



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95197381.9

[43]公开日 1998年2月11日

[11] 公开号 CN 1173242A

[22]申请日 95.11.28

[30]优先权

[32]94.11.28 [33]DK [31]1358/94

[32]95.1.30 [33]US [31]08/382,215

[86]国际申请 PCT/DK95/00477 95.11.28

[87]国际公布 WO96/17397 英 96.6.6

[85]进入国家阶段日期 97.7.18

[71]申请人 查特克实验室有限公司

地址 丹麦夏洛田隆德

[72]发明人 E·尤尔-汉森 J·赖普尔

K·拉斯穆森

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 邹光新 张志醒

权利要求书 4 页 说明书 18 页 附图页数 26 页

[54]发明名称 在充放电过程中控制蓄电池温度的方法和设备

[57]摘要

通过向蓄电池提供电流或从蓄电池提取电能给可再充电电池如锂离子电池充电或放电。为使充电和/或放电过程最佳化,至少可以在部分充电和/或放电过程中通过减少充电和/或放电过程中蓄电池自发加热引起的产热能量的损失来提高蓄电池的温度。能量损失的减少可通过一层至少包围蓄电池一部分的隔热材料来实现。为增加蓄电池的温度,除了利用充电电流提供给蓄电池的能量外,产热能量也可被提供给蓄电池,以便在大部分充电过程中使蓄电池的外表温度维持在预定的范围内。本发明还涉及一个电压平衡充电系统,其中给一个包含两个或两个以上单蓄电池的蓄电池进行充电,使得每个单蓄电池的电压都将达到相同的最大单蓄电池电压。在平衡充电过程中,每个单蓄电池的电压最好在充电时间内若干时刻测定,控制每个单蓄电池的充电电流使每个单蓄电池的电压在大部分充电过程中保持相等。本发明还涉及一个包含一个蓄电池组的蓄电池系统,该蓄电池组带有一个或多个形成可

再充电电池的单蓄电池,蓄电池组包含一层至少包围蓄电池一部分的隔热材料,以便至少将放电过程中蓄电池自发加热或内部加热产生的部分能量保持在蓄电池组内部。

权 利 要 求 书

1、一种给可再充电电池充电的方法，包含这些步骤：

通过向蓄电池提供电流来给蓄电池提供能量以给蓄电池充电，以及

5 除了用充电电流向蓄电池提供的能量之外，向蓄电池提供产热能量以使蓄电池的外表温度在大部分充电过程中维持在预定的范围内。

2、一种给可再充电锂离子电池充电的方法，包含这些步骤：

通过向蓄电池提供电流来给蓄电池提供能量以给蓄电池充电，以及

10 至少在部分充电过程中通过减少充电过程中自发加热产生的产热能量的损失，来提高电池的温度，能量损失的减少是利用至少包围蓄电池一部分的隔热材料实现的。

3、根据权利要求2的方法，其中除了利用充电电流向蓄电池提供能量外，还向蓄电池提供产热能量，以便在大部分充电过程中使蓄电池的外表温度维持在预定的范围内。

15 4、根据权利要求1 - 3中任一项的方法，其中蓄电池至少部分被一层导热材料所包围。

5、根据权利要求1 - 4中任一项的方法，其中蓄电池和/或导热层至少部分被一层隔热材料所包围。

20 6、根据前面权利要求中任一项的方法，其中产热能量被输送给蓄电池，以便在充电过程的初始阶段或开始充电之前使蓄电池外表温度处于预定范围内。

7、根据权利要求1或4 - 6中任一项的方法，其中蓄电池为锂电池，如锂离子电池。

25 8、根据前面的权利要求中任一项的方法，其中预定的蓄电池外表温度范围为30 - 60℃，以40 - 50℃为佳，在41 - 46℃范围则更佳。

9、根据前面的权利要求中任一项的方法，其中蓄电池至少包含两个单蓄电池，控制蓄电池的温度使每个单蓄电池的外表温度基本保持相同的值。

30 10、根据前面的权利要求中任一项的方法，其中蓄电池被封装在一个蓄电池组中，蓄电池的外表温度是通过给蓄电池组提供产热能量

来获得的。

11、根据权利要求 10 的方法，其中能量是通过向蓄电池组中的电路或元件提供电流来供给的，这些电路或元件被所提供的电流加热。

12、根据权利要求 11 的方法，其中的电路包含一个或多个电阻。

5 13、根据前面的权利要求中任一项的方法，其中蓄电池是包含至少两个单蓄电池的蓄电池组，其中蓄电池用电压平衡充电过程来充电，以便使每个单蓄电池都将达到相同的最大单蓄电池电压。

14、根据权利要求 13 的方法，其中平衡充电过程包含：

在充电过程的若干时刻确定或测量每个单蓄电池的电压，

10 比较测出的单蓄电池电压，

控制每个单蓄电池的充电电流使得每个单蓄电池的电压在大部分充电过程中基本相同。

15 15、根据权利要求 13 或 14 的方法，其中通过控制平衡充电过程，使在一个测量时间点上电池的测量电压高于第二单蓄电池的测量电压的第一单蓄电池被放电一段时间，以便将第一单蓄电池电压降至与第二单蓄电池电压基本相同的水平。

16、根据权利要求 13 - 15 中任一项的方法，其中平衡充电过程是由一个电平衡充电电路控制的，至少有部分平衡充电电路被安置在蓄电池中内部。

20 17、根据权利要求 11 和 16 的方法，其中在充电和/或放电过程中，安置在蓄电池组内的那部分平衡充电电路是由平衡充电电路控制的电流来加热的

25 18、根据权利要求 17 的方法，其中在蓄电池组中提供了若干个旁路设备，每一个都对应于一个单蓄电池，这些旁路设备用于在平衡充电过程中将充电电流旁路绕过至少一个单蓄电池，加热电流包含这个旁路充电电流。

19、根据权利要求 18 的方法，其中在充电过程中给某个单蓄电池放电时，至少还向一个旁路设备提供了放电电流。

30 20、根据权利要求 18 或 19 的方法，其中，在充电时单蓄电池组的内部加热和/或旁路电流所产生的热不足以维持预定的蓄电池组内部温度时，电能除了被输送流过一个旁路设备外，还至少流经一个电子元件以加热蓄电池组。

21、一种给可再充电电池放电的方法，包括这些步骤：

从蓄电池中提取电能以便给该电池放电，

以及向该蓄电池提供产热能量以便至少在部分放电过程中提高蓄电池的外表温度。

5 22、根据权利要求 21 的方法，其中至少部分产热能量是由放电过程中蓄电池的自发加热或内部加热来提供的。

23、一种给可再充电电池放电的方法，包括这些步骤：

从蓄电池中提取电能以便给该电池放电，以及

10 至少在部分放电过程中利用放电过程中蓄电池的自发加热引起的产热能量，来提高蓄电池的温度

24、一种给可再充电锂离子电池放电的方法，包括这些步骤：

从蓄电池中提取电能以便给该电池放电，

15 以及至少在部分放电过程中通过减少放电过程中蓄电池自发加热所产生的产热能量的损失来提高蓄电池的温度，能量损失的减少是通过使一层隔热材料至少包围蓄电池一部分来实现的。

25、根据权利要求 21 - 24 中任一项的方法，其中蓄电池至少部分为一层导热材料所包围。

26、根据权利要求 21 - 25 中任一项的方法，其中蓄电池和/或导热层至少为一层隔热层所包围。

20 27、根据权利要求 21 - 26 中任一项的方法，其中蓄电池被封装在一个蓄电池组中，在至少部分放电过程中，蓄电池的外表温度的提高是通过从蓄电池向安置在蓄电池组内部的电路或元件输送电流来实现的，这些电路或元件由所供给的电流来加热。

25 28、根据权利要求 21 - 27 中任一项的方法，其中蓄电池被封装在一个蓄电池组中，蓄电池的外表温度的提高，是在开始放电过程之前通过从外部电流源流向安置在蓄电池组中的电路或元件的馈电电流来实现的，这些电路或元件由所供应的电流来加热。

29、根据权利要求 21 - 23 或 25 - 28 中任一项的方法，其中蓄电池是锂电池，如锂离子电池。

30 30、一个蓄电池系统中包含带有一个或多个形成可再充电电池的单蓄电池的蓄电池组，该蓄电池组包含；

一层至少包围蓄电池一部分的隔热材料，用以至少将部分在放电

或充电过程中由蓄电池的自发加热或内部加热产生的能量保持在蓄电池内。

5 31、根据权利要求 30 的蓄电池系统，还包含安置在单蓄电池组和隔热层之间的导热材料，它至少包围这些单蓄电池或单蓄电池组的一部分。

32、根据权利要求 30 或 31 的蓄电池系统，还包含一个适合向蓄电池组提供电流产热形式的能量的电路或元件，以便在提供这个能量时提高单蓄电池或单蓄电池组的外表温度。

10 33、根据权利要求 32 的蓄电池系统，其中电路至少包含安置在蓄电池组内的部分蓄电池充电系统，这部分蓄电池充电系统包含一个或多个适合在充电过程中旁路由充电系统提供给至少一个单蓄电池的充电电流的旁路设备。

15 34、根据权利要求 33 的蓄电池系统，其中除了上述旁路设备外，电路还至少包含一个电子元件，该元件被安置在蓄电池组内部，并适合在旁路设备和/或自发加热产生的热量不足以将蓄电池的外表温度维持在预定的温度范围内时，向蓄电池组输送电流产生的热量。

35、根据权利要求 33 或 34 的蓄电池系统，其中该蓄电池充电系统适合在某个单蓄电池上的测量电压等于或大于预先选定的最大单蓄电池电压时，将充电电流旁路绕过这个单蓄电池。

20 36、根据权利要求 30 - 35 中任一项的蓄电池系统，其中蓄电池包含一个或多个锂电池，如锂离子电池。

说明书

在充放电过程中控制蓄电池温度的方法和设备

5 本发明涉及在充电或放电过程中控制可再充电电池的温度，尤其涉及优化蓄电池(battery)的充电或放电过程。本发明还涉及一个实现该方法的蓄电池系统。

可再充电的单蓄电池(storage cell)组或蓄电池组是储存和保持电荷并在以后将这些电荷作为有用的能源来输送的电化学装置。典型的蓄电池可以有许多连在一起的单蓄电池组，以形成具有特定的电压或
10 电流输送能力的蓄电池。可再充电电池的一个熟悉的例子，就是用于便携电子设备如摄像机和移动电话的镍镉(NiCd)电池。

在给可再充电电池如 NiCd 电池充电时，可以在电池的接线端上加一个高于电池端电压的电压，电流从这些电极流过电池。这个电流引起一个化学过程，通过这个过程能量就被储存在电池中。

15 常常希望电池的充电周期尽可能地短，这就导致使用的充电电流越来越大。这可能加快电池内部的产热过程，并可能导致电池在化学上破坏，因此，在适当的时候中断充电是很重要的。这项技术包括一些用于在采用高充电电流时保证最佳充电的方法，这里，在电池内部的产热变得太高之前的适当时刻，充电过程被停止。在 WO 92/15142
20 和 WO 94/05068 中描述了这些方法。

然而，在以高电流强度给可再充电电池充电时，已经认识到单蓄电池组的温度应该足够高，以保证将充电电流转换成蓄电池能量的化学过程能够尽快地反应，从而允许希望的高充电电流。在正常情况下，
25 尽管已发现对低的电池温度例如低于 0℃，与在较高温度如在 25℃ 时的充电相比，应该降低最大允许充电电流，但对 NiCd 蓄电池组或单蓄电池组来说这并不是问题。

然而，对于其它类型的可再充电单蓄电池组已发现，为在大部分充电时间内允许高充电电流以便在给单蓄电池充电时可以得到较短的充电时间，蓄电池的单蓄电池组的温度应该上升超过通常环境的温
30 度。此外还认识到，对这种或类似类型的单蓄电池组，单蓄电池组在充电和放电过程中都可以散热。这样，由于散发的热量代表着能量，单蓄电池组的放电容量可随能量的这种热耗散而变化，而后者也随放

电过程中单蓄电池的外围温度的变化而变化。这类单蓄电池组可包含
锂电池组,如可为 LiC_6O_2 , LiNiO_2 , $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$, $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ 和 $\text{Li}_x\text{V}_5\text{O}_{13}$
锂离子电池组以及锂聚合物电池组。这样,问题在于保证充电过程中的
蓄电池或单蓄电池最佳温度;同样,在放电时获得最佳电池或单蓄
5 电池温度也是一个问题。

在给可再充电单蓄电池如锂电池充电时,防止蓄电池内的各个单
蓄电池充电过度很重要,这一点已广为人知。在 EP0512340 中描述了
这种防止充电过度装置。然而,EP 0512340 中所描述的系统,在包含
几个串联单蓄电池的蓄电池组中的一个单蓄电池达到预定的最大单蓄
10 电池电压时终止充电,给定最大电压可由蓄电池元件的材料和蓄电池
的设计决定。这样,由于各个单蓄电池可以有不同的充电和放电特性,
并非所有的单蓄电池都会被 EP0512340 所公开的系统充到相同的程
度。

因此,需要一种改进的过度充电设备或系统,在充电过程中平衡
15 各个单蓄电池的充电。这样一种充电平衡系统在 US5283512 中公开。
在 US5283512 中描述的系统在充电过程中测量各个单蓄电池的电压,
当某个单蓄电池达到预定的最大单蓄电池电压时,充电电流被旁路绕
过该单蓄电池。

然而,无论是 EP0512340 还是 US5283512 都没有提及控制单蓄电
20 池温度以使蓄电池或单蓄电池组充分充电和放电。这样,需要一种改
进过的充电平衡和防止过度充电的方法和系统,该系统在充电及(或)
放电过程中也可控制单蓄电池组的温度。

本发明提供了一个解决上述问题的方案。

根据本发明利用给可再充电电池充电的一种方法可实现该解决方
25 案,在这个方法中,通过向蓄电池提供电流来提供能量从而给该蓄电
池充电。在充电过程中,所提供的充电电流可在电池内部产生热量,
这种充电产生的热量足以在充电过程的大部分内将蓄电池的外表温度
维持在一个预定的范围内。然而,最好除了通过充电电流向电池提供
的能量外,还要向电池提供产热的能量,以便在大部分充电过程中将
30 蓄电池的外表温度维持在预定的范围内。这里,蓄电池可以是单个的
单蓄电池,或者,如果蓄电池是由多个单蓄电池组成的话,则为多个
单蓄电池。

当利用根据本发明的方法使单蓄电池外表温度上升到一个预定的范围时，有可能在较长的时间内向蓄电池或单蓄电池提供高充电电流，时间的数量可为单蓄电池外表的温度的一个函数。这样，通过将蓄电池或单蓄电池外表的温度控制在预先选择的范围内，可以获得更有效的充电过程和更短的总充电时间。

在充电过程的初始阶段或开始充电过程之前，产热能量最好被输送给蓄电池以获得处于预定范围内的蓄电池外表温度。

本发明的方法尤其涉及锂电池组，如包含一个或多个锂离子单蓄电池的锂离子电池组。对于这类电池，单蓄电池外表温度可处于 30 - 60 °C 范围，以 40 - 45 °C 为佳，41 - 46 °C 范围则更佳。应该知道，在充电过程中维持较高的单蓄电池外表或蓄电池温度的目的，是为了能够在大部分充电过程中允许高充电电流，以获得较短的总充电时间。

如果蓄电池包含的单蓄电池超过一个，优选控制蓄电池的温度使得在充电过程中每个单蓄电池的外表温度大致维持在相同的值，以便匹配每个单蓄电池的充电。

在讨论中，结合附图描述了蓄电池组的优选实例。这样，蓄电池和/或单蓄电池组最好封装在带有安置在蓄电池组内的产热元件的隔热蓄电池组中。加热元件可以是单蓄电池或单蓄电池组本身，但是除此之外，产热能量可由安在蓄电池组内的充电电路的至少一部分提供，或由安在蓄电池组内具有特定目的的产热电路的至少一部分提供。

在根据本发明给包含一个以上的单蓄电池的蓄电池充电时，优选使用电压平衡充电过程给电池充电，使得每个单蓄电池的电压即将达到相同的最大单蓄电池电压。每个单蓄电池的电压可在充电过程中测定，并且在某个单蓄电池达到预定的最大单蓄电池电压时，最好降低流到这个单蓄电池的充电电流，充电过程也被控制，使得单蓄电池电压在余下的充电时间内基本维持在最大单蓄电池电压。直到该单蓄电池充满电为止，充电过程都可继续进行，然而，也可优选使得单蓄电池被充电到其全部容量的一定百分比如 60 %，70 %，80 % 或 90 %。

优选控制平衡过的充电过程，使得每个单蓄电池被充电至大致相同的容量或大致相同的全部容量的百分比，每个单蓄电池应优选被充

电至其全部容量。控制平衡充电过程使得在大部分充电过程中，所测定或测出的单蓄电池电压彼此大致相等；充电过程的这个部分还可包括充电过程的第一阶段，在这里没有一个单蓄电池已达到最大单蓄电池电压。如果第一单蓄电池的测定电压超过了第二单蓄电池的测定电压，最好使第一单蓄电池放电一段时间，而第二单蓄电池仍然被充电，使得放电时间过后，两个单蓄电池可在大致相同的单蓄电池电压下被进一步充电。

控制平衡充电的充电电路可包含一个以上的旁路设备以便为每个单独的单蓄电池旁路充电电流，使得每个单蓄电池都可被充电到单蓄电池容量的相同百分比而单蓄电池不会有任何过度充电。旁路设备可包含旁路电流加热的元件，这样，这些元件的加热还可用于维持一个预定的单蓄电池外表温度或温度间隔。如果其中一个单蓄电池在充电过程中被放电，放电电流也可被引导流过一种旁路设备，这个旁路设备可由放电电流来加热。

对某些类型的单蓄电池组，放电过程中内部单蓄电池温度的增加大于充电过程中的增加。这样，蓄电池组内的温度以及单蓄电池的外表温度，可通过在充电过程中至少一个单蓄电池至少有一个放电周期来控制。除了单蓄电池组内部产生的热之外，安置在蓄电池组内部的部分充电电路中所产生的热也可加到单蓄电池组的外部加热中去。如上所述，一个具有特定目的的产热电路可被安置在蓄电池组中，如果或当单蓄电池组和/或充电电路的热散失足够维持所希望的单蓄电池外表温度，供给该电路的产热电流可以被控制，从而产生足够的热以维持预定的单蓄电池外表温度或温度范围。

本发明还涉及一种给可再充电电池放电的方法，包含将电能从电池提取出来以给同一电池放电的步骤，以及向电池提供产热能量或保持电池内产生的热，以便在充电过程的至少部分阶段增加电池外表的温度。

由于热可在放电过程中在蓄电池或单蓄电池内部产生，可利用包围单蓄电池的至少一部分的隔热层，使来自单蓄电池的热能损失最小化。在这种情况下，由于热损失少，内部产生的热将使单蓄电池外表温度上升，与一个没有隔热的单蓄电池比较，这足以改善单蓄电池的放电容量。这样，至少部分产热能量可通过自发加热或放电过程中电

池的内部加热来提供。

如果单蓄电池被封装在一个蓄电池组中，该蓄电池组的封装可以只是一个隔热层，蓄电池的外表温度的上升，至少可在部分放电过程中通过从蓄电池到安置在蓄电池组内或单蓄电池和隔热层之间的电路或元件的馈电电流得到，这里的电路或元件是由供应的电流加热的。

安置在蓄电池组内或单蓄电池与隔热层之间的电路或元件也可优选地由外电流源的电流来加热。该外电流源可在放电过程中提供，但是最好在放电过程开始之前提供该外来电流，从而在放电过程开始之前，单蓄电池外表温度可以达到一个预定的温度范围，由此提高单蓄电池的放电容量。

本发明还提供了带有形成可再充电电池的一个或多个单蓄电池组的蓄电池组，在这里，蓄电池组包含一层至少部分包住蓄电池的隔热材料，以便至少维持在蓄电池组内部由蓄电池在放电或充电过程中的自发加热或内部加热产生的部分能量。该蓄电池组封装可以是电池系统的一部分。蓄电池组最好还包含安置在单蓄电池组和隔热层之间的导热材料，该导热层至少部分包住单蓄电池或单蓄电池组。

这样的蓄电池组和/或系统优选用于上述充电或放电方法中的一个或多个中。这样，蓄电池组或系统还可包含适合向蓄电池组提供电流形式的电能的电路或元件，以便在提供上述能量时增加单蓄电池或单蓄电池组的外部温度。该电路最好还包含至少部分安置在电池组内部的电池充电系统。这部分充电系统可包含在充电过程中一个或多个适合将充电系统提供的充电电流旁路到至少一个单蓄电池上的旁路设备。

除了这些旁路设备，该电路还包含至少一个电子元件，该电子元件安置在蓄电池组内，并适合用于当旁路设备和/或单蓄电池组内的自发加热所产生的热量不足以将电池的外表温度维持在预定的范围内时，将电流产生的热输送到蓄电池组中去。当上述一个单蓄电池上测出的电压等于或大于预定的最大单蓄电池电压时，蓄电池充电系统优选适合用于将充电电流旁路绕过一个单蓄电池。

系统的实施方案和细节出现在权利要求中，并结合附图详细讨论系统的实施方案。

结合附图将更为详细地对本发明进行描述，这些图为：

图 1 表示蓄电池外表温度在 $42 - 46^{\circ}\text{C}$ 范围内的锂离子电池的充电曲线,

图 2 和图 3 表示根据图 1 的充电过程充电的蓄电池的放电曲线, 蓄电池外表温度分别在 $44 - 47^{\circ}\text{C}$ 和 $25 - 30^{\circ}\text{C}$ 范围内,

5 图 4 表示图 1 的锂离子电池在蓄电池外表温度处于 $4 - 11^{\circ}\text{C}$ 范围内时的充电曲线,

图 5 表示根据图 4 的充电过程充电的蓄电池的放电曲线, 蓄电池外表温度在 $24 - 28^{\circ}\text{C}$ 范围内,

10 图 6 表示图 1 的锂离子电池在单蓄电池外表温度处于 $4 - 8^{\circ}\text{C}$ 范围内时的充电曲线,

图 7 表示根据图 6 的充电过程充电的蓄电池的放电曲线, 蓄电池外表温度在 $-1 - 4^{\circ}\text{C}$ 范围内,

图 8 表示图 1 的锂离子电池在蓄电池外表温度处于 $39 - 42^{\circ}\text{C}$ 范围内时的充电曲线,

15 图 9 表示根据图 8 的充电过程充电的蓄电池的放电曲线, 蓄电池外表温度在 $1 - 17^{\circ}\text{C}$ 范围内,

图 10 - 12 表示的是根据本发明的蓄电池系统,

图 13 - 19 表示一个用于根据本发明的方法或蓄电池系统的平衡充电系统,

20 图 20 表示根据本发明的充电过程的流程图,

图 21 表示根据本发明的放电过程的流程图,

图 22 表示环境温度为 -3°C 时一个隔热的锂离子电池的放电曲线,

25 图 23 表示环境温度为 -3°C 时一个未隔热的锂离子电池的放电曲线, 以及

图 24 表示环境温度为 -3°C 时一个未隔热的 NiCd 电池的放电曲线。

30 图 1 表示一个 LiCoO_2 类型的锂离子电池的充电曲线, 其中控制蓄电池的外表温度使之在 $42 - 46^{\circ}\text{C}$ 的范围内。控制该充电过程以向蓄电池提供几乎恒定不变的 950mA 充电电流, 直到达到预定的最大单蓄电池电压 V_{max} 为止。这个由蓄电池生产者给定的最大电压为 4.2V 。在这里, 应该避免充电过度以免损坏蓄电池。在达到 V_{max} 后, 控制

充电过程以降低充电电流，但蓄电池电压基本维持 $V_{\max}$ 直至充电过程结束。在图 1 所示的实例中，充电过程在 40 分钟后结束。随后的充电实例中也选择了 40 分钟的充电周期。

图 2 和图 3 表示图 1 充过电的蓄电池的放电曲线。在图 2 和图 3 中，将蓄电池外表温度分别控制在 $44 - 47^{\circ}\text{C}$ 和 $25 - 30^{\circ}\text{C}$ 的范围内，蓄电池用几乎恒定的 425mA 电流放电，该蓄电池从蓄电池电压 3.88V 放电至最低蓄电池电压，该电压由生产者提供，为 2.5V 。应当避免过度放电以免损坏蓄电池。在这个方面应该注意，图 2 中的放电时间大约为 94 分钟，而对应于蓄电池容量的减少，图 3 中的放电时间则低到大约 90 分钟。在两种情况下只要蓄电池被充电至同样的程度，蓄电池容量的差异可由放电过程中蓄电池外表温度的差异来解释。

由于锂离子电池自身在放电过程中会在其内部产生热量，这种自身产生的热量也叫做自发加热，蓄电池外表的温度差将对应于蓄电池内部的温度梯度的差异，并因而对应于放电过程中的热能散发的差异。如果部分储存的化学能以热量的形式损失掉，余下转换为电能的那部分化学能就少了，导致蓄电池容量的减少。

图 4 表示图 1 的锂离子电池在蓄电池外表温度被控制在 $4 - 11^{\circ}\text{C}$ 范围内时的充电曲线。这里， 950mA 的最大充电电流只在一个较短的时间内被供给蓄电池，与图 1 的曲线相比较，此时很快就达到了 4.2V 的 $V_{\max}$ 。这样，当蓄电池外表温度降低时，最大蓄电池电压可在充电过程的早期便可达到，导致充电电压降低和供给蓄电池的能量的降低。因此，根据图 4 充电后的蓄电池充电后占其全部容量的比例，与根据图 1 充电的情况相比应该要低一些。

这种情况已在图 5 中得到了说明，图 5 为根据图 4 的充电过程充电的蓄电池的放电曲线。在图 5 中，蓄电池外表温度被控制在 $24 - 28^{\circ}\text{C}$ 的范围内，对应于图 3 所示的放电过程。在比较图 3 和与图 5 的曲线时，与图 3 的 90 分钟相比，图 5 在 68 分钟后便达最低蓄电池电压，这清楚地说明，图 4 中的过程并没有将该蓄电池充电到根据图 1 的过程充电所达到的同样程度。

图 6 表示与图 4 所示的过程类似的充电过程的充电曲线，图 7 则表示根据图 6 的充电过程充电后的蓄电池的放电曲线。在图 7 中，蓄电池外表温度被控制在 $-1 - 4^{\circ}\text{C}$ 的范围内，这个温度大大低于图 5

放电过程的温度。在比较图 5 和与 7 时，图 7 的放电时间为 45 分钟，而在图 5 中为 68 分钟。这样，在放电过程中当蓄电池温度低到 25℃ 左右时，蓄电池的容量明显降低。

图 8 表示一个与图 1 的过程类似的充电过程的充电曲线，图 9 则表示根据图 8 的充电过程充电后的蓄电池的放电曲线。在图 9 中，没有对蓄电池外表温度进行控制，但该蓄电池被封装在隔热的蓄电池组内，并且在放电过程开始之前被冷却到 1℃ 左右。图 9 中观测到的温度上升是由于蓄电池的自身产热引起的。与图 3 相比，容量降低了一点，从 90 分钟降至 87 分钟，这表明对蓄电池进行有效的隔热可以减少蓄电池自身产热的损失，并且所产生的热量被用于使蓄电池升温，这又可能导致蓄电池放电容量增加。

图 10、10A、11、11A 和 12 表示根据本发明的隔热蓄电池系统的优选实施方案。在这些实施方案中，蓄电池组 100 包含一个或多个至少部分被导热层 102 包围的单蓄电池 101。这些单蓄电池和/或导热层最好至少被隔热层 103 包围一部分，以防止热量从蓄电池组中散发掉。为控制导热层的温度和/或单蓄电池组的外表温度，可在该蓄电池组中安置一个或多个加热元件 104。加热元件最好为安置在导热层 102 上的电阻。也可将导热层 102 自身设计为加热元件。为控制单蓄电池或单蓄电池组的外表温度，最好在蓄电池组中安装温度传感器。在此，温度传感器优选被安置用来测量一个或多个单蓄电池的外表温度和/或导热层的温度。

为了在充电或放电过程中控制单蓄电池外表温度或为了向加热元件或电路 104 供应电流，蓄电池系统还应该包括电流供应系统；在一个优选实施方案中，该电流供应系统可包含一个用于通过测量温度和控制电流供应系统输送给散热部件或元件的电流来确定单蓄电池外表温度的控制电路。这样的控制电路或系统可以包括在蓄电池组 100（图 11 和 1A）中。包括在该蓄电池中的电路或元件可被安置在一个柔性的印刷电路板 105 上，该电路板可为导热性材料并且可被安置成与单蓄电池或单蓄电池组和/或导热层 102 紧密相连。

在图 12 中，表示了蓄电池组的一个优选实施方案，其中当蓄电池用于或被插入到一个放热装置或设备如计算机中时，蓄电池组的部件 106 可从该蓄电池组中移走。在移走部件 106 后，可从蓄电池组外部供

应热量并帮助保持较高的单蓄电池外表温度。如果更喜欢的话，在部件 106 被移走后如果单蓄电池外表温度太高，还可能对单蓄电池外表温度进行冷却。

5 在图 10 - 12 的蓄电池组中最好包括一层热反射材料并至少部分包住这些单蓄电池。

在蓄电池中包括多个单蓄电池时，这些单蓄电池通常串联在一起以便获得较高的最终蓄电池电压。然而，蓄电池内的这些单蓄电池可能具有不同的特性；例如，储存容量及内部电阻也许因不同的单蓄电池而各异。这样的结果是当给串联的单蓄电池充电直至达到最大蓄电池电压时，一些容量比较高的单蓄电池将不能够被充满电，而那些容量较低的单蓄电池则会充电过度。此外，串联着中的一个没有和其它单蓄电池充电到相同程度的单蓄电池，可能被过度充电并在蓄电池放电过程中遭到损坏。这样，连续的单蓄电池过度充电和过度放电会导致蓄电池总容量的下降并进一步导致蓄电池寿命的减少。

15 使蓄电池长寿的一个方法，是挑选各独立单蓄电池使蓄电池内的每个单蓄电池都具有相同的容量。然而，这是很不实际的，根据本发明的解决方案，将一个电路连到蓄电池上，该电路应该能够确保各独立的单蓄电池被充电到基本相同的程度且不被过度充电。此外，如果蓄电池组内的各个独立的单蓄电池都被充满电或都被充至占其总容量的相同比例的容量，每个单蓄电池在随后的放电过程中都将大致沿着相同的电压曲线。这样，如果单蓄电池被用平衡充电系统来充电，过
20 度充电应该也可以避免。

图 13 - 18 用来根据本发明的方法和蓄电池系统中这样的平衡充电系统的实例。

25 图 13 所示的充电系统被安置在蓄电池组内，并且可被包括在柔性印刷电路板 105 上。在图 13 中，蓄电池包含两个单蓄电池 1301 和 1302，两个控制模块 1303 和 1304，两个参考电压设备 1305 和 1306，以及两个旁路设备 1307 和 1308。外供电电源连到电压输入端 1309 和 1310 上。在充电过程中，控制模块 1303 比较单蓄电池 1301 的电压和
30 预定的参考电压 $refV1$ ，当达到 $refV1$ 时，控制模块调整旁路设备 1307，使得部分流向单蓄电池 1301 的充电电流被导流通过旁路设备 1307。最好控制旁路导流，使得一旦达到 $refV1$ 后，单蓄电池 1301

的充电电压被维持在 refV1。此外一旦达到 refV1，最好在一段时间后结束充电过程，这个时间可以是从开始充电步骤到单蓄电池电压基本等于 refV1 的这一刻所花费的时间的函数。控制模块 1304 遵循上述的充电步骤，参照电压 refV2 来控制单蓄电池 1302。

- 5 电压 refV1 最好与 refV2 相同。旁路设备可为三极管。控制模块 1303 和 1304 可包含模拟电路，但也可以包含一个微处理器。

在控制平衡充电时，最好根据另一个不同于上述单蓄电池电压的特征充电参数，来控制每个单蓄电池的充电。这样，充电参数如供给单蓄电池的能量就可被确定和利用，以获得各独立的单蓄电池的平衡
10 充电。

图 14 表示与图 13 相同的充电系统，但在这里充电系统并没有被包括在蓄电池组中。这样，该蓄电池组应该有连接器 1401 - 1403，连到充电系统中与其匹配的各单蓄电池 1404 - 1406 上，这样在充电过程中就可以测量各独立单蓄电池的电压。

- 15 图 15 表示一个与图 13 的充电系统类似的平衡充电系统。然而，控制模块 1303 和 1304 以及电压参考设备 1305 和 1306，被一个与振荡器相连的微控制器或微处理器 1501 所取代。在图 15 的系统中，预定的参考电压或电压组可被储存在微控制器中，每个单蓄电池的电压可利用控制器 1501 内的模数转换器，如 A/D1 和 A/D2 测出来。

- 20 图 16 表示一个与图 15 中的充电系统类似的平衡充电系统的优选实施方案，但还包括了散热元件如电阻 R1（1601），对应于上面结合图 10 - 12 所描述的元件 104。流经电阻 R1（1601）的电流可由微控制器 1501 通过一个限流装置如三极管 Q4（1602）来控制。流经加热元件或元件组 1601 的电流最好应该根据温度传感器的输出来控制，该传感器响应单蓄电池或单蓄电池组的外表温度并向控制设备
25 1501 发送一个温度信号。可对控制器 1501 进行编程以响应从温度传感器来的输入信号，从而调节流经加热元件或元件组的产热电流，获得处于预定的温度范围内的温度。单蓄电池外表温度可在充电和放电过程中进行控制。然而，预定的温度或温度范围对充电和放电过程而言
30 可以不相同。

在给蓄电池组内的单蓄电池组充时，在单蓄电池或单蓄电池组内部会产生热量，相当于单蓄电池或单蓄电池组的自发加热，这样会导

致单蓄电池外表温度升高。当其中一个单蓄电池达到预定的最大单蓄电池电压时，最好减少流经该单蓄电池的充电电流，从这个单蓄电池来的自发加热也减少了。这样，在一个较好的充电过程中，单蓄电池或单蓄电池组在充电过程之前和/或充电过程的初始阶段被供应给加热元件如电阻 R1 (1601) 的电流所加热，而在充电过程中，当单蓄电池组和/或充电电路内产生的热能将单蓄电池外表温度维持在预定的范围内时，可以减少供应给加热元件或元件组的电流；在充电过程的最后阶段，当供应给单蓄电池或单蓄电池组的电流减少时，供应给加热元件或元件组如电阻 R1 (1601) 的电流最好相应增加，以便将单蓄电池外表温度维持在所希望的温度范围内。

图 17 中表示的是平衡充电电路或系统的又一优选实施方案。图 17 的充电系统包含一个开关元件 1703，它可以是三极管 Q3，用来在充电过程中中断单蓄电池 1301 和 1302 之间的串接。开关元件 1703 由控制电路 1501 来控制，供应给单蓄电池 1302 的充电电流由可包含电阻 1704 和三极管 Q1 的调节电路 1706 来调节。可通过测量电阻 1704 的电压且同时测量单蓄电池 1302 上的电压来控制电流；该电压可利用形成控制电路 1501 的一部分的模数转换器测出来。利用包含电阻 1705 和三极管 Q2 的调节电路 1707，用和控制供应给单蓄电池 1301 的电流系统的方法，来控制供应给单蓄电池 1301 的电流。当电池工作在放电模式，单蓄电池 1301 和 1302 通过开关元件 1703 串联在一起。当单蓄电池组正在充电时，电阻 1704 和 1705 可被充电电流所加热，由此向蓄电池组散热。

在图 17 中，每个单蓄电池都是单独充电的，对控制电路 1501 来说，有可能在给第一个单蓄电池充电的同时给第二个单蓄电池放电，第二个单蓄电池已经达到的电压高于第一个单蓄电池的电压。这样，在给第二个单蓄电池放电时，第二个单蓄电池的电压会被拉至和第一个单蓄电池基本相同的水平。放电后，第二个单蓄电池可进一步充电，第一个单蓄电池也可进一步充电；放电的单蓄电池可以在放电过程中产生内部热量，这样就有助于维持所希望的单蓄电池外表温度范围；来自第二个单蓄电池的放电电流还可在旁路设备或电流调节电路 1706 或 1707 中产生热量。图 18 表示与图 17 中相同的平衡充电系统，但是带有上述的加热电路，该电路可以含有包括在充电系统中元件 1601 和



1602。

图 19 也表示了平衡充电系统的一个优选实施方案。图 19 的系统与图 15、16 中的很相似，但在图 19 中图示表明了加热元件或元件组是怎样安置在蓄电池组的内部及蓄电池组的外部的。在图 19 中，充电系统包含一个蓄电池组 1901，以及一个用于在充电过程中提供充电电源和热量的外部装置 1902。外部装置 1902 包含电源设备和微处理器 1904，以及可以是散热电阻的加热元件 1905。

在充电过程中和/或充电过程之前，蓄电池组是由外部加热元件 1905 来加热的。在蓄电池组 1901 装有温度传感器 1906，向外部装置中的处理器 1904 输出一个信号。该信号被处理器 1904 用来控制供应给加热元件 1905 上的功率以及传送给蓄电池组 1901 的热量。应当控制加热元件 1905 传送的热量，以使在大部分充电过程中蓄电池组 1901 内的单蓄电池 1301 和 1302 的温度被保持在一个预定的温度范围内。这个平衡充电过程是由前面结合附图 13 和 15 叙述过的处理器 1501 来控制的。然而，在给单蓄电池 1301 和 1302 充电过程中，热量也可从内部加热元件 1903 和单蓄电池的自发加热传送给蓄电池组，从而减少了来自外部加热元件 1905 的产热能量的需要。

在给图 19 的单蓄电池放电时，可能希望将单蓄电池组的单蓄电池外表温度维持在一个预定的温度范围内。这个希望的单蓄电池温度可通过放电时单蓄电池的自发加热来获得，但是最好在放电过程中通过从单蓄电池组提取电力并将其传送给内部加热元件 1903 来加快温度的上升过程。元件 1903 传送的能量的多少由处理器 1501 根据来自温度传感器 1906 的输入信号来控制。

一般说来，微控制器 1501 包括用户可编程只读存储器，其中含有决定充电系统的运行的指令序列。参照图 20，在充电过程 2000 开始后，即上面的增加动力，在硬件（如计数器和变量）初始化后（步骤 2002），就确定是否有适当的蓄电池被插入到充电器中（步骤 2004）。例如，蓄电池组可包括电池类型的标志，以确保蓄电池组没有被插到不匹配的充电器中。这里，蓄电池组包括一个微处理器，在查询之后向充电装置提供一个代码。假设一个合适的蓄电池与充电器配合，就可获得（标志 2006）电压及其它不同的信息（如温度），并根据特定类型的蓄电池的标准进行测试，以保证蓄电池处于充电状态。例如，



如果蓄电池低于某个电压，这就表明单蓄电池组已经损坏，并且不适合充电。同样，如果蓄电池的温度在预定的宽范围之外，就可能不适合给它充电。

假设没有指示不适合的情况，接下来就开始充电（步骤 2010）。

- 5 通常，充电电流的大小是根据所测得的参数来控制的。在同样悬而未决的申请美国专利申请序号 08/104123 和 WO 94/05068 中，对适当控制充电电流进行了说明。

- 一旦充电过程开始，各单蓄电池的电压和温度就被获取并储存在存储器中（步骤 2014），并与预定的界限进行对照。假设仍在预定的
10 界限内，在测量跨电阻 1704 的电压的同时，测量每个单蓄电池的电压，并再次被测量并储存在存储器中（步骤 2016）。这就在单蓄电池组之间实现了平衡。单蓄电池组中的最低单蓄电池电压就被确定下来（步骤 2018）。驱动旁路三极管（1701、1702）以使电压较高的单蓄电池有效地平衡充电（步骤 2020）。测量每个单蓄电池的旁路电流（步
15 骤 2022）以建立档案记录，旁路电流和其它数据被储存在存储器中，供将来利用（步骤 2024）。

接下来对加热器进行适当的调整（2026）。将单蓄电池的温度和希望的温度的标志相比较，并相应地启动或关闭流经加热元件的电流通道。

- 20 接着，不同的内部定时器和与充电电流的水平有关的类似的东西被更新（步骤 2028），并对指示充电过程结束的状态进行测试（步骤 2030）。假设充电过程没有结束，重复从 2012 至 2030 的步骤。

一旦充电结束，充电器进入实际上停滞的状态，直到蓄电池被取出来为止（步骤 2032）。

- 25 参照图 21，微处理器 1501 控制加热元件 1903 和旁路设备 1307、1308 以是温度维持在预定温度范围内，并保证不会发生各独立的单蓄电池过度放电而损坏。参照图 21，当放电过程开始后，获取各独立单蓄电池的电压和蓄电池组的温度以及其它任何有关的特征，即读取微控制器的从 A 到 D 各个输入端（步骤 2102）。

- 30 接着，确定单蓄电池组中的最低电压（步骤 2104），该最低电压接下来与预定的最低临界值电压（MinAllowedVolt）进行测试（步骤 2106）。如果最低单蓄电池电压掉到临界值以下，该蓄电池组实际上



已与负载断开了（步骤 2108）。假设最低电压至少等于临界值，允许接负载（步骤 2100）。

5 接下来确定最佳的放电温度（步骤 2112）并相应地调节加热器（步骤 2114）。在充电时，可使用外电源。然而，在蓄电池放电过程中，蓄电池自身是唯一的电源，被分来维持温度的这部分能量是一定的，希望确定最佳的温度范围，即获得最大容量的最低温度。这种确定对蓄电池和安装来说都很特别，但通常是建立在属于这些东西的不同的常数的一个公式，这些常数如蓄电池和其应用的本质、蓄电池的放电状态以及环境温度。一旦最佳放电温度被确定下来，就相应地向加热器 1903 供电。

接着，放电电流被测出（步骤 2116）并与其它测出的数据一起储存下来供下面使用（步骤 2118）。接下来重复放电顺序。

15 应该懂得，上述图 13 - 19 的实例提及了蓄电池充电系统，该系统最好用来通过在充电过程中加上高的单蓄电池温度，获得单蓄电池组如锂单蓄电池组的快速充电过程，从而在大部分充电过程中允许较高的充电电流，使得充电和放电的总时间缩短。在蓄电池被插入到供电单元的时候，本发明的充电系统最好不要引起任何不可控制的单蓄电池组放电。

20 还应懂得，在单蓄电池根据本发明的不同方面放电的时候，由于可能无法获得外部能源，单蓄电池最好使用其自身储存的能量来加热。通过使用储存的蓄电池能量，在加热单蓄电池或单蓄电池组时，有可能在极低的环境温度下使用该电池。在从蓄电池提取较高的电流脉冲的应用（无线电发射等）中，这种方案可能代表在相当低的温度下使用的仅有的可能性。

25 如上所述，预定的温度范围对充电过程和放电过程来说可以是不同的，但最好应该确定单蓄电池的最低温度以满足一系列的单蓄电池参数，如内部阻抗、可利用的容量、寿命等等。如果单蓄电池的外表温度低于这个最低温度，在任何充电开始之前，单蓄电池最好被加热到这个最低温度。

30 此外，通过使用平衡充电系统，每个单蓄电池都可以最佳的方式充电，从而延长了蓄电池的可使用循环寿命。

尽管上述图 13 - 19 的实例提及了给包含两个单蓄电池的蓄电池



充电的蓄电池充电系统，这些充电系统的原理可扩展到给包含两个以上如 3、4、5、6 或更多个单蓄电池的蓄电池充电的充电系统。另外，从上述的本发明的特定实施方案，可以进行不同的修改而不离开本发明的思想和范畴。

- 5 从上述讨论中应该懂得，单蓄电池的温度是一个能够对单蓄电池的充电和放电特性起主要作用的参数。然而，单蓄电池温度的化的影响随不同类型的蓄电池而不同。

接下来进一步做了说明，讨论了基于固态嵌入即所谓客-主系统 (guest-host system) 的基础上讨论了可再充电电池：

- 10 这个讨论指出了广为人知的类型的可再充电电池的差别，如铅酸和镍镉电池，以及较新的嵌入型的电池如锂离子电池。

这个问题将在注意到温度对充电和放电的接收速率的影响，以及过度充电和过度放电对净电池容量的影响的经常上来对待。

- 15 对镍镉和铅酸电池而言，离子输运在高离子导电性能的水溶液中进行。

- 20 嵌入型（漂移）蓄电池组是比较新的改进过的二次可再充电电池系统，其中碳/锂钴嵌入系统是一个例子。术语“嵌入”广义地表示将离子化或中性的客方原子或分子引入到一个主方基体中去。这个过程伴随着氧化还原过程。注意，可能会发生氧化还原过程，但并非一定要发生。

碳/锂钴电池以层状结构的阴极板和阳极板作主体，锂离子被嵌入到两者之间。

- 25 锂离子通过一个离子导电的物质在极板（并经过隔板）之间输运，这种物质可以是固态或液态的。通常认为，在大多数锂电池中，锂与电解质的反应在阴极板的表面上形成了固态电解质的中间相。锂离子必须经过该表面膜。

阴极板可以是碳（或过渡金属硫化物、卤化物、铋等）。一个例子是石墨，一种碳的同素异形体，形成由芳香烃特征的六角形单位组成的大分子层的层状结构，具有良好的电子迁移性。

- 30 锂离子嵌入到两层之间中空的范德华区中，给出了 LiC_6 化学计量关系。实践中，薄片状的石墨极板可由有规则的短范围区域组成，彼此之间互相堆积在一起。象 SEI 薄片一样，这可产生锂离子输运的瓶



颈。

阴极板碳的另外一个实例是焦炭，一般指不太规则或不定形的结构，通常是通过有机物质的热分解制造出来的。

5 阳极板可以是金属硫化物，卤化物， NiPS_3 或其它。锂离子输运在阳极板的晶格内进行。离子导电性根据材料、结构和杂质变化。

电解液的选择通常限于疏质子的化合物，对电极比较稳定。考虑到这些方面，电解液的离子导电性常常有限。

通常，系统如碳/锂辉钴矿中的离子输运依赖于温度，导电性/输运随温度而增加。限制因素是电解液；

10 在低温下电解液的问题综合在一起。普通电解液对温度的依赖性，由低到约 12°C 的 Arrhenius 关系充分说明了。在低温情况下，偏差相当大。

固体中离子的电导率依赖于温度，当温度从室温开始上升时，电导率通常随之增加。锂钴中的两个极板都是这种情况。

15 这意味着低温给锂离子电池组带来了特殊的问题。隔热和/或加热蓄电池（组）可能使无用的蓄电池有用（这就是，在这个温度范围内加热的作用与其说是量的而不如说是质的）。典型的温度范围是 $15 - 10^\circ\text{C}$ 及以下。在较高的温度下是线性关系，隔热和/或加热蓄电池（组）使得有可能更快地给蓄电池充电。

20 镍镉和铅酸电池在 0°C 及其以下的低温下表现为充电时间延长和/或放电速率降低，但主要的差别在于具有稳定的高导电率的氢氧化物-水合氢离子的液态电解液。

总的来说，在提高温度后，锂钴漂移电池组的充电和放电的接收速率都有提高。在某些点，温度的升高受电解液的不稳定性的限制。

25 观测到的过度充电的影响是不可逆转的容量损失，这种损失转而被认为是阳极板的结构变化引起的。充电时在蓄电池中平衡单蓄电池电压确保避免了容量的损失。平衡可以是主动的（所有的单蓄电池都被充至全部容量），或被动的（在第一个单蓄电池达到其限度时停止蓄电池充电）。

30 总之，在稳定的商用蓄电池如镍镉和铅酸电池等的物理状态之间，以及锂离子钴漂移电池的热行为方面的差别，在于：

1、与镍镉电池或铅酸电池相比，有相当大部分的离子导电在锂



离子钴电池中的固体中发生，这影响到充电/放电的接收。

2、锂离子钴电池中使用的电解液是非水溶性的，与镍镉电池或铅酸电池中的水溶性电解液相比，在一定的温度下离子的电导率较低。这样，锂离子钴电池的温度依赖关系不如镍镉电池或铅酸电池的
5 电导率那么好。

这样，由于锂离子电池组与广为人知类型的电池如镍镉电池或铅酸电池之间物理状态的差异，在充电和/或放电时电池的实际温度水平对锂离子电池工作的影响，要比对镍镉电池或铅酸电池的影响更为重要。特别是，在低电池温度下工作，如低于 10°C ，低于 0°C 或低于 $-$
10 5°C 时，可以观察到锂离子电池组的电导率显著较低，由于在这个温度下不能输送必需的放电电流，结果可能会导致电池不能使用。

在图 22 - 24 中，对放电过程中单蓄电池温度的对锂离子电池组和镍镉电池影响的上述差异进行了说明。

图 22 表示在环境温度下为 -3°C 下一个隔热的锂离子电池的放电曲
15 线。电池的型号是 Sony Φ 18X65 锂离子电池，该蓄电池以 1.5mA 的放电电流放电了大约 3 分钟。在放电阶段，蓄电池电压从 3.2V 降至 2.5V ，即蓄电池供应商指定的最低工作电压。

图 23 表示与图 22 所示相同的 Sony 电池，但是没有隔热。这一次环境温度依然大约为 -3°C ，电池仍以 1.5mA 的放电电流放电了大约
20 3 分钟。在放电阶段，电池电压在 2 分钟的时间内从 3.2V 降至 2.5V ；从这一时刻开始，电池电压下降得非常显著，在 3 分钟结束后达到 1.5V 。这样，这个电池在环境温度为 -3°C 时只能工作大约 2 分钟，而由于隔热电池的自身加热作用，隔热电池将能工作大约 3 分钟。

从上述讨论中可以预见，镍镉电池不应由于环境温度较低而大幅度减少工作时间。这在图 24 中已有说明，该图表示一个未隔热的镍镉
25 电池在环境温度为 -3°C 下的放电曲线。电池仍然以 1.5mA 的放电电流放电大约 3 分钟。为将该镍镉电池与图 23 中的锂离子电池相比较，镍镉电池包含三块型号为 Panasonic NiCd P70AAS 的单电池，并且，从图 24 中可以看出，放电过程中从 3.7V 降至 3.35 的电压降没有采取
30 象图 23 中的电压曲线那样急剧的形状。

因此，所推荐的本发明的方法和系统通过使锂离子电池的温度增加到周围温度值以上，为上面提到的问题提供了答案。这个温度增加



可以通过控制的方式或通过至少给蓄电池部分隔热来获得，就如上述实施方案的实例那样。

说明书附图

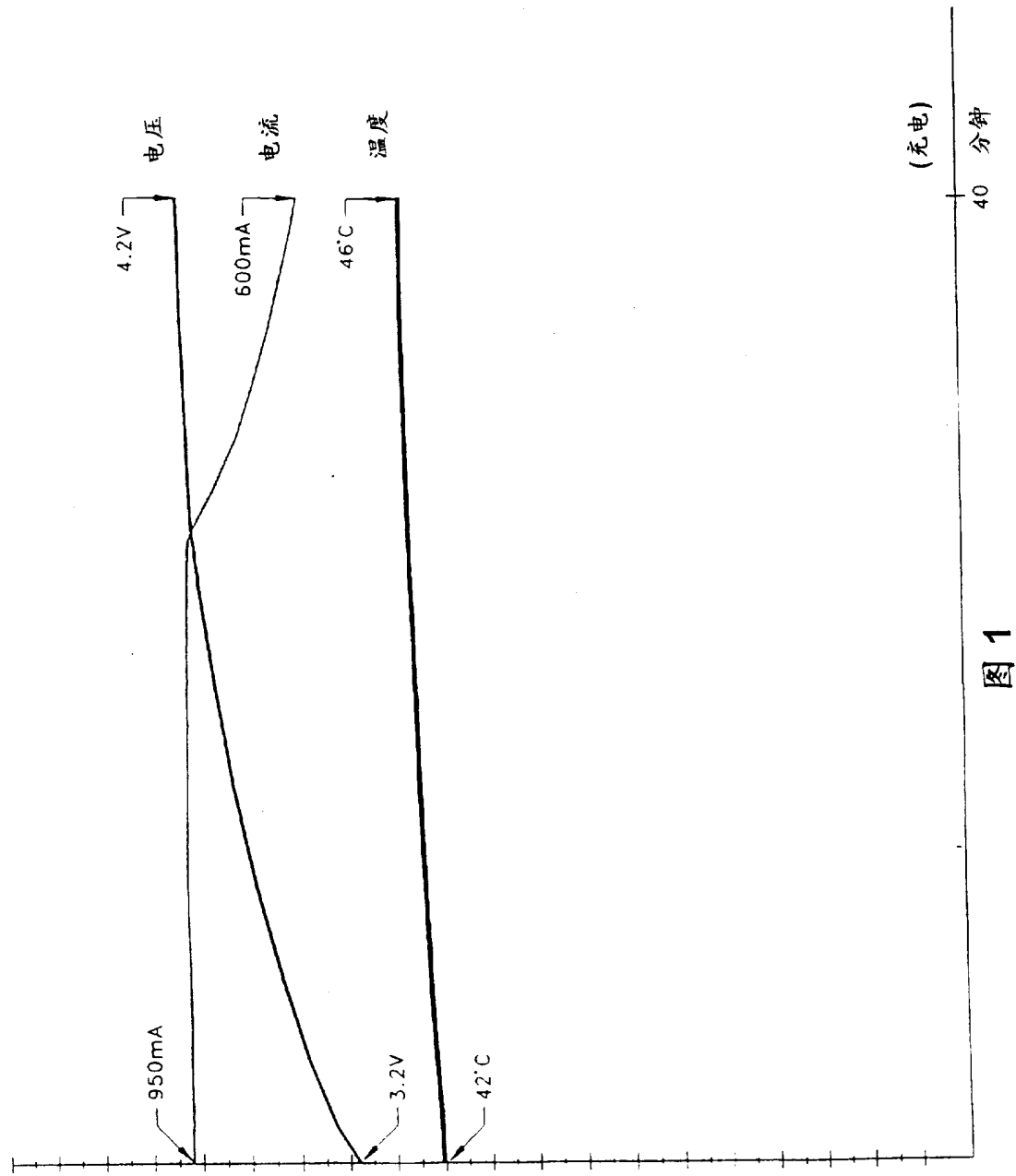


图 1

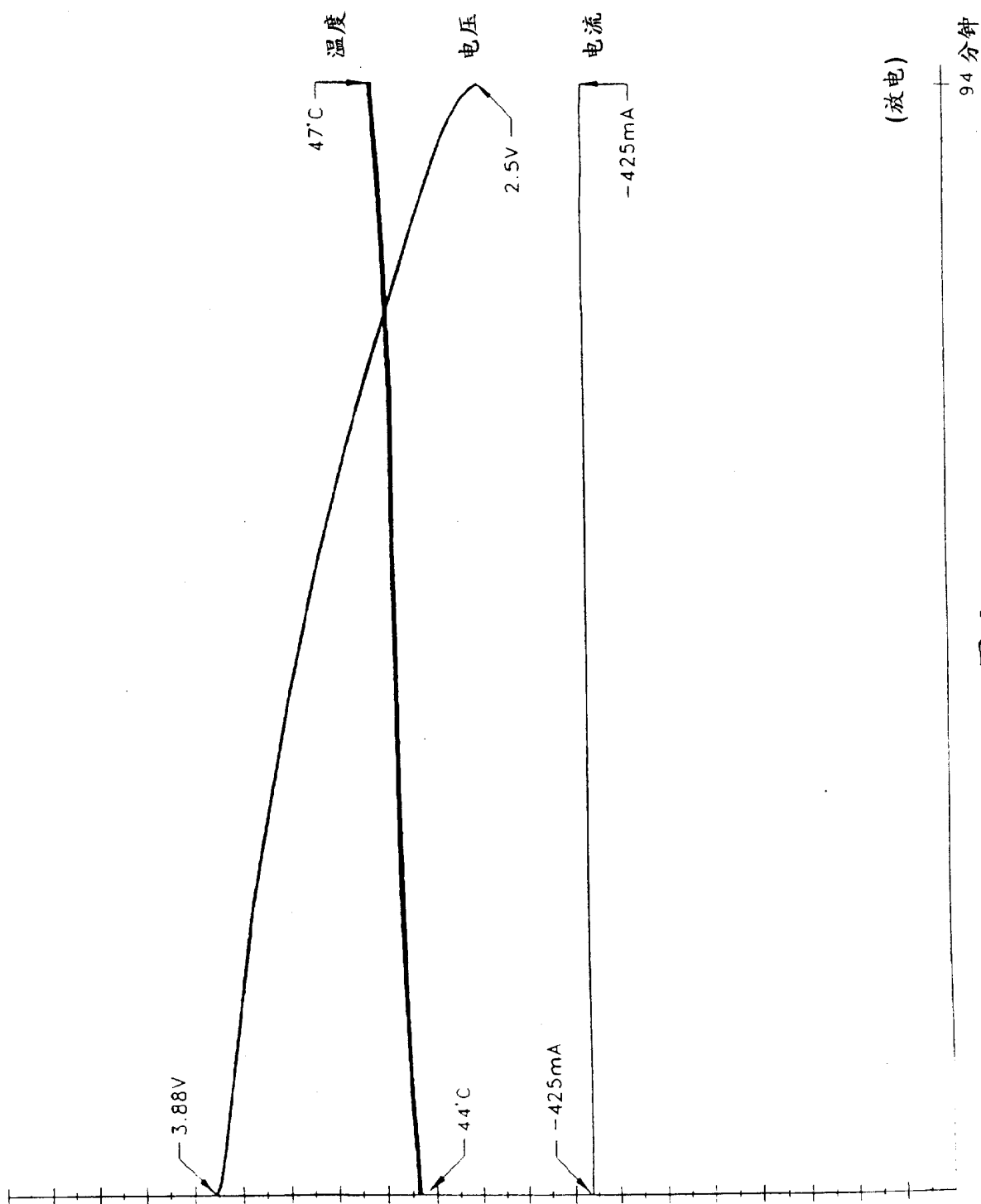


图 2

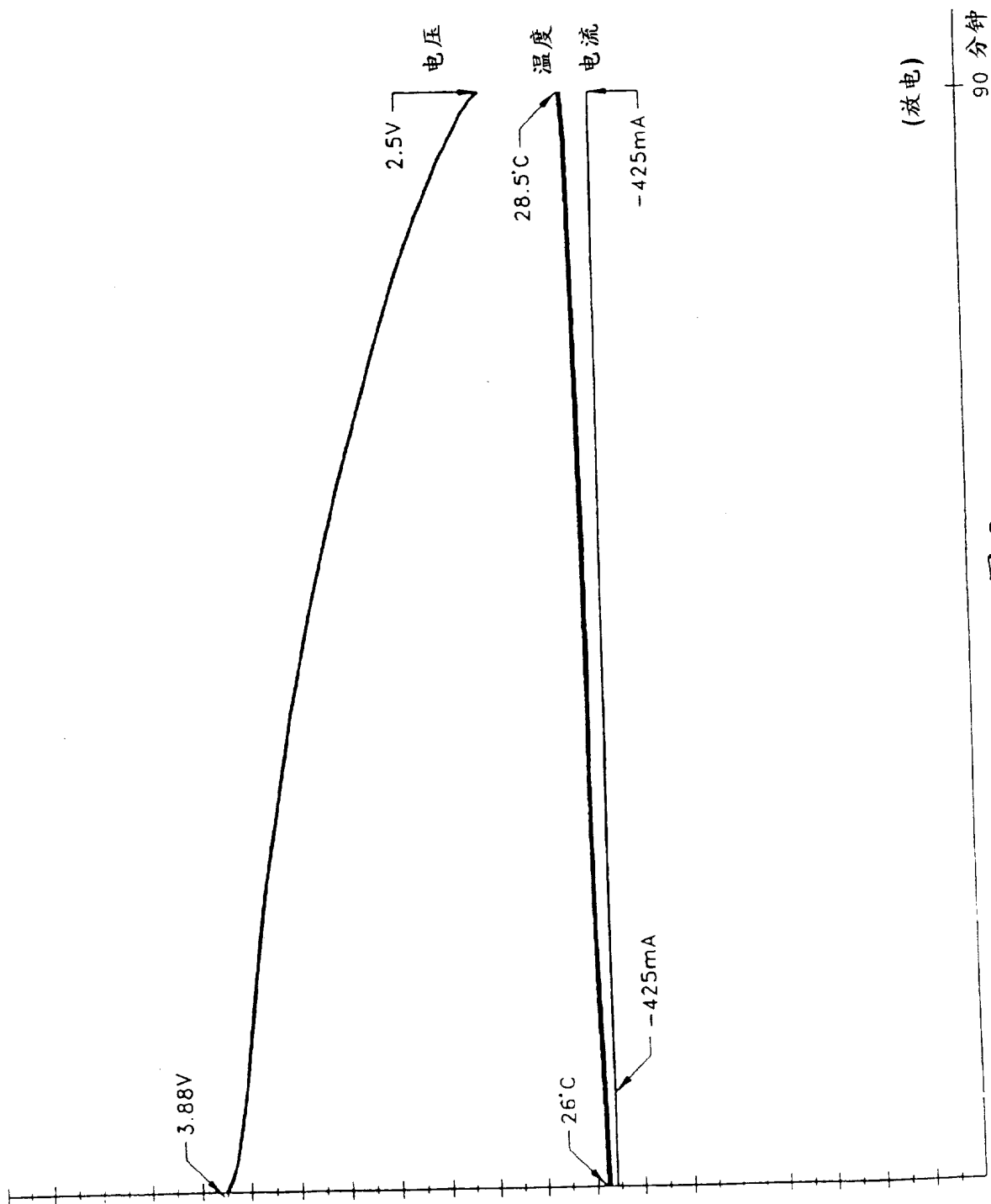


图 3

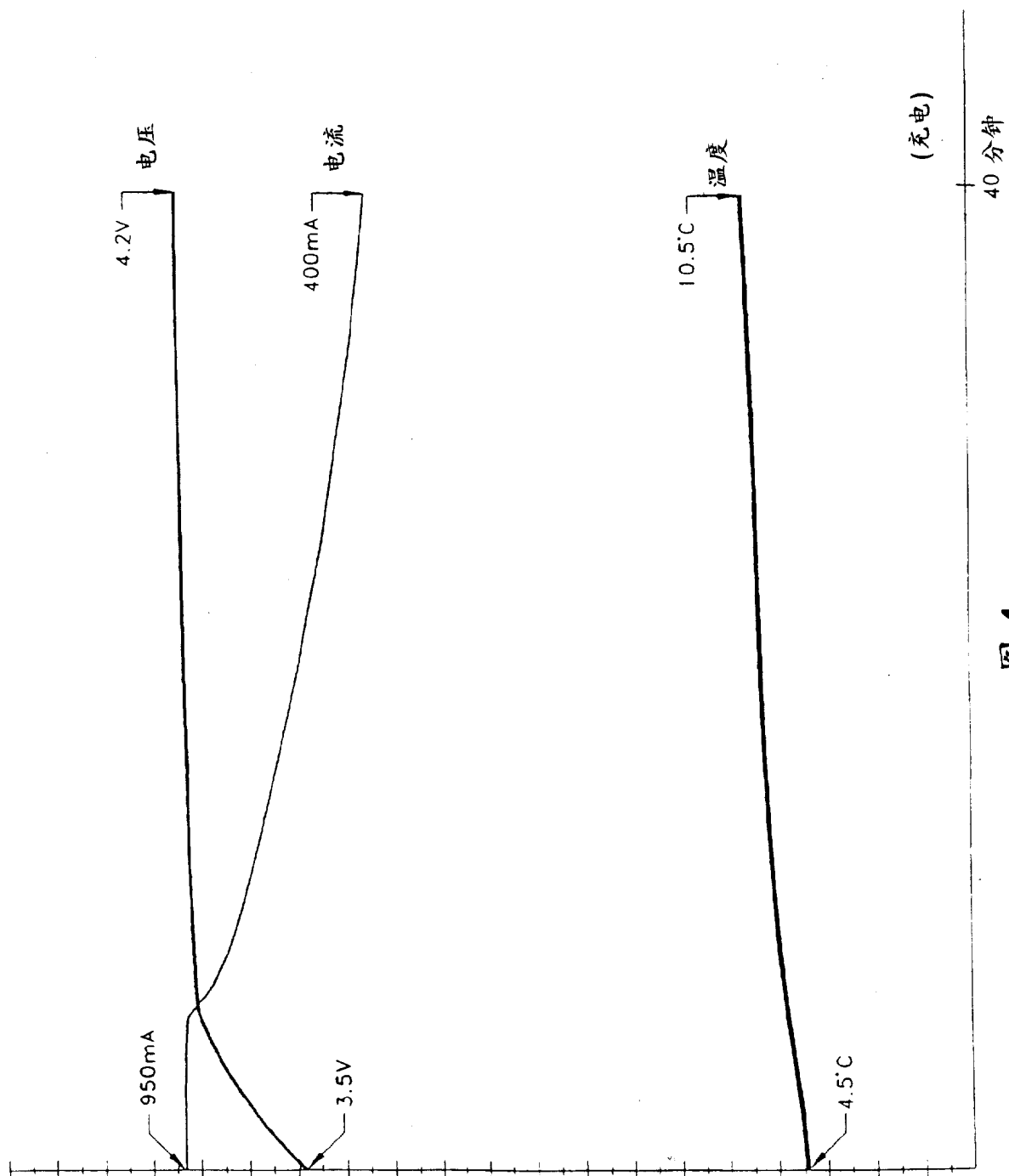
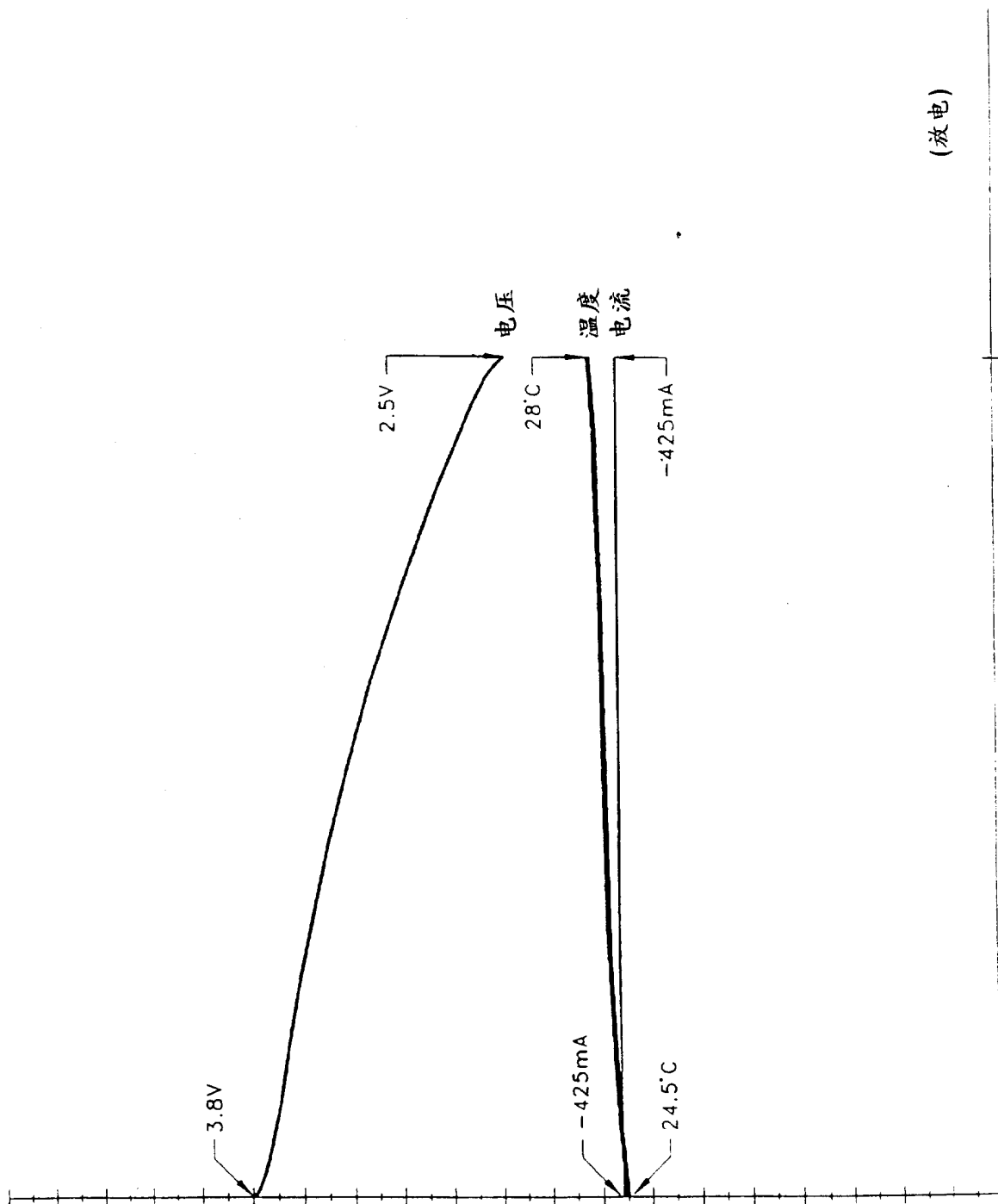


图 4



(放电)

68 分钟

图 5

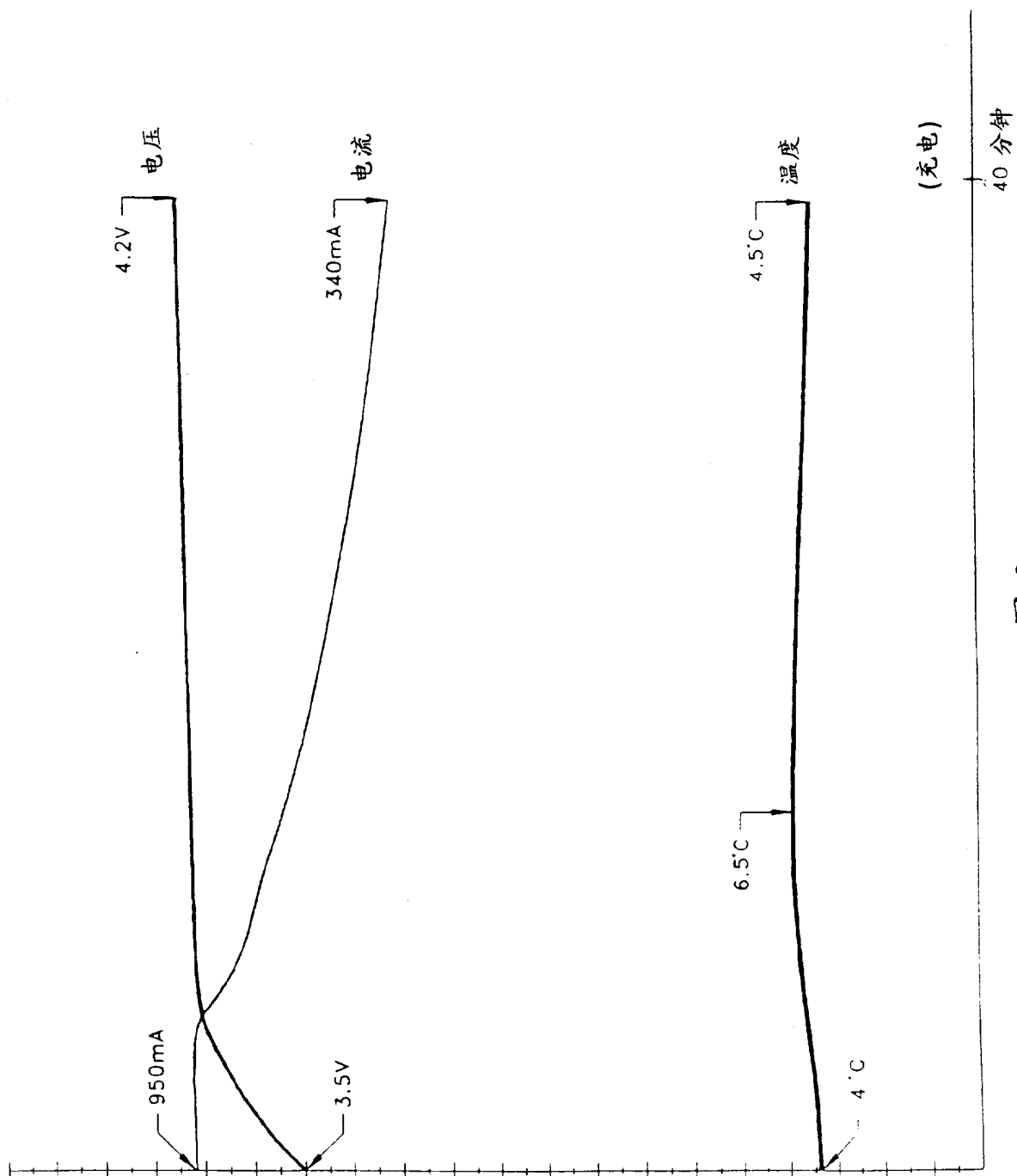
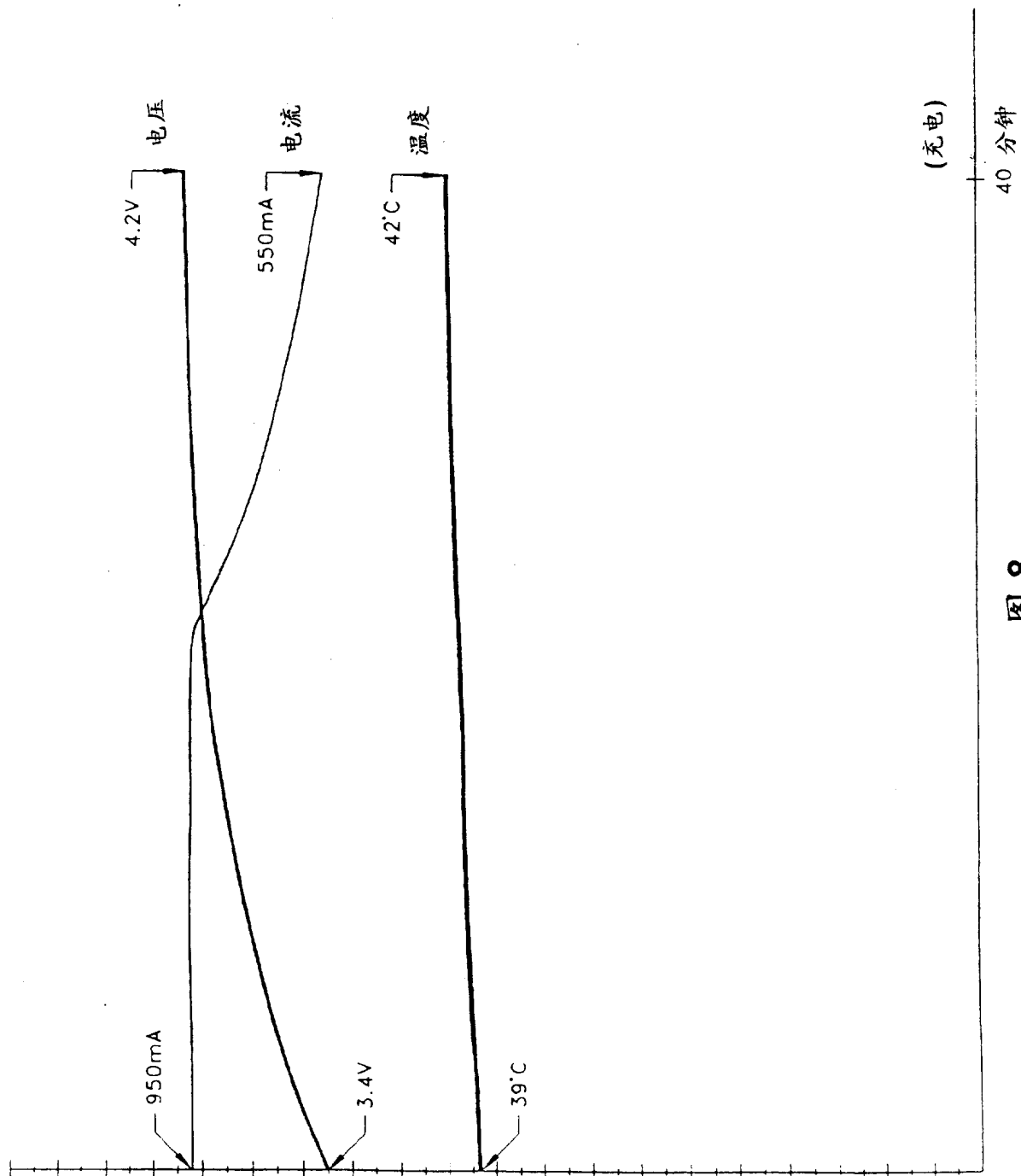


图 6





(充电)

40 分钟

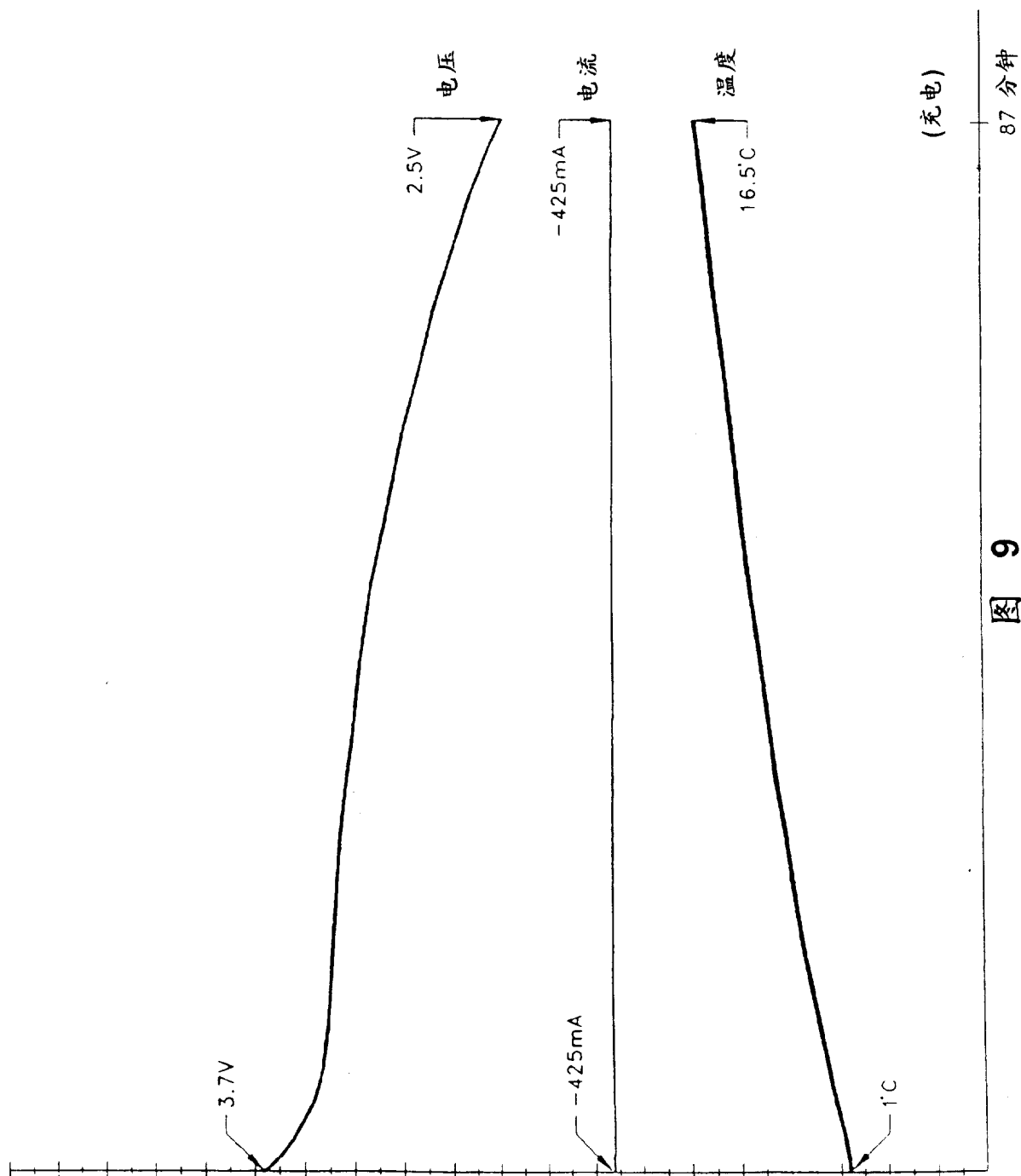


图 9

100

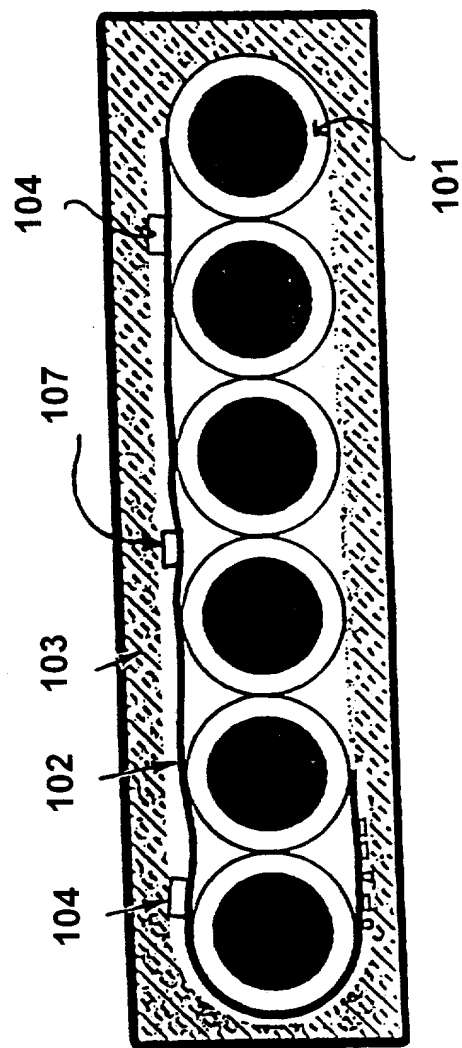


图 10

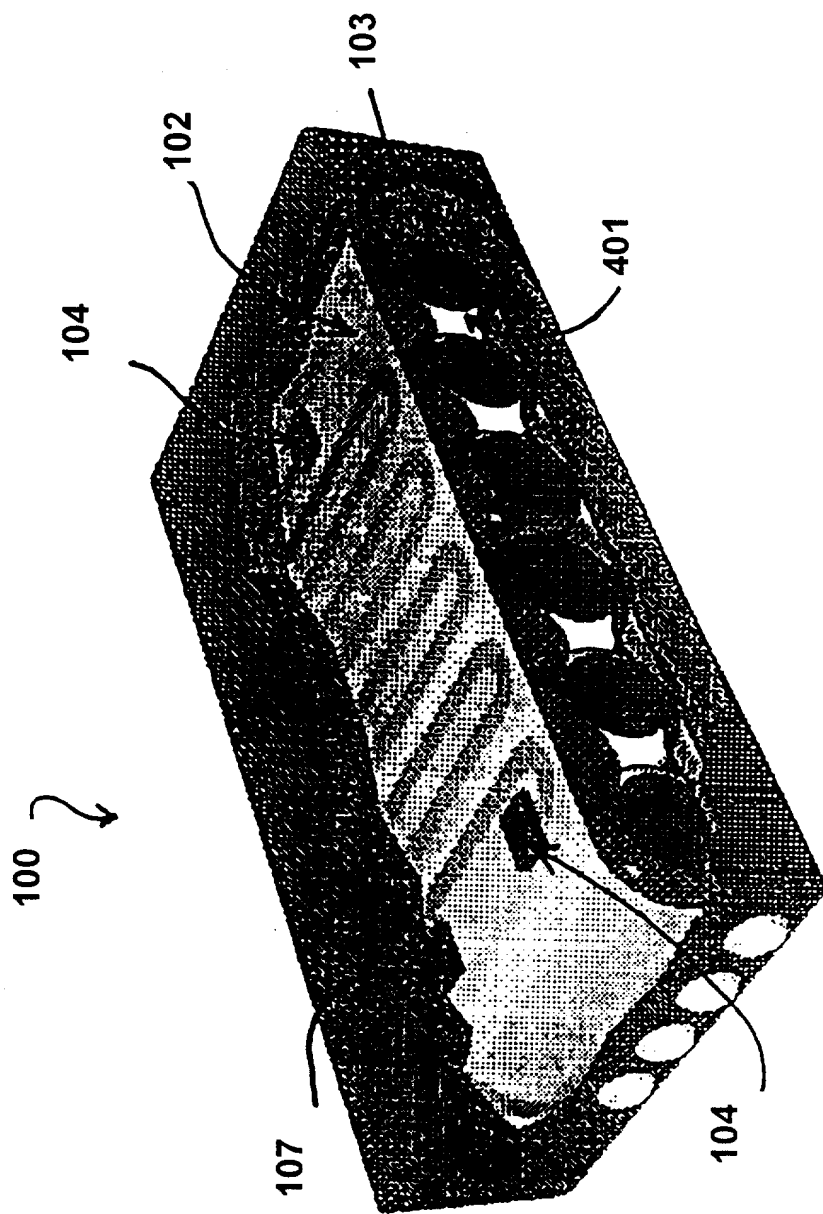


图 10 A

100

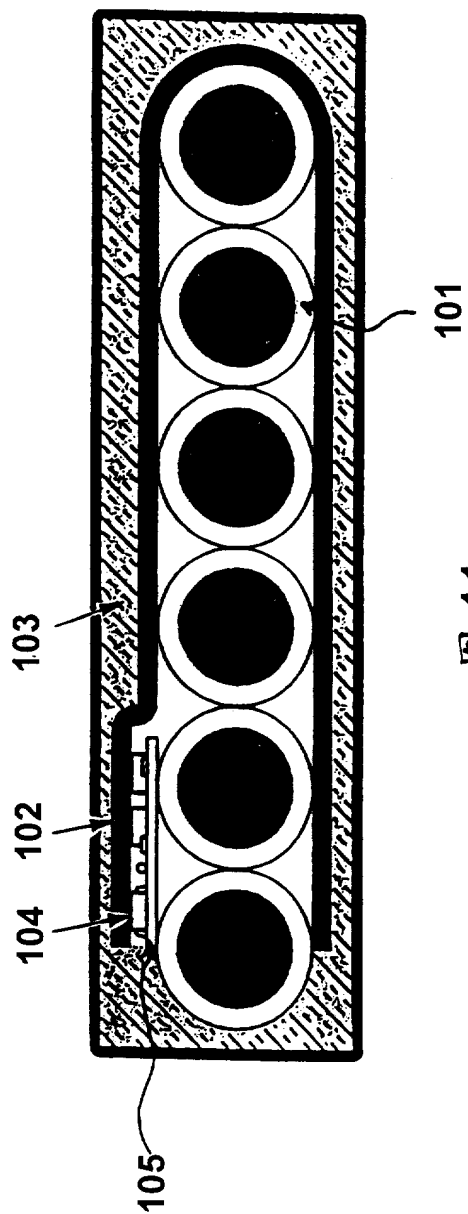


图 11

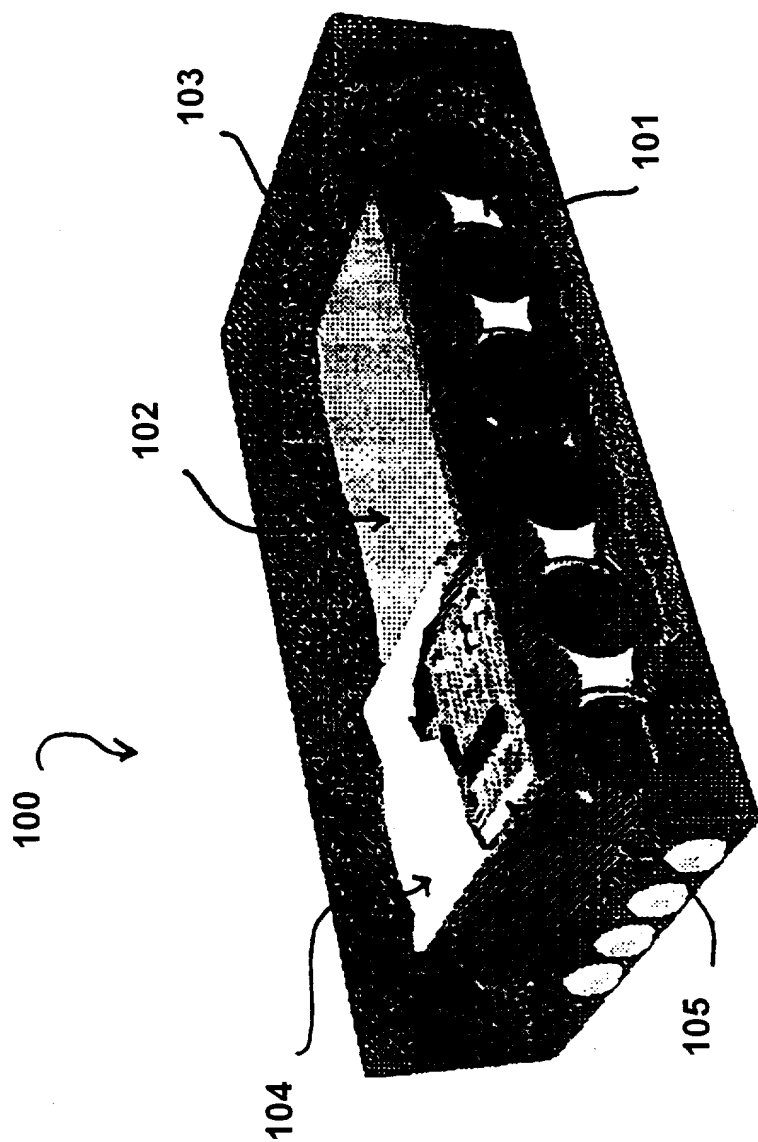


图 11 A

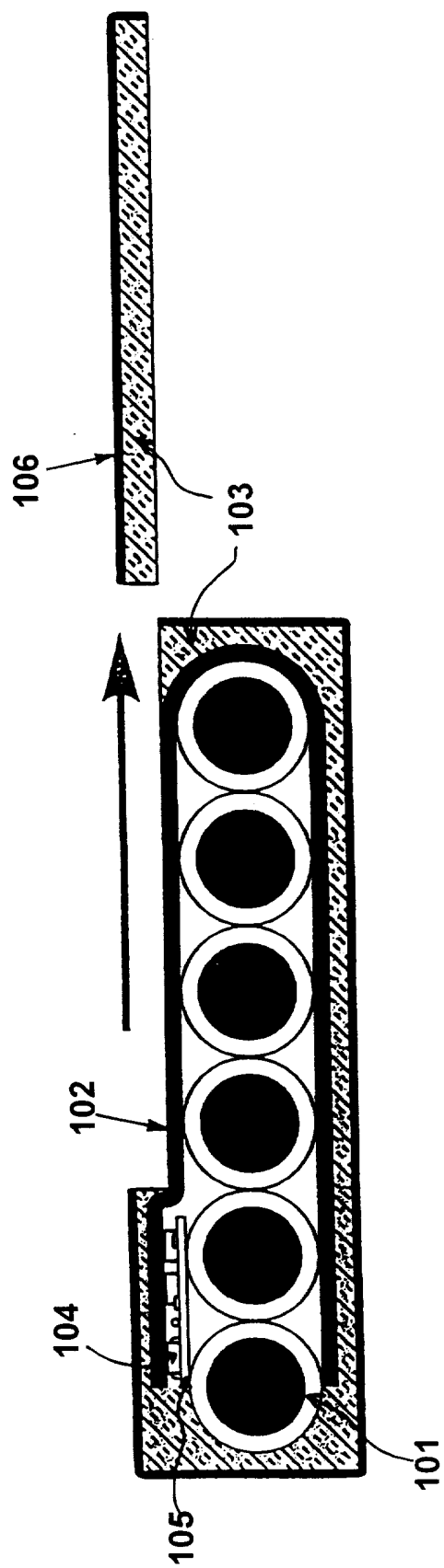


图 12

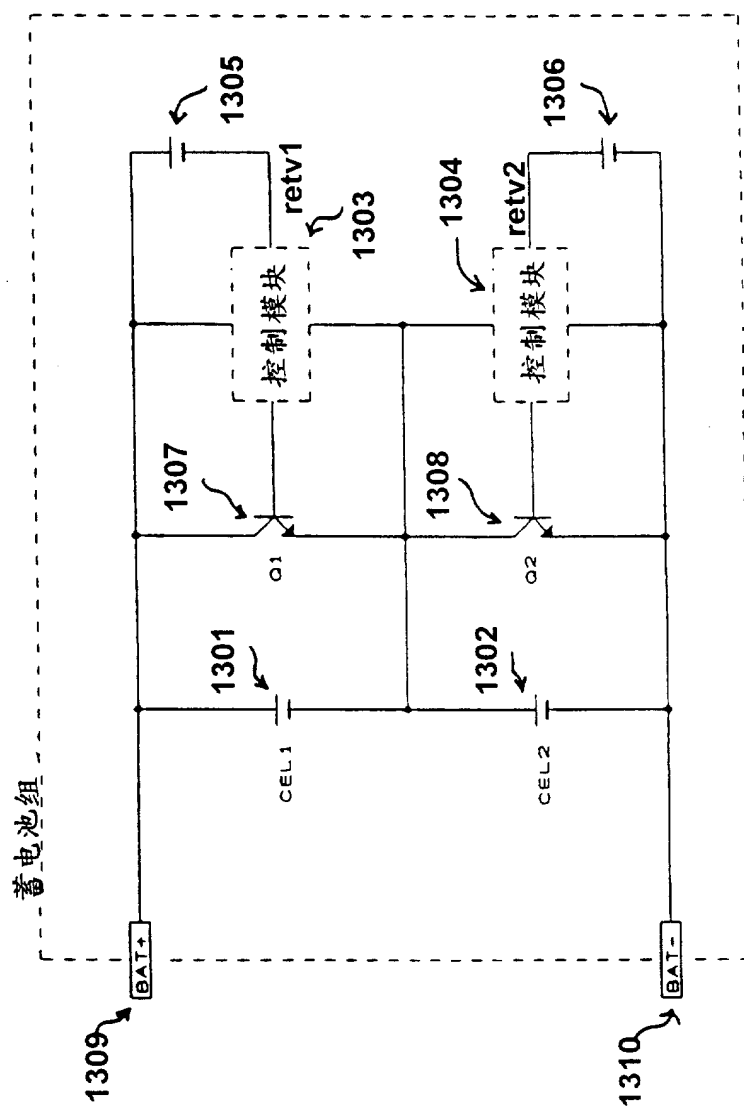


图 13

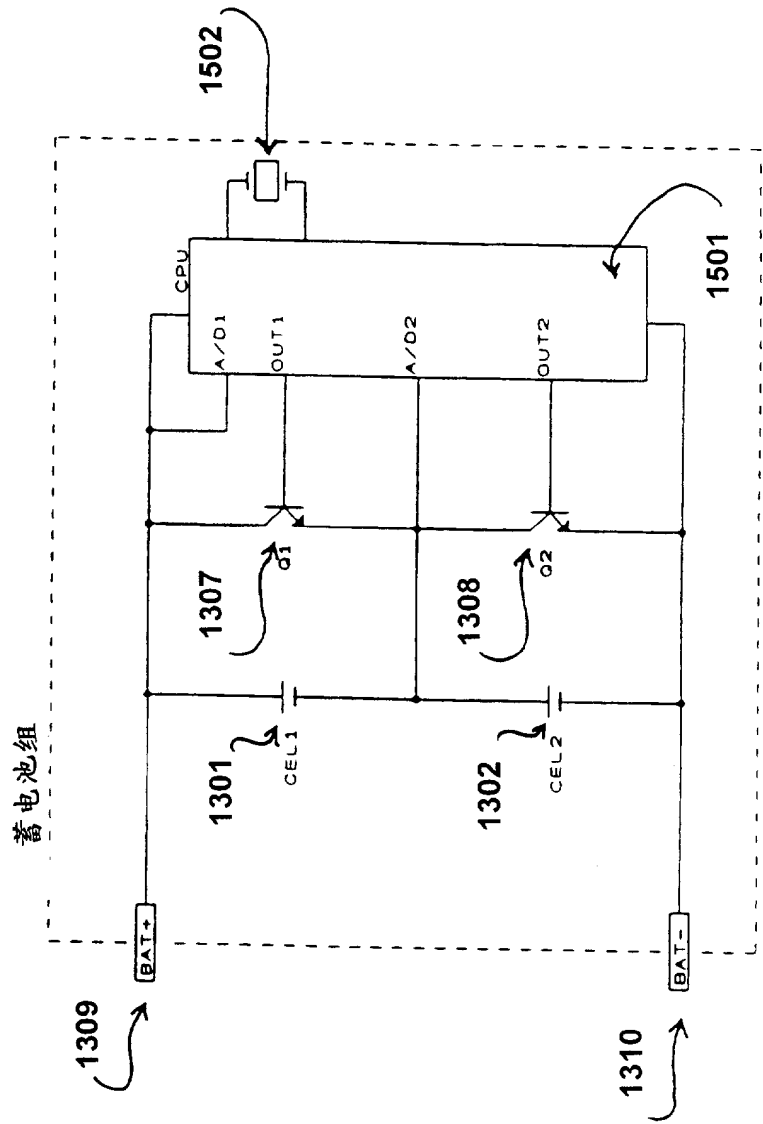


图 15

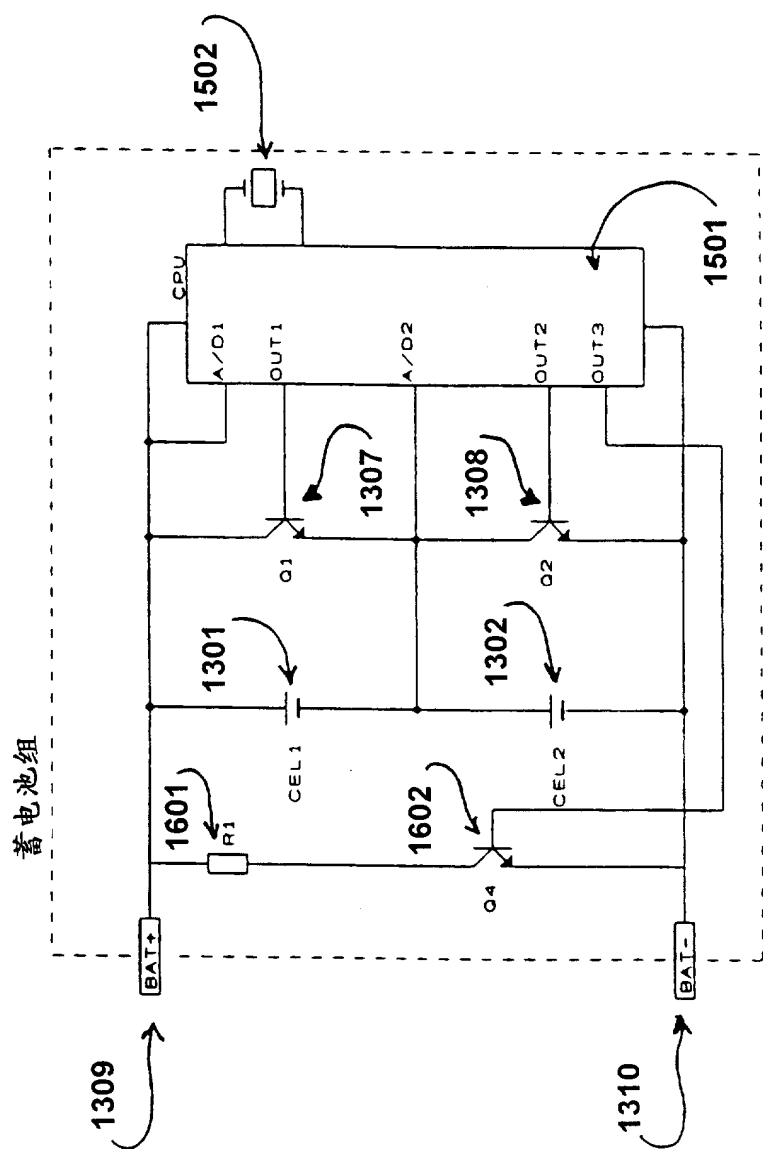


图 16

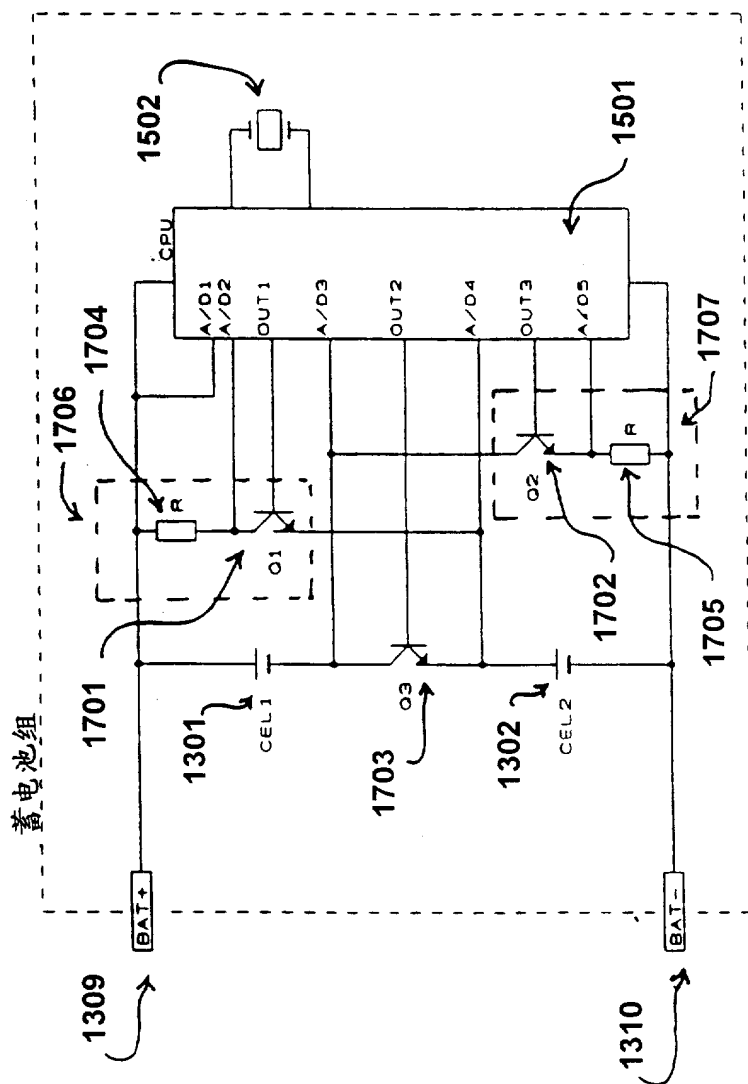


图 17

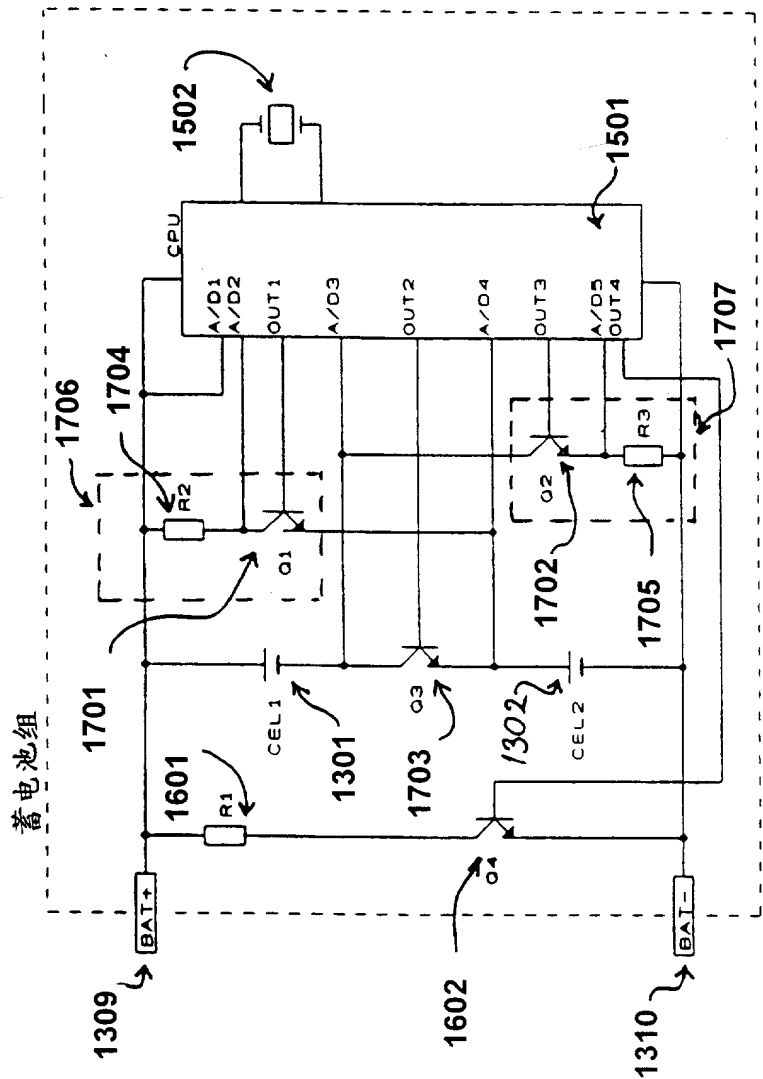


图 18

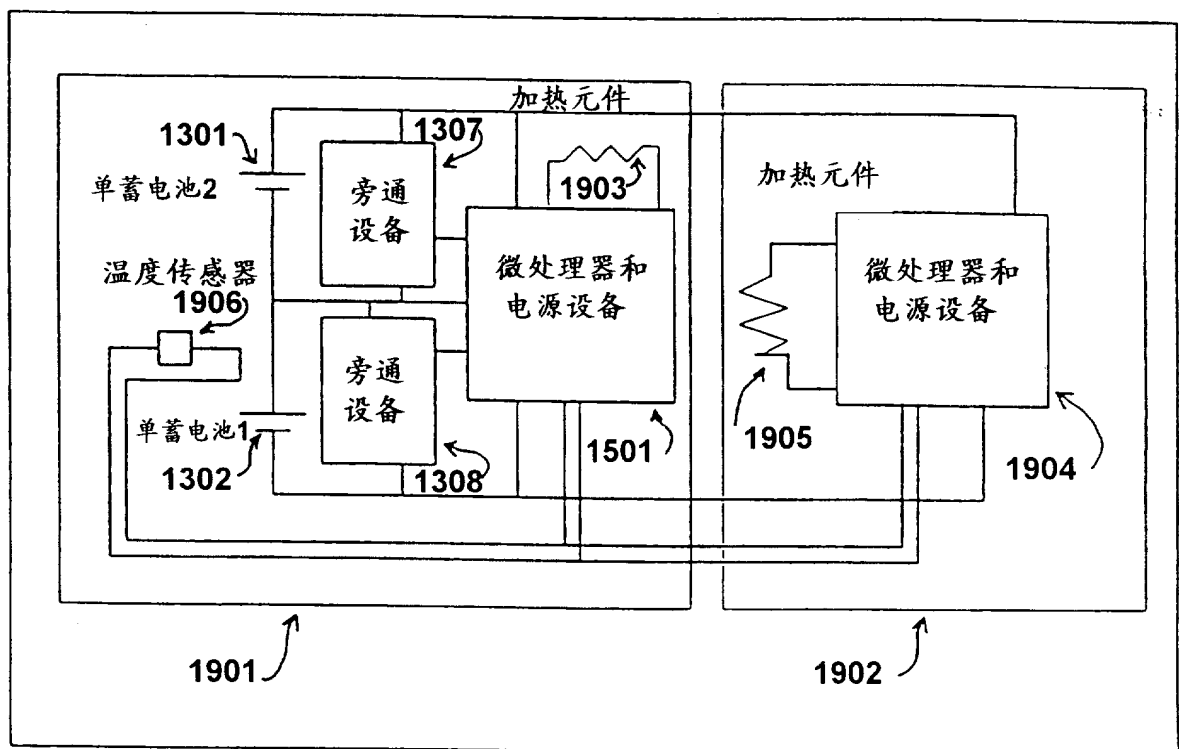


图 19

2000

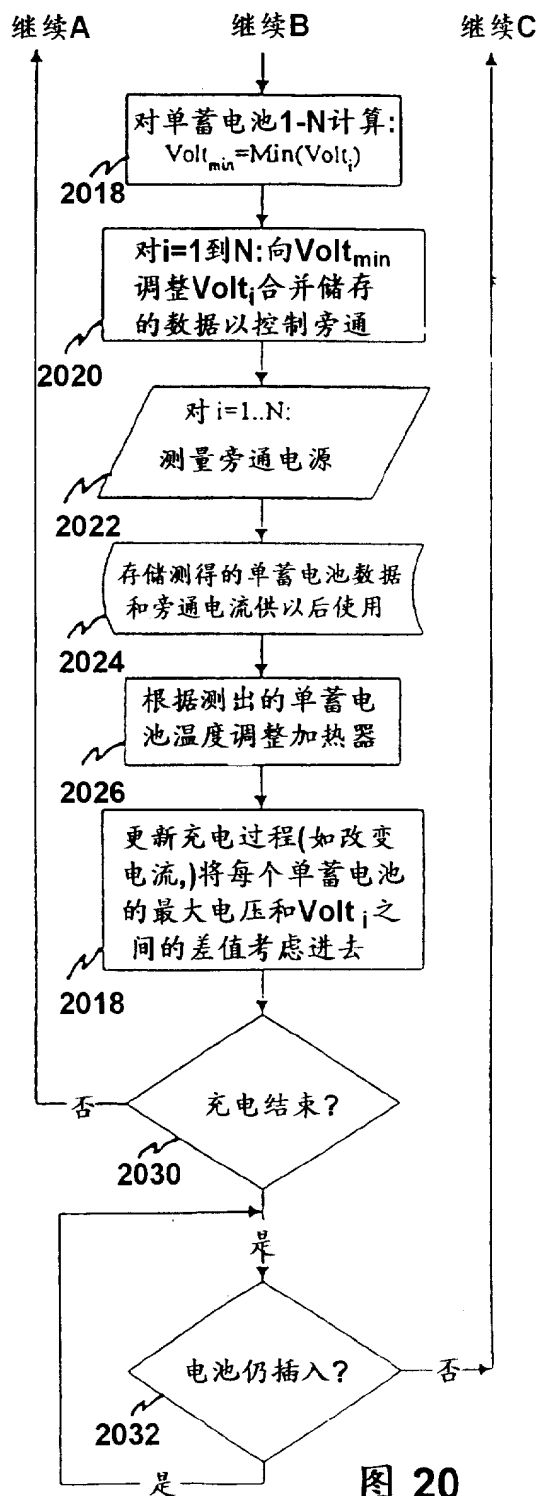
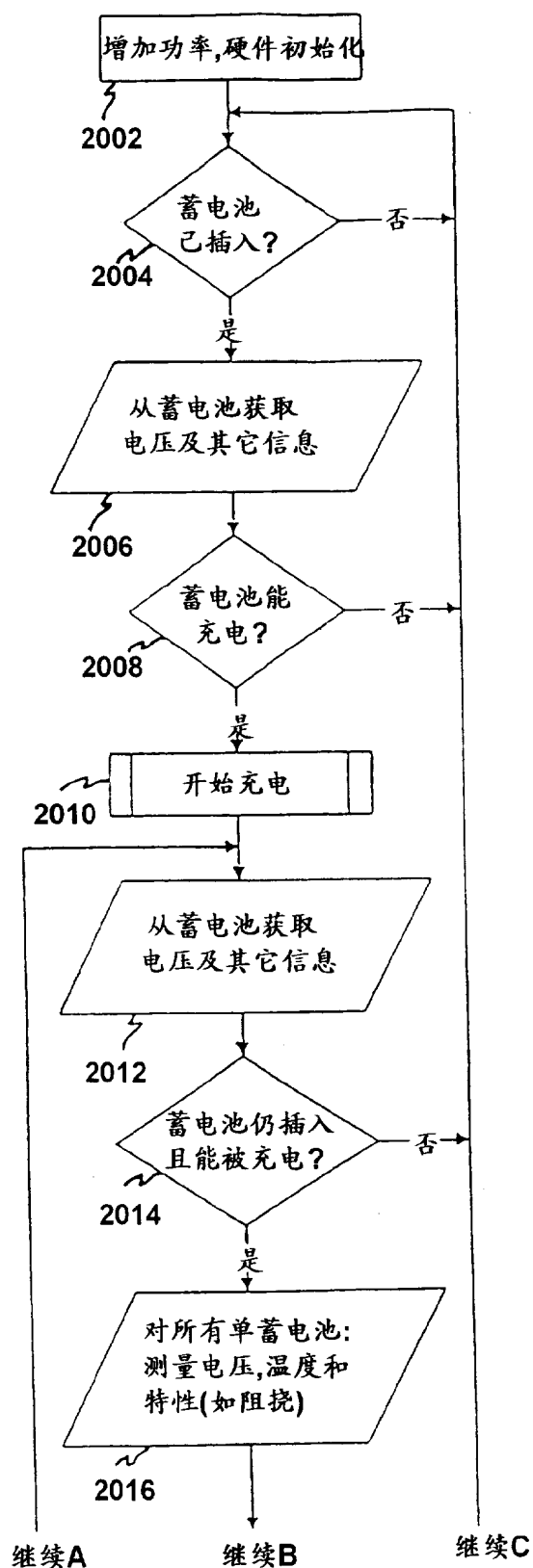


图 20

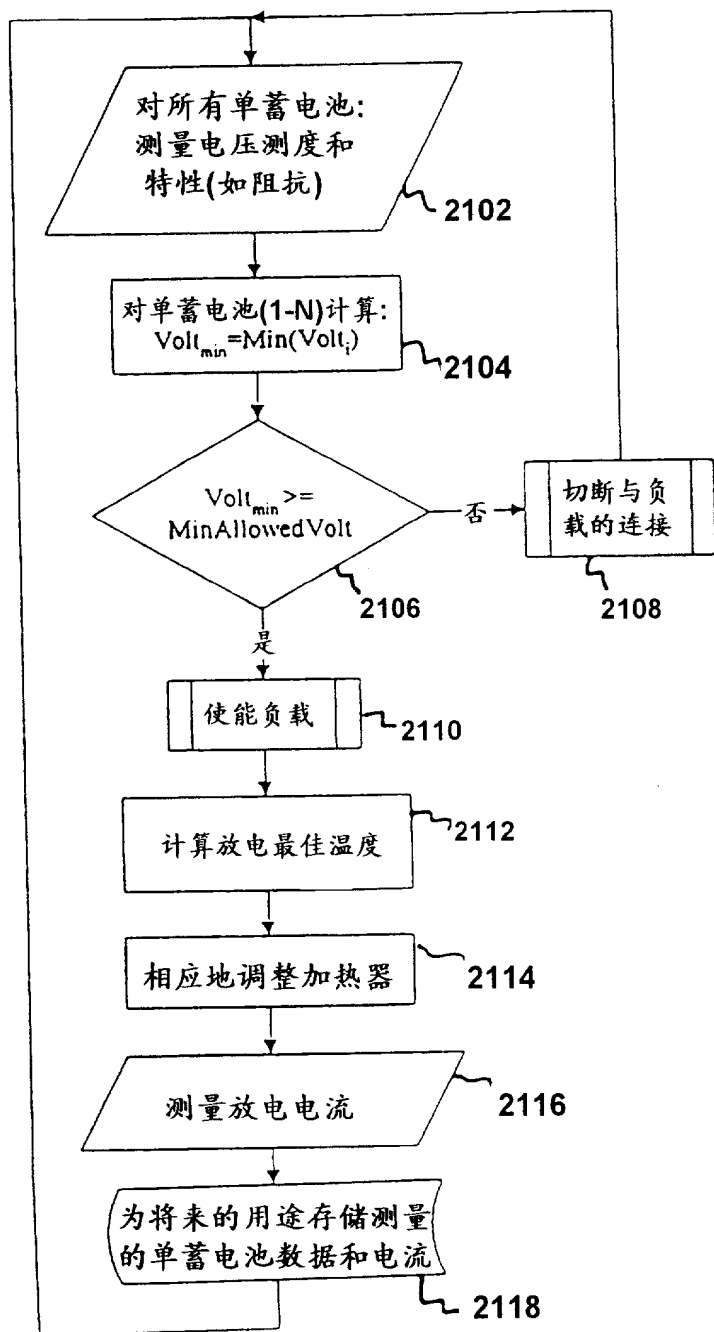


图 21

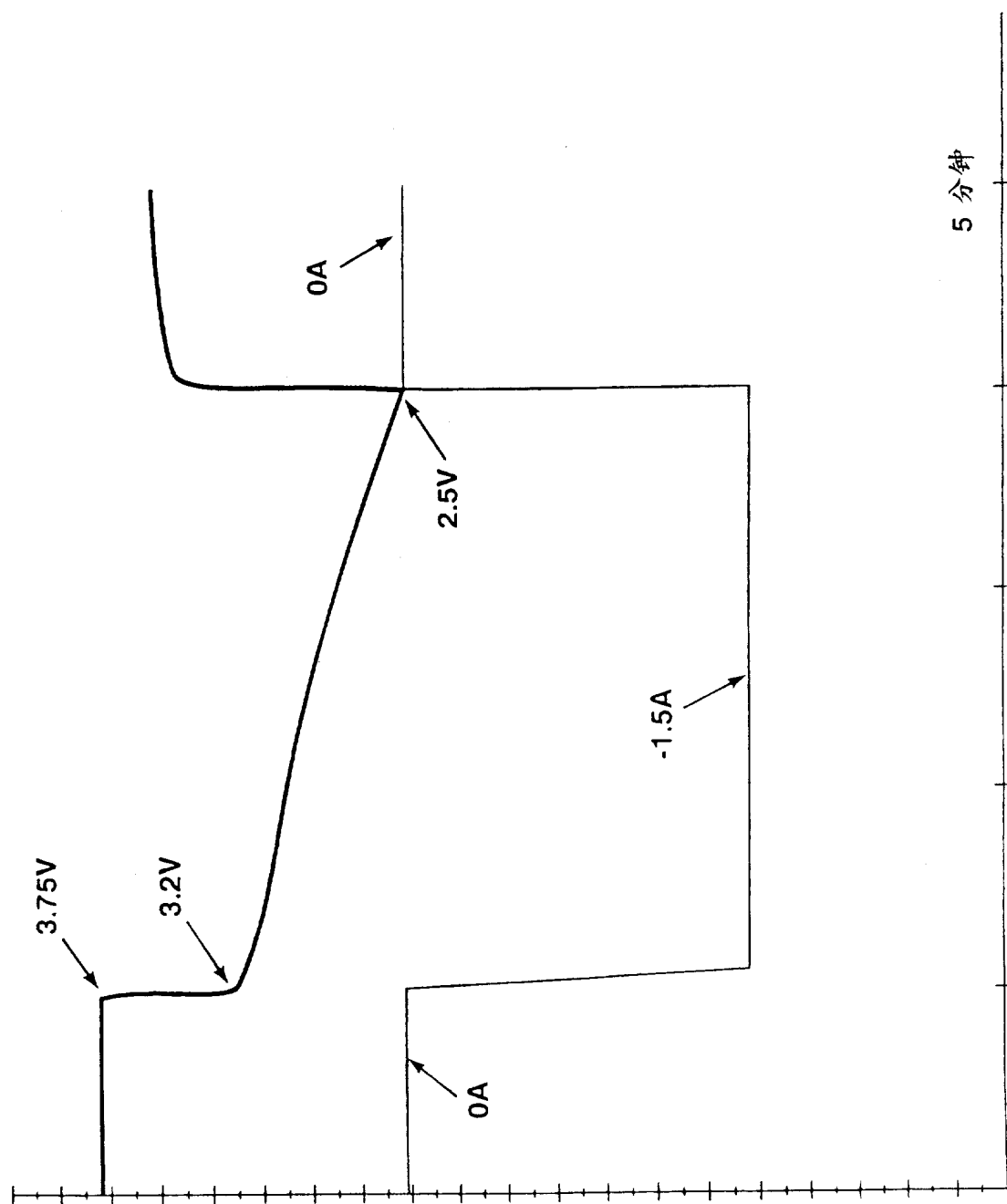


图 22

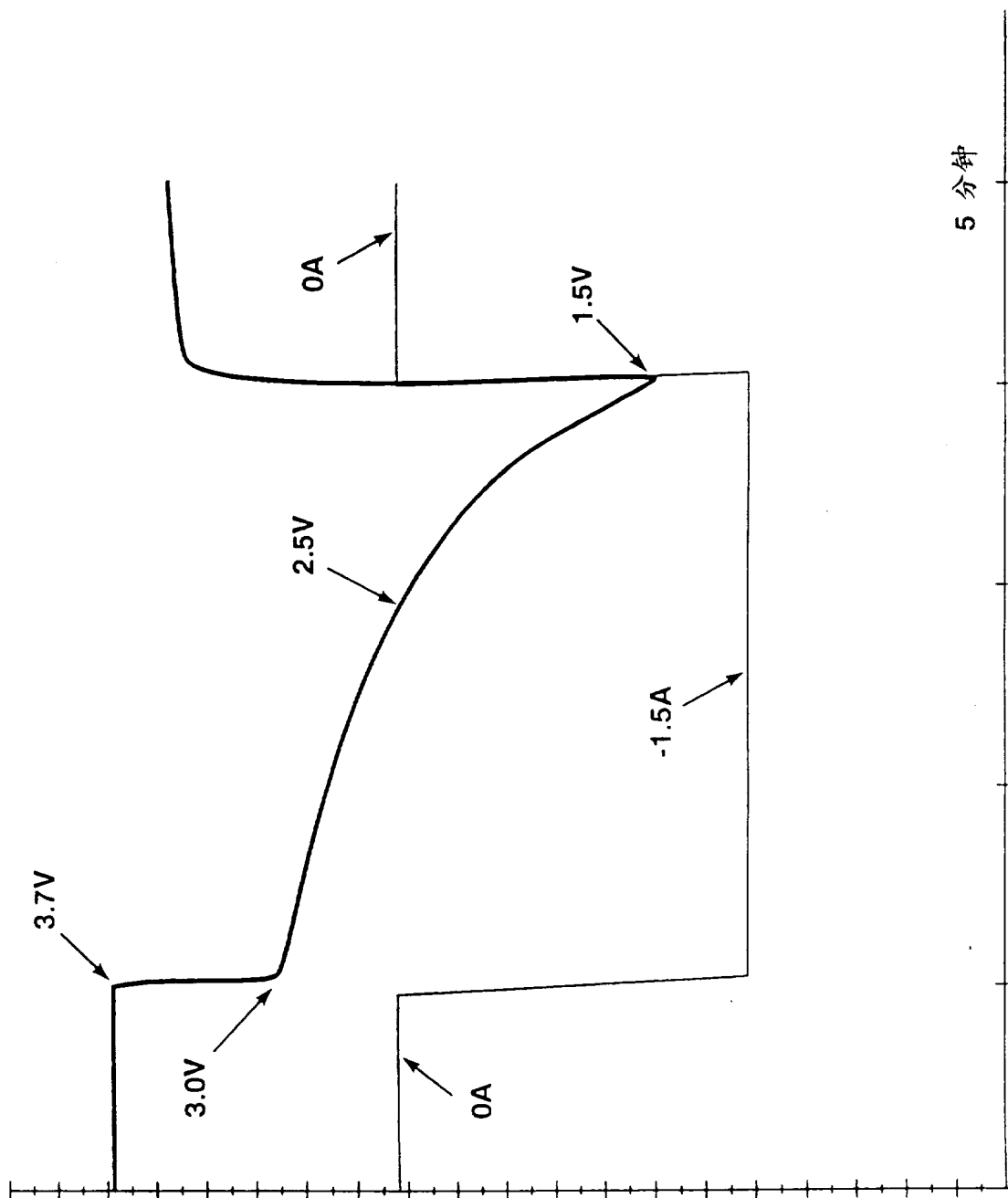


图 23

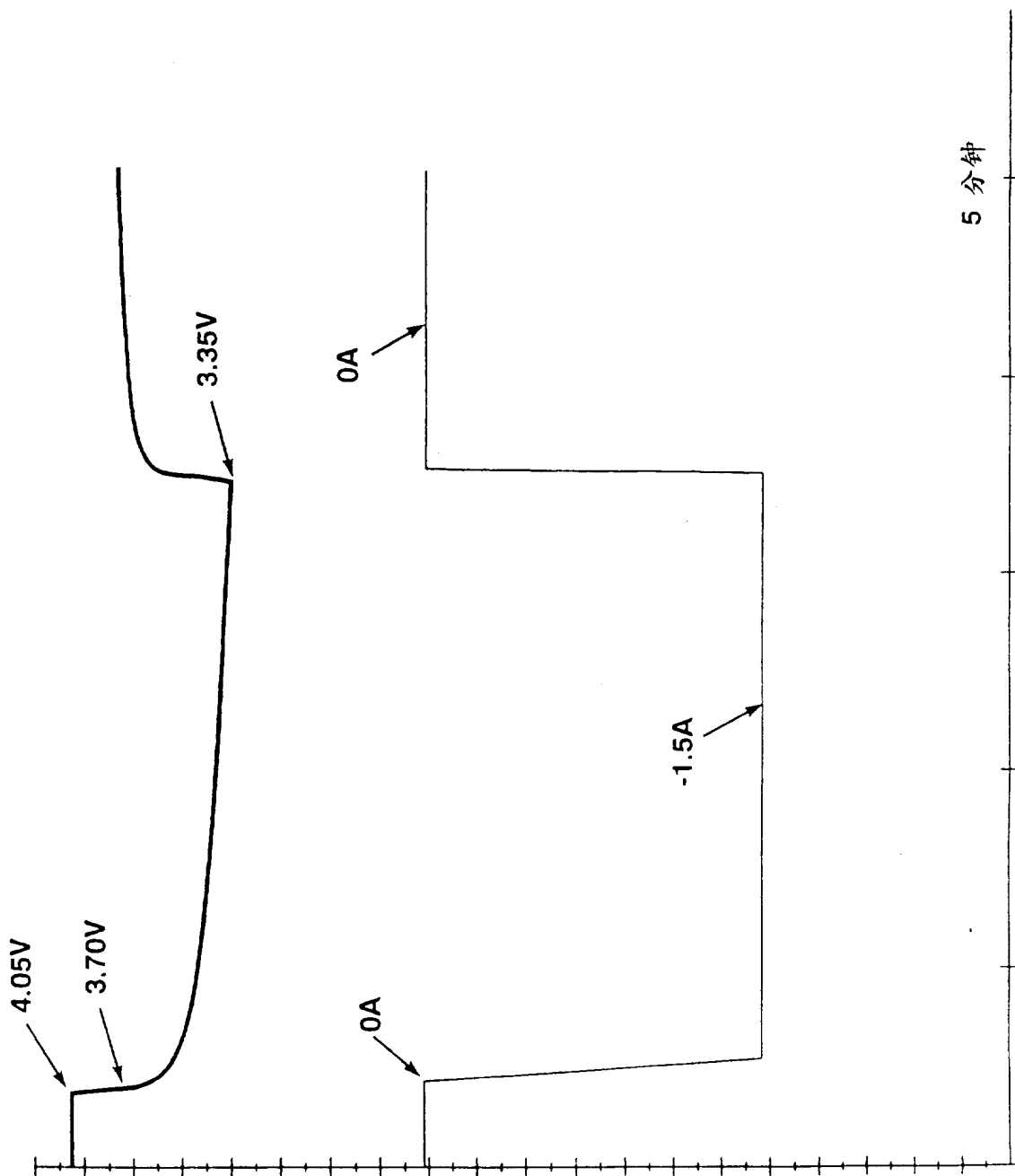


图24