



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103018566 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201210483756. 7

(22) 申请日 2012. 11. 26

(71) 申请人 力神迈尔斯动力电池系统有限公司  
地址 300384 天津市西青区滨海高新技术产业  
业开发区华苑科技园(环外)海泰南道  
38 号

(72) 发明人 张智贤 阴育新 门鹏

(74) 专利代理机构 天津市三利专利商标代理有  
限公司 12107

代理人 闫俊芬

(51) Int. Cl.

G01R 27/14(2006. 01)

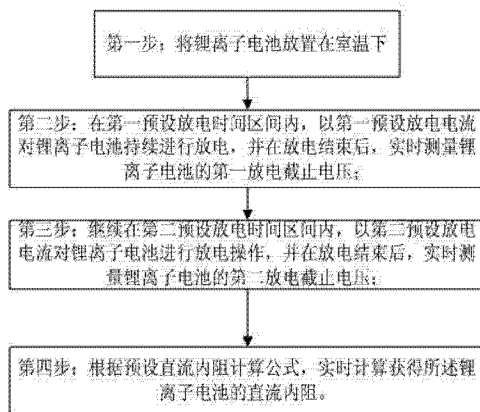
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种锂离子电池直流内阻测试方法及电池筛  
选方法

(57) 摘要

本发明公开了一种锂离子电池直流内阻测试  
方法,包括步骤:第一步:将锂离子电池放置在室  
温下;第二步:在第一预设放电时间区间内,以第  
一预设放电电流  $I_1$  对电池持续进行放电,并在放  
电结束后,实时测量电池的第一放电截止电压  $U_1$ ;  
第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第  
二预设放电电流  $I_2$  对电池进行放电操作,并在放  
电结束后,实时测量电池的第二放电截止电压  $U_2$ ;  
第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算  
获得所述电池的直流内阻。本发明还公开了一种  
锂离子电池筛选方法。本发明公开的一种锂离子  
电池直流内阻测试方法及电池筛选方法,其可方  
便快捷地对电池的直流内阻进行检测,有利于提  
高对电池直流内阻的检测效率,降低检测成本。



1. 一种锂离子电池直流内阻测试方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步:将锂离子电池放置在室温下;

第二步:在第一预设放电时间区间内,以第一预设放电电流  $I_1$  对锂离子电池持续进行放电,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第一放电截止电压  $U_1$ ;

第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第二预设放电电流  $I_2$  对锂离子电池进行放电操作,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第二放电截止电压  $U_2$ ;

第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算获得所述锂离子电池的直流内阻。

2. 如权利要求 1 所述的测试方法,其特征在于,所述第一步中的所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 为 30~70%。

3. 如权利要求 1 所述的测试方法,其特征在于,所述第一预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围 0.2~1C。

4. 如权利要求 1 所述的测试方法,其特征在于,所述第二预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围为 3~10C。

5. 如权利要求 1 所述的测试方法,其特征在于,所述预设直流内阻的计算公式具体为:

$$\text{直流内阻 } R_{DCR} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}。$$

6. 一种锂离子电池筛选方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步:将多个锂离子电池放置在室温下;

第二步:在第一预设放电时间区间内,以第一预设放电电流  $I_1$  对多个锂离子电池分别持续进行放电,并在放电结束后,实时测量每个锂离子电池的第一放电截止电压  $U_1$ ;

第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第二预设放电电流  $I_2$  对锂离子电池分别进行放电操作,并在放电结束后,实时测量每个锂离子电池的第二放电截止电压  $U_2$ ;

第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算获得每个所述锂离子电池的直流内阻;

第五步:计算所有锂离子电池直流内阻的电阻平均值,然后将该电阻平均值与每个锂离子电池的直流内阻进行比较;

第六步:对于任意一个锂离子电池,如果该锂离子电池的直流内阻大于或者小于所述电阻平均值的预设百分比时,判断该锂离子电池为异常电池,直到所有锂离子电池的直流内阻都与所述平均值比较完毕为止。

7. 如权利要求 6 所述的锂离子电池筛选方法,其特征在于,所述第一步中的所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 为 30~70%。

8. 如权利要求 6 所述的测试方法,其特征在于,所述第一预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围 0.2~1C。

9. 如权利要求 6 所述的测试方法,其特征在于,所述第二预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围为 3~10C。

10. 如权利要求 6 所述的锂离子电池筛选方法,其特征在于,所述预设直流内阻的计算公式具体为:

直流内阻  $R_{DCM} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}$ 。

## 一种锂离子电池直流内阻测试方法及电池筛选方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电池技术领域,特别是涉及一种锂离子电池直流内阻测试方法及电池筛选方法。

### 背景技术

[0002] 自 20 世纪 90 年代初实现商品化以来,锂离子电池已经广泛应用到 3G 领域、电动车(EV)和混合型电动车(HEV)市场领域、军事及空间技术等领域。锂离子电池具有电压高、比能量高、循环性能好和环境友好等优势,而且与金属锂二次电池相比,锂离子电池在安全性能方面也有了很大的提高。但是,锂离子电池在实际应用中仍然存在较多安全问题。例如在电池制造过程中,很容易出现注液量不足,电池漏液,电池内部析锂,极片接带、断带等异常现象,带有这些异常的电池一旦流入正常的应用领域,将会带来无穷的安全隐患。

[0003] 对于锂离子电池,其内阻是锂离子电池的一个重要参数,能很好的表示锂离子电池的状态。锂离子电池的内阻包括欧姆内阻和极化内阻两种:欧姆内阻是由电极材料、电解液、隔膜电阻及各部分零件的接触电阻组成;极化内阻是正极与负极在进行电化学反应时极化(极化是当电流通过时,电极电位偏离标准电极电位的现象)所引起的内阻,是电化学极化和浓差极化所引起的电阻之和。在电池生产和测试中,欧姆内阻又称交流内阻,欧姆内阻与极化内阻之和称为直流内阻。

[0004] 交流内阻是通过给电池施加一个固定频率和固定电流(目前一般使用 1kHz 频率、50mA 小电流),然后对其电压进行采样,经过整流、滤波等一系列处理后通过运放电路计算出该电池的内阻值。

[0005] 目前,现有的一种电池直流内阻测试方法为:电池充满电后,以  $0.2C$  ( $C$  为电池实际容量)大小的电流放电 10s,测量电池的电压和电流,分别记录为电压  $U_1$  和电流  $I_1$ ;然后以  $1C$  放电 1s,此时测量电池的电压,分别记录为电压  $U_2$  和电流  $I_2$ ,则计算该电池的直流内阻为:

$$R_{DCR} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}$$

但是,在锂离子电池的实际生产中,在直流内阻测试之后,电池往往要经过运输或中长期保存,满电状态不利于电池的运输或中长期保存,因此,如果采用上述现有的测量电池直流内阻的方法,则需要对充满电的电池再进行放电,因此增加了电池的生产工序,增加了电池的生产成本。

[0006] 另外,对于放电电流  $I_2$ ,其目的是使电池产生较大的极化,依此评价电池工作状态, $1C$  的电流较小,不利于电池产生较大的极化,因此对于现有测量电池直流内阻的方法,其难以反映电池真正的工作状态,从而无法真实反映电池内部的异常状态。

[0007] 因此,目前迫切需要开发出一种方法,其可以方便快捷地对锂离子电池的直流内阻进行检测,有利于显著提高对锂离子电池直流内阻的检测效率,降低检测成本。

## 发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种锂离子电池直流内阻测试方法及电池筛选方法,其可以方便快捷地对锂离子电池的直流内阻进行检测,有利于显著提高对锂离子电池直流内阻的检测效率,降低检测成本,进而降低了电池组的生产成本,有利于提高电池生产厂家产品的市场应用前景,具有重大的生产实践意义。

[0009] 为此,本发明提供了一种锂离子电池直流内阻测试方法,包括以下步骤:

第一步:将锂离子电池放置在室温下;

第二步:在第一预设放电时间区间内,以第一预设放电电流  $I_1$  对锂离子电池持续进行放电,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第一放电截止电压  $U_1$ ;

第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第二预设放电电流  $I_2$  对锂离子电池进行放电操作,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第二放电截止电压  $U_2$ ;

第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算获得所述锂离子电池的直流内阻。

[0010] 其中,所述第一步中的所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 为 30~70%。

[0011] 其中,所述第一预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围 0.2~1C。

[0012] 其中,所述第二预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围为 3~10C。

[0013] 其中,所述预设直流内阻的计算公式具体为:

$$\text{预设直流内阻 } R_{DCM} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}。$$

[0014] 此外,本发明还提供了一种锂离子电池筛选方法,包括以下步骤:

第一步:将多个锂离子电池放置在室温下;

第二步:在第一预设放电时间区间内,以第一预设放电电流  $I_1$  对多个锂离子电池分别持续进行放电,并在放电结束后,实时测量每个锂离子电池的第一放电截止电压  $U_1$ ;

第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第二预设放电电流  $I_2$  对锂离子电池分别进行放电操作,并在放电结束后,实时测量每个锂离子电池的第二放电截止电压  $U_2$ ;

第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算获得每个所述锂离子电池的直流内阻;

第五步:计算所有锂离子电池直流内阻的电阻平均值,然后将该电阻平均值与每个锂离子电池的直流内阻进行比较;

第六步:对于任意一个锂离子电池,如果该锂离子电池的直流内阻大于或者小于所述电阻平均值的预设百分比时,判断该锂离子电池为异常电池,直到所有锂离子电池的直流内阻都与所述平均值比较完毕为止。

[0015] 其中,所述第一步中的所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 为 30~70%。

[0016] 其中,所述第一预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围 0.2~1C。

[0017] 其中,所述第二预设放电时间区间的取值范围为 2~10 秒;所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围为 3~10C。

[0018] 其中,所述预设直流内阻的计算公式具体为:

$$\text{直流内阻 } R_{DCR} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}。$$

[0019] 由以上本发明提供的技术方案可见,与现有技术相比较,本发明提供了一种锂离子电池直流内阻测试方法,其可以方便快捷地对锂离子电池的直流内阻进行检测,有利于显著提高对锂离子电池直流内阻的检测效率,降低检测成本,进而降低了电池组的生产成本,有利于提高电池生产厂家产品的市场应用前景,具有重大的生产实践意义。

[0020] 此外,本发明提供的一种锂离子电池筛选方法,其可以对多个锂离子电池,根据检测获得的多个锂离子电池的直流内阻,筛选出性能异常的锂离子电池,避免不良电池配组到电池组中,进而提高锂离子电池组的使用寿命和安全性。

### 附图说明

[0021] 图1为本发明提高的一种锂离子电池直流内阻测试方法的流程图;

图2为本发明提供的一种锂离子电池筛选方法的流程图;

图3为本发明提供的一种锂离子电池直流内阻测试方法具体实施例中所选择的锂离子电池的结构示意图;

图4为本发明提供的一种锂离子电池直流内阻测试方法具体实施例所测量的多个锂离子电池分别具有的直流内阻数值示意图;

图3中,11为正极集流体,12为正极物质层,13为正极耳,21为负极集流体,22为负极物质层,23为负极耳,30为隔膜。

### 具体实施方式

[0022] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面结合附图和实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0023] 参见图1,本发明提供了一种锂离子电池直流内阻测试方法,其可以方便快捷地对锂离子电池的直流内阻进行检测,具体包括以下步骤:

第一步:将锂离子电池放置在室温下(例如 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 温度);

第二步:在第一预设放电时间区间内,以第一预设放电电流 $I_1$ 对锂离子电池持续进行放电,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第一放电截止电压 $U_1$ ;

第三步:继续在第二预设放电时间区间内,以第二预设放电电流 $I_2$ 对锂离子电池进行放电操作,并在放电结束后,实时测量锂离子电池的第二放电截止电压 $U_2$ ;

第四步:根据预设直流内阻计算公式,实时计算获得所述锂离子电池的直流内阻。

[0024] 在本发明中,需要说明的是,直流内阻表示电池工作时候的总内阻,是欧姆内阻和极化内阻之和。对于直流电阻,其是给电池通过一个较大的电流,使其产生极化,从而计算出极化内阻与欧姆内阻之和,即电池工作的总内阻。对于锂离子电池,当大电流通过时,电池内部的一些轻微异常(接触较好的接带,极耳焊接不良,大面积死区等)就可以通过极化状态表现出来。因此直流内阻可以很灵敏地表示锂离子电池的工作状态。

[0025] 对于本发明,对锂离子电池直流内阻的测量采用两步放电法,第一步放电采用小电流放电使电池达到一个比较稳定的状态,第二步采用大电流放电使电池产生较大的极化。考虑到大电流放电对电池的伤害和测试设备及工装的承受能力,在测量直流内阻时要

采用适中的测试电流。过小则不容易使电池产生可识别电池内部状态的极化；过大则会损伤电池，测试结果也会受测试设备及工装的影响。

[0026] 在本发明中，在第一步中，所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 优选为 30~70%。

[0027] 在本发明中，在第二步中，所述第一预设放电时间区间的取值范围可以根据用户的需要预先进行设定，优选为 2~10 秒；所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围也可以根据用户的需要预先进行设定，优选为 0.2~1C（C 为电池实际容量）。

[0028] 在本发明中，在第三步中，所述第二预设放电时间区间的取值范围可以根据用户的需要预先进行设定，优选为 2~10 秒；所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围也可以根据用户的需要预先进行设定，优选为 3~10C（C 为电池实际容量）。

[0029] 在本发明中，在第四步中，所述预设直流内阻  $R_{DCR}$  的计算公式具体为：

$$R_{DCR} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}, \text{单位为 } \Omega。$$

[0030] 因此，根据所述预设直流内阻  $R_{DCR}$  的计算公式，本发明可以方便、快捷地计算获得锂离子电池的直流内阻。

[0031] 参见图 2，基于图 1 所示本发明提供的一种锂离子电池直流内阻测试方法，如上所述，鉴于直流内阻可以很灵敏地表示锂离子电池的工作状态，因此，本发明还提供了一种锂离子电池的筛选方法，用于对多个锂离子电池进行筛选，筛选出性能异常的电池，从而让性能一致的电池组成电池组，保证所装配的电池组的使用寿命和安全性能。该方法具体包括以下步骤：

第一步：将多个锂离子电池放置在室温下（例如 20° ~30° 温度）；

第二步：在第一预设放电时间区间内，以第一预设放电电流  $I_1$  对多个锂离子电池分别持续进行放电，并在放电结束后，实时测量每个锂离子电池的第一放电截止电压  $U_1$ ；

第三步：继续在第二预设放电时间区间内，以第二预设放电电流  $I_2$  对锂离子电池分别进行放电操作，并在放电结束后，实时测量每个锂离子电池的第二放电截止电压  $U_2$ ；；

第四步：根据预设直流内阻计算公式，实时计算获得每个所述锂离子电池的直流内阻；

第五步：计算所有锂离子电池直流内阻的电阻平均值，然后将该电阻平均值与每个锂离子电池的直流内阻进行比较；

第六步：对于任意一个锂离子电池，如果该锂离子电池的直流内阻大于或者小于所述电阻平均值的预设百分比时，判断该锂离子电池为异常电池，直到所有锂离子电池的直流内阻都与所述平均值比较完毕为止。

[0032] 在本发明中，需要说明的是，直流内阻表示电池工作时候的总内阻，是欧姆内阻和极化内阻之和。对于直流电阻，其是给电池通过一个较大的电流，使其产生极化，从而计算出极化内阻与欧姆内阻之和，即电池工作的总内阻。对于锂离子电池，当大电流通过时，电池内部的一些轻微异常（接触较好的接带，极耳焊接不良，大面积死区等）就可以通过极化状态表现出来。因此直流内阻可以很灵敏地表示锂离子电池的工作状态。

[0033] 对于本发明，对锂离子电池直流内阻的测量采用两步放电法，第一步放电采用小电流放电使电池达到一个比较稳定的状态，第二步采用大电流放电使电池产生较大的极

化。考虑到大电流放电对电池的伤害和测试设备及工装的承受能力,在测量直流内阻时要采用适中的测试电流。过小则不容易使电池产生可识别电池内部状态的极化;过大则会损伤电池,测试结果也会受测试设备及工装的影响。

[0034] 在本发明中,在第一步中,每个所述锂离子电池的电池荷电状态 SOC 优选为 30~70%。

[0035] 在本发明中,在第二步中,所述第一预设放电时间区间的取值范围可以根据用户的需要预先进行设定,优选为 2~10 秒;所述第一预设放电电流  $I_1$  的取值范围也可以根据用户的需要预先进行设定,优选为 0.2~1C (C 为电池实际容量)。

[0036] 在本发明中,在第三步中,所述第二预设放电时间区间的取值范围可以根据用户的需要预先进行设定,优选为 2~10 秒;所述第二预设放电电流  $I_2$  的取值范围也可以根据用户的需要预先进行设定,优选为 3~10C (C 为电池实际容量)。

[0037] 在本发明中,在第四步中,所述预设直流内阻  $R_{DCM}$  的计算公式具体为:

$$R_{DCM} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}, \text{单位 } \Omega。$$

[0038] 因此,根据所述预设直流内阻  $R_{DCM}$  的计算公式,本发明可以方便、快捷地计算获得锂离子电池的直流内阻。

[0039] 在本发明中,在第六步中,所述电阻平均值的预设百分比可以根据用户的需要预先进行设定,例如可以为 20% 的电阻平均值。对于一个锂离子电池,如果其直流电阻值大于或者小于所述电阻平均值的预设百分比,这时说明这个锂离子电池的直流内阻测试结果离散于正常电池测试数据分布之外,这个锂离子电池是内部状态异常的电池。

[0040] 在本发明中,所述锂离子电池优选为单极耳卷绕式电池,该单极耳卷绕式电池可以是单极组也可以是多极组,其中的每个极组的正负极都各自只有一条电子导电的通道,即单极耳,当电池中极耳连接异常或是极片接带等异常现象出现时,电子导电的通道就会被部分或完全阻隔,从而表现出电池在工作时出现较大的极化现象,这可以从直流内阻数据中很好的表现出来,因此可以根据电池直流内阻的数据来检测筛选出性能异常的电池。

[0041] 因此,由上述技术方案可知,对于本发明提供的锂离子电池直流内阻测试方法,其一方面可以在不影响电池性能的前提下准确测量电池的直流内阻数据,实现直流内阻测试全检,反映电池工作状态;另一方面可以准确的挑选内部状态异常的电池,避免不良品流入下道工序,保证让电池直流内阻一致的性能一致的多个电池组装形成电池组,保证所组装电池组的使用寿命和安全性。

[0042] 下面通过具体实施例来说明本发明的技术方案。

## 实施例

[0043] 一种以磷酸铁锂为正极材料体系的单极耳卷绕式锂离子电池,其结构如图 3 所示,所述锂离子电池包括正极片和负极片,所述正极片和负极片之间具有隔膜 30。其中,所述正极片包括有一个正极集流体 11,所述正极集流体 11 表面涂布有一层正极物质层 12,所述正极物质层 12 与一个正极耳 13 相连接,所述正极集流体可以为铝箔,所述正极物质层的材料可以为磷酸铁锂。所述负极片包含有一个负极集流体 21,所述负极集流体 21 表面涂布



有一层负极物质层 22,所述负极物质层 22 的材质可以为包含天然石墨、人造石墨和中间相碳微球中的至少一种,所述负极物质层 22 与一个负极耳 23 相连接。

[0044] 对于本实施例的锂离子电池,在测量该电池直流内阻时,使电池保持 30% 的电池荷电 SOC 状态,控制稳定的室温条件对电池进行直流内阻测试。具体测试流程为:让电池休眠 2s;然后以 0.3C ( $I_1$ ) 大小的电流放电 5s,记录放电截止电压  $U_1$ ;然后以 3C ( $I_2$ ) 大小电流放电 2s,记录放电截止电压  $U_2$ ;休眠 5s 结束。通过公式计算电池的直流内阻  $R_{DCIR}$  为:

$$R_{DCIR} = \frac{|U_2 - U_1|}{|I_2 - I_1|}, \text{单位为 } \Omega;$$

测试结果如表 1 和图 4 所示。多个以磷酸铁锂为正极材料体系的单极耳卷绕式锂离子电池的直流内阻测试结果如下面表 1 所示:

表 1

电池编号	$R_{DCIR}/m\Omega$	电池编号	$R_{DCIR}/m\Omega$	电池编号	$R_{DCIR}/m\Omega$	电池编号	$R_{DCIR}/m\Omega$
1	5.94	11	6.04	21	5.9	31	5.94
2	5.99	12	6.06	22	6.05	32	5.93
3	6.7	13	5.94	23	5.91	33	6.1
4	6.03	14	5.96	24	5.85	34	6.04
5	5.93	15	6.09	25	6.05	35	6.05
6	5.87	16	5.92	26	6	36	6.06
7	6.06	17	6.08	27	5.87	37	5.87
8	5.92	18	6.04	28	5.91	38	5.94
9	5.92	19	6.08	29	5.84	39	5.96
10	5.86	20	6.09	30	5.95	40	5.95

由表 1、图 4 的直流内阻测试结果所示,该锂离子电池的直流内阻多分布在 6.0m $\Omega$  左右(即为电池平均值),编号为 3 的电池直流内阻值明显离散于正常电池直流内阻值分布,可以判断其为异常电池。

[0045] 综上所述,与现有技术相比较,本发明提供一种锂离子电池直流内阻测试方法,其可以方便快捷地对锂离子电池的直流内阻进行检测,有利于显著提高对锂离子电池直流内阻的检测效率,降低检测成本,进而降低了电池组的生产成本,有利于提高电池生产厂家产品的市场应用前景,具有重大的生产实践意义。

[0046] 此外,本发明提供一种锂离子电池筛选方法,其可以对多个锂离子电池,根据检测获得的多个锂离子电池的直流内阻,筛选出性能异常的锂离子电池,避免不良电池配组到电池组中,进而提高锂离子电池组的使用寿命和安全性。

[0047] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

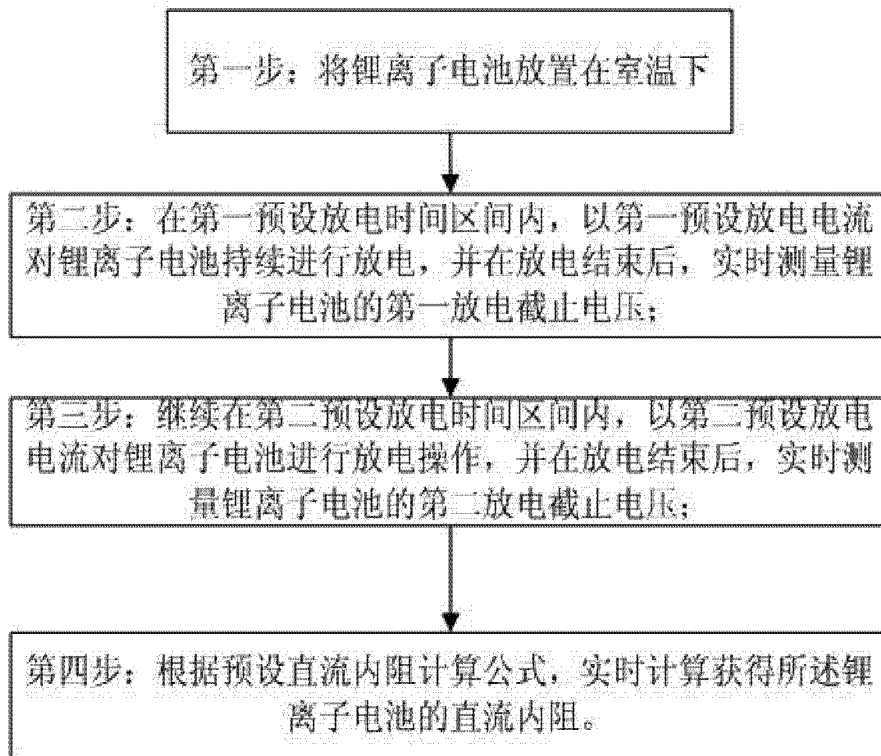


图 1

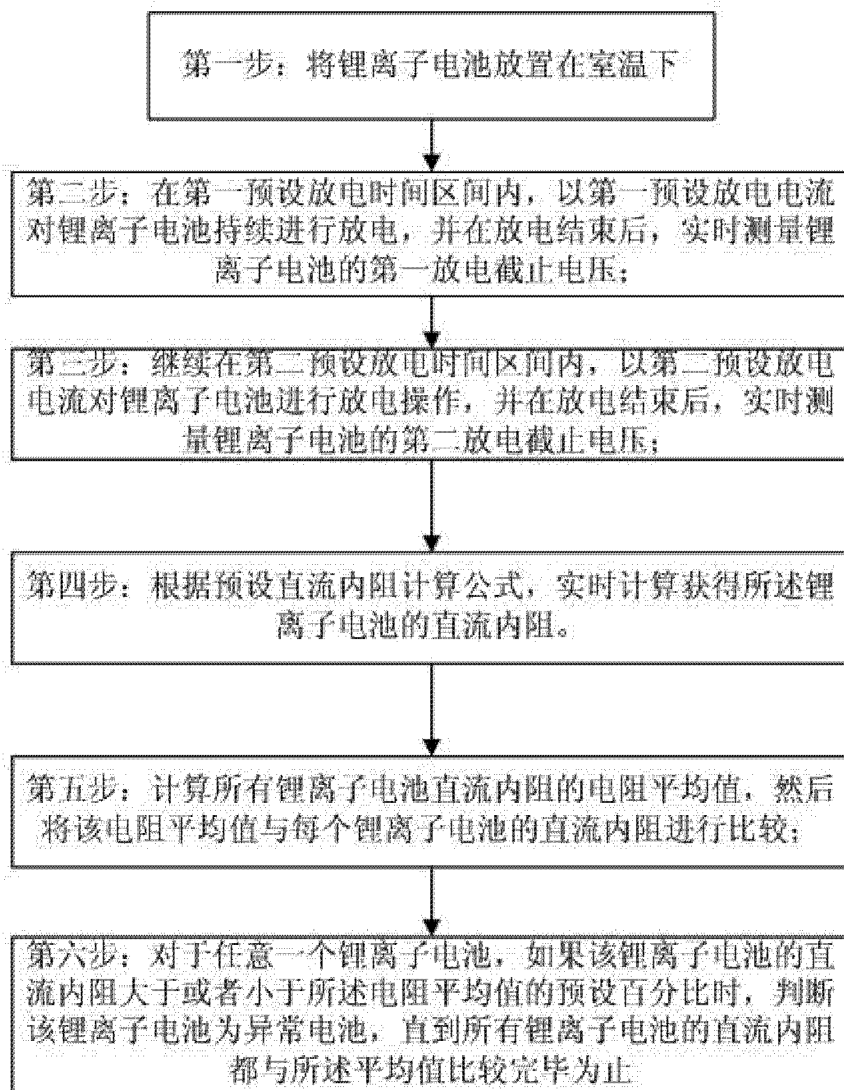


图 2

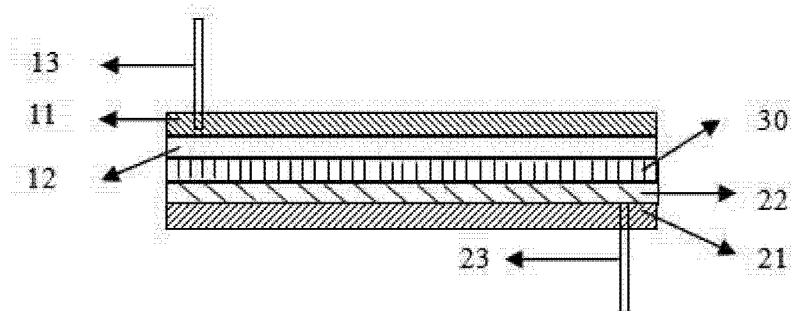


图 3

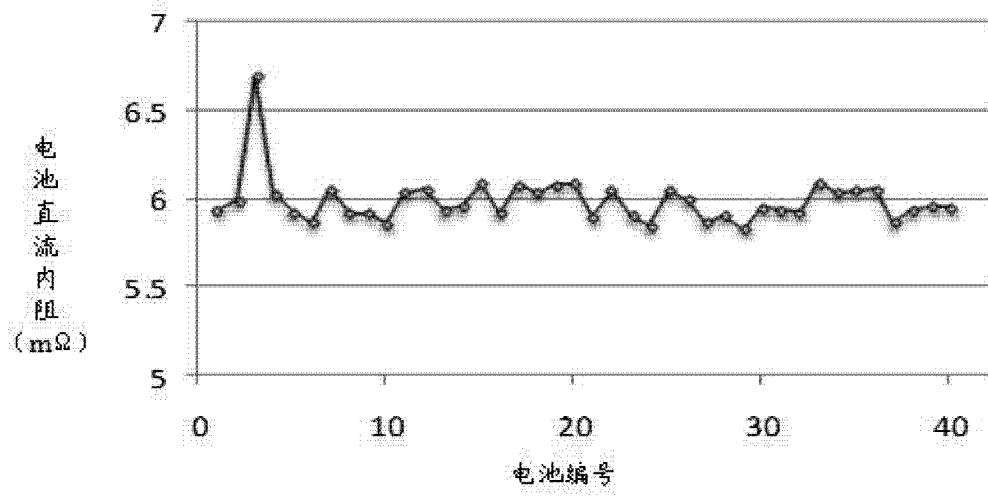


图 4