



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105052001 B

(45)授权公告日 2019.06.11

(21)申请号 201380059887.5

(22)申请日 2013.08.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105052001 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(30)优先权数据
13/621,907 2012.09.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.05.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/054620 2013.08.13

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/046805 EN 2014.03.27

(73)专利权人 谷歌技术控股有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 H.马利基 J.A.霍尔马克

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 邵亚丽

(51)Int.Cl.
H02J 7/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2004222768 A1,2004.11.11,
CN 201590668 U,2010.09.22,
CN 101114724 A,2008.01.30,
CN 1611000 A,2005.04.27,
JP 2001258167 A,2001.09.21,

审查员 张震

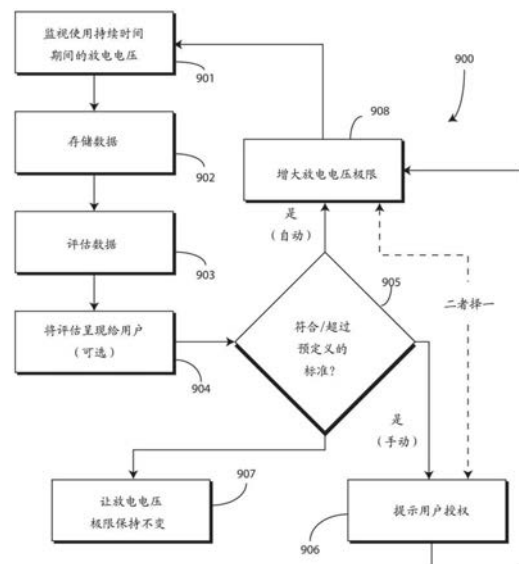
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54)发明名称

用于改善电池组的循环寿命容量的方法和装置

(57)摘要

公开了一种减少电池在其整个循环寿命中的能量存储容量的变动的方法(900)。该方法可包括在预定的放电使用时间中监视电池的一个或多个电池单元的一个或多个电压的步骤(901)。在该一个或多个电压在预定的放电使用时间期间的分布符合预定义的使用标准的情况下,该方法可包括增大该一个或多个电池单元的放电电压极限的步骤(907)。一种能量管理电路(614)可配置有控制电路(702),该控制电路可操作来增大放电极限并且在达到放电极限时限制电池单元的放电。



1. 一种减少电池在其整个循环寿命中的能量存储或使用容量的变动的方法,包括:
利用电压传感器在预定的放电使用时间中监视所述电池的一个或多个电池单元的一个或多个电压;以及
在所述一个或多个电压在所述预定的放电使用时间期间的分布符合预定义的使用标准的情况下,自动增大所述一个或多个电池单元的放电电压极限,
其中,所述预定义的使用标准的一种形式包括所述一个或多个电压按预定的裕量保持在所述一个或多个电池单元的额定放电电压以上。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述预定的裕量是百分之二十五。
3. 如权利要求1所述的方法,还包括当所述一个或多个电压下降到所述放电电压极限时在可结合所述电池操作的便携式电子设备的用户界面上提供低电量指示。
4. 如权利要求1所述的方法,还包括当所述一个或多个电压下降到所述放电电压极限时限制来自所述一个或多个电池单元的放电电流。
5. 如权利要求4所述的方法,其中,所述限制包括增大串联耦合在所述电池与负载之间的放电控制设备的串联阻抗。
6. 如权利要求1所述的方法,其中,所述增大包括将所述放电电压极限增大至少400mV。
7. 如权利要求1所述的方法,其中,所述增大包括将所述放电电压极限从约2.7伏特改变到至少3.1伏特。
8. 如权利要求1所述的方法,其中,所述预定的放电使用时间包括五个或更多个充电循环。
9. 如权利要求1所述的方法,还包括:
从所述分布确定所述一个或多个电池单元的未使用容量;以及
确定与所述未使用容量相对应的特性电池单元电压;
其中,所述增大包括根据所述特性电池单元电压增大所述放电电压极限。
10. 如权利要求9所述的方法,其中,所述增大包括将所述放电电压极限增大到额定放电电压以上、所述特性电池单元电压以下的水平。
11. 一种用于耦合到一个或多个可再充电电池单元的能量管理电路,该能量管理电路包括:
控制电路,其可结合以下部件操作:
电压感测节点,被配置为感测所述一个或多个可再充电电池单元两端的电压;以及
放电控制节点,被配置为控制与所述一个或多个电池单元串联耦合的放电电流限制器;
其中,所述控制电路被配置为,在检测到所述电压在预定的使用时间期间的分布符合预定义标准时,自动增大所述一个或多个可再充电电池单元的放电电压极限,
其中,所述预定义标准的一种形式包括所述电压按预定的裕量保持在所述一个或多个电池单元的额定放电电压以上。
12. 如权利要求11所述的能量管理电路,其中,所述控制电路还被配置为在所述电压感测节点处的电压下降到所述放电电压极限时施加一控制信号,该控制信号被配置为增大所述放电电流限制器的串联阻抗。
13. 如权利要求11所述的能量管理电路,其中,所述一个或多个电池单元的阳极包括硅

和硅碳合金。

14. 如权利要求11所述的能量管理电路,其中,所述一个或多个电池单元和所述控制电路两者都被布置在电池组内。

15. 如权利要求11所述的能量管理电路,其中:

所述控制电路被配置为向耦合到所述控制电路的电子设备输送提示,请求用户允许增大所述放电电压极限;

从所述电子设备接收响应于所述提示的用户响应;以及

仅在所述用户响应包括对增大所述放电电压极限的授权的情况下才增大所述放电电压极限。

16. 如权利要求15所述的能量管理电路,其中,所述提示包括在增大所述放电电压极限时将导致的估计容量损害的标记。

17. 一种减少电池在整个循环寿命中的能量存储容量的变动的方法,包括:

利用耦合到所述电池的一个或多个电池单元的控制电路监视用户放电分布;以及

在所述用户放电分布符合预定义的标准的情况下,利用可与所述控制电路结合操作的用户界面来提示对减小所述电池的放电能量容量极限的授权或者自动减小所述电池的放电能量容量极限,

其中,所述预定义的标准的一种形式包括在所述用户放电分布中的电压按预定的裕量保持在所述一个或多个电池单元的额定放电电压以上。

18. 如权利要求17所述的方法,还包括:

接收表示所述授权的电子信号;以及

通过增大所述一个或多个电池单元的放电电压极限来减小所述电池的放电能量容量极限。

19. 如权利要求17所述的方法,其中,所述预定义的标准的其他形式包括在预定的放电使用时间内将所述一个或多个电池单元完全放电至少一次。

用于改善电池组的循环寿命容量的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明概括而言涉及能量管理,更具体而言涉及进行充电以改善电池循环寿命的方法和系统。

背景技术

[0002] 诸如例如蜂窝电话、膝上型计算机、平板计算机、寻呼机和双向无线电装置之类的便携式电子设备从具有可再充电电池单元(cell)的电池(battery)得到其便携性。这些电池允许这些设备摆脱拘束于墙壁的电源的刻板束缚并且随着用户无线地前往他们可能去到的任何地方。布置在这些设备之一内的典型电池在其一生中可被充电和放电数百次。这种情况由于人们越来越多地对其个人设备有着日常依赖而尤其真实。

[0003] 当可再充电电池是新的时,该电池内的电池单元通常可被充电到其最大额定容量。换句话说,当电池是新的时,电池单元容量的百分之百都可用于存储和输送能量。然而,随着电池在其寿命过程中被充电和放电,度量电池对设备供电的能力的其能量存储容量由于电池单元内的化学变化而减小。例如,在大约400个充电/放电循环之后,电池内的电池单元可能只能被充电到其原始最大容量的百分之八十五或更少。结果,用户可能注意到从电池接收其电力的便携式电子设备不能像设备最初那样在充电循环之间为活跃操作提供那么多的运行时间或者为待机操作提供那么多的空闲时间。

[0004] 能够减少容量随着时间流逝的变化将会是有利的。

发明内容

[0005] 在本发明的实施例中,提供一种减少电池在其整个循环寿命中的能量存储或使用容量的变动的方法,其包括:利用电压传感器在预定的放电使用时间中监视所述电池的一个或多个电池单元的一个或多个电压;以及在所述一个或多个电压在所述预定的放电使用时间期间的分布符合预定义的使用标准的情况下,增大所述一个或多个电池单元的放电电压极限。

[0006] 在本发明的实施例中,提供一种用于耦合到一个或多个可再充电电池单元的能量管理电路,该能量管理电路包括:控制电路,其可结合以下部件操作:电压感测节点,被配置为感测所述一个或多个可再充电电池单元两端的电压;以及放电控制节点,被配置为控制与所述一个或多个电池单元串联耦合的放电电流限制器;其中,所述控制电路被配置为,在检测到所述电压在预定的使用时间期间的分布符合预定义标准时,增大所述一个或多个可再充电电池单元的放电电压极限。

[0007] 在本发明的实施例中,提供一种减少电池在整个循环寿命中的能量存储容量的变动的方法,包括:利用耦合到所述电池的一个或多个电池单元的控制电路监视用户放电分布;以及在所述用户放电分布符合预定义的标准的情况下,利用可与所述控制电路结合操作的用户界面来提示对减小所述电池的放电能量容量极限的授权。

附图说明

[0008] 其中相似的参考标号在分开的视图中始终指代相同或功能上相似的元素并且与下面的详细描述一起被包括在说明书中并形成说明书的一部分的附图用来进一步图示各种实施例并且说明全都根据本发明的各种原理和优点。

[0009] 图1图示了根据本发明的一个或多个实施例的用于测量电池单元容量的测试环境。

[0010] 图2图示了与现有技术电池单元容量减小相比,当根据本发明的一个或多个实施例使用电池单元时随着越来越多的充电/放电循环的电池单元容量减小。

[0011] 图3图示了与现有技术电池单元相比,根据本发明的一个或多个实施例使用的电池单元的随着累积放电时间的电池单元容量减小。

[0012] 图4图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的电池的能量管理的一个说明性方法。

[0013] 图5图示了根据本发明的一个或多个实施例的增大放电终止电压与容量之间的折衷。

[0014] 图6图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的一个说明性能量管理系统。

[0015] 图7图示了适合用于电池中并根据本发明的一个或多个实施例配置的一个说明性控制电路。

[0016] 图8图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的一个说明性电池。

[0017] 图9图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的用于减少电池中的电池单元在其整个循环寿命中的充电容量的变动的一个说明性方法。

[0018] 图10图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的可结合控制电路和一个或多个电池单元来操作的便携式电子设备的一个示例,其呈现一提示来请求对更改放电终止点的授权。

[0019] 图11图示了与现有技术电池单元相比,根据本发明的一个或多个实施例使用的电池单元的累积放电容量。

[0020] 熟练技工将会明白,图中的元素是为了简单和清晰而图示的,而不一定是按比例绘制的。例如,图中的一些元素的尺寸相对于其它元素可被夸大以帮助改善对本发明的实施例的理解。

具体实施方式

[0021] 在详细描述根据本发明的实施例之前,应当观察到这些实施例主要存在于与根据本发明的一个或多个实施例减小充电容量在电池组中的一个或多个电池单元的整个循环寿命中的变动有关的方法步骤和装置组件的组合之中。任何过程描述或流程图中的方框应当被理解为表示包括用于实现该过程中的特定逻辑功能或步骤的一个或多个可运行指令的代码的模块、片段或部分。包括了替换实现方式,并且将会清楚,可不按所示出或论述的顺序运行功能,包括基本上同时或按相反顺序执行,这取决于所涉及的功能。因此,装置组件和方法步骤在适当时在图中由传统符号来表示,只示出与理解本发明的实施例相关的那些具体细节,以避免用受益于本文的描述的本领域普通技术人员将容易清楚的细节来模糊本公开。

[0022] 将会明白,本文描述的本发明的实施例可包括一个或多个传统的处理器和独特的存储的程序指令,这些程序指令控制该一个或多个处理器结合某些非处理器电路实现如本文所述更改一个或多个电池单元的放电终止点以延长其在整个循环寿命中的容量的功能中的一些、大部分或全部。非处理器电路可包括——但不限于——无线电接收器、无线电发送器、信号驱动器、时钟电路、电源电路和用户输入设备。如此,这些功能可被解读为执行整个循环寿命中充电容量变动减小的方法的步骤。可替换地,一些或全部功能可由没有存储的程序指令的状态机实现,或者实现在一个或多个专用集成电路(application specific integrated circuit,ASIC)中,其中每个功能或某些功能的一些组合被实现为定制逻辑。当然,可以使用两种途径的组合。从而,本文描述了用于这些功能的方法和装置。另外,预期到,本领域普通技术人员尽管可能会作出重大努力和由例如可用时间、当前技术和经济考虑所驱使的许多设计选择,但当其被本文公开的概念和原理所引导时,将容易能够以最低限度的实验生成这种软件指令和程序以及IC。

[0023] 现在详细描述本发明的实施例。参考图,相似的数字在各视图中始终指示相似的部件。按照在本文的描述和所有权利要求中使用的,以下术语采取与之明确关联的含义,除非上下文清楚地另有指示:“一”、“一个”和“该”的含义包括复数指代,“在……中”的含义包括“在……中”和“在……上”。诸如第一和第二、顶部和底部等等之类的关系术语可被单独使用来区分一个实体或动作与另一实体或动作,而不一定要求或暗示这样的实体或动作之间的任何实际的这种关系或顺序。另外,本文在括号中示出的参考标记指示除了在论述的那个图以外的图中示出的组件。例如,在论述图A时谈及设备(10)将会指代在不是图A的图中示出的元素10。

[0024] 对来自电池组的能量的需求由于例如智能电话、平板式计算机和膝上型计算机之类的新便携设备的出现而在不断增大。对能量的增大的需求一部分是由于这些设备中包括的新特征集合而引起的。例如,虽然移动电话过去只用于进行电话呼叫,但是现今用户使用智能电话来进行电话呼叫、在网上冲浪、观看视频、玩游戏和拍照片。此外,许多智能电话现今运行与个人计算机使用的类似的软件操作系统。这些设备中的许多包括触摸敏感屏幕和无线连通性,其中每一者都提出了对能量的增大的需求。

[0025] 虽然传统的基于锂离子的电池技术或者其它类型的基于带电离子的电池技术能够在某种程度上为这些设备供电,但它们具有局限性。举例来说,当在使用局域无线通信能力、广域网通信能力、高耗电的视频处理器和触摸敏感显示器的平板设备中使用锂离子电池时,该电池必须能够应对从高放电率变化到很低的放电率的宽范围的电流负荷。为了使得传统的锂离子电池能够应对这种设备所要求的高放电电流,设计者必须牺牲在用于传统电话的普通锂离子电池中存在的能量存储容量中的一些。另外,试图在超出其额定电流应对能力的情况下使用锂离子或锂离子聚合物电池会引起大幅的循环寿命劣化并且甚至可能损害电池本身的可靠性。

[0026] 标准的单电池单元锂离子电池通常在4.2伏特的额定充电电压和3.0伏特的额定放电电压之间操作。这意味着当电池单元电压上升到4.2伏特时充电电流被限制或停止,并且相应地,当电池单元电压下降到3.0伏特时放电电流被限制或停止。另外,这种电池单元通常被额定到按“1-C”速率的充电或放电。这意味着充电或放电电流经常被限制到预定的水平。在400mA-h的电池单元中,“1-C”速率意味着充电或放电电流通常被限制到400mA。

[0027] 已知在可再充电电池中,例如在锂离子或锂离子聚合物电池中,电池单元经历的充电和放电循环的数目对于整个电池的寿命有巨大影响。一般地,随着充电电压增大,电池的初始容量也增大。然而,增大充电电压将会减小电池循环寿命。作为示例,如果具有4.2V的额定充电电压的标准锂离子电池被充电到4.3V,则添加的终止电压将电池的容量增大百分之五到十五之间。然而,对电池过度充电以实现这个增大的容量的影响是电池的循环寿命被减小百分之三十到五十。此外,过度充电有损害电池单元热稳定性和整体电池可靠性的风险。因此,制造商尝试将可再充电电池的内部充电水平设定到如下的水平:其产生对于应用有效的容量,但并不严重不利地影响电池循环寿命或可靠性。

[0028] 在“高性能”应用中,制造商将通过增大额定充电电压来扩大充电范围。为了防止不利地影响循环寿命,这些制造商也将减小额定充电或放电电流。例如,在不同化学性质的高性能锂离子电池单元中,额定充电电压可以是4.35伏特。然而,额定充电或放电电流可以仅是0.5-C到0.7-C。如果在充电期间超过了这个减小的电流额定,则在电池单元的阳极上开始发生异常,例如,锂电镀,或者非均一电流应对分布。电镀尤其导致电池单元能量密度的减小和热稳定性劣化。如果在放电期间超过了减小的电流额定,则可导致内部发热。这个内部发热也导致减小的电池循环寿命。

[0029] 为了克服这些问题,在开发新的电池单元技术,其中在电池单元中使用基于硅或硅碳的阳极材料。硅的添加允许电池单元的操作电压范围被增大。例如,不是具有3.0伏特的额定放电电压,具有基于硅的阳极的锂电池单元而是具有2.5到2.7伏特之间的额定放电电压。

[0030] 本申请的发明人通过实验测试发现,与仅在其上部电压范围中操作时相比,当跨越其制造商规定的全电压范围(通常是4.35-2.7V)操作时,使用基于硅的阳极的电池单元的循环寿命更加快速地劣化。因此,被从4.0伏特放电到2.7伏特的电池单元中的容量的劣化将比该电池单元被从4.35伏特放电到3.6伏特时快得多。

[0031] 在具有基于硅的阳极的电池单元中发生的这种增强的“上部范围”循环寿命性能与在具有传统的不含硅的石墨基碳(例如,石墨)阳极的电池单元中发生的恰好相反。在传统的电池单元中,当电池单元被在其操作电压范围的下端中操作时,循环寿命得以维持。从而,对于额定在3.0到4.35伏特之间的传统电池单元,与将把电池单元从4.35伏特放电到3.5伏特相比,从4.0到3.0伏特放电将会在预定数目的循环后维持更多的电池单元容量。因此,与在再充电之前将其电池中的电池单元完全放电的用户相比,在夜间(或者对于重度(heavy)用户而言也在日间)将其部分放电的电池单元“充满(top off)”的用户随着时间的流逝将会经历更多的容量损失。

[0032] 考虑到发明人已发现具有基于硅的阳极的电池单元就整个循环寿命中的容量损失而言与传统的电池单元正相反地操作,本发明的实施例进行工作来优化使用基于硅的阳极的基于锂离子的电池中的宽电压范围上的循环寿命,而不损害这些电池单元的热稳定性。本发明的实施例对于使用不可被最终用户更换的嵌入式电池的电子设备来说尤其重要,因为电池单元在使用本发明的实施例时可体验到大约百分之三十到四十的循环寿命。

[0033] 在本发明的一个实施例中,一种减小电池在其整个循环寿命中的能量存储容量的变动的方法包括利用电压传感器来在预定的放电使用时间中监视电池的一个或多个电池单元的一个或多个电压。预定的放电使用时间的示例可以是三天、五天、七天,或者可替换

地可以按充电和放电循环来度量,例如三个循环、五个循环、十个循环,等等。在该一个或多个电压在预定的放电使用时间期间的分布(profile)符合预定义的使用标准的情况下,本发明的实施例增大该一个或多个电池单元的放电电压极限。例如,在一个实施例中,放电电压极限可被从2.7伏特增大到3.1伏特。虽然这导致了略微减小的单次使用容量,但实验测试表明减小的容量大约是百分之五到百分之七。同时,通过增大放电电压极限,电池单元的整体容量在400次循环之后可增大超过百分之十五,这向用户提供了在电池的整个寿命中的更大的总放电时间量,这代表了增大的运行或使用时间。许多用户将会发现这是相当有利的,尤其当电池被嵌入在设备中并且不容易被改变时更是如此。嵌入式电池通常只能由制造商批准的技术人员来更换以防止损坏设备或电池组件。

[0034] 在现有技术设计中,由于制造商对预设的充电和放电终止电压的约束,消费者不具有任何基于使用来改变或以其它方式控制电池的容量的能力。充电终止和放电终止电压极限全都由电池的电路来控制。此外,即使消费者能够改变充电终止或放电终止电压,在现有技术设计中,消费者也没有与增大的充电电压对电池寿命的有害影响有关的关于电池的充电电压和容量的真实有效安全水平的信息。

[0035] 本发明的实施例克服了这些缺点。根据一个实施例,可以调整放电终止电压来适应用户的放电分布。在一个实施例中,可自动进行这个调整。在另一实施例中,可提示用户以确保他们愿意用容量的小减小来交换单次循环以便增大电池本身的整体循环寿命。另外,在调整之前提示用户的一个或多个实施例中,本文描述的控制设备可向用户提供估计的每日损失容量与赢得的终生容量的关系。

[0036] 在本发明的一个或多个实施例中,提供了方法和设备来改善在其阳极中使用硅的锂离子电池或任何其它基于带电离子的电池的循环寿命,其方式是通过更改这些电池单元的放电电压极限。基于硅的阳极包括含有硅、硅和碳、硅和硒或者硅、硒和碳以及预锂化的硅碳的阳极。阳极也可包括硅合金化(alloying)材料。电极中使用的适当的基于碳的材料既可包括石墨碳,例如,天然的和合成的、miso相微细纤维(miso-phase-microfiber)、微细纤维和核壳包覆的,也可包括非石墨碳,例如软碳、硬碳以及软碳和硬碳两者的组合。

[0037] 预定义的使用标准可采取各种形式。例如,在一个实施例中,预定义的使用标准包括电池单元的电压至少以预定裕量保持在额定放电电压以上。例如,如果额定充电电压是4.35伏特,并且额定放电电压是2.7伏特,则只对电池部分放电的用户将不会将电池驱动到其额定放电电压极限。例如,如果用户在日间将电池放电35%,然后在夜间对电池再充电,则最小电压可以仅为4.0伏特。为了适应这样的用户,预定义的使用标准可以是检测到电池的电池单元在至少预定数目的充电循环或预定数目的天中以预定裕量——例如0.75伏特——保持在2.7伏特以上。预定裕量的另一示例将会是高于额定放电电压约25%。其它的对于受益于本公开的本领域普通技术人员来说将是显而易见的。

[0038] 在另一示例中,预定义的使用标准可包括确定在预定义的时间段期间的放电百分比。例如,在一个实施例中,控制电路可在预定的时段中——例如五天中——监视电池的电池单元的电压。如果该时间期间的放电循环未能将电池单元放电到超过其额定容量或者通过监视确定的其实际容量的75%,则本发明的实施例可自动增大放电电压极限,或者可替换地,提示用户以请求这种增大是否是可允许的。在进行此改变之后,当达到这个预定义标准时,本文描述的方法和装置可将放电电压极限增大预定的量,例如400mV。用户将不会注

意到容量的显著差别,但将会享受到更好的循环寿命。

[0039] 在另一示例中,用户在再充电之前可实际达到额定放电电压。在用户每日将其电池完全放电的情况下,仍然可能想要有扩展的循环寿命容量。在电池被嵌入到电子设备中并且不容易被用户改变的情况下,用户可能希望尽可能地扩展该电池的容量以延长整个设备的寿命。由于用户不管怎样都将会再充电,因此他们可能想要忍受略微增大的放电电压极限以实现扩展的循环寿命容量。为了适应这样的用户,下面描述的一种方法可包括向可结合电池操作的电子设备的用户界面输送提示,请求用户允许增大放电电压极限。这个提示可包括容量-运行时间折衷指示,因为如果将只损失5-7%的每日容量,则用户可能会更愿意作出该妥协。一旦从用户界面接收到响应,控制电路于是就可增大放电电压极限。当达到这个增大的放电电压极限时,控制电路可在一个或多个电压下降到放电电压极限时提供低电量指示。

[0040] 现在转到图1,其中图示了测试系统100,利用该测试系统100来测试具有基于硅的阳极的基于锂的电池单元以确定部分充电和/或部分放电就其涉及循环寿命性能而言的影响。被测试的电池单元101是具有包括碳和硅的阳极的锂离子聚合物电池单元。电池单元101具有1070mAh的容量。这些电池单元(101)的阳极是大约4-8%的硅和大约92%的石墨。然而,本发明的实施例也设想到了应用到阳极具有多得多的硅的电池单元,因为硅的能量存储容量是石墨的大约十倍。因此,随着技术的改进,阳极中存在的硅百分比将增大。

[0041] 如图中所示,测试系统100包括与一个或多个开关103、104通信的控制器102。控制器102被用测试算法编程,并且选择性地断开和闭合开关103、104以选择性地将电池充电器105或负载106耦合到电池单元101。包含充电电路的电池充电器105电连接到电源107。

[0042] 在第一测试中,电池单元101被循环500次。电池单元101的每次“循环”包括以1.07A(1C)电流将其充电到4.35伏特,并且在电流降低到20mA以下时终止充电步骤。电池单元101随后被以1.07A的放电电流放电到2.7伏特。让电池单元101休息十分钟。然后重复该过程。这个第一测试是完全充电/放电循环测试。

[0043] 在第二测试中,利用分段线性放电格式将电池单元101部分放电。电池单元101最初在1.07A被充电到4.35V,当电流降低到20mA以下时充电步骤终止。随后利用1.07A的放电电流将其放电到4.0伏特。然后允许电池单元101休息五分钟。重复该过程,但第二放电水平是到3.8伏特。第三放电水平是到3.6伏特。其中第一次放电到4.0伏特、第二次放电到3.8伏特并且第三次放电到3.6伏特的完全充电电池单元和放电过程的这三个步骤被重复30次。然后,充电到4.35V并且从4.35到4.0V、4.35到3.8V和4.35到3.6V逐步放电的30个循环被重复40次或更多次。这个测试是上方电压范围循环测试。

[0044] 在第三测试中,利用分段线性放电格式再次将电池单元101部分放电。然而,它们不被充电到其额定完全充电电压。取而代之,电池单元101最初被利用1.07A充电到4.0V,当电流降低到20mA以下时充电步骤终止。随后利用1.07A的放电电流将其放电到2.7伏特。然后允许电池单元101休息五分钟。重复该过程,但第二充电水平只到3.8伏特。电池单元101再次被放电到2.7伏特。第三充电水平只到3.6伏特。其中第一次充电到4.0伏特、第二次充电到3.8伏特并且第三次充电到3.6伏特的这个三步放电到2.7伏特的过程被重复30次。这个测试是下方电压范围循环测试。

[0045] 这些测试的结果是有信息量的。现在转到图2,其中图示了来自三个测试的结果。

具体而言, 曲线图200图示了表示完全放电测试的曲线201、表示上方电压范围测试的第二曲线202和表示下方电压范围测试的第三曲线203。在阅读曲线图200时要注意的一点是曲线202、203比曲线201更平坦(达到800mAh要花三倍那么多的循环), 因为曲线201中表示的每个“循环”是完全放电循环。与之相比, 曲线202、203中表示的每个“循环”是仅放电了电池单元(101)的容量的三分之一的部分放电循环。因此, 曲线202或曲线203的1200个循环只等效于曲线201的400个循环。

[0046] 记住了这个约定, 三件事从该实验测试变得明显: 第一, 具有基于硅的阳极的锂电池单元在其整个循环寿命中有明显的容量衰退。考查曲线201, 很明显, 虽然电池单元(101)开始于差不多1100mAh的容量, 但在400个循环之后, 容量只有800mAh。这表示在400循环寿命后容量有超过25%的损失。

[0047] 第二, 当电池单元(101)被暴露于下方电压范围测试时, 它们经历几乎相同量的容量损失。具体而言, 在等效于400个完全放电循环的1200个循环之后, 暴露于下方电压范围测试的电池单元也损失了其容量的25%。

[0048] 然而, 当电池单元(101)被暴露于上方电压范围测试时, 就同一范围上的容量保留而言, 它们经历了差不多100mAh的改善204。这代表了相对于被完全放电或者被在其额定电压范围的下端循环的电池单元(101)的50%的改善。

[0049] 应当注意, 这些结果, 即在其额定电压范围的上部操作具有基于硅的阳极的基于锂离子的电池单元, 是意料之外的, 因为它们与纯粹基于石墨的阳极的情况恰好相反。长期以来了解的是在其下方电压范围中操作具有石墨阳极的电池单元是有利的。例如参见共同受让人的2004年3月10日递交的Patino等人的美国专利7,202,635号, 其通过引用被并入在此。因此, 根据图1-3执行的测试呈现了与先前结果相反的新的意料之外的结果。本发明的实施例使用从实验测试得出的这些意料之外的结果来提供方法和装置, 该方法和装置在适当时将增大下方电压放电极限以保持电池单元(101)在其上方电压范围中操作。这进而可提供随着时间的流逝而损失的电池单元容量的多达50%的减小。

[0050] 现在转到图3, 在略微不同的图表300中可看到相同的结果。不是相对于循环绘出——这呈现了“3个部分放电等于一个完全放电”的构造, 而是相对于累积放电时间来绘出容量以提供利用图1的测试系统(100)执行的三个测试之间的同一基准比较。

[0051] 图表300图示了表示完全放电测试的第一曲线301、表示上方电压范围测试的第二曲线302和表示下方电压范围测试的第三曲线303。与图2的曲线图(200)一样, 三件事从实验测试变得明显: 第一, 具有基于硅的阳极的测试电池单元在其整个可操作寿命期间有明显的容量衰退, 其可操作寿命在这里被表示为累积放电时间。考查曲线301, 很明显, 虽然电池单元(101)开始于差不多1100mAh的容量, 但在大约1.07A下的400小时的累积放电之后, 容量只有800mAh。这表示在400小时的累积放电寿命后容量有超过25%的损失。

[0052] 第二, 当电池单元(101)被暴露于下方电压范围测试时, 它们经历几乎相同量的容量损失。具体而言, 在400小时的累积放电之后, 暴露于下方电压范围测试的电池单元也损失了其容量的25%。

[0053] 然而, 当电池单元(101)被暴露于上方电压范围测试时, 就同一范围上的容量保留而言, 它们经历了差不多100mAh的改善304。这代表了相对于被完全放电或者被在其额定电压范围的下端循环的电池单元(101)的50%的改善。

[0054] 现在转到图4,其中图示了示出根据本发明的一个或多个实施例配置的方法的一个实施例的操作框图400。在步骤401,提供了根据本发明的一个或多个实施例配置的系统404的示意性框图。系统404包括可结合电压感测节点406操作的控制电路405。电压感测节点406被配置为允许控制电路405感测一个或多个可再充电电池单元407两端的电压。在一个实施例中,一个或多个可再充电电池单元407是基于锂的,例如,锂离子或锂离子聚合物,并且具有包括硅的阳极。如上文提到的,这种阳极可以是大约90%的石墨和5-7%的硅。也可使用更大量的硅和其它类型的具有适当浓度硅碳比的碳材料。

[0055] 控制电路405也可结合放电控制节点408来操作。放电控制节点408被配置为控制串联耦合在一个或多个可再充电电池单元407和负载410之间的放电电流限制器409,其中负载410可以是移动电话、智能电话、平板计算机、掌上计算机、膝上型计算机、游戏设备、多媒体播放器或其它电子设备。放电控制节点408被配置给予控制电路405对放电电流限制器409的控制,放电电流限制器409可以是晶体管,例如双极结型晶体管或者金属氧化物硅场效应晶体管。利用放电控制节点408,控制电路305可以通过向放电控制节点408施加电压以改变放电电流限制器409的串联阻抗来有效地“断开”或“闭合”放电电流限制器409。

[0056] 注意,在一个实施例中,控制电路405、一个或多个电池单元407和负载410可被集成到单个设备中。例如,在负载410是其中嵌入有一个或多个电池单元407的平板计算机的情况下,控制电路405可与该平板计算机的主处理电路相集成,或者可以是该设备内的专用控制电路。

[0057] 可替换地,控制电路405和一个或多个电池单元407可被集成到耦合到负载410的“智能电池”中。例如,在负载410是膝上型计算机的情况下,智能电池可以选择性地与计算机脱离。通过将控制电路405布置在电池本身中,可以用本发明的实施例来改进现有技术的电子设备。

[0058] 控制电路405首先利用电压感测节点406监视在预定的放电使用时间内一个或多个电池单元407的电压。预定的使用时间可以是一段日子、一段充电和/或放电循环或者其它使用时间。举例来说明,预定的使用时间可以是五天。可替换地,预定的使用时间可以是七个充电循环。其它使用时间对受益于本公开的本领域普通技术人员来说将是显而易见的。

[0059] 如步骤402处所示,在预定的放电使用时间期间监视的电压的分布符合预定义的使用标准的情况下,控制电路405可被配置为增大411一个或多个电池单元407的放电电压极限412。在一个实施例中,控制电路405对于一个或多个电池单元407将放电电压极限412从额定放电电压414增大411预定的量413。从而,如果额定放电电压414是2.7伏特,则控制电路405可将放电电压极限412在2.7伏特以上增大411预定的量413,例如400mV。

[0060] 在其它实施例中,该方法可以是迭代的。从而,当第一次运行步骤402时,放电电压极限412可被增大预定的量413,例如0.25伏特。在随后的监视之后,步骤402可被再运行,从而导致放电电压极限412被从其先前升高的水平再升高另一个预定的量413,例如0.25伏特,这导致了相对于额定放电电压414的0.5伏特的增大。

[0061] 如步骤403处所示,在使用期间,当达到放电电压极限412时,控制电路405可使用放电控制节点408来增大放电电流限制器409的阻抗。这在一个或多个电池单元407的电压417下降到放电电压极限412时限制415来自一个或多个电池单元407的放电电流416。可选

地,控制电路405也可在电压417下降到放电电压极限412时向便携式电子设备亦即负载410的用户界面提供低电量指示。虽然这牺牲了少量的每日容量,但如步骤403处所示并且如图2和3的意料之外结果的论述中所说明的,这增大了—个或多个电池单元407在其整个循环寿命中的容量。换句话说,这导致了一个或多个电池单元407的能量存储容量在其整个循环寿命中的变动的减小。如上所述,步骤403可导致400小时的放电或400个循环之后容量的25%增大。

[0062] 有人可能会问,用户是否会想要减小一个或多个电池单元407的每日容量来扩展循环寿命。毕竟,放电电压极限412的增大411要求用户更早对其电池充电。然而,实验测试表明,当与从增大411放电电压极限412获得的循环寿命容量益处相比时,每日容量的牺牲是最低限度的。

[0063] 现在转到图5,其中图示了具有包括硅的阳极的锂离子聚合物电池单元的电压对容量的曲线图500。曲线501表示0.2C速率下的放电。曲线502表示0.5C速率下的放电。曲线503表示1C速率下的放电。利用曲线502作为示例,曲线图500证明,放电电压极限412的约400mV的增大411导致小于10%的容量差别504。这里,增大411放电电压极限412 400mV只引起大约7%的每日容量的减小。然而,如上文提到的,通过仅放弃每日容量的7%的减小就可将循环寿命容量增大25%。很明显,许多用户将会非常愿意作出此妥协。这在考虑到现今的许多设备包括用户不可更换的嵌入式电池时尤其真实。

[0064] 现在转到图6,其中图示了根据本发明的一个或多个实施例的被配置为减小布置在电池602内的一个或多个电池单元601的能量存储容量的变动的能量管理系统600的一个实施例。在图6的说明性能量管理系统600中,充电单元603被示为耦合到电池602和电源604。电源604可向充电单元603提供充电电流,充电单元603可根据本文描述的一个或多个方法将充电电流馈送给电池602。如下文将说明的,充电单元603可包括被配置为控制流向电池602的充电电流的量的控制电路605。控制电路605也可被配置为监视用户放电分布,并且在用户放电分布符合预定义的标准的情况下,通过增大一个或多个电池单元601的放电电压极限来减小电池602的放电能量容量极限。

[0065] 图6的说明性实施例图示了电池602和充电单元603是分开的单元。如上文提及的,在一个或多个实施例中,充电单元603和电池602可被集成到单个电子设备中。在一个或多个实施例中,在增大一个或多个电池单元601的放电电压极限之前,充电单元603可被配置为向用户确认这种调整是否是可允许的。例如,在一个实施例中,控制电路605可被配置为利用可结合控制电路605操作的用户界面606来提示对减小电池的放电能量容量极限的授权。在接收到表示来自用户的授权的电子信号的情况下,可如上所述增大放电电压极限。

[0066] 预定义标准的一个示例包括其中一个或多个电池单元601的电压按预定的裕量——例如百分之二十五——保持在额定放电电压以上。这个在额定放电电压以上的维持可以是在预定的使用时间期间检测、平均或积分的,所述预定的使用时间例如是三天、五天或七天,或者可替换地是三个、五个或七个充电和/或放电循环。在另一示例中,预定义标准可包括在预定的放电使用时间内将一个或多个电池单元完全放电至少一次。

[0067] 虽然电池602可以是适用于接收充电电流并向电子设备提供电力的任何类型的电池,但在一个或多个实施例中,电池602包括具有包括硅的阳极的一个或多个电池单元601。充电单元603可以是能够引导和控制流向电池602的充电电流的任何设备。作为示例,充电

单元603可以是移动通信设备,例如蜂窝电话、平板计算机、双向无线电装置或者个人数字助理,或者是可向移动通信设备的电池提供电力的桌面充电器。当然,本发明不限于这些特定示例,因为其它适当的设备也可充当充电单元603。

[0068] 如图6中所示,充电单元603可包括例如可结合控制电路605操作的电流控制电路607。电池602可包括例如存储器608。可向存储器608写入信息,包括一个或多个电池单元601的额定放电电压、当充电开始时一个或多个电池单元601的电压以及一个或多个电池单元601被充电的频率。在控制电路605增大放电电压极限的情况下,这个增大的极限也可被写入到存储器608。在一种安排中,电池602的存储器608可以是电可擦除可编程只读存储器,虽然其它适当类型的存储器设备也可结合电池602使用。

[0069] 充电单元603的电流控制电路607可包括例如感测电阻器609、场效应晶体管610和二极管611。控制电路605可使用布置在感测电阻器609的任一侧的连接来作为输入。控制电路605也可控制场效应晶体管610的操作。电流控制电路607的输出可通向B+触点,B+触点可耦合到电池602的一个或多个电池单元601。来自B+触点的输入也可耦合到控制电路605。一个或多个电池单元601的负侧可耦合到B-触点,B-触点可耦合到充电单元603中的接地端612。此外,通过数据触点可在控制电路605与存储器608之间传送数据。可在控制电路605和存储器608之间交换的数据的类型的示例包括额定充电极限、额定放电极限、增大的放电极限、电池单元的类型、在预定的放电使用时间期间记录的监视值、放电使用的分布(包括一个或多个电池单元601的电压分布)、与一个或多个电池单元601相对应的预定义使用标准、用于确定何时增大一个或多个电池单元601的放电电压极限的预定裕量、按照其来增大一个或多个电池单元601的放电极限的预定量、从使用分布确定的一个或多个电池单元601的未使用容量、与容量相对应的特性电池单元容量(例如以上图3中所示的那些)、以及其它信息。

[0070] 在一个或多个实施例中,电池602也可包括热敏电阻613。如本领域中已知的,控制电路605可通过热敏电阻触点从热敏电阻613监视电池单元温度。充电单元603还可包括到电源的上拉电阻器616以使得控制电路605能够测量由热敏电阻613生成的温度读数。虽然没有示出,但控制电路605可包括模拟到数字(analog-to-digital,A/D)转换器和输入/输出(input/output,I/O),如本领域普通技术人员将会明白的,它们可以使得控制电路605能够接收和处理从上述组件生成的信息。

[0071] 在操作中,当电池602和电源604耦合到充电单元603时,充电电流可通过充电单元603从电源604流动到电池602以将一个或多个电池单元601从其放电电压极限充电到额定充电极限。控制电路605可通过从存储器608访问前述数据来在开始充电过程之前确定是否增大放电电压极限。控制电路605可监视正从感测电阻器609传送到电池602的充电电流。控制电路605可通过来自B+触点的输入监视电池602上的电压。在充电过程期间,控制电路605也可从热敏电阻613监视电池602的温度。如果温度升高到预定阈值以上,则控制电路605可相应地调整充电电流的流动。

[0072] 在一个实施例中,控制电路605可通过从存储器读取在预定使用时间期间发生的一个或多个电池单元601的电压的分布来确定该分布。控制电路605随后可将此分布与预定义标准相比较以确定是否应当增大放电电压极限。在该分布符合预定义标准的情况下,控制电路605可通过向存储器608写入增大放电电压极限值来增大放电电压极限。控制电路

605随后可开始正常充电。根据这种方式对电池602充电可帮助减小电池602的一个或多个电池单元601的容量在其整个寿命期间的变动。也就是说,电池602的容量在其一生的过程中看起来可更一致,因为电池602的充电容量由于放电电压极限的增大在初始阶段期间可被限制到其最大容量以下。

[0073] 在一个或多个实施例中,电池602可以可选地包括其自己的独立的能量管理电路614。在包括这种能量管理电路的情况下,充电单元603的控制电路605的许多功能可被完全嵌入在电池602内。包括能量管理电路614允许了本发明的方法完全在电池602内运行,而不是依赖于诸如充电单元603之类的充电器。

[0074] 现在转到图7,其中图示了适合于包括在根据本发明的一个或多个实施例配置的电池中的能量管理电路614的一个实施例。无论电池是可与电子设备脱离的还是嵌入在其中的,能量管理电路614都可与电池结合使用。

[0075] 如图7中所示,能量管理电路614以示意性框图的形式与逻辑指令701一起被示出,逻辑指令701如本文所述可由存在于能量管理电路614中的控制电路702实现。逻辑指令701可经由控制电路702运行的嵌入式代码来实现。可替换地,逻辑指令701可作为可编程数字逻辑、模拟逻辑、数字逻辑等等在硬件中实现。

[0076] 在论述控制电路702和逻辑指令701之前,将描述在图7的图示性实施例中示出的其它特征中的一些。图7的图示性实施例示出了既被配置为管理与之结合使用的可再充电电池单元的能量容量又充当“安全电路”的能量管理电路614。按照本文使用的,“安全电路”是任何能够监视至少一个可再充电电池单元两端的电压的电路。如本领域中已知的,一些可再充电电池,例如锂离子和锂聚合物电池,一般与保护组件相耦合以确保它们不被过度充电。这种电池的过度充电可损害可靠性。虽然图7的图示性实施例既包括安全特征也包括能量管理功能,但受益于本公开的本领域普通技术人员将会清楚本发明不限于此。能量管理电路614可实现为没有安全功能的独立设备。另外,虽然在图7中被示为集成电路,但本发明的实施例可实现为分立电路、专用电路以及实现为集成电路的组合。

[0077] 图7的图示性能量管理电路包括过度充电检测器703。过度充电检测器703被配置为通过Vdd节点712和Vss节点711监视其所耦合到的可再充电电池单元两端的电压。Vdd节点712和Vss节点711分别监视耦合到能量管理电路614的电池单元的阴极和阳极处的电压。为了论述,将在能量管理电路614耦合到单个可再充电电池单元——例如具有基于硅的阳极的单个锂聚合物电池单元——的情况下描述本发明的实施例。然而,对于受益于本公开的本领域普通技术人员来说将会显而易见的是,本发明不限于此。能量管理电路614可结合串联或并联耦合的多个电池单元使用。

[0078] 过度充电检测器703将这个感测到的电压与预定的最大电池单元电压阈值相比较。当电池单元电压超过此阈值时,可结合控制电路702工作的过度充电检测器703使得推挽式输出级704向充电控制节点705施加控制信号。当充电控制节点705耦合到开关时,例如耦合到金属氧化物硅场效应晶体管或双极结型晶体管时,该开关断开以防止对电池单元的任何进一步充电。

[0079] 类似地,能量管理电路614可包括过度放电检测器706,过度放电检测器706确保电池单元两端的电压不会下降到预定的欠压阈值以下,该阈值在一个实施例中是增大的放电电压极限。如果确实下降到该阈值以下,则过度放电检测器706使得输出级707向放电控制

节点708施加控制信号。当放电控制节点708耦合到与电池单元串联耦合的放电断连开关时,在放电控制节点708处施加控制信号可断开放电断连开关或者以其它方式增大放电电流限制器的串联阻抗,从而减少或防止对电池单元的任何进一步放电。

[0080] 在图7的图示性实施例中,通过电流感测节点709来监视流经一个或多个电池单元的电流。电流感测节点709耦合到电流感测电路710。在一个实施例中,电流感测电路710可结合延迟电路714来工作。延迟电路714在被使用的情况下可为电流感测节点709提供滞后和瞬态免疫。

[0081] 在一种模式中,电流感测节点709与电流感测电路710结合工作来感测Vss节点711与电流感测节点709之间的电压。当这个感测到的电压超过预定的阈值时,控制电路702使得控制信号被施加到放电控制节点708。这个控制信号断开放电断连开关或者以其它方式增大放电电流限制器的串联阻抗,从而停止电流在放电方向上的流动。

[0082] 能量管理电路614的其它可选组件包括温度感测节点713。温度感测节点713可耦合到热敏电阻或其它温度感测设备以监视可再充电电池单元的温度。例如在应用要求电池单元的充电仅在0到45摄氏度的温度之间发生时就可能是这种情况。

[0083] 在本发明的一个实施例中,控制电路702可结合Vdd节点712和Vss节点711操作来分别监视耦合到能量管理电路614的电池单元的阴极和阳极处的电压。在此期间,控制电路702在预定的放电使用时间期间监视附接的电池单元的电压。在预定的放电使用时间期间的电压的分布符合预定义的使用标准的情况下,控制电路702可增大过度放电检测器706按其操作的放电电压极限。例如,在一个实施例中,控制电路702可监视电池单元电压以确定该电压是否在预定的使用时间中至少按预定的裕量保持在该电池单元的额定放电电压以上。预定的裕量的一个示例是约25%。当是这种情况时,控制电路702可将放电电压极限增大预定量,该预定量的一个示例是约400mA。举例来说明,这可使得放电电压极限从约2.7伏特增大到3.1伏特或更高。

[0084] 一旦电池被充电,控制电路702就可再次利用Vdd节点712和Vss节点711监视电池单元电压。当电压下降到增大的放电电压极限时,在一个实施例中,控制电路702可经由可选的数据端口715向附接的电子设备输送低电量信号以使得便携式电子设备的用户界面可向用户呈现低电量指示。另外,当电池单元的电压下降到增大的放电电压极限时,控制电路702可向输出级707输送控制信号以向放电控制节点708施加控制信号,从而使得耦合到放电控制节点708的放电控制设备的串联阻抗增大其阻抗,从而缩减电池单元向附接的负载的放电。

[0085] 在一个或多个实施例中,控制电路702中可存储有容量与电池单元电压的关联,其的一个示例在上文图3中示出。当此信息被存储在控制电路702或相应的存储器设备中时,控制电路702可被配置为通过从该关联中引用相应的容量来从检测到的分布确定未使用的容量。也可从该关联外推出预定的“底部”特性电池单元电压。从而,当增大放电电压极限时,控制电路702可以使得该增大照顾到用户留下的未使用容量。这个未使用容量也可以是多循环或多日积分的结果。为了避免“过度增大”放电电压极限,一个或多个实施例中的控制电路702可将放电电压极限增大到额定放电电压以上、特性电池单元电压以下的水平。

[0086] 现在转到图8,其中图示了使用根据本发明的一个或多个实施例配置的能量管理电路614的可再充电电池800的一个实施例。能量管理电路614耦合到一个或多个可再充电

电池单元。在图8的图示性实施例中，一个或多个可再充电电池单元被示为电池单元801。V_{dd}节点712通过电流限制电阻器耦合到电池单元801的阴极，而V_{ss}节点711耦合到电池单元801的阳极。在此说明性实施例中，阳极是大约90%的石墨和大约8%的硅。

[0087] 在图8的图示性实施例中，放电控制节点708耦合到放电断连开关802，放电断连开关802作为电池800的放电控制设备或放电电流限制器工作。充电控制节点705耦合到充电断连开关803。放电断连开关802和充电断连开关803进而与电池单元801串联耦合，并且分别用于防止放电电流从电池单元801流出和充电电流流向电池单元801。在图8的图示性实施例中，放电断连开关802和充电断连开关803是金属氧化物硅场效应半导体(MOSFET)，不过取决于应用可以替换成其它器件，包括开关、继电器、断路器和可控熔丝。MOSFET由于其在于完全导通或饱和模式中操作时的低串联阻抗而经常被用在电池应用中。

[0088] 在MOSFET被用作断连开关的情况下，它们一般能够禁止仅一个方向上的电流流动。这是使用两个晶体管的原因——一个阻止充电电流并且一个阻止放电电流。需要两个晶体管，因为每个MOSFET具有由于其物理结构而固有的相应的寄生体二极管。因此，每个MOSFET只能防止电流在单个方向上的流动。然而，这些体二极管根据本发明的实施例的有用之处在于可以禁止放电电流，而仍允许充电电流。放电断连开关802和充电断连开关803的体二极管允许电流在另一方向上流动。因此，为了停止所有的电流流动，两个MOSFET都必须截止。从而，除了放电控制节点708以外，还使用充电控制节点705。当放电断连开关802断开时，充电电流仍可流经放电断连开关802的寄生二极管，但没有放电电流流动。

[0089] 电流感测节点709耦合到电路的低侧804，使得电流感测节点709可联合V_{ss}节点711工作来感测放电断连开关802、充电断连开关803、可选的电流感测电阻器805或者其组合两端的电压。当这个电压变得太高时，控制电路702的可选的过电流防止电路检测到从电池单元801吸取的电流相应地太高。当发生这种情况时，控制电路702向放电控制节点708施加控制信号，从而使得放电断连开关802断开。控制电路702随后周期性地短暂闭合放电断连开关802以确定电流是否仍太高。当感测到没有太高时，控制电路702让放电断连开关802保持闭合。

[0090] 当电池单元801的电压下降到放电电压极限时，控制电路702向放电控制节点708施加信号来使得串联耦合在电池单元801与负载之间的放电断连开关802的阻抗增大，其中该负载耦合到端子806、807。这由于达到放电电压极限而中断了电池单元放电。

[0091] 现在转到图9，其中图示了根据本发明的一个或多个实施例配置的用于减少电池在其整个循环寿命中的能量存储容量的变动的方法900。在步骤901，电压传感器在预定的使用时间中监视电池的一个或多个电池单元的一个或多个电压。例如，此步骤901可包括确定用户是将电池单元完全放电到2.7伏特，还是只将电池单元部分放电，例如到3.6伏特，基于新电池单元的额定容量这表示80%容量放电。步骤901可在预定的放电时间期间被重复，该预定的放电时间可跨越若干个充电循环或天。在步骤902，监视的数据可作为电压分布被存储在电池组或电子设备的存储器中。

[0092] 在步骤903，可评估存储的分布。在一个实施例中，步骤903包括基于随着时间的流逝在步骤902监视到的电压来创建分布。可选的步骤904允许了通知用户关于在步骤903发生的分析和评估。

[0093] 判决905包括将该分布与预定义的使用标准相比较。使用标准的若干个示例在上

文给出。然而,受益于本公开的本领域普通技术人员将会清楚,在判决905与分布比较的标准可基于应用而变化。

[0094] 在符合预定义标准的情况下,在一个实施例中,可选的步骤906包括向电子设备输送提示,请求用户允许基于判决905增大电池单元的放电电压极限。步骤906还可包括提供包括在增大放电电压极限时将导致的估计容量损害的标记的提示。简略转到图10,在电子设备1003的显示器1002上呈现着说明性提示1001。

[0095] 返回图9,在包括可选的步骤906的情况下,此步骤906还可包括从电子设备(1003)接收响应于提示(1001)的用户响应。在响应包括授权的情况下,步骤908可包括增大电池单元的放电电压极限。在不包括可选的步骤906的情况下,步骤907可自动发生。如果在判决905未符合预定义标准,或者如果用户不同意增大,则在步骤907可以让放电电压保持不被调整。

[0096] 图11-12图示了证明当使用本发明的实施例时电池单元容量变动的减小的额外测试结果。首先转到图11,相对于累积放电容量绘出了放电容量。具体而言,在图表1100中,曲线1101、1102、1103相对于沿着水平轴的累积放电能量绘出了沿着垂直轴的放电容量。

[0097] 图表1100图示了表示完全放电测试的第一曲线1101、表示上方电压范围测试的第二曲线1102和表示下方电压范围测试的第三曲线1103。与图2的曲线图(200)一样,三件事从实验测试变得明显:第一,具有基于硅的阳极的测试电池单元在其整个可操作寿命期间有明显的容量衰退,其可操作寿命在这里被表示为累积放电容量。考查曲线1101,很明显,虽然电池单元(101)开始于差不多1100mAh的容量,但在大约1.07A下的400安培小时的放电之后,容量只有800mAh。这表示在400安培小时的累积放电后容量有超过25%的损失。

[0098] 第二,当电池单元(101)被暴露于下方电压范围测试时,它们经历几乎相同量的容量损失。具体而言,在400安培小时的累积放电之后,暴露于下方电压范围测试的电池单元也损失了其容量的25%。然而,当电池单元(101)被暴露于上方电压范围测试时,就同一范围上的容量保留而言,它们经历了差不多100mAh的改善1104。这代表了相对于被完全放电或者被在其额定电压范围的下端循环的电池单元(101)的50%的改善。

[0099] 现在转到图12,相对于累积充电容量绘出了充电容量。图表1200图示了表示完全放电测试的第一曲线1201、表示上方电压范围测试的第二曲线1202和表示下方电压范围测试的第三曲线1203。与先前的图一样,三件事从实验测试变得明显:第一,具有基于硅的阳极的测试电池单元在其整个可操作寿命期间有明显的容量衰退,其可操作寿命在这里被表示为累积充电容量。考查曲线1201,很明显,虽然电池单元(101)开始于差不多1100mAh的容量,但在大约1.07A下的400安培小时的放电之后,容量只有800mAh。这表示在400安培小时的累积充电后容量有超过25%的损失。

[0100] 第二,当电池单元(101)被暴露于下方电压范围测试时,它们经历几乎相同量的容量损失。具体而言,在400安培小时的累积充电之后,暴露于下方电压范围测试的电池单元也损失了其容量的25%。然而,当电池单元(101)被暴露于上方电压范围测试时,就同一范围上的容量保留而言,它们经历了差不多100mAh的改善1204。这代表了相对于被完全放电或者被在其额定电压范围的下端循环的电池单元(101)的50%的改善。

[0101] 在前述说明书中,描述了本发明的具体实施例。然而,本领域普通技术人员明白,在不脱离如所附权利要求中记载的本发明的范围的情况下,可进行各种修改和改变。从而,

虽然图示和描述了本发明的优选实施例,但很明显本发明不限于此。在不脱离如所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,本领域技术人员将想到许多修改、改变、变动、替换和等同。因此,说明书和图应被认为是例示性的,而不是限制性的,并且所有这种修改都打算被包括在本发明的范围内。这些益处、优点和问题的解决方案以及可使得任何益处、优点或解决方案发生或变得更显著的任何(一个或多个)元素不应被解释为是任何或所有权利要求的关键、必需或必要特征或者元素。

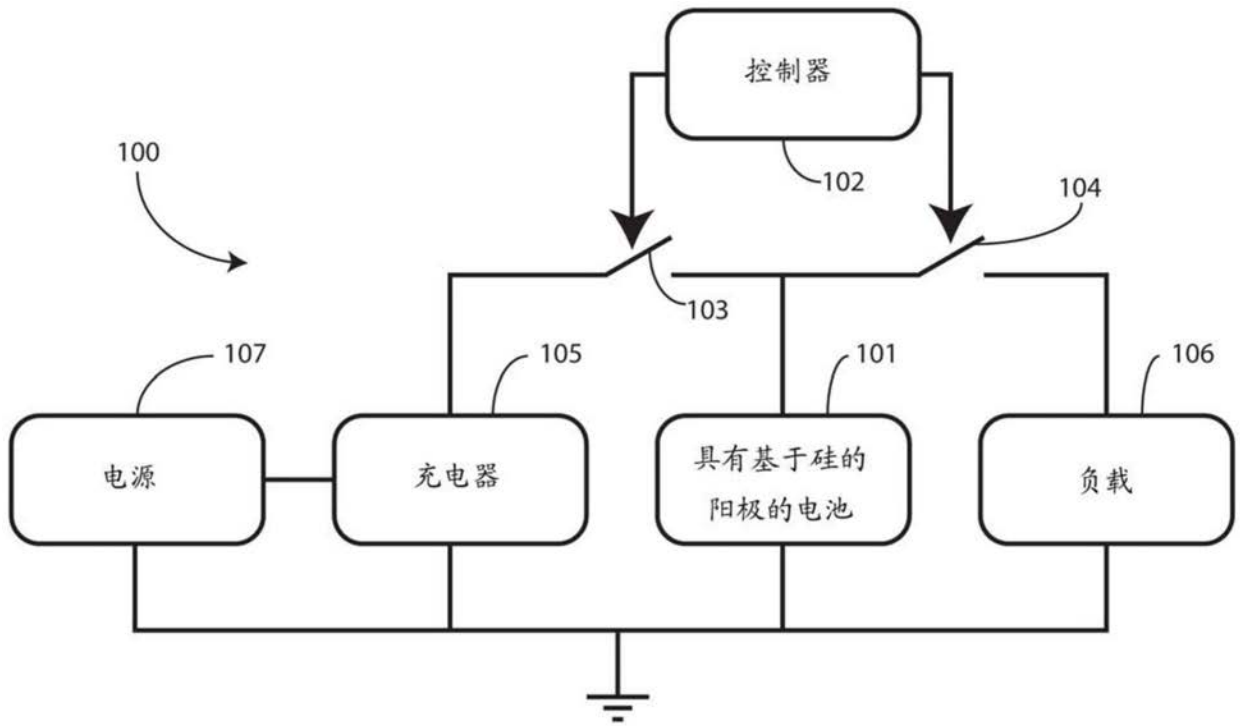


图1

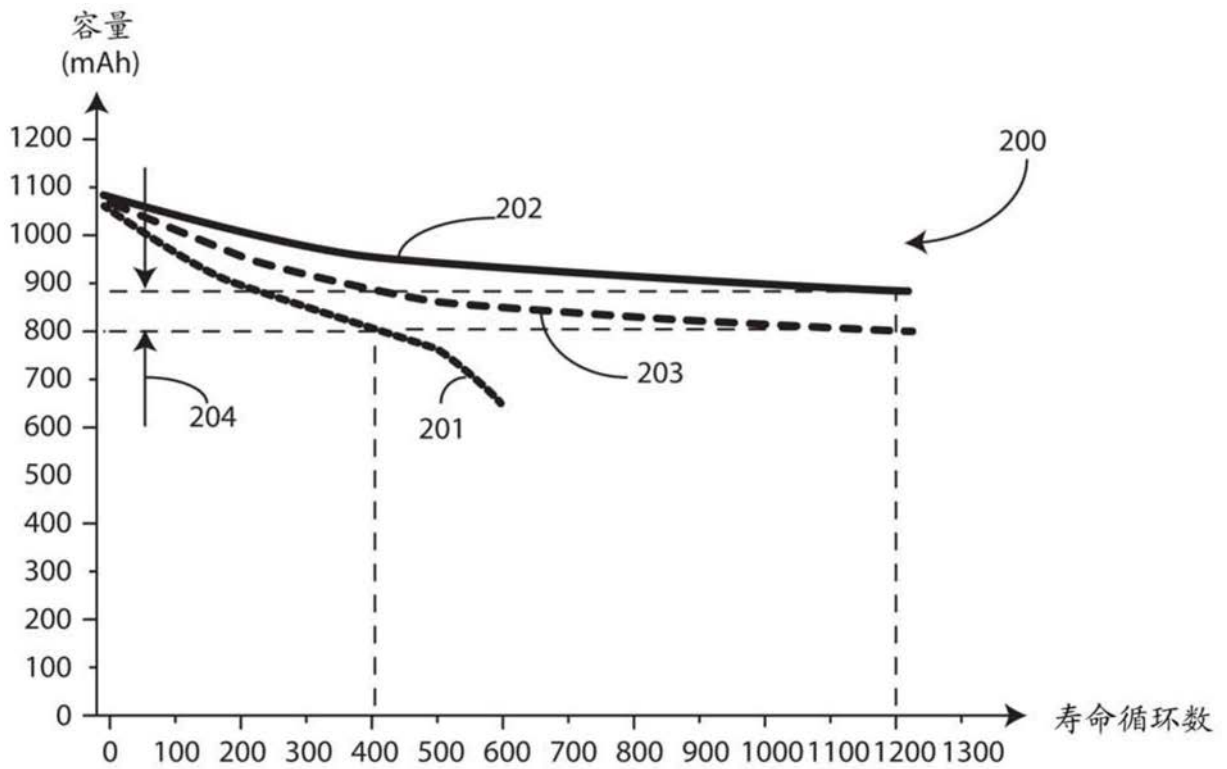


图2

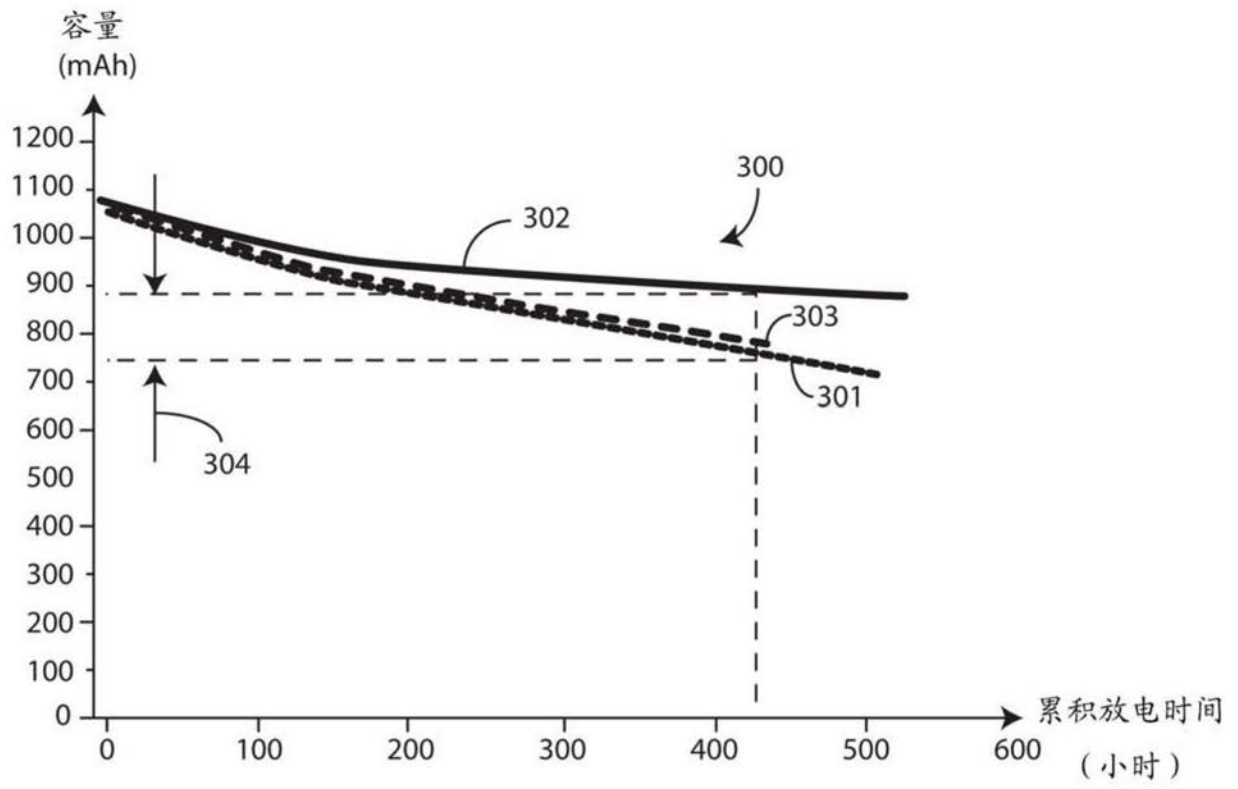


图3

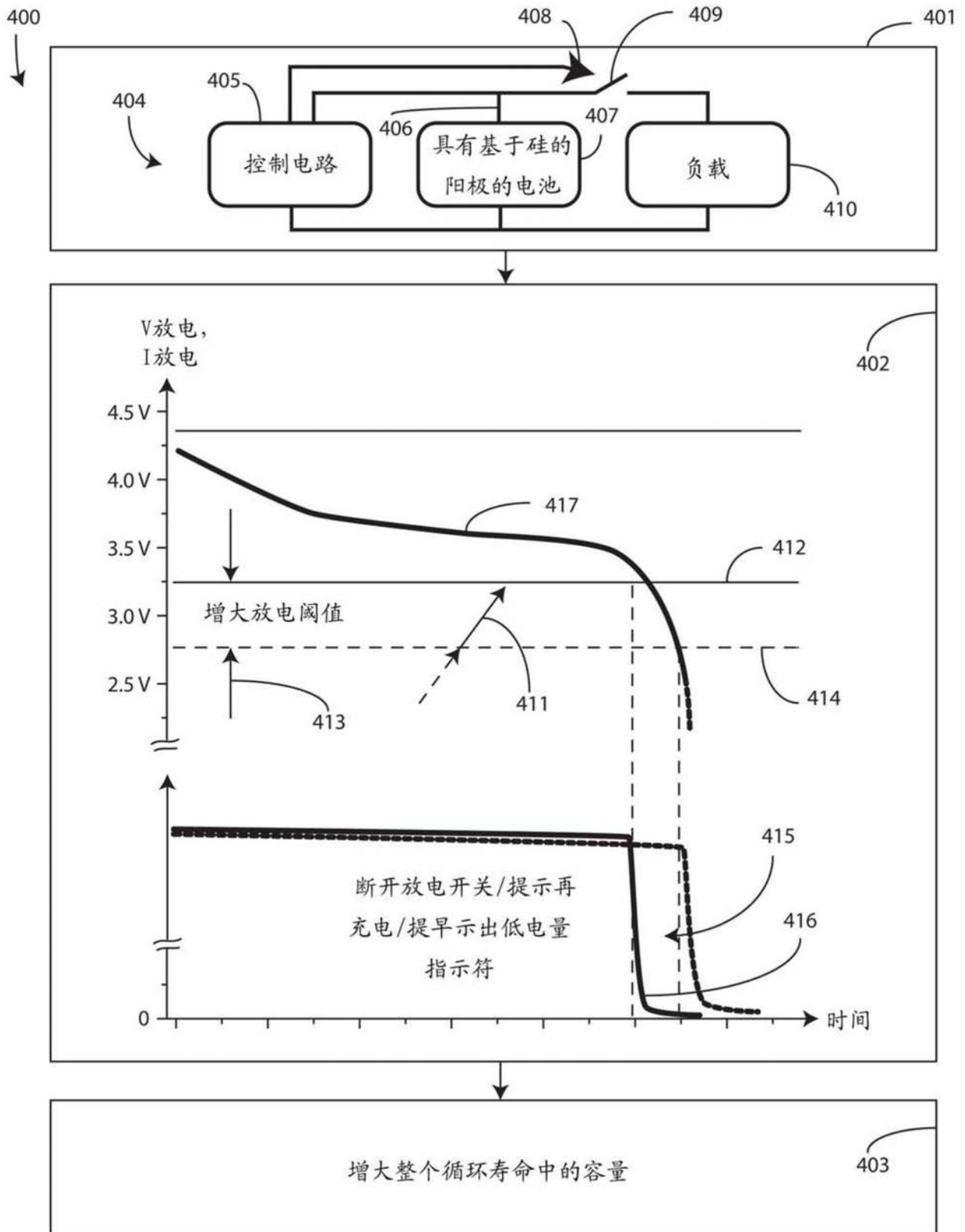


图4

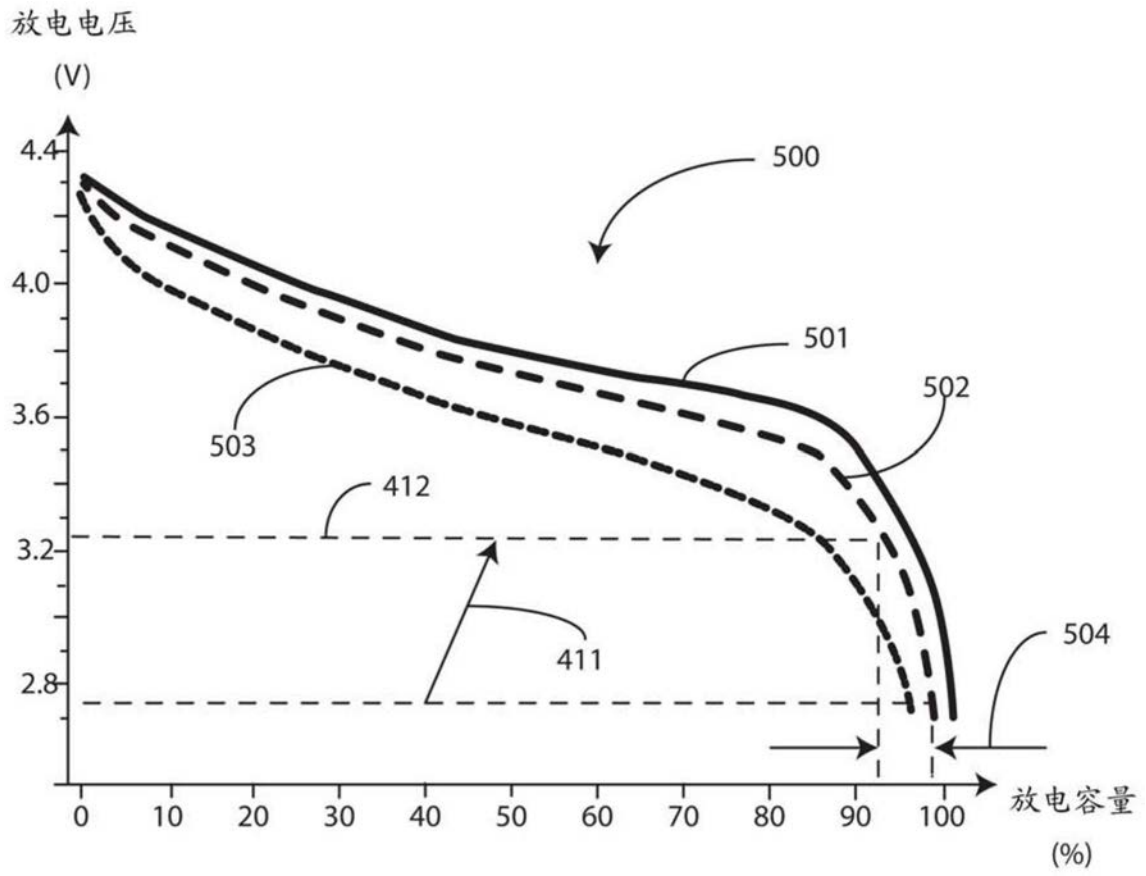


图5

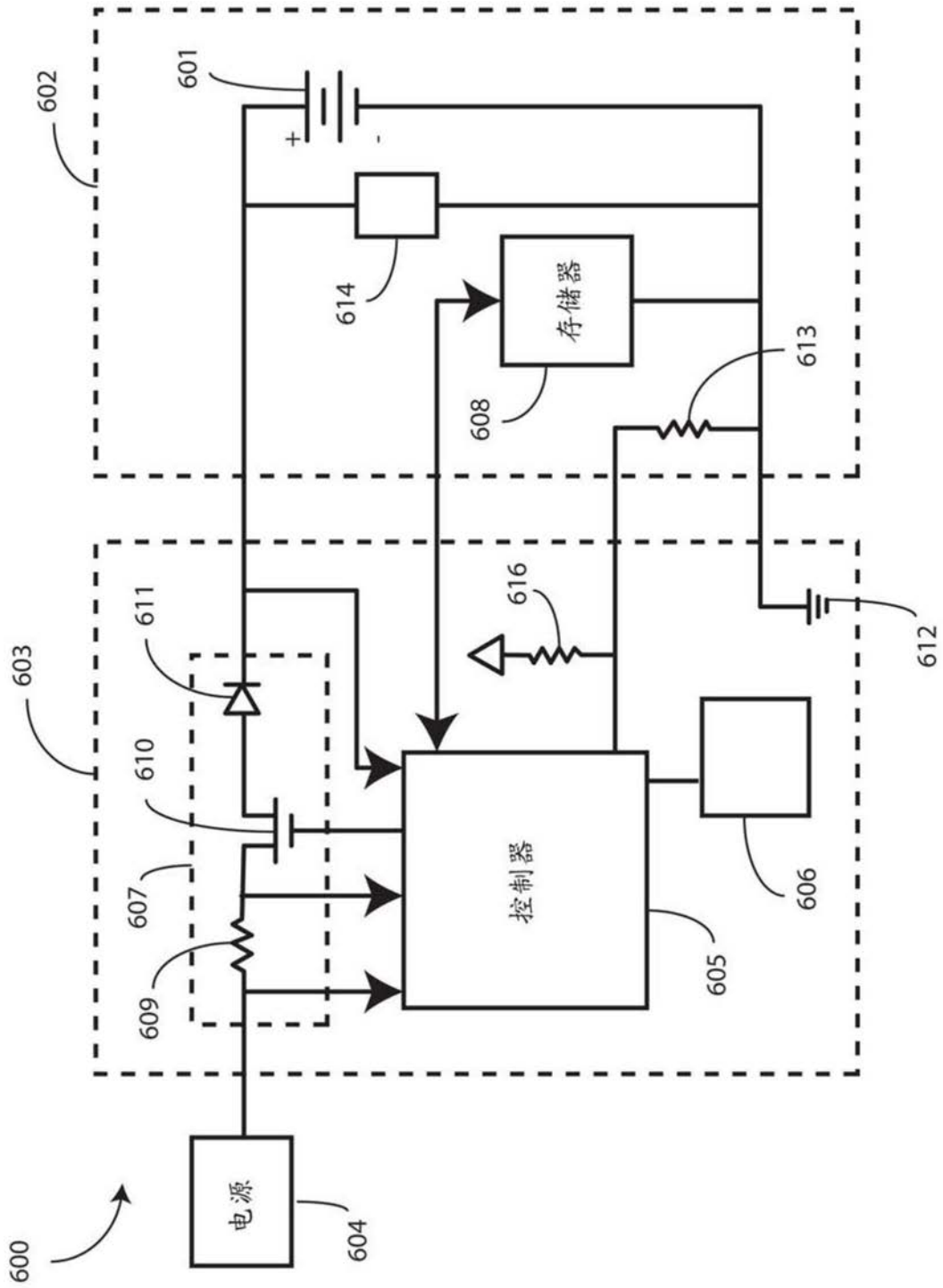


图6

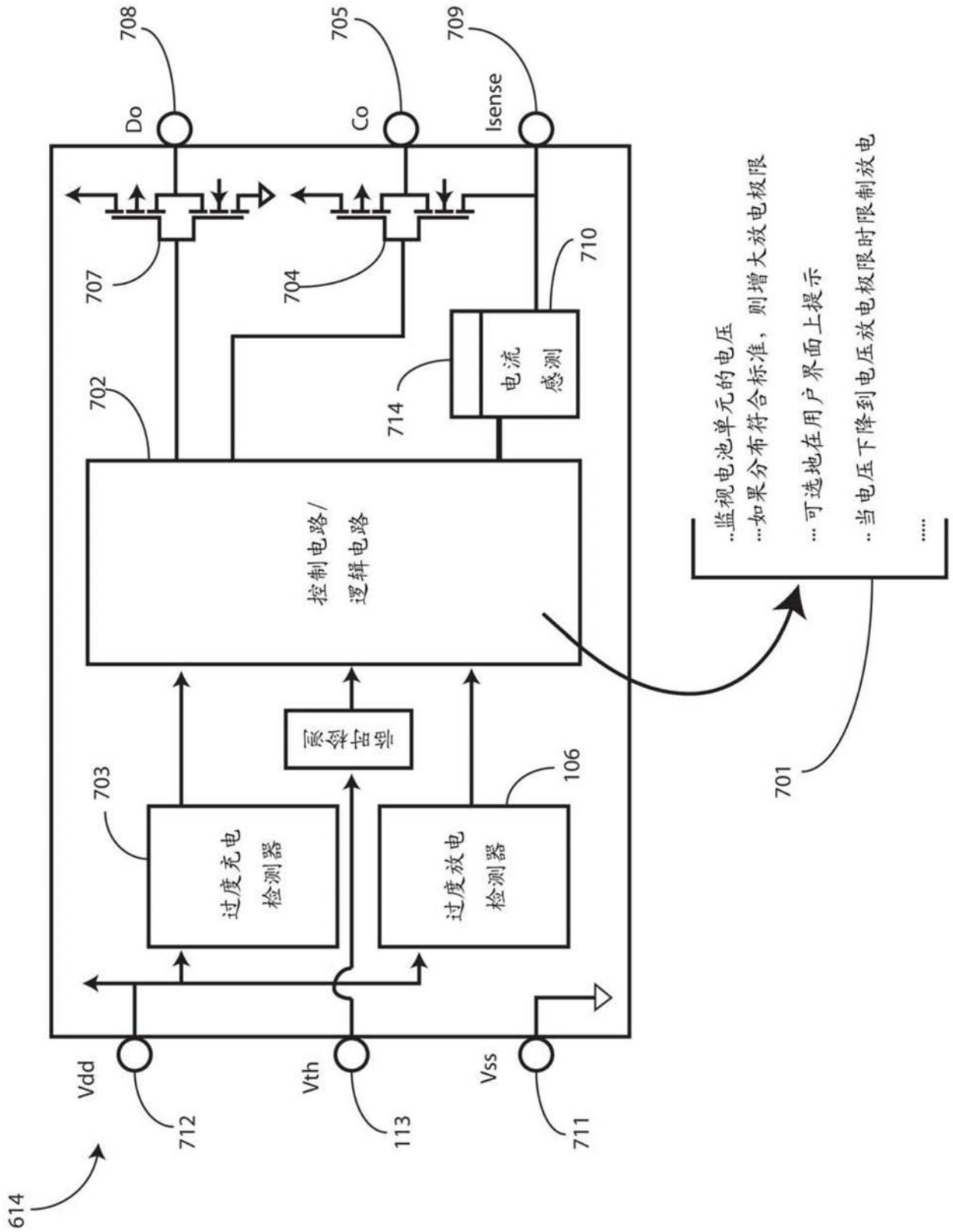


图7

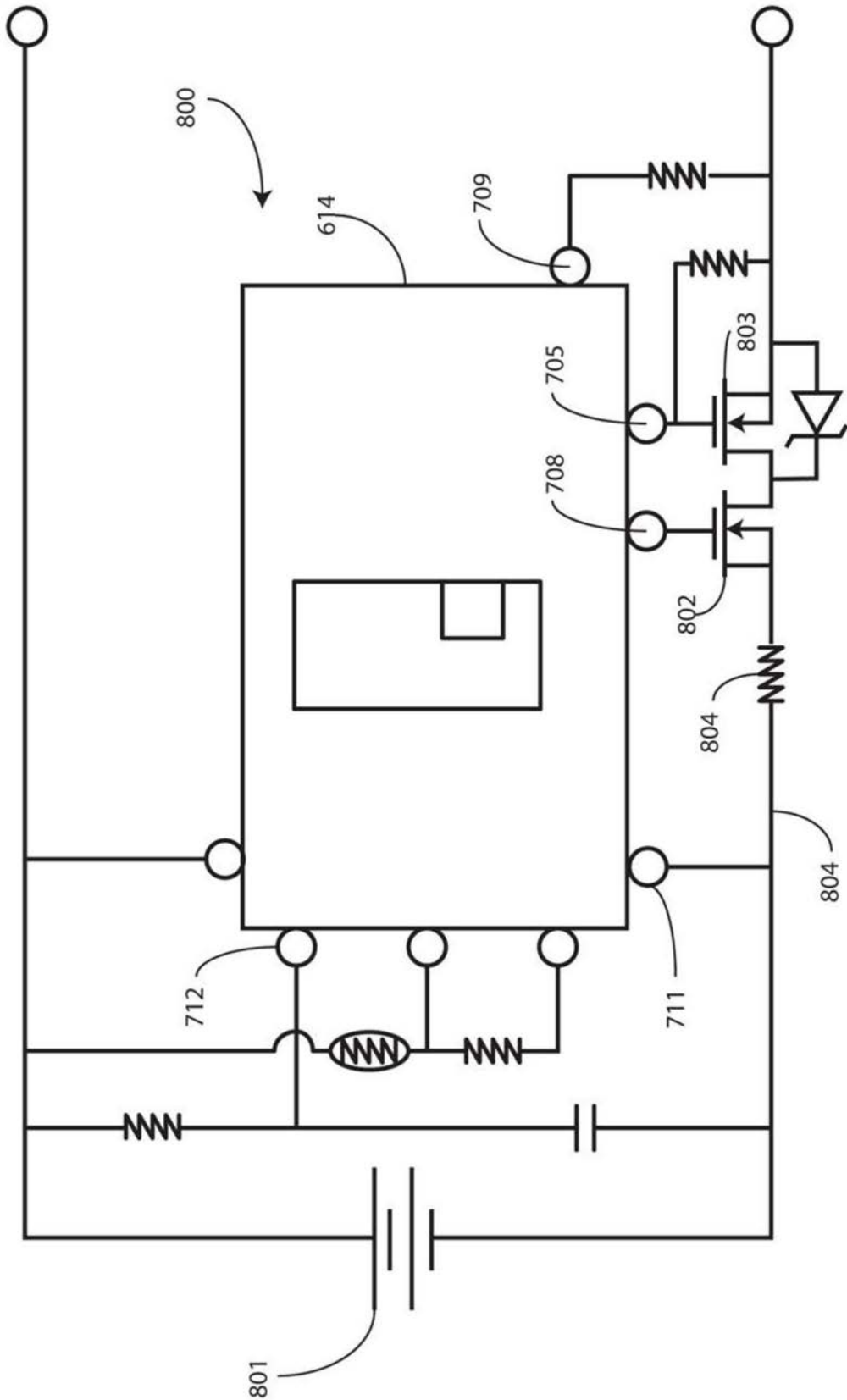


图8

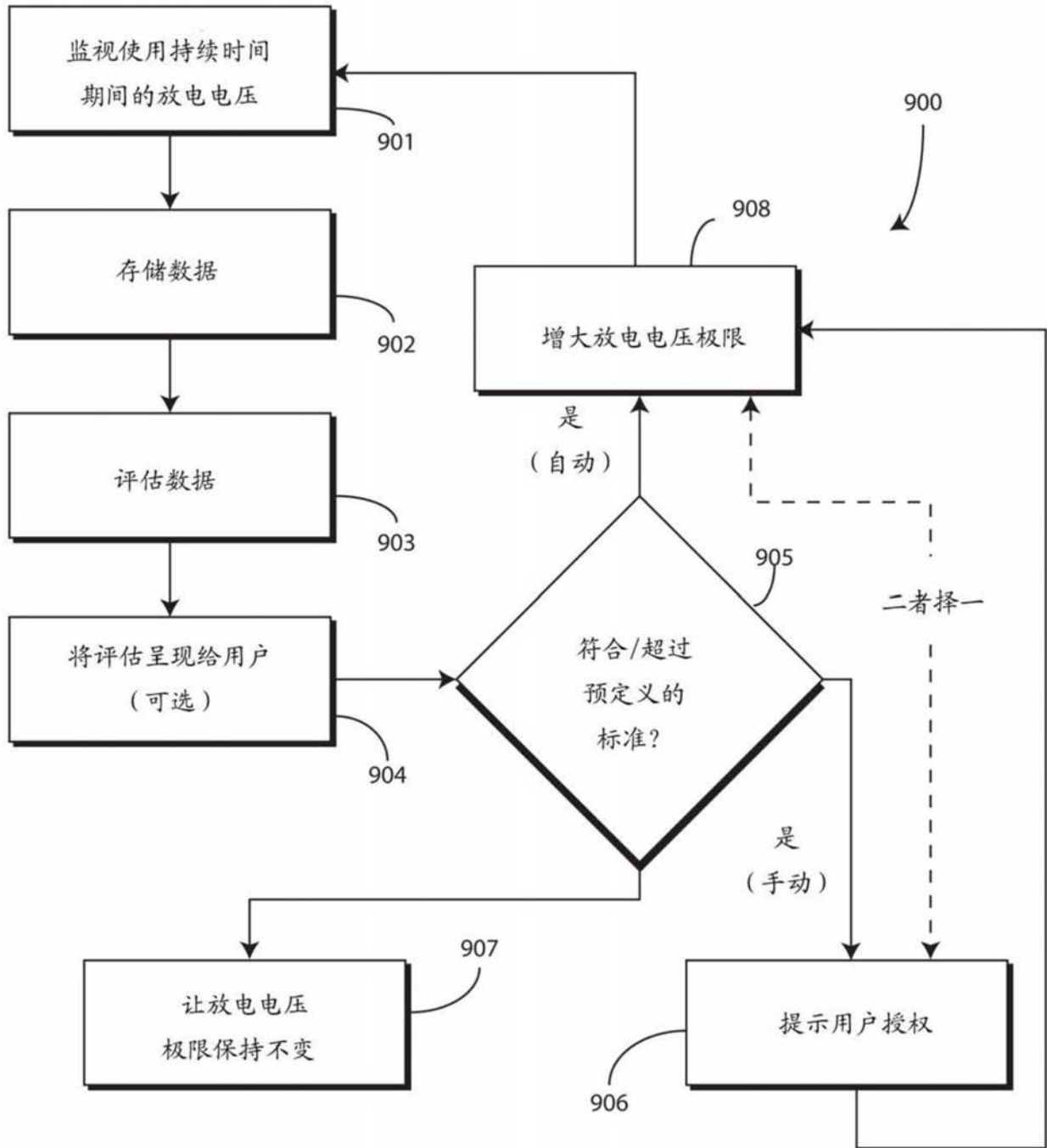


图9

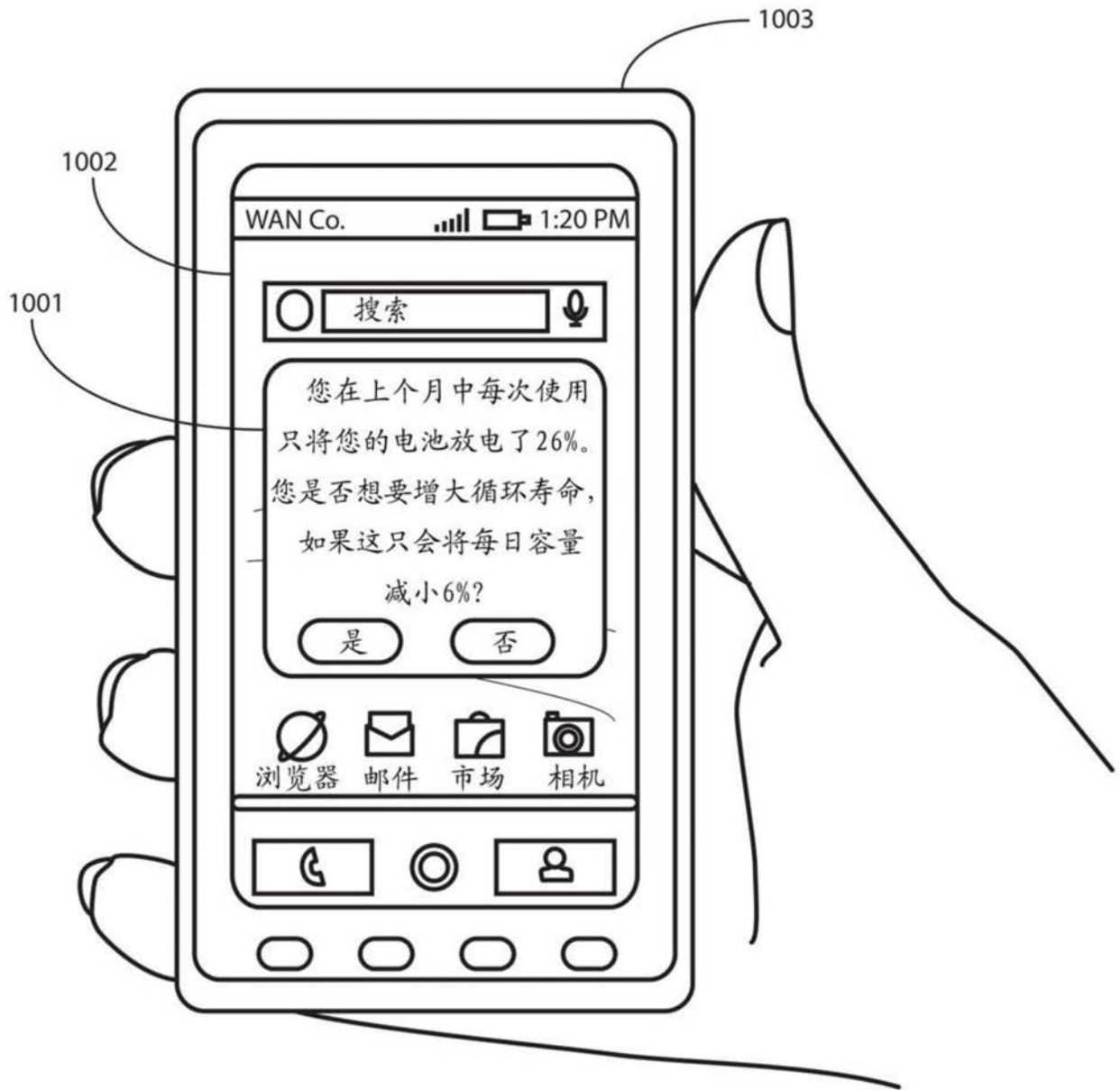


图10

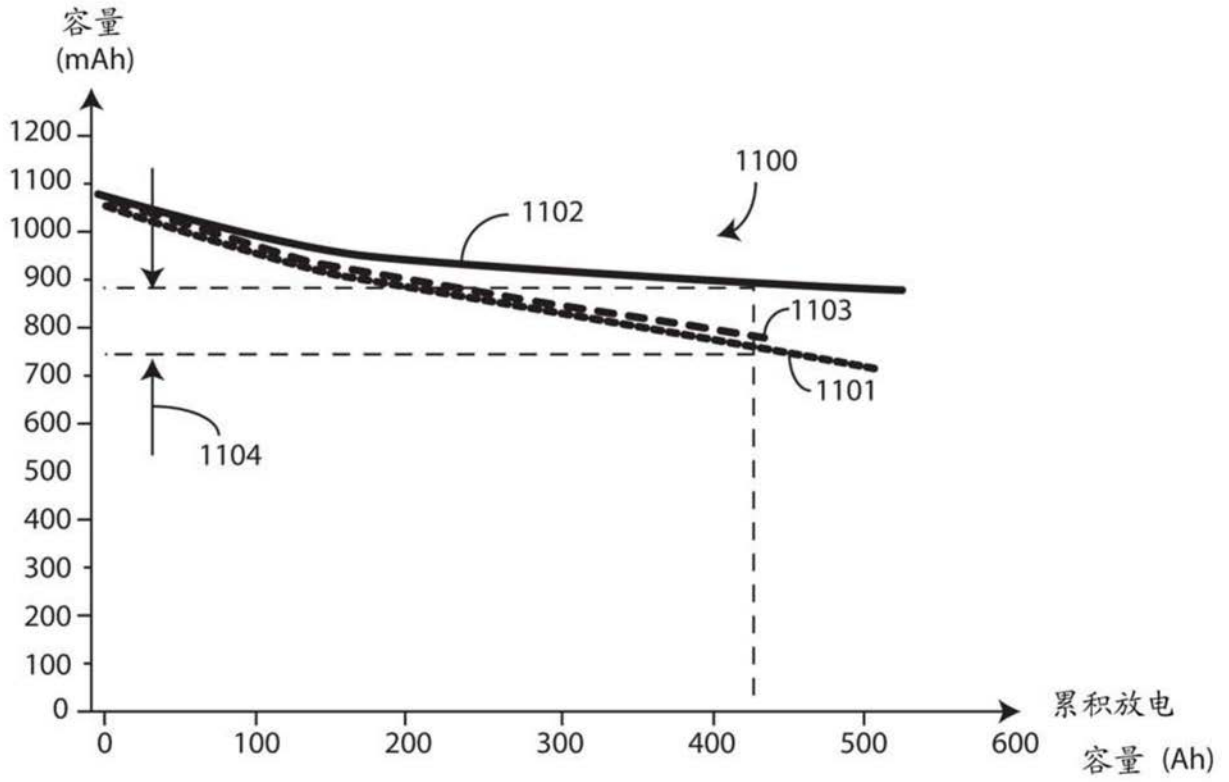


图11

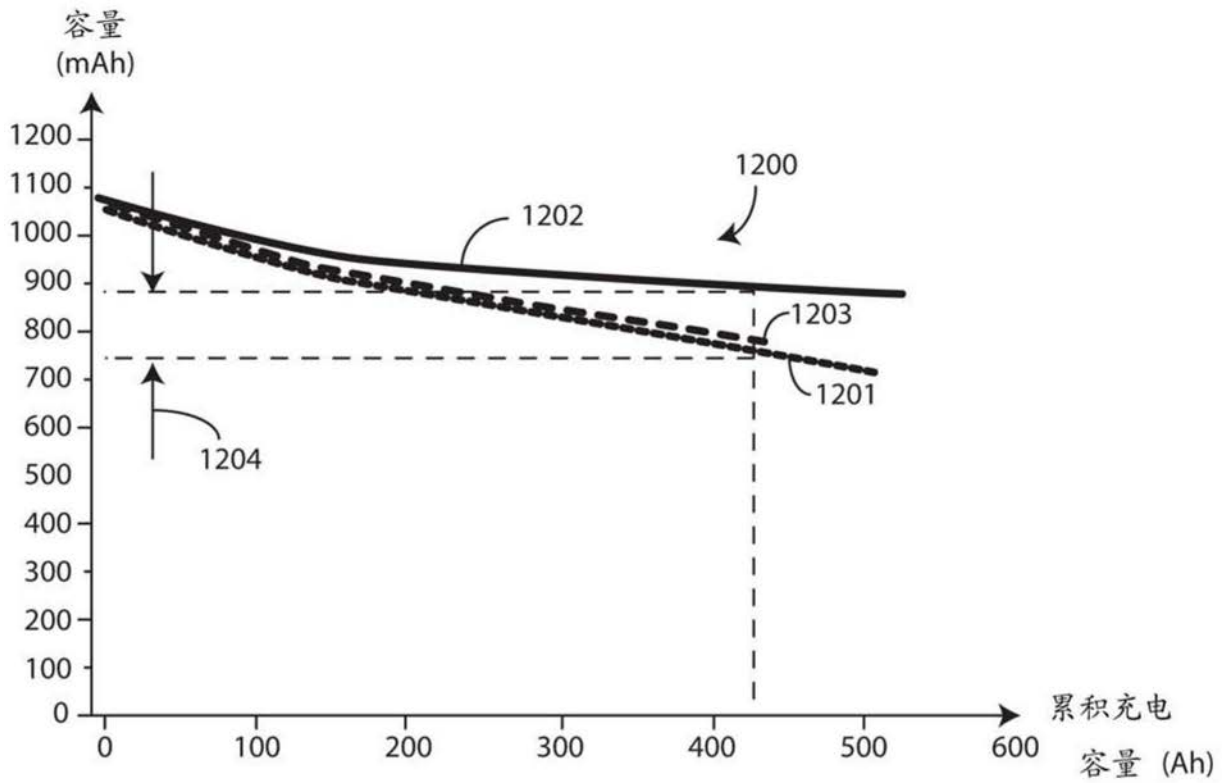


图12