

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 9 月 8 日 (08.09.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/147741 A1

(51) 国际专利分类号:

H01M 10/44 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2016/074806

(22) 国际申请日:

2016 年 2 月 29 日 (29.02.2016)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(71) 申请人: 东莞新能源科技有限公司 (DONGGUAN AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。 宁德新能源科技有限公司 (NING-DE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 骆福平 (LUO, Fuping); 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。 张莹 (ZHANG, Ying); 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。 王蒙蒙 (WANG, Mengmeng); 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。 王升威

(WANG, Shengwei); 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。 方占召 (FANG, Zhanzhao); 中国广东省东莞市松山湖科技产业园区, Guangdong 523808 (CN)。

(74) 代理人: 北京汇思诚知识产权代理有限公司 (BEIJING UNI-INTEL PATENT AND TRADEMARK OFFICE); 中国北京市海淀区高粱桥斜街 59 号中坤大厦 1105 室, Beijing 100044 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA,

[见续页]

(54) Title: LITHIUM ION BATTERY CHARGING METHOD

(54) 发明名称: 锂离子电池充电方法

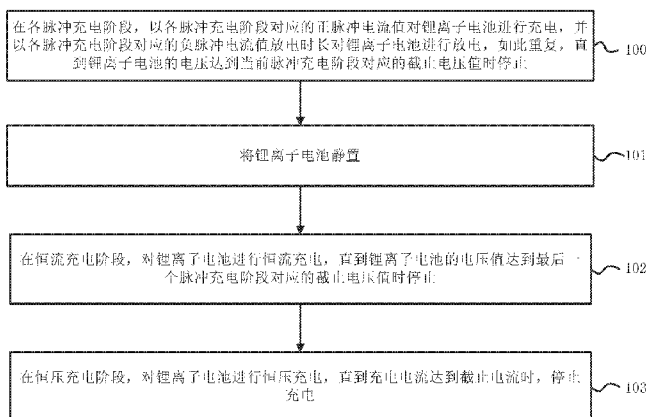


图 2

- 100 AT VARIOUS PULSE CHARGING STAGES, CHARGING A LITHIUM ION BATTERY WITH POSITIVE PULSE CURRENT VALUES CORRESPONDING TO VARIOUS PULSE CHARGING STAGES, AND DISCHARGING THE LITHIUM ION BATTERY WITH A DISCHARGING TIME OF NEGATIVE PULSE CURRENT VALUES CORRESPONDING TO THE VARIOUS PULSE CHARGING STAGES, REPEATING IN THIS WAY, AND STOPPING WHEN A VOLTAGE OF THE LITHIUM ION BATTERY REACHES A CUT-OFF VOLTAGE VALUE CORRESPONDING TO A CURRENT PULSE CHARGING STAGE
- 101 SETTLING THE LITHIUM ION BATTERY
- 102 AT A CONSTANT CURRENT CHARGING STAGE, CHARGING THE LITHIUM ION BATTERY WITH A CONSTANT CURRENT, AND STOPPING WHEN A VOLTAGE VALUE OF THE LITHIUM ION BATTERY REACHES A CUT-OFF VOLTAGE VALUE CORRESPONDING TO THE LAST PULSE CHARGING STAGE
- 103 AT A CONSTANT VOLTAGE CHARGING STAGE, CHARGING THE LITHIUM ION BATTERY WITH A CONSTANT VOLTAGE, AND STOPPING CHARGING WHEN A CHARGING CURRENT REACHES A CUT-OFF CURRENT

(57) Abstract: Provided is a lithium ion battery charging method. The method comprises: at various pulse charging stages, charging a lithium ion battery in a positive and negative pulse current alternating manner, and stopping charging when the voltage of the lithium ion battery reaches a cut-off voltage value corresponding to a current pulse charging stage. Positive pulse current values corresponding to the various pulse charging stages gradually reduce, cut-off voltage values corresponding to the various pulse charging stages gradually increase, and negative pulse current values corresponding to the various pulse charging stages are less than positive pulse current values corresponding to corresponding pulse charging stages. The technical solution provided in the present invention can improve the anode lithium analysis phenomenon, and also improve the speed of charging a lithium ion battery.

(57) 摘要: 本发明提供一种锂离子电池充电方法, 该方法中, 在各脉冲充电阶段, 以正负脉冲电流交替的方式对锂离子电池进行充电, 直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止充电。各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小, 各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大, 且各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值小于相应的脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值。本发明提供的技术方案能够改善阳极析锂现象, 还提高了对锂离子电池的充电速度。



WO 2017/147741 A1



RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,

CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

锂离子电池充电方法

技术领域

5 本发明涉及锂离子电池充电技术领域，尤其涉及一种锂离子电池充电方法。

背景技术

10 随着锂离子电池的发展，在有限的能量密度下，提高锂离子电池的充电速度，可以有效满足用户对锂离子电池的充电需求。因此，能实现快速充电的高能量密度的锂离子电池将会在未来的竞争中脱颖而出。

现有技术中，通常采用恒流充电的方法对锂离子电池充电至某一电压后，再在该电压下进行恒压充电。或者，对锂离子电池进行脉冲充电，即在对锂离子电池进行充电时，采用大电流充电一定时间后，就对锂离子电池进行一次放
15 电，从而对锂离子电池完成充电。

但是，现有技术中，恒流充电的方法会使锂离子电池的阴极电位不断升高，阳极电位不断下降，易造成锂离子在阳极表面还原成金属锂而析出，导致锂离子电池的安全性较差。而采用脉冲充电的方法，采用恒定的脉冲电流对锂离子电池进行充电，虽然改善了阳极析锂现象，但充电速度较慢。因此，
20 现有技术中的充电方法无法在改善阳极析锂现象的同时，满足对锂离子电池的充电速度的需求。

发明内容

本发明提供一种锂离子电池充电方法，能够改善阳极析锂现象，同时
25 还提高了对锂离子电池的充电速度。

本发明提供一种锂离子电池充电方法，依次包括 N 个脉冲充电阶段、恒流充电阶段和恒压充电阶段， $N \geq 2$ 且为整数；所述方法还包括：

在各脉冲充电阶段，以各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，并以各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值对所述锂离子电池进行放电，如此重复，直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对
30 应的截止电压值时停止；其中，各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次

减小，各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大，各所述脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值小于相应的脉冲充电阶段对应的所述正脉冲电流值；

将所述锂离子电池静置；

在所述恒流充电阶段，对所述锂离子电池进行恒流充电，直到锂离子电池的电压值达到最后一个脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止；

在所述恒压充电阶段，对所述锂离子电池进行恒压充电，直到充电电流达到截止电流值时，停止充电。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，各所述脉冲充电阶段对应的所述正脉冲电流值的取值范围为 $0.7C \sim 5C$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，以各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，包括：

根据设定的充电时长对所述锂离子电池进行充电，各所述充电时长的取值范围为 $0.1s \sim 10s$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，各所述脉冲充电阶段对应的截止电压值的取值范围为 $3.6V \sim 4.5V$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，各所述脉冲充电阶段的所述负脉冲电流值的取值范围为 $0C \sim 0.2C$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，以各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值对所述锂离子电池进行放电，包括：

根据设定的放电时长对所述锂离子电池进行放电，各所述放电时长的取值范围为 $0.01s \sim 1s$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，将所述锂离子电池静置，包括：

根据设定的静置时长将所述锂离子电池静置，所述静置时长的取值范围为 $1s \sim 10s$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，对所述锂离子电池进行恒流充电时使用的恒定电流值的取值范围为 $0.5C \sim 3C$ 。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，对所述锂离子电池进行恒压充电时使用的恒定电压值与所述最后一个脉冲充电阶段对应的截止电压值相同或者不同。

进一步地，上述所述的锂离子电池充电方法中，所述截止电流值的取值范围为 0.01C~0.1C。

本发明提供的锂离子电池充电方法，通过在各脉冲充电阶段，以正负脉冲电流交替的方式对锂离子电池进行充电，直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止充电。各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小，各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大，且各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值小于相应的脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值。本发明提供的技术方案能够改善阳极析锂现象，还提高了对锂离子电池的充电速度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为传统的锂离子电池充电原理图；

图 2 为本发明锂离子电池充电方法实施例的流程图；

图 3 为本发明锂离子电池充电原理图；

图 4 为图 3 锂离子电池充电原理图具体实施例的示意图；

图 5 为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电过程电流曲线图；

图 6 为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电过程的电压曲线图；

图 7 为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电速度曲线图。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描

述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

图 1 为传统的锂离子电池充电原理图，如图 1 所示，传统的锂离子电池充电过程包括恒流充电阶段和恒压充电阶段。例如，恒流电流值可以设置为 $0.7C$ ，截止电压可以设置为 $4.4V$ ，截止电流值可以设置为 $0.05C$ 。具体的充电过程为，先以 $0.7C$ 进行恒流充电，当电压达到锂离子电池的截止电压 $4.4V$ 后，以恒定电压充电到截止电流 $0.05C$ 。

应当理解的是， C 表示的是一个相对与锂离子电池标称容量的一个倍率单位，例如，锂离子电池的标称容量为 $1000mAh$ ，以 $0.5C$ 倍率的放电电流对锂离子电池进行放电时，放电电流的大小即为 $500mA$ 。

实施例一

图 2 为本发明锂离子电池充电方法实施例的流程图，如图 2 所示，本实施例的锂离子电池充电方法的充电过程依次包括 N 个脉冲充电阶段、一个恒流充电阶段和一个恒压充电阶段， $N \geq 2$ 且为整数；本实施例的锂离子电池充电方法具体可以包括如下步骤：

100、在各脉冲充电阶段，以各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，并以各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值放电时长对锂离子电池进行放电，如此重复，直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止。

例如，每个脉冲充电阶段包括对应的正脉冲电流值、充电时长、负脉冲电流值、放电时长以及截止电压，其中各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小，各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大，且负脉冲电流值小于正脉冲电流值。

若锂离子电池处于低电压阶段或者低剩余电量(State of Charge, SOC)阶段，为了避免阳极电位不断下降，很容易造成锂离子在阳极表面还原后成锂金属而析出，降低锂离子电池的安全性，需要以锂离子电池所能承受的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，但此种方式为恒定的正脉冲电流值，对锂离子电池进行充电时，由于正脉冲电流值的大小有限，无法有效的对锂离子电池进行快速充电。

因此为了能够快速对锂离子电池进行充电，同时避免阴极电位不断升高，而阳极电位不断下降，造成锂离子在阳极表面还原后成锂金属而析出，导致锂离子电池的安全性较低的问题。本实施例的锂离子电池充电方法中设置了 N 个脉冲充电阶段，各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小。

由于第一个脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值较大，此时能够满足对锂离子电池快速充电的需求，并在以第一个脉冲充电阶段内的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电达到充电时长后，会以第一个脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值对锂离子电池进行放电，当达到放电时长后再重复前述的充电和放电过程，直到达到第一个脉冲充电阶段内的截止电压时停止放电，完成当前脉冲充电阶段，并进入下一个脉冲充电阶段。这样，采用依次减小的正脉冲电流值充电增加了充电速度，并采用较小的负脉冲电流值放电，有效的改善了大电流充电过程中的阳极析锂问题。

具体地，充电速度是以一定时间内锂离子电池充进去的电量来计算的，如果在充电过程中，中间加放电步骤，会使充到锂离子电池中的电量减小，从而影响充电速度。但是，由于本实施例的锂离子电池充电方法中，各阶段对应的负脉冲电流值小于该阶段对应的正脉冲电流值，且放电时间比较短，所以锂离子电池放电时，并不会对锂离子电池的电压值或者 SOC 值造成较大的影响，也就是说不会影响锂离子电池的充电速度。

随着锂离子电池的电压升高或者 SOC 升高，若继续采用恒定的正脉冲电流值对锂离子电池充电，对锂离子电池充电速率并没有明显的改善，且大电流下，锂离子电池阳极易出现析锂现象，所以将各阶段对应的正脉冲电流值设置为依次减小的数值，在锂离子电池处于低电压阶段或者低 SOC 阶段时，采用较大的正脉冲电流值充电，在锂离子电池处于高电压阶段或者高 SOC 阶段时，采用较小的正脉冲电流值充电，直到达到最后一个脉冲充电阶段的截止电压后，停止对锂离子电池充电。这样，既能满足锂离子电池初期需要的电流值，使锂离子电池能够快速充电，又能防止锂离子电池阳极易出现析锂现象。

应当理解的是，尽管在本发明实施例中可能采用术语第一、第二等描述放电时长，但这些放电时长不应限于这些术语，这些术语仅用来将放电

时长彼此区分开。例如在不脱离本发明实施例范围的情况下，放电时长也可以被称为静置时长，同理静置时长也可以被称为放电时长。

101、将锂离子电池静置。

5 锂离子电池的电压达到最后一个脉冲充电阶段的截止电压后，为了进一步改善锂离子电池阳极析锂的现象，需要将锂离子电池静置，即以 0C 倍率的放电电流使锂离子电池自放电。锂离子电池的电压下降一定数值，这样有利于后续恒流充电阶段的充电过程。

102、在恒流充电阶段，对锂离子电池进行恒流充电，直到锂离子电池的电压值达到最后一个脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止。

10 由于在脉冲充电阶段极化累计需要对锂离子电池进行放电，使锂离子电池电压降低一定数值，之后，为了进一步提高对锂离子电池的充电速度，充电电流不应过小，且不会随着充电时长的增长而减小，所以需要采取一个恒流充电阶段，在此阶段，会以恒定电流值对锂离子电池进行恒流充电，直到锂离子电池的电压值再次达到最后一个脉冲充电阶段的截止电压值
15 时停止充电，并进入下一充电阶段。

103、在恒压充电阶段，对锂离子电池进行恒压充电，直到充电电流达到截止电流时，停止充电。

为了保证锂离子电池的电量达到 100%，避免充电电压过高对锂离子电池过充，需要对锂离子电池进行恒压充电，即采用恒定电压值对锂离子电池
20 进行充电。随着锂离子电池 SOC 以及电压的增长，充电电流会相应的下降，直到达到截止电流时，锂离子电池充满，停止充电。

本实施例提供的锂离子电池充电方法，通过在各脉冲充电阶段，以正负脉冲电流交替的方式对锂离子电池进行充电，直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止充电。各脉冲充电阶段对应的
25 的正脉冲电流值依次减小，各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大，且各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值小于相应的脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值。本实施例提供的技术方案能够改善阳极析锂现象，还提高了对锂离子电池的充电速度。

实施例二

30 图 3 为本发明锂离子电池充电原理图，如图 3 所示，在一个具体实现

过程中, 本实施例中, 可以设定 N 个正脉冲电流值 $\{I_{c1}, I_{c2}, \dots, I_{ci}, \dots, I_{cn}\}$ 、 N 个截止电压值 $\{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n\}$, 各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小, 即 $I_{c1} > I_{c2} > \dots > I_{ci} > \dots > I_{cn}$, 各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大, 即 $V_1 < V_2 < \dots < V_i < \dots < V_n$ 。同时设定各正脉冲电

5 流值对应的充电时长 $\{t_{c1}, t_{c2}, \dots, t_{ci}, \dots, t_{cn}\}$, N 个负脉冲电流值 $\{I_{d1}, I_{d2}, \dots, I_{di}, \dots, I_{dn}\}$ 以及各负脉冲电流值对应的放电时长 $\{t_{d1}, t_{d2}, \dots, t_{di}, \dots, t_{dn}\}$ 。其中 $1 \leq i \leq n$, 且 i 为整数, $n=N$ 。

例如, 可以根据锂离子电池种类以及锂离子电池使用的温度选取正脉冲电流值、充电时长、负脉冲电流值、放电时长以及截至电压值的具体数值。本实施例以常温状态下, 由 LiCoO_2 作为阴极, 石墨作为阳极的锂离子

10 电池对本发明的技术方案进行描述。

具体地, 各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值的取值范围优选为 $0.7C \sim 5C$, 由于 $I_{c1} > I_{c2} > \dots > I_{ci} > \dots > I_{cn}$, 所以有 $5C \geq I_{c1} > I_{c2} > \dots > I_{ci} > \dots > I_{cn} \geq 0.7C$ 。对应地, 步骤 100 中“以各脉冲充电阶段对应的负脉冲

15 电流值对锂离子电池进行放电”具体可以包括: 根据设定的充电时长对锂离子电池进行充电, 其中各充电时长的取值范围优选为 $0.1s \sim 10s$ 。

各脉冲充电阶段对应的截止电压值的取值范围优选为 $3.6V \sim 4.5V$ 。由于 $V_1 < V_2 < \dots < V_i < \dots < V_n$, 所以有 $3.6V \leq V_1 < V_2 < \dots < V_i < \dots < V_n \leq 4.5V$ 。

进一步地, 本实施例中, 各脉冲充电阶段的负脉冲电流值的取值范围优选为 $0C \sim 0.2C$ 。对应地, 步骤 100 中“以各脉冲充电阶段对应的正脉冲

20 电流值对锂离子电池进行充电”具体可以包括: 根据设定的放电时长对锂离子电池进行放电, 各放电时长的取值范围优选为 $0.01s \sim 1s$ 。

进一步地, 本实施例中, 步骤 101“将锂离子电池静置”具体可以包括:

25 根据设定的静置时长 t_0 将锂离子电池静置静置时长, 其中静置时长 t_0 的取值范围优选为 $1s \sim 10s$ 。

进一步地, 本实施例中, 恒定电流值 I_0 的取值范围为 $0.5C \sim 3C$ 。恒定电压值 V_0 与最后一个脉冲充电阶段的截止电压值相同或者不同。例如, 可以采用最后一个脉冲充电阶段的截止电压值 V_n 对锂离子电池进行充电,

30 也可以根据锂离子电池的额定电压对锂离子电池进行充电。当锂离子电池

被充满时，充电电流会达到对应的截止电流 I_1 ，其中截止电流 I_1 的取值范围优选为 $0.01C \sim 0.1C$ 。

如图 3 所示，本实施例中，对锂离子电池进行充电的原理为：从 $i=1$ 开始，以正脉冲电流值 I_{ci} 对锂离子电池进行充电，充电时长为 t_{ci} ，然后使
5 锂离子电池以负脉冲电流值 I_{di} 放电，放电时长为 t_{di} 。重复上述充电和放电过程，直到充电到电池电压达到 V_i 。当 $i=n$ 时，说明锂离子电池电压达到最后一个脉冲充电阶段的截止电压 V_n 。此时根据设定的静置时长 t_0 对锂离子电池进行放电后，以恒定电流值 I_0 充电，当再次达到最后一个脉冲充电阶段的截止电压 V_n 后，采用恒定的电压值 V_0 对锂离子电池进行充电，直
10 到充电电流达到对应的截止电流 I_1 。

为了验证本实施例的锂离子电池充电方法与传统的锂离子电池充电方法相比具有快速充电的效果，下面将以具体的实施例对本发明的技术方案进行说明。

实施例三

15 图 4 为图 3 锂离子电池充电原理图具体实施例的示意图，正脉冲电流值 I_{ci} 可以设置为 $\{1.8C、1.4C、1.2C\}$ ，截止电压值 V_i 可以设置为 $\{4.2V、4.3V、4.4V\}$ ，充电时长值 t_{ci} 可以设置为 $\{5s、9s、10s\}$ ，负脉冲电流值 I_{di} 可以设置为 $\{0.05C、0.01C、0\}$ ，放电时长 t_{di} 可以设置为 $\{0.5s、1s、1s\}$ ，静置时长 t_0 可以设置为 $10s$ 、恒定电流值 I_0 可以设置为 $1C$ ，截止电流 I_1
20 可以设置为 $0.05C$ 。本实施例的具体充电过程为：

a、以正脉冲电流值 $1.8C$ 对锂离子电池充电 $5s$ ，并以负脉冲电流值 $0.05C$ 对锂离子电池放电 $0.5s$ 。

b、重复步骤 a 的充电和放电过程，直到达到截止电压 $4.2V$ 。

c、以正脉冲电流值 $1.4C$ 对锂离子电池充电 $9s$ ，并以负脉冲电流值
25 $0.01C$ 对锂离子电池放电 $1s$ 。

d、重复步骤 c 的充电和放电过程，直到达到截止电压 $4.3V$ 。

e、以正脉冲电流值 $1.2C$ 对锂离子电池充电 $10s$ ，并以负脉冲电流值 $0C$ 对锂离子电池放电 $1s$ ，即锂离子电池处于静置状态。

f、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 $4.4V$ 。

30 g、将锂离子电池静置 $10s$ 。

h、以恒定电流 1C 对锂离子电池充电，直到达到截止电压 4.4V。

i、以恒定的电压值对锂离子电池充电，直到达到截止电流 0.05C。

实施例四

正脉冲电流值 I_{ci} 还可以设置为{5C、4C、2C、0.7C}，截止电压值 V_i 可以设置为{4.0V、4.1V、4.25V、4.4V}，充电时长值 t_{ci} 可以设置为{0.1s、0.8s、2s、10s}，负脉冲电流值 I_{di} 可以设置为{0.2C、0.1C、0.05C、0}，放电时长 t_{di} 可以设置为{0.01s、0.1s、0.4s、1s}，静置时长 t_0 可以设置为 30s，恒定电流值 I_0 可以设置为 0.5C，截止电流 I_l 可以设置为 0.05C。

10 a、以正脉冲电流值 5C 对锂离子电池充电 1s，并以负脉冲电流值 0.2C 对锂离子电池放电 0.01s。

b、重复步骤 a 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.0V。

c、以正脉冲电流值 4 对锂离子电池充电 0.8s，并以负脉冲电流值 0.1C 对锂离子电池放电 0.1s。

d、重复步骤 c 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.1V。

15 e、以正脉冲电流值 2C 对锂离子电池充电 2s，并以负脉冲电流值 0.05C 对锂离子电池放电 0.4s。

f、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.25V。

g、以正脉冲电流值 0.7C 对锂离子电池充电 10s，并以负脉冲电流值 0C 对锂离子电池放电 1s，即锂离子电池处于静置状态。

20 h、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.4V。

i、将锂离子电池静置 30s。

j、以恒定电流 0.5C 对锂离子电池充电，直到达到截止电压 4.4V。

k、以恒定的电压值对锂离子电池充电，直到达到截止电流 0.05C。

实施例五

25 正脉冲电流值 I_{ci} 还可以设置为{1.2C、1C、0.7C}，截止电压值 V_i 可以设置为{3.6V、4.0V、4.4V}，充电时长值 t_{ci} 可以设置为{6s、10s、10s}，负脉冲电流值 I_{di} 可以设置为{0.05C、0.02C、0.01C}，放电时长 t_{di} 可以设置为{1s、2s、1s}，静置时长 t_0 可以设置为 1s，恒定电流值 I_0 可以设置为 3C，截止电流 I_l 可以设置为 0.1C。

30 a、以正脉冲电流值 1.2C 对锂离子电池充电 6s，并以负脉冲电流值

0.05C 对锂离子电池放电 1s。

b、重复步骤 a 的充电和放电过程，直到达到截止电压 3.6V。

c、以正脉冲电流值 1C 对锂离子电池充电 10s，并以负脉冲电流值 0.02C 对锂离子电池放电 2s。

5 d、重复步骤 c 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.0V。

e、以正脉冲电流值 0.7C 对锂离子电池充电 10s，并以负脉冲电流值 0.01C 对锂离子电池放电 1s。

f、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.4V。

g、将锂离子电池静置 1s。

10 h、以恒定电流 3C 对锂离子电池充电，直到达到截止电压 4.4V。

i、以恒定的电压值对锂离子电池充电，直到达到截止电流 0.1C。

实施例六

正脉冲电流值 I_{ci} 还可以设置为 {2C、1.5C、1C}，截止电压值 V_i 可以设置为 {4.1V、4.25V、4.4V}，充电时长值 t_{ci} 可以设置为 {1s、3s、5s}，负脉冲电流值 I_{di} 可以设置为 {0.1C、0.05C、0}，放电时长 t_{di} 可以设置为 {0.05s、0.2s、0.4s}，静置时长 t_0 可以设置为 10s，恒定电流值 I_0 可以设置为 1C，截止电流 I_l 可以设置为 0.01C。

a、以正脉冲电流值 2C 对锂离子电池充电 1s，并以负脉冲电流值 0.1C 对锂离子电池放电 0.05s。

20 b、重复步骤 a 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.1V。

c、以正脉冲电流值 1.5C 对锂离子电池充电 3s，并以负脉冲电流值 0.05C 对锂离子电池放电 0.2s。

d、重复步骤 c 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.25V。

e、以正脉冲电流值 1C 对锂离子电池充电 5s，并以负脉冲电流值 0C 对锂离子电池放电 0.4s，即锂离子电池处于静置状态。

25 f、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.4V。

g、将锂离子电池静置 10s。

h、以恒定电流 1C 对锂离子电池充电，直到达到截止电压 4.4V。

i、以恒定的电压值对锂离子电池充电，直到达到截止电流 0.01C。

30 实施例七

正脉冲电流值 I_{ci} 还可以设置为{3C、2C、1.3C}，截止电压值 V_i 可以设置为{4.0V、4.2V、4.4V}，充电时长值 t_{ci} 可以设置为{1s、5s、10s}，负脉冲电流值 I_{di} 可以设置为{0.2C、0.05C、0.02C}，放电时长 t_{di} 可以设置为{0.05s、0.5s、1s}，静置时长 t_0 可以设置为 30s，恒定电流值 I_0 可以设置为 1.5C，截止电流 I_l 可以设置为 0.05C。

a、以正脉冲电流值 3C 对锂离子电池充电 1s，并以负脉冲电流值 0.2C 对锂离子电池放电 0.05s。

b、重复步骤 a 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.0V。

c、以正脉冲电流值 2C 对锂离子电池充电 5s，并以负脉冲电流值 0.05C 对锂离子电池放电 0.5s。

d、重复步骤 c 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.2V。

e、以正脉冲电流值 1.3C 对锂离子电池充电 10s，并以负脉冲电流值 0.02C 对锂离子电池放电 1s，即锂离子电池处于静置状态。

f、重复步骤 e 的充电和放电过程，直到达到截止电压 4.4V。

g、将锂离子电池静置 10s。

h、以恒定电流 1.5C 对锂离子电池充电，直到达到截止电压 4.4V。

i、以恒定的电压值对锂离子电池充电，直到达到截止电流 0.05C。

需要说明的是，实施例三-实施例只是本发明锂离子电池充电方法的部分实施例，正脉冲电流值 I_{ci} 、截止电压值 V_i 、充电时长值 t_{ci} 、负脉冲电流值 I_{di} 、放电时长 t_{di} 、静置时长 t_0 、恒定电流值 I_0 以及截止电流 I_l 可以根据锂离子电池的种类以及使用环境，如温度等情况，在此不再一一举例。

表一为实施例三至实施例七与图 1 实施例的充电参数与充电速度对应表。

表一

	$I_{ch}(C)$	$V_i(V)$	$t_{ch}(s)$	$I_{di}(C)$	$t_{di}(s)$	$I_0(C)$	$t_0(s)$	$I_1(C)$	充电到80%SOC时间
图1实施例	/	/	/	/	/	0.7	/	0.05	65.9
实施例三	{1.8, 1.4, 1.2}	{4.2, 4.3, 4.4}	{5, 9, 10}	{0.05, 0.01, 0}	{0.5, 1, 1}	1	10	0.05	40.8
实施例四	{5.0, 4.0, 2.0, 0.7}	{4.0, 4.1, 4.25, 4.4}	{0.1, 0.8, 2, 10}	{0.2, 0.1, 0.05, 0}	{0.01, 0, 1, 0.4, 1}	0.5	30	0.05	32.4
实施例五	{1.2, 1.0, 0.7}	{3.6, 4.0, 4.4}	{6, 10, 10}	{0.05, 0.02, 0.01}	{1, 2, 1}	3	1	0.1	53.5
实施例六	{2.0, 1.5, 1.0}	{4.1, 4.25, 4.4}	{1, 3, 5}	{0.1, 0.05, 0}	{0.05, 0.2, 0.4}	1	10	0.01	34.5
实施例七	{3.0, 2.0, 1.3}	{4.0, 4.2, 4.4}	{1, 5, 10}	{0.2, 0.05, 0.02}	{0.05, 0.5, 1}	1.5	10	0.05	36.1

从表一可以看出，采用本发明锂离子电池充电方法，可以极大的提高对锂离子电池的充电速度。

5 需要说明的是，采用本发明的锂离子电池充电方法，锂离子电池均没有发生阳极析锂的情况，增强了锂离子电池的安全性。

图5为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电过程电流曲线图；由图5可以看出，在脉冲充电阶段，相同时间内，采用正脉冲电流和负脉冲电流交替的对锂离子电池充电，正脉冲电流值可以选取大于恒流充电时的电流值，这样能够使锂离子电池充电更快。在进入恒流充电阶段以及恒压充电阶段时后，锂离子电池的电压以及SOC会相应增加，实施例三的电

10 流值可以小于图1所示实施例的电

流值，且若要达到相同的截止电流，实施例三需要的时间小于图1所示实施例所需要的时间。

图6为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电过程的电压曲线图，由图6可以看出，相同时间内实施例三中锂离子电池达到的电压高于图1所示实施例的电压，且锂离子电池达到相同的截止电压时，实施例三所需要的时间小于图1所示实施例所需要的时间。

15

图7为本发明锂离子电池的电池充过程和传统的锂离子电池的充电速度曲线图。由图7可以看出，相同时间内，实施例三的充电SOC大于图1所示实施例的充电SOC，且锂离子电池被充满时，实施例三所需要的时间小

20

于图 1 所示实施例所需要的时间。

需要说明的是,实施例四-实施例七与图 1 所示实施例达到效果与实施例三的效果相同,在此不再一一举例。

本领域普通技术人员可以理解:实现上述各方法实施例的全部或部分
5 步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中作为分离部件说明的
10 单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到至少两个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非
15 对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。
20

权利要求书

1、一种锂离子电池充电方法，依次包括 N 个脉冲充电阶段、恒流充电阶段和恒压充电阶段， $N \geq 2$ 且为整数；其特征在于，所述方法还包括：

在各脉冲充电阶段，以各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，并以各脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值对所述锂离子电池进行放电，如此重复，直到锂离子电池的电压达到当前脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止；其中，各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值依次减小，各脉冲充电阶段对应的截止电压值依次增大，各所述脉冲充电阶段对应的负脉冲电流值小于相应的脉冲充电阶段对应的所述正脉冲电流值；

将所述锂离子电池静置；

在所述恒流充电阶段，对所述锂离子电池进行恒流充电，直到锂离子电池的电压值达到最后一个脉冲充电阶段对应的截止电压值时停止；

在所述恒压充电阶段，对所述锂离子电池进行恒压充电，直到充电电流达到截止电流值时，停止充电。

2、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，各所述脉冲充电阶段对应的所述正脉冲电流值的取值范围为 $0.7C \sim 5C$ 。

3、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，以各脉冲充电阶段对应的正脉冲电流值对锂离子电池进行充电，包括：

根据设定的充电时长对所述锂离子电池进行充电，各所述充电时长的取值范围为 $0.1s \sim 10s$ 。

4、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，各所述脉冲充电阶段对应的截止电压值的取值范围为 $3.6V \sim 4.5V$ 。

5、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，各所述脉冲充电阶段的所述负脉冲电流值的取值范围为 $0C \sim 0.2C$ 。

6、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，以各脉

冲充电阶段对应的负脉冲电流值对所述锂离子电池进行放电，包括：

根据设定的放电时长对所述锂离子电池进行放电，各所述放电时长的取值范围为 0.01s~1s。

- 5 7、根据权利要求 1-6 中任一项所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，将所述锂离子电池静置，包括：

根据设定的静置时长将所述锂离子电池静置，所述静置时长的取值范围为 1s~10s。

- 10 8、根据权利要求 1-6 中任一项所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，对所述锂离子电池进行恒流充电时使用的恒定电流值的取值范围为 0.5C~3C。

- 15 9、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，对所述锂离子电池进行恒压充电时使用的恒定电压值与所述最后一个脉冲充电阶段对应的截止电压值相同或者不同。

10、根据权利要求 1 所述的锂离子电池充电方法，其特征在于，所述截止电流值的取值范围为 0.01C~0.1C。

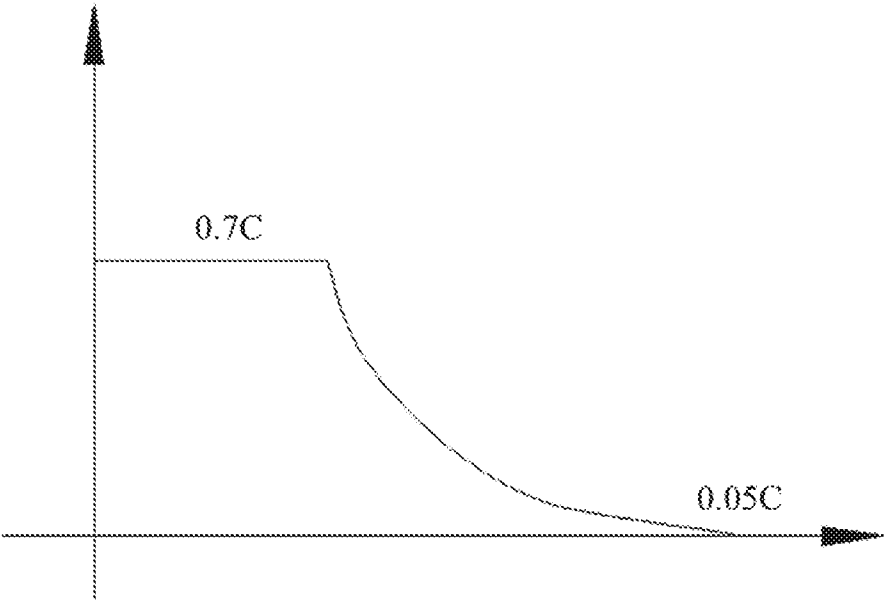


图 1

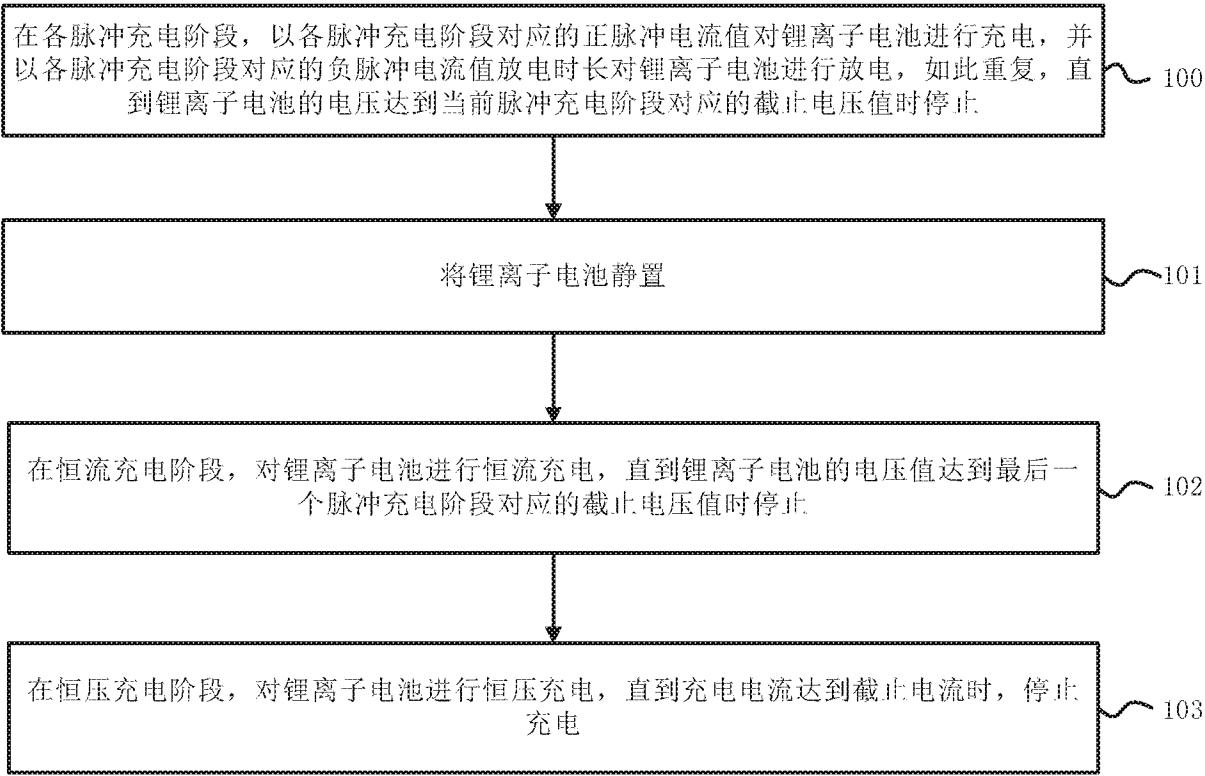


图 2

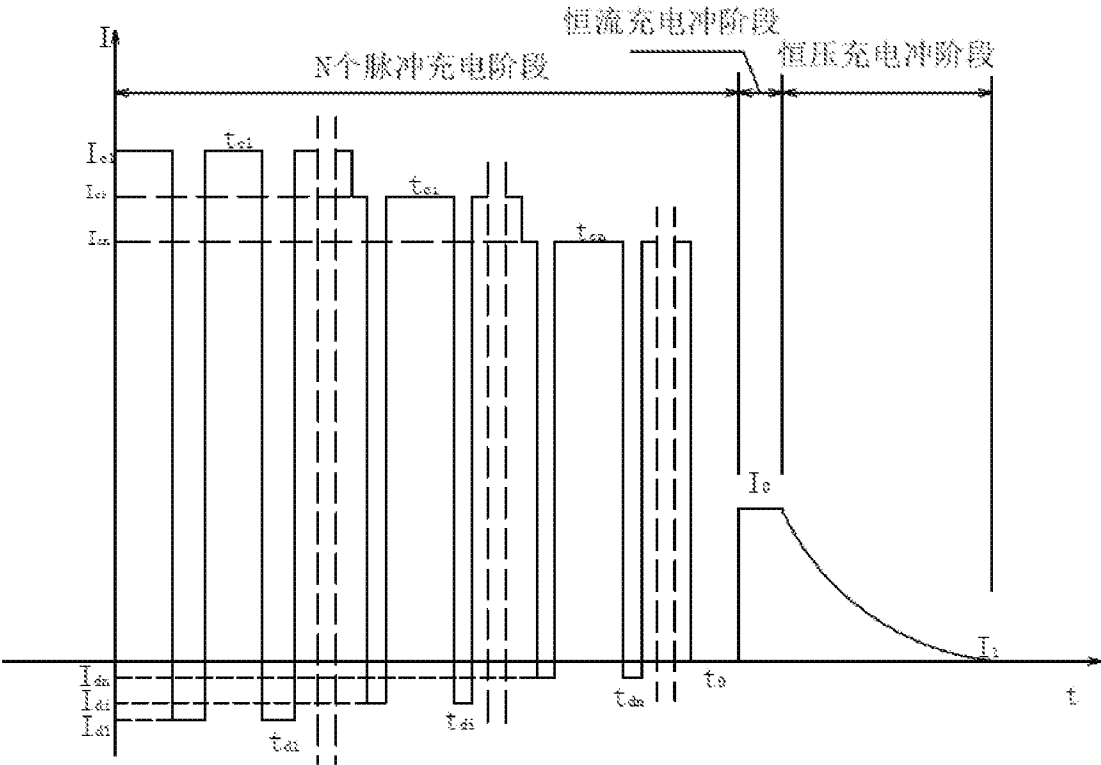


图 3

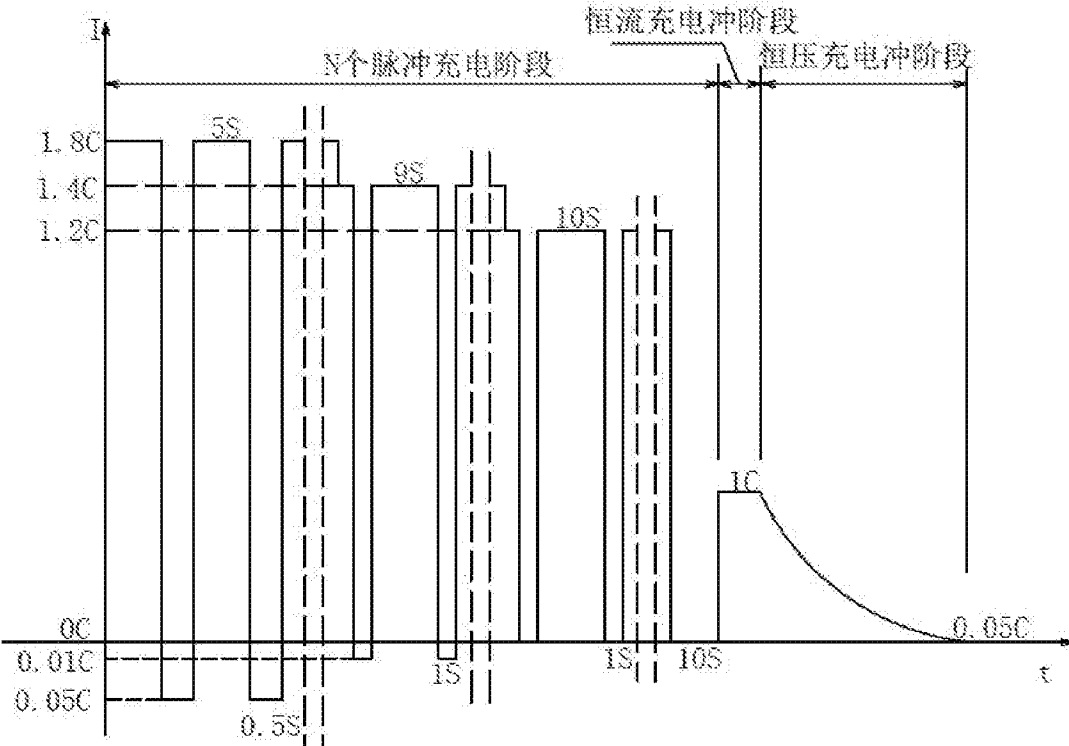


图 4

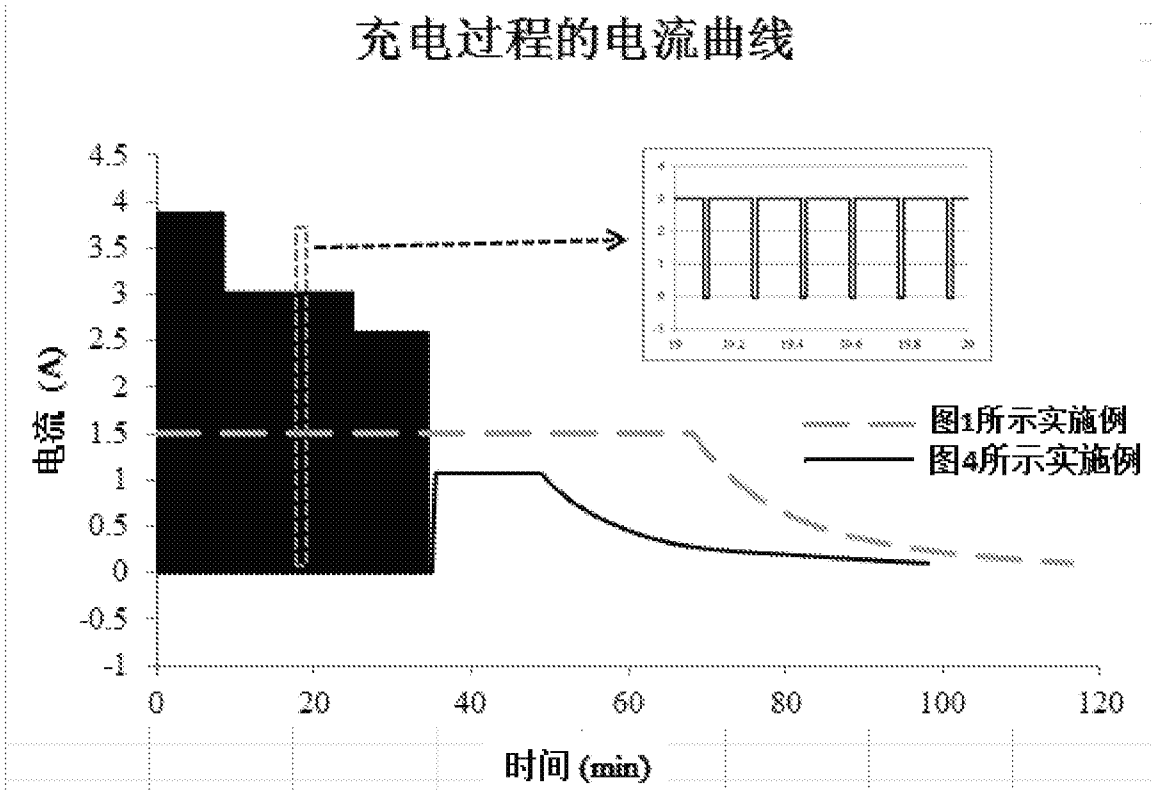


图 5

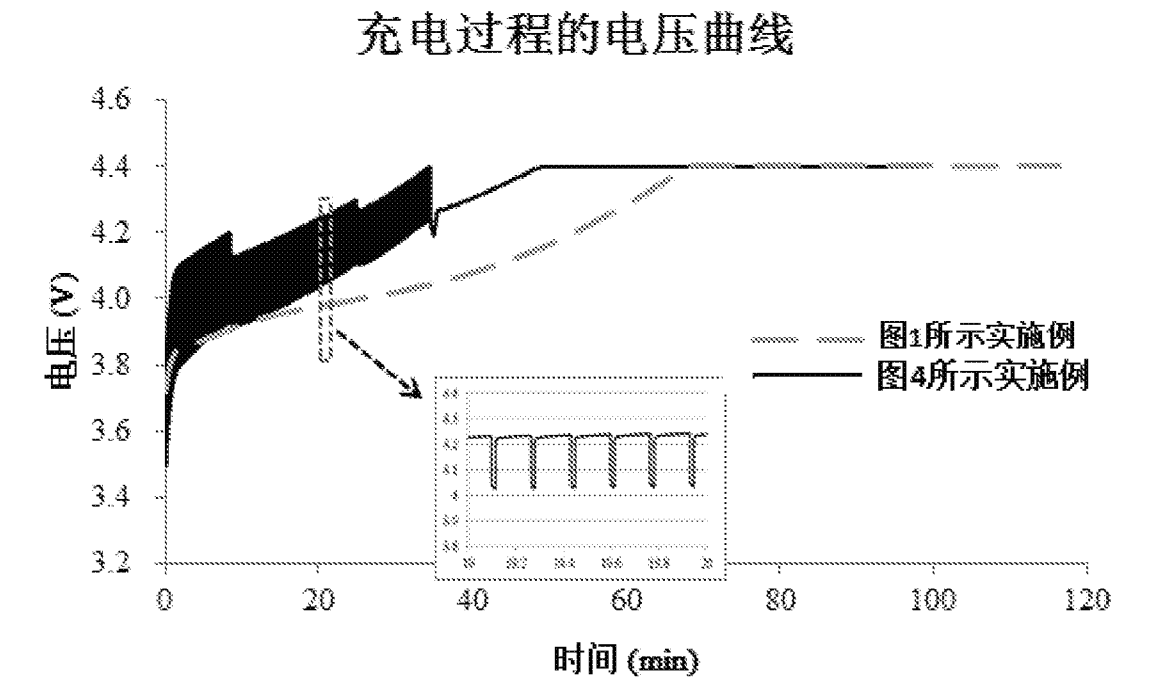


图 6

充电速度曲线

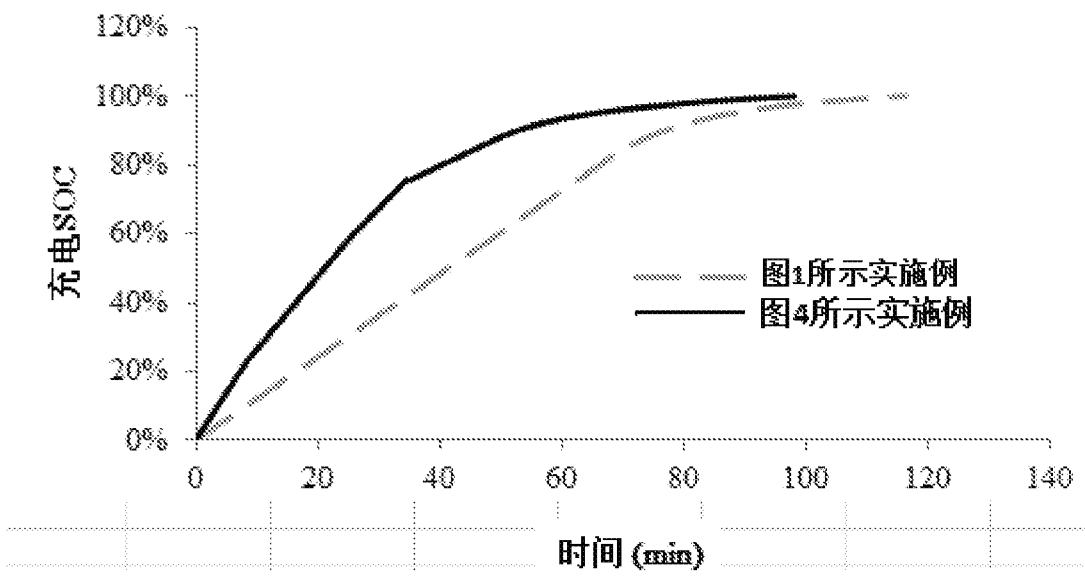


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/074806

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 10/44 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, DWPI, SIPOABS: charge, discharge, pulse, negative, constant current, constant voltage

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103117421 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 22 May 2013 (22.05.2013), description, paragraphs [0026]-[0038], and figures 2-4	1, 7-10
Y	CN 105186053 A (CHANGCHUN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 23 December 2015 (23.12.2015), description, paragraphs [0005]-[0012], and figures 1-2	1, 7-10
Y	CN 102945987 A (NO.701 INSTITUTE OF CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORPORATION et al.), 27 February 2013 (27.02.2013), claims 1-2, and figures 1-2	1, 7-10
A	CN 104269583 A (CHONGQING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 07 January 2015 (07.01.2015), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 May 2016 (18.05.2016)	Date of mailing of the international search report 27 May 2016 (27.05.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer CHENG, Jie Telephone No.: (86-10) 62089299

International application No.
PCT/CN2016/074806

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/074806

A. 主题的分类

H01M 10/44(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, DWPI, SIPOABS: 充电, 放电, 脉冲, 负, 恒流, 恒压, charge, discharge, pulse, negative, constant current, constant voltage

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 103117421 A (清华大学) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 说明书第[0026]-[0038]段, 图2-4	1, 7-10
Y	CN 105186053 A (长春理工大学) 2015年 12月 23日 (2015 - 12 - 23) 说明书第[0005]-[0012]段, 图1-2	1, 7-10
Y	CN 102945987 A (中国船舶重工集团公司第七〇一研究所等) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 权利要求1-2, 图1-2	1, 7-10
A	CN 104269583 A (重庆邮电大学) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 5月 18日

国际检索报告邮寄日期

2016年 5月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

陈洁

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62089299

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/074806

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103117421	A	2013年 5月 22日	无	
CN	105186053	A	2015年 12月 23日	无	
CN	102945987	A	2013年 2月 27日	CN 102945987	B 2014年 3月 12日
CN	104269583	A	2015年 1月 7日	无	