剂的
氟化醚

(57)摘要

通过使用合适的锂电解质盐和用于电解质的新液体助溶剂混合物,提高了使用锂金属基负极和相容的锂接受正极的电化学电池的性能和耐用性。该助溶剂混合物包含对锂离子具有传导性的非水性离子液体以及液体氟化有机醚。



1. 一种电化学电池,其包含锂金属负极、含锂或锂接受正极以及非水性液体电解质,所述非水性液体电解质包含溶解在助溶剂中的锂盐,所述助溶剂包含对锂离子具有传导性的离子液体和液体氟化醚,其中所述锂盐为双(氟磺酰基)酰亚胺锂、三氟磺酰亚胺锂和草酸二氟硼酸锂中的一种或多种,并且其中所述离子液体由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子或N-甲基,N-丙基吡咯烷鎓阳离子与双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子或双(三氟甲烷磺酰基)酰亚胺阴离子形成。

2. 根据权利要求1所述的电化学电池,其能够在100次放电和再充电循环的周期内产生至少3.4伏特的电压。

3. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述锂金属负极由沉积在铜箔集流体基底上的锂金属层形成,所述锂金属层的厚度高达一百微米。

4. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述液体氟化醚构成所述离子液体和氟化醚混合物的五至五十体积百分比。

5. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述含锂或锂接受正极为选自自由锂镍锰钴氧化物、锂锰镍氧化物、磷酸铁锂、锂钴氧化物、硫和二硫化锰组成的组的材料。

6. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述离子液体包含选自自由N-乙基-N-甲基哌啶鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、N-丙基-N-甲基哌啶鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、1-丁基-1-甲基吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、1-甲基-1-(2-甲氧基乙基)吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺以及N-丙基-N-甲基吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺组成的组中的一种或多种离子液体。

7. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述氟化醚为正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚,并且其存在的量等于其与所述离子液体的混合物的五至五十体积百分比。

8. 根据权利要求1所述的电化学电池,其中所述氟化醚由1,1,2,2-四氟乙基甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基正丁基醚、1H,1H,2'H,3H-十氟二丙基醚、双(2,2,2-三氟乙基)醚、1,1,2,2-四氟乙基乙基醚、1,1,2,2-四氟乙基2,2,3,3-四氟丙基醚、2,2,3,3,3-五氟丙基二氟甲基醚、2,2,2-三氟乙基1,1,2,2-四氟乙基醚、2,2,3,3-四氟丙基二氟甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基丙基醚、1,1-二氟乙基2,2,2-三氟乙基醚、1,1,2,2-四氟乙基异丙基醚、双(2,2-二氟乙基)醚以及1,1,2,2-四氟乙基异丁基醚中的一种或多种组成。

作为用于锂金属基负极的电解质助溶剂的氟化醚

技术领域

[0001] 采用锂金属负极、相容的活性正极材料和锂离子导电电解质溶液的电池能够在重量(Wh/kg)和体积(Wh/L)规模上提供有利的高能量密度。蓄电池的容量(mAh)和循环寿命得到增加,并且通过使用含锂电解质盐与包含离子液体溶剂组分和液体氟化醚组分的助溶剂的组合,改善了锂负极在蓄电池充电和放电期间的电镀和剥离。

背景技术

[0002] 在说明书的这部分中呈现为背景材料的技术并不一定是现有技术。

[0003] 锂金属由于其低电压电位、其高比容量(3860mAh/g, 2062mAh/ml)以及由此产生的高能量密度而被认为是用于可再充电锂电池的理想负极材料。如 LiC_6 和 $\text{Li}_{3.75}\text{Si}$ 之类的负极材料具有低得多的相关性能。但是,锂金属负极必须结合合适的电解质来发挥作用,并且还必须在它工作的电池的反复循环之后保持其性能。已经使用和研究了锂电解质盐和非水性溶剂的许多不同组合。通常情况下,所得到的电池组合物发挥作用以使得在锂金属负极重复地进行锂电镀和锂剥离时对其加以破坏,并且还影响和削弱该电池的功能。仍然需要一种用于与锂金属负极材料和电解质盐的组合相结合地使用的改进电解质溶剂。

发明内容

[0004] 本发明涉及使用锂金属基负极的电化学电池和蓄电池。根据本发明的实践,将一种或多种锂盐、离子液体和氟化醚或氟化醚的混合物用作助溶剂以形成锂盐电解质的非水性溶液,该非水性溶液与锂金属负极结合使用,以提高电池的循环效率和耐用性。电解质溶液在环境温度(例如25℃)下和在电池或蓄电池的预期操作温度下为液体。

[0005] 锂金属负极可以用于许多不同类型的电池和电池中。它们的使用形式通常是位于用作锂负极集流体的铜箔上的锂金属的薄层沉积物或层压物。这种负极可以例如是圆形硬币的形式,这些圆形硬币可以在电池中与合适的多孔隔膜和类似形状的正极堆叠。在其他单电池或多电池组件中,与薄金属锂层(例如,厚度最多为150μm)一起涂覆在一侧或两侧上的铜箔的薄矩形层可以与类似形状的正极层和插入的多孔隔膜进行堆叠或卷绕。小心地采用由溶解在非水性液体溶剂中的锂盐形成的电解质溶液来渗透组件的多孔结构。当电池正在进行充电时,锂阳离子从正极转移通过电解质溶液并“电镀”在锂金属负极上。当电池放电时,锂阳离子从锂金属负极上“剥离”并通过电解质溶液转移到正极。我们已经发现,电解质及其溶剂的组成在具有锂金属负极的电池或蓄电池的操作中起到了重要的作用。根据本发明的实践,电解质溶液由溶解在助溶剂混合物中的合适锂盐形成,而该助溶剂混合物包含至少离子液体以及液体氟化有机醚或氟化醚的混合物。例如,可以加入其他的非水性溶剂来改变锂金属的固体电解质界面(SEI)或电解质溶液的粘度。

[0006] 作为说明性实例,电解质溶液可以由双(氟磺酰基)酰亚胺锂在N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子和双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子的离子液体与n-丙基,1,1,2,2-四氟乙基醚(该溶剂混合物的10体积%)的混合物中的一摩尔溶液(1M)组成。发现利用离子液体和氟化

醚助溶剂的电解质可以使得使用锂金属负极以及许多不同的相容正极材料中的其中一种材料的锂电池或蓄电池的容量 (mAh) 得到提高且充放电循环寿命得到延长。此外,含氟化醚的电解质助溶剂混合物在电池或蓄电池的充电及放电期间提高了锂金属负极材料的电镀及剥离质量。减少或消除了不希望出现的树突状和/或苔藓状锂沉积物的形成。

[0007] 出于开始对锂金属负极及其电解质的使用进行描述的目的,通常可以参考它们在锂离子电池和电池中的使用,但是,锂金属负极可以与许多类型的锂离子输送电化学电池中的电解质和助溶剂一起使用。

[0008] 通常,可以使用适合于锂电池的正极材料。例如,这些包括锂镍锰钴氧化物 (NMC)、高能形式的NMC、锂锰镍氧化物 (LMNO)、磷酸铁锂 (LFP)、锂钴氧化物、硫和二硫化锰。

[0009] 如上所述,电解质由溶解在非水性离子液体(在本说明书中有时为IL)中的一种或多种锂盐和包含氟化醚的助溶剂组成。助溶剂的各组分在环境温度(例如25℃)和/或电池或电池组的预期操作温度下为液体。一摩尔和更高的锂电解质盐浓度通常是适合于与锂金属负极结合使用。

[0010] 锂盐可以例如是双(氟磺酰基)酰亚胺 ($\text{Li}^+\text{N}^-(\text{SO}_2\text{F})_2$, LiFSI)、三氟磺酰亚胺锂 ($\text{Li}^+\text{N}^-(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$, LiTFSI)、六氟磷酸锂 (LiPF_6)、四氟硼酸锂 (LiBF_4)、双(草酸)硼酸锂 (LiBOB) 和草酰二氟硼酸锂 (LiODFB) 中的一种或多种。

[0011] 助溶剂混合物的离子液体部分(在本说明书中有时为IL)可以例如由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子 (PYR14^+) 或N-甲基,N-丙基吡咯烷鎓阳离子 (PYR13^+) 中的任一种与双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子 (FSI^-) 或双(三氟甲烷磺酰基)酰亚胺阴离子 (TFSI^-) 中的任一种形成。合适的氟化醚的实例是正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚。合适的氟化醚存在于五至五十体积百分比的助溶剂混合物中。下面在本说明书中公开了其他合适的氟化醚。

[0012] 助溶剂混合物还可以包含较小部分(例如,至多约30体积%)的液体碳酸酯,例如氟代碳酸乙烯酯 (FEC)、碳酸甲乙酯 (EMC)、碳酸二乙酯 (DEC) 或碳酸乙烯亚乙酯 (VEC)。例如,可以使用合适量的这些液体添加剂来改变锂金属的固体电解质界面 (FEC和/或VEC) 或电解质溶液的粘度 (EMC和/或DEC)。

[0013] 已经发现,包含作为第一溶剂组分的助溶剂(包含 PYR 14^+ 或 PYR 13^+ (阳离子) 与 FSI^- 或 TFSI^- (阴离子)) 与作为所选锂电解质盐的互补溶剂组分的合适部分的氟化醚的合适组合的电解质组合物使得使用锂金属负极以及许多不同的相容正极材料中的其中一种材料的锂电池或蓄电池的容量 (mAh) 得到提高且循环寿命得到延长。此外,含IL和氟化醚的电解质助溶剂混合物在电池或蓄电池的充电及放电期间提高了锂金属负极材料的电镀及剥离质量。

[0014] 本发明的其它目的和优点将通过考虑其实践的优选实施例的以下实例而变得显而易见。

附图说明

[0015] 图1给出了电化学电池的容量 (mAh, 纵轴, 数字10) 与循环次数 (横轴, 数字12) 的图, 其中所述电化学电池由锂金属负极 (层压在铜箔上的20微米厚的锂层) 和磷酸铁锂 (LiFePO_4) 正极形成, 每个电池使用三种不同电解质中的其中一种。每个这样的循环由电池的放电和电池的再充电组成。

[0016] 第一电解质(实心菱形数据点)由 LiPF_6 在等份的碳酸亚乙酯(EC)和碳酸甲乙酯(EMC)中的1M溶液组成。

[0017] 第二电解质(实心圆数据点)由双(氟磺酰基)酰亚胺锂($\text{Li}^+\text{N}^-(\text{SO}_2\text{F})_2$, LiFSI)在离子液体中的1M溶液组成,其中所述离子液体由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子(PYR14^+)和双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子(FSI^-)形成。

[0018] 第三电解质(空心圆数据点)由双(氟磺酰基)酰亚胺锂($\text{Li}^+\text{N}^-(\text{SO}_2\text{F})_2$, LiFSI)在助溶剂中的1M溶液组成,其中所述助溶剂由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子(PYR14^+)和双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子(FSI^-)再加上10体积百分比的正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚形成。

[0019] 图1下侧的图概括了利用第三电解质助溶剂组合物的Li-LiFePO₄电池的放电(反映放电期间所提供电压的实线)和再充电(反映再充电期间所需电压的虚线)的单个循环的电压(V,纵轴,数字14)与时间(h)(横轴,数字16)。

[0020] 图2的上图给出了锂金属负极(层压在铜箔上的100微米厚的锂层)和使用电解质的锂镍锰钴氧化物($\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$, NMC 111)正极的容量(mAh,纵轴,数字10)与循环次数(横轴,数字12),其中所述电解质由溶解在助溶剂中的双(氟磺酰基)酰亚胺锂($\text{Li}^+\text{N}^-(\text{SO}_2\text{F})_2$, LiFSI)的1M溶液组成,所述助溶剂由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子(PYR14^+)和双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子(FSI^-)再加上十体积百分比的正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚组成。同样地,每个这样的循环由电池的放电和电池的再充电组成。

[0021] 图2的下图概括了利用电解质助溶剂组合物的Li($\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}$)O₂电池的放电循环(反映放电期间所提供电压的实线)和充电循环(反映再充电期间所需电压的虚线)的电压(V,纵轴,数字14)与时间(h,横轴,数字16)。

具体实施方式

[0022] 制备由锂金属负极、两种不同的正极材料中的一种材料、磷酸铁锂(LiFePO_4)和锂镍锰钴氧化物(NMC111)以及锂电解质盐在不同非水性液体溶剂中的不同溶液形成的一组电池,并且测试它们在放电循环及充电循环期间相应的直流电压、电池容量(mAh)和循环寿命。图1和图2中示出了由这些电池的测试获得的数据。

[0023] 图1中所示的电池测试数据是从采用负极组装的电池获得的,所述负极由在10 μm 厚的铜箔上形成的20微米厚的金属锂层形成,并且所述铜箔由具有高导电率的基本上纯铜形成。该电池电源含有由60 μm 厚的磷酸铁锂颗粒多孔层形成的正极,这些颗粒与铝集流体箔(20 μm)树脂粘合。将三种不同的电解质溶液中的一种与锂金属负极和磷酸铁锂正极的组件相结合地使用。在约25 $^{\circ}\text{C}$ 下获得电池测试数据。

[0024] 第一电解质溶液为六氟磷酸锂(LiPF_6)在由等份的碳酸亚乙酯(EC)和碳酸甲乙酯(EMC)形成的溶剂混合物中的一摩尔(1M)溶液。该电解质溶液被认为是用于锂离子电池中的一般标准溶液。

[0025] 制备由双(氟磺酰基)酰亚胺锂(以下称为LiFSI)在离子液体(以下称为I14)中的1M溶液形成的第二溶液,其中所述离子液体由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子和双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子形成。

[0026] 根据本发明的实践制备第三电解质溶液。第三溶液是LiFSI在I14和正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚的混合物中的1M溶液。氟化醚构成助溶剂混合物的10体积%。

[0027] 如上所述,用三种所述的电解质溶液中的一种制备组装的Li-LiFePO₄电池。LiFePO₄正极由90重量%的LiFePO₄粉末、5%的炭黑(用于导电性)和5%的粘合剂(溶解在N-甲基-2-吡咯烷酮中的聚偏二氟乙烯)的混合物组成。将浆料作为均匀的多孔层涂覆到铝集流体箔上。将具有电极材料的涂覆多孔层的电极在100℃下真空干燥过夜。

[0028] 图1的上图中给出的数据概括了其相应的电解质溶液如上述段落中描述的Li-LiFePO₄电池的测定容量(mAh,纵轴)与循环次数(横轴)。具有三种电解质组合物中的一种的每个电池以0.5C的速率在3.0伏特与3.7伏特之间重复放电和再充电。

[0029] 如图1的黑色实心圆的数据点曲线所反映的,具有标准1M LiPF₆-EC:EMC电解质溶液的Li-LiFePO₄电池由于其较低的Li循环能力(大约为77%)而经历少于20次循环。

[0030] 如图1的黑色实心菱形的数据点曲线所反映的,具有1M LiFSI-I14电解质溶液的Li-LiFePO₄电池提供相当低的容量,约为0.5mAh。这被认为是由LiFSI-PYR14⁺FSI⁻溶剂的高粘度(大约为100毫帕秒)导致的。

[0031] 但是,如图1的空心圆的数据点曲线所示,由于正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚的加入而导致的电解质粘度降低以及电解质组合物中氟化醚的互补作用,具有1M LiFSI-I14+氟化醚助溶剂溶液的Li-LiFePO₄电池在至少一百次放电/再充电循环期间都提供高容量(其全部容量的99%)。与使用碳酸酯基电解质溶剂的77%相比,负极上的锂沉积物保持光滑并且没有降低容量的树突和苔藓形状,同时Li/Li⁺循环效率约为99.1%。人们认为,助溶剂的具体组成和它们的粘度都有助于电池的整体高容量和长循环寿命。

[0032] 可以看出,基线电解质(黑色实心圆数据点),1M LiPF₆-EC:EMC在由于其与Li金属的低效率(约77%)而丧失能量产生能力之前仅循环大约二十次。

[0033] 在1M LiFSI-PYR14⁺FSI⁻电解质的实例中,可以看出,与其他电解质配方相比,即使正极负载量是相同的,其容量仍然相当低。1M LiFSI-PYR14⁺FSI⁻电解质的这种低容量至少部分归因于离子液体的高粘度。应认识到,EMC的粘度仅为0.65cP,且EMC与EC的混合物的粘度是相当的。但是,离子液体(PYR14⁺FSI⁻)的粘度为52.7cP,这被认为会对电池的低容量带来不利影响。类似的离子液体(PYR13⁺FSI⁻)的粘度具有类似的高粘度水平。然而,氟化醚(正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚)具有低粘度,与碳酸烷基酯溶剂EC和EMC的粘度相当。氟化醚还有助于改善Li-LiFePO₄电池的电化学功能。从图1中我们可以看出(空心圆数据曲线),与包含氟化醚的溶剂不存在的情况相比,循环性能不仅得到极大地提高,而且也获得了全部容量。

[0034] 图1的下图概括了具有1M LiFSI-I14+氟化醚助溶剂溶液的Li-LiFePO₄电池在其进行放电(实线曲线)且随后立即进行再充电(虚线曲线)时的电压(V)(纵轴14)与时间(h)数据(横轴,16)。可以看出,在放电期间,电池产生约3.4V的稳定电压,并且如预期的那样,在其进行再充电时需要略高的电压。

[0035] 图2中给出的两个图给出了测试组装的Li-Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O₂电池而获得的数据。Li-NMC111电池采用由LiFSI在I14和正丙基-1,1,2,2-四氟乙基醚(10体积%)的混合物中的1M溶液组成的电解质进行组装。

[0036] 图2的上图中给出的数据概括了其电解质溶液如上述段落中描述的Li-Li-NMC111电池的测定容量(mAh,纵轴,数字10)与循环次数(横轴,数字12)。NMC111正极由90重量%的Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O₂粉末、5%的炭黑(用于导电性)和5%的粘合剂(溶解在N-甲基-2-吡咯烷酮中的聚偏二氟乙烯)的混合物组成。将浆料作为均匀的多孔层涂覆到铝集流体箔上。将

具有电极材料的涂覆多孔层的电极在100℃下真空干燥过夜。

[0037] 正如相对于图1上图的数据呈现而描述的那样进行测试。具有1M LiFSI-I14+10%的氟化醚电解质的Li-Li (Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}) O₂电池的耐用性和性能被认为是表现得很好。

[0038] 图2的下图概括了利用电解质助溶剂组合物的Li-Li (Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}) O₄电池的放电和充电循环的电压(V,纵轴,数字14)与时间(h,横轴,16)。可以看出,在放电期间,电池在六小时的放电周期内产生从约4.2V缓慢下降至约3.5V的电压。同样地,在充电期间,电池需要稳定增加的电位。电池以C/5的速率放电并以C/15的速率充电。

[0039] 如以上在一些具体说明中所描述的,助溶剂混合物的离子液体部分可以例如由N-甲基,N-丁基吡咯烷鎓阳离子(PYR14⁺)或N-甲基,N-丙基吡咯烷鎓阳离子(PYR13⁺)中的任一种与双(氟磺酰基)酰亚胺阴离子(FSI⁻)或双(三氟甲烷磺酰基)酰亚胺阴离子(TFSI⁻)中的任一种形成。以下离子液体也适用于本发明的实施例:N-乙基-N-甲基哌啶鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、N-丙基-N-甲基哌啶鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、1-丁基-1-甲基吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺、1-甲基-1-(2-甲氧基乙基)吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺以及N-丙基-N-甲基吡咯烷鎓双(氟磺酰基)酰亚胺。

[0040] 此外,另外的氟化醚也适用于本发明的实施例。氟化醚包括:1,1,2,2-四氟乙基2,2,3,3-四氟丙基醚、1,2,2,2-四氟乙基甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基正丁基醚、1H,1H,2'H,3H-十氟二丙基醚、双(2,2,2-三氟乙基)醚、1,1,2,2-四氟乙基乙基醚、2,2,3,3,3-五氟丙基二氟甲基醚、2,2,2-三氟乙基1,1,2,2-四氟乙基醚、2,2,3,3-四氟丙基二氟甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基丙基醚、1,1-二氟乙基2,2,2-三氟乙基醚、1,1,2,2-四氟乙基异丙基醚、双(2,2-二氟乙基)醚以及1,1,2,2-四氟乙基异丁基醚。

[0041] 因此,通过使用由一种或多种溶解在包含非水性离子液体和氟化醚的助溶剂中的锂盐组成的电解质,采用锂金属负极和相容正极材料的电化学电池或电池组的性能得到明显地提高。负极和正极件可以形成为许多已知结构和形状中的任一种。在蓄电池中可以使用由薄的多孔隔膜层间隔开的单个面向型负极和正极。如本说明书所述,多孔隔膜层以及负极和正极材料被电解质溶液渗透或以其他方式与电解质溶液产生接触。或者,蓄电池可以由被多孔隔膜间隔开的一组交替的负极和正极形状形成,由,其中所述组进行堆叠或卷绕或者以其它方式构造成期望的结构。如上所述,所得到的锂金属负极与互补正极的组件被本说明书和本发明的电解质溶液渗透,或者以其他方式被其湿润。

[0042] 借助不旨在限制所要求保护的发明的范围的说明性实例来描述本发明。

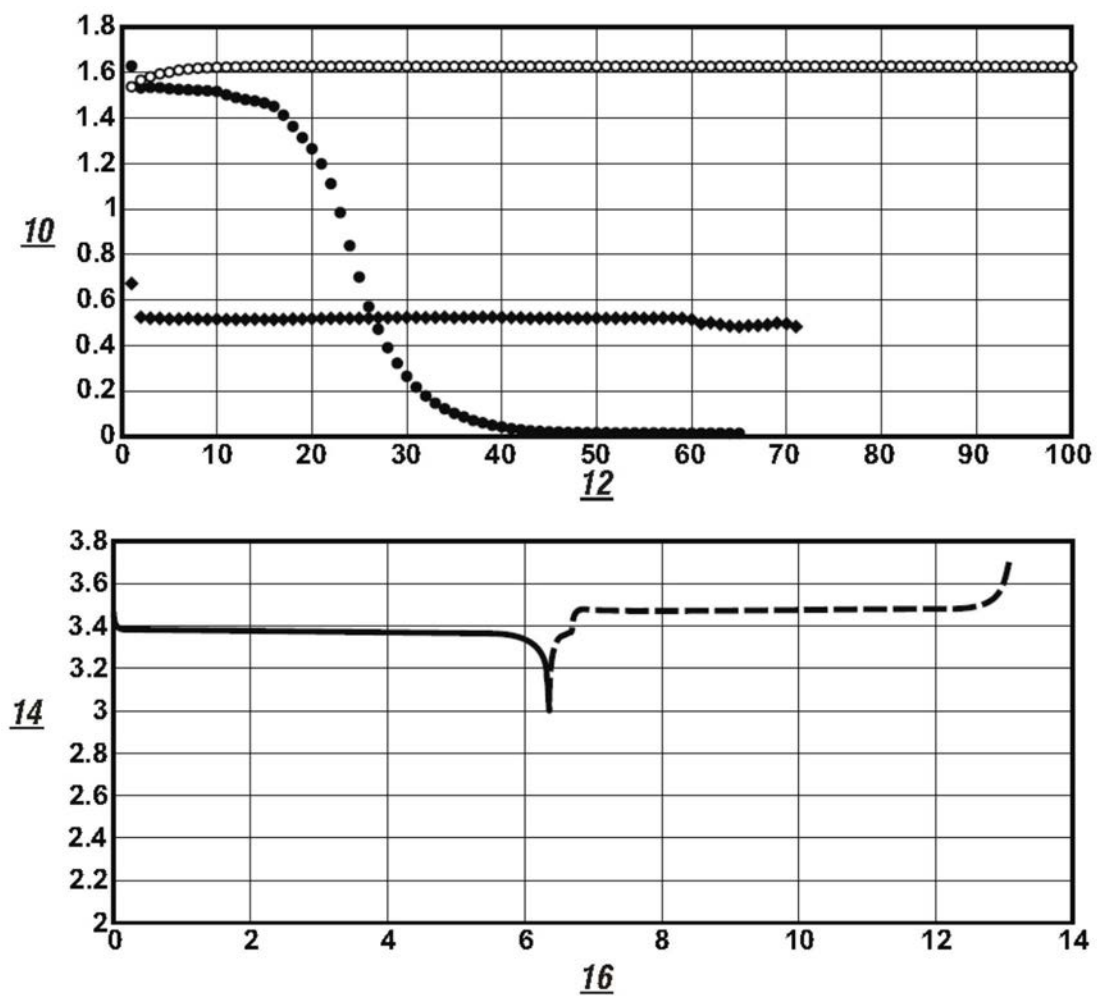


图1

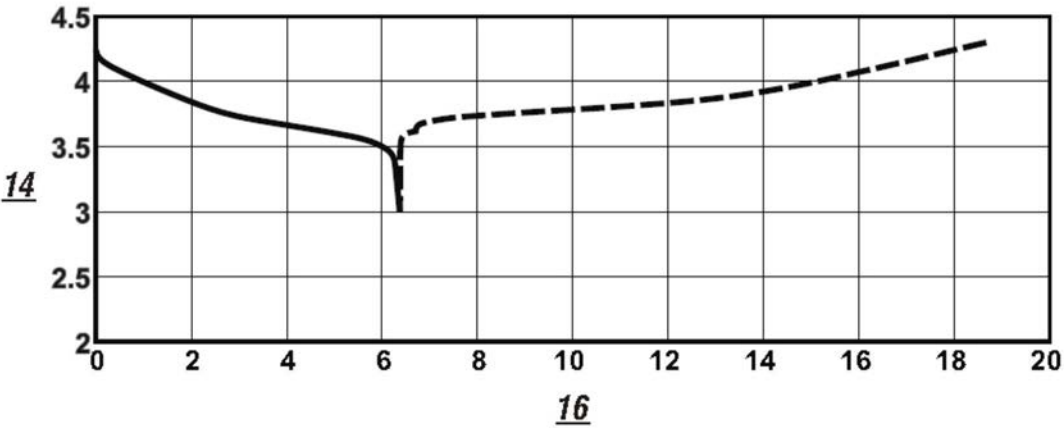
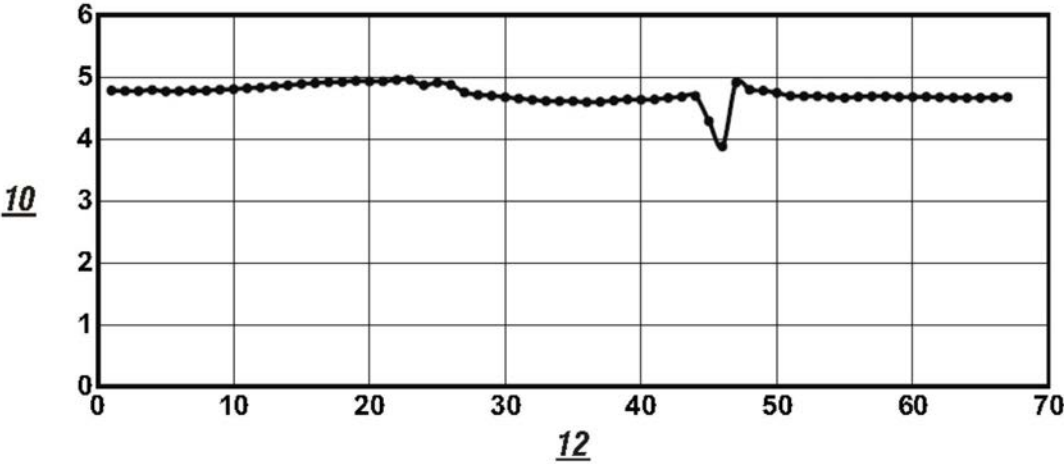


图2