

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01G 13/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680043445.1

[43] 公开日 2008 年 11 月 26 日

[11] 公开号 CN 101313380A

[22] 申请日 2006.11.22

[21] 申请号 200680043445.1

[30] 优先权

[32] 2005.11.22 [33] US [31] 60/739,402

[32] 2006.11.21 [33] US [31] 11/602,526

[86] 国际申请 PCT/US2006/045216 2006.11.22

[87] 国际公布 WO2007/062127 英 2007.5.31

[85] 进入国家阶段日期 2008.5.21

[71] 申请人 麦斯韦尔技术股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 卡塞伊·奥凯齐·阿努德

布鲁斯·艾伦·布伦特林格

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 余刚 尚志峰

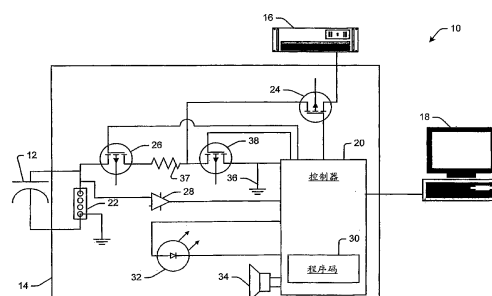
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

电容器的筛选

[57] 摘要

本发明披露了用于筛选电容器的系统和方法。示例性的方法可以包括：对至少一个电容器充电时间 t_1 ，然后执行以下操作。在充电时间 t_1 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th1$ - 低和 $th1$ - 高进行比较以进行电容筛选操作。在等待时间 t_2 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th2$ 进行比较以进行等效串联电阻 (ESR) 筛选操作。在等待时间 t_3 之后，将至少一个电容器的充电状态的改变与阈值 $th3$ 进行比较以进行漏电流 (LC) 和自放电 (SD) 筛选操作。这些筛选操作可以由用户手动实施和/或由本文中所述的示例性系统自动实施。



1. 一种用于筛选电容器的系统，包括：

电源，电连接至用于接收至少一个电容器的连接器；

控制器，与所述电源和所述连接器操作地相关联，所述控制器将来自所述电源的电信号选择性地施加给所述至少一个电容器并且选择性地接收表示所述至少一个电容器的充电状态的电输入；以及

可由所述控制器执行的逻辑指令，所述逻辑指令将所述至少一个电容器在预定时间段内的所述充电状态的改变与用于针对所述至少一个电容器的漏电流（LC）和自放电（SD）来筛选所述至少一个电容器的至少一个阈值进行比较。

2. 根据权利要求1所述的系统，其中，所述逻辑指令：

在进行充电时间 t_1 之后，将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 $th1$ -低和 $th1$ -高进行比较以进行电容筛选；

在等待时间 t_2 之后，将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 $th2$ 进行比较以进行等效串联电阻（ESR）筛选；以及

在等待时间 t_3 之后，将所述至少一个电容器的所述充电状态的所述改变与阈值 $th3$ 进行比较以进行漏电流（LC）和自放电（SD）筛选。

3. 根据权利要求1所述的系统，其中，所述逻辑指令：

在进行充电时间 t_1 之后，将所述至少一个电容器的所述充电状态的第二改变与阈值 $th1$ -低和阈值 $th1$ -高进行比较以进行电容筛选；

在等待时间 t_2 之后, 将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 th_2 进行比较以进行等效串联电阻 (ESR) 筛选; 以及

在等待时间 t_3 之后, 将所述至少一个电容器的所述充电状态的所述改变与阈值 th_3 进行比较以进行漏电流 (LC) 和自放电 (SD) 筛选。

4. 根据权利要求 1 所述的系统, 进一步包括: 输出装置, 与所述控制器操作地相关联, 用于向用户报告所述至少一个电容器的筛选结果。

5. 根据权利要求 1 所述的系统, 进一步包括: 主机, 用于向用户确认所述至少一个电容器的筛选结果。

6. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述控制器从主机接收所述至少一个阈值的改变。

7. 根据权利要求 1 所述的系统, 还包括: 放电开关, 可在筛选操作之后由所述控制器操作以使所述至少一个电容器放电。

8. 一种用于筛选电容器的方法, 包括:

向至少一个电容器施加电信号;

接收表示所述至少一个电容器的充电状态的电输入;

等待预定时间段;

接收表示所述至少一个电容器在所述等待操作之后的第二充电状态的第二电输入;

确定所述至少一个电容器的充电状态的改变; 以及

将所述至少一个电容器的充电状态的所述改变与至少一个阈值进行比较; 以及

基于所述比较操作来筛选所述至少一个电容器。

9. 根据权利要求8所述的方法,进一步包括针对以下特征中的至少一个来筛选所述至少一个电容器: 电容、等效串联电阻(ESR)、漏电流(LC)、和自放电(SD)。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,电容筛选包括: 在进行充电时间 t_1 之后,将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 th_1 -低和 th_1 -高进行比较。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,ESR 筛选包括: 在等待时间 t_2 之后,将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 th_2 进行比较。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中,LC 和 SD 筛选包括: 在等待时间 t_3 之后,将所述至少一个电容器的所述充电状态的改变与阈值 th_3 进行比较。
13. 根据权利要求8所述的方法,进一步包括: 报告所述至少一个电容器的筛选结果。
14. 根据权利要求8所述的方法,进一步包括: 在所述筛选操作之后,使所述至少一个电容器放电。
15. 一种用于筛选电容器的方法,包括:
 - 对至少一个电容器充电时间 t_1 ;
 - 在时间 t_1 之后,将所述至少一个电容器的充电状态与阈值 th_1 -低和 th_1 -高进行比较以进行电容筛选操作;

在等待时间 t_2 之后, 将所述至少一个电容器的所述充电状态与阈值 th_2 进行比较以进行等效串联电阻 (ESR) 筛选操作; 以及

在等待时间 t_3 之后, 将所述至少一个电容器的所述充电状态的改变与阈值 th_3 进行比较以进行漏电流 (LC) 和自放电 (SD) 筛选操作。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 进一步包括: 如果所述充电状态大于所述阈值 th_1 -高, 则丢弃使所述电容筛选操作失败的任何电容器。
17. 根据权利要求 15 所述的方法, 进一步包括: 如果所述充电状态小于所述阈值 th_1 -低, 则丢弃使所述电容筛选操作失败的任何电容器。
18. 根据权利要求 15 所述的方法, 进一步包括: 如果所述充电状态小于所述阈值 th_2 , 则丢弃使所述 ESR 筛选操作失败的任何电容器。
19. 根据权利要求 15 所述的方法, 进一步包括: 如果所述充电状态的所述改变大于所述阈值 th_3 , 则丢弃使所述 LC 和 SD 筛选操作失败的任何电容器。
20. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 这些操作由用户手动实施。
21. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 所有的所述筛选操作都在一分钟内执行。

电容器的筛选

技术领域

本发明大体上涉及电容器。更具体地，本发明涉及用于筛选电容器的系统和方法。

背景技术

电容器通常用于存储用于很多种电子装置的电能。由于许多原因，还被称为“双层电容器”、“超级电容器”、和“超电容器”的复合电容器在许多能量存储应用中正获得普及。这些原因包括具有高功率密度（在充电和放电模式下）、以及具有与传统可充电电池的能量密度接近的能量密度的复合电容器的实用性。

这些电容器的重要特征包括总电容、等效串联电阻（ESR）、漏电流（LC）、和/或自放电（SD）。制造商可在测试/审核阶段采用自放电曲线（profile）来在将电容器运送/交付给它们的消费者之前确定电容器的上述特征，以便“坏的”电容器不会被运送。然而，测试/审核阶段通常需要若干小时（例如，每 256 个电容器需要 12 个小时）才能完成，从而延迟了运送并增加了成本。

因此，需要在快速且准确地运送/交付之前，确定电容器的各种特征，这些特征包括但不限于总电容、等效串联电阻（ESR）、漏电流（LC）、和/或自放电（SD）。

发明内容

对可以用于或可以满足一个或多个以上需求的用于筛选电容器的系统和方法提供了各种实施例，电容器包括但不限于复合电容器（例如，“双层电容器”、“超级电容器”、和“超电容器”）。

用于筛选电容器的示例性系统包括电连接至用于接收至少一个电容器的连接器的电源。控制器与电源和连接器操作地相关联。控制器可以选择性地将来自电源的电信号施加给至少一个电容器。作为响应，控制器接收表示至少一个电容器的充电状态的电输入。逻辑指令可由控制器执行。逻辑指令将至少一个电容器的充电状态与用于识别良好和不合格电容器的至少一个阈值进行比较。

用于筛选电容器的示例性方法可以包括：向至少一个电容器施加电信号，接收表示至少一个电容器的充电状态的电输入，将至少一个电容器的充电状态与至少一个阈值进行比较，以及基于比较操作来识别良好和不合格电容器。

用于筛选电容器的另一个示例性方法可以包括：对至少一个电容器进行充电，然后执行以下操作。在对电容器充电时间 t_1 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th1$ -低和 $th1$ -高进行比较以进行电容筛选操作。在等待时间 t_2 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th2$ 进行比较以进行等效串联电阻（ESR）筛选操作。在等待时间 t_3 之后，将至少一个电容器的充电状态的改变与阈值 $th3$ 进行比较以进行漏电流（LC）和自放电（SD）筛选操作。

如本文所述，可以手动和/或自动实施这些系统和方法。这些系统和方法可以用于同时筛选多个电容器并快速地（例如，约几秒）将“好的”电容器与“坏的”电容器区分开。另外，仅需要单个充电和移去步骤，从而降低或完全消除了制造处理期间的维持时

间。在示例性实施例中，这些系统和方法可以在制造处理中被作为“门电路”而实施，其中，作为质量控制措施，在传递给下一阶段（例如，贴标签、运送/分配）之前筛选所有电容器或者统计上有效部分电容器。

附图说明

图1示出了可以被实施用于筛选电容器的示例性测试系统的高级框图。

图2示出了示出可以被实施用于筛选电容器的示例性数据操作的处理流程图。

图3示出了示出可以被实施用于筛选电容器的示例性机械操作的处理流程图。

图4示出了示出用于筛选电容器的示例性操作的概括流程图。

图5示出了示出用于针对电容来筛选电容器的示例性操作的流程图。

图6示出了示出用于针对等效串联电阻（ESR）来筛选电容器的示例性操作的流程图。

图7示出了示出用于针对漏电流（LC）和/或自放电（SD）来筛选电容器的示例性操作的流程图。

具体实施方式

在本文档中，词“实施例”和“变体”可以用于指特定设备、处理、或制造环节，不一定指一个和相同的设备、处理或制造环节。

因此，在一处或上下文中所使用的“一个实施例”（或类似的表述）可以指一个特定设备、处理、或制造环节；并且，在不同处的相同或类似的表述可以指相同或者不同的设备、处理、或制造环节。同样，在一处或上下文中所使用的“一些实施例”、“某些实施例”、或类似表述可以指一个或多个特定设备、处理、或制造环节；在不同处或上下文中的相同或类似的表述可以指相同或不同的设备、处理、或制造环节。表述“可选实施例”和类似的措词用于表示多个不同的可能实施例中的一个。多个可能的实施例的数量不限于两个或任何其他数量。作为“典型”或“示例”的实施例的特征指的是实施例被用作实例。这些特征并不一定指实施例是优选的实施例；实施例可以但不必需是当前优选的实施例。

贯穿本文档可以发现其他和进一步的限定和限定的说明。这些限定是为了有助于理解本披露和所附的权利要求，但是本发明的范围和精神不应被理解为受限于本说明书中所述的特定实例。实际上，本文中所披露的方法和系统可扩展为对具有变化的标称电容等级的电容器的电容、等效串联电阻（ESR）、漏电流（LC）、和自放电（SD）进行测试。虽然描述了用于筛选具有一个或多个标称电容值的电容器的特定实例，但是本领域的技术人员将容易了解，为了筛选具有更高或更低的标称电容值的电容器，（多个）筛选处理的参数（例如，阈值电平、充电电流等级、电压电平、和时间段持续时间）是可以改变的。

以下将对附图中示出的本发明的若干实施例作出详细的参考。在附图和描述中使用了相同的参考标号来表示相同或基本相同的部件或操作。附图为简化形式并且未按精确的比例。仅出于方便和清楚的目的，方向术语（例如，顶部、底部、左、右、上、下、在……上方、在…之上、在……下方、在…之下、后面、和前面）可参照

附图使用。这些和类似的方向术语不应被理解为限制本发明的范围。

图 1 示出了可以被实施用于筛选电容器 12 的示例性测试系统 10 的高级框图。示例性系统 10 可以被实现为例如印刷电路板或“PCB” 14 上的电子装置。PCB 14 可以是独立装置或者可以连接至外部电源 16 和/或主机 18。

PCB 14 可以包括由控制器 20 控制的各种组件。在示例性实施例中，控制器 20 是微控制器，例如，可以从亚利桑那州 85244-6199 的 Chandler 的 2355 West Chandler Blvd 的 Microchip Technology Inc. 容易地购得的具有 10 位 A/D 转换器的 PIC18F8722 64/80-pin、1 M-bit 的增强型快速微控制器（Enhanced Flash Microcontroller）。然而，控制器 20 并不限于任何特别的设计结构，并且可以在其他实施例中实施其他的控制器（包括个人计算机）。

控制器 20 与一个或多个连接器 22 操作地相关联，提供一个或多个连接器用于接收用于筛选操作的至少一个电容器 12。在示例性实施例中，连接器 22 可以是零插入力（ZIF）连接器或通用探针，例如，焊接在板上的 IDI R-4 插座和插入到可从堪萨斯州 66106 的堪萨斯城的 5101 Richland Avenue 的 Interconnect Devices, Inc. 容易地购得的插座中的匹配 S-4 探针。因此，无需人工干预，机器人机构就可以轻松插入和移去电容器 12（或电容器的集装架）。然而，连接器 22 不限于任何特定的设计结构。

控制器 20 还与电源 16 操作地相关联。电源 16 可以被实施为 DC 2.5 伏 40 安培电源（例如，用于筛选 32 个标称 10 F 的电容单元），例如，可从加利福尼亚州 95051 的圣克拉拉的 5301 Stevens Creek Blvd. 的 Agilent technologies, Inc. 容易地购得的 HP 型 6551A 电源。在操作期间，控制器 20 经由电源开关 24 将来自电源 16 的

电信号选择性地施加给至少一个电容器 12。例如，电信号可以是经由充电开关 26（也由控制器 20 控制）对电容器 12 进行充电的电流源。

在筛选操作期间的各个时刻，控制器 20 经由高阻抗放大器 28 来接收表示至少一个电容器 12 的充电状态的电输入。如以下更详细描述，作为程序码 30（例如，软件和/或固件）而实现的逻辑指令可由控制器 20 执行，以将电容器 12 的充电状态与用于识别良好和不合格电容器的至少一个阈值进行比较。

在完成筛选操作后，控制器 20 可以可选地使电容器 12 放电。例如，控制器 20 可以操作放电开关 38 以通过使电容器 12 经由电阻器 37 与接地端 36 短路来使其放电。

对应于各种筛选操作的测试数据可以由控制器 20 来处理，然后例如通过使一个或多个发光二极管（LED）32 或其他显示器件发光、用扬声器 34 发出警报、将数据传递给主机 18、和/或任何其他输出操作来进行输出。

主机 18 可以被实现为包括一个或多个处理器或者处理单元和其他系统组件（例如，存储器或其他计算机可读存储器）的任何合适的计算装置。示例性计算装置包括但不限于桌上型和膝上型个人计算机（PC）、服务器计算机、和个人数字助理（PDA）。应注意到，在示例性实施例中，计算装置可以被实现在计算机网络（未示出）中，例如，局域网（LAN）和/或广域网（WAN）。

主机 18 还可以包括适当的用户接口（例如，图形用户接口（GUI））以促进用户与系统 10 的交互。在示例性实施例中，主机 18 可以用于检查和操控（例如，生成报告）从控制器 20 接收到的数据。主机 18 还可以用于配置控制器 20（例如，改变阈值、定时

等)。在熟悉本文中的教导之后,计算机领域的普通技术人员可以容易地实现这些和其他功能。

图2示出了示出可以被实施用于筛选电容器(例如,在图1中所示的电容器12)的示例性数据操作40的处理流程图。主应用程序42可以被实现为在主机18上运行的软件。主应用程序42可以与控制器20通信以接收测试数据、重新设置(或者在控制器20处擦除测试数据)、设置或改变控制器20的一个或多个设置(例如,用于筛选操作的阈值和/或等待时间等),(在图2中统一示为控制器通信44)。

主应用程序42还可以实现数据库46(或其他数据结构)。如上所述,用户可以使用数据库控制48来操控测试数据(例如,以生成报告)。因此,测试数据和/或所操控的数据可以被存储在数据库46中,以用于进行更多种不同分析和功能中的任一种(例如,制造改变、质量控制等)。

在图2中还示出了示例性数据表结构50,其可以用于存储测试数据和/或所操控的数据。数据表结构50包括电容器标识、测试日期、目标充电状态、测量到的充电状态(V1和V2)、测量到的充电状态的改变(dV)和用于测试的时间(dt)。应注意到,虽然为了说明提供了示例性的数据表结构50,但是本文中所述的系统和方法并不限于用于任何特定类型和/或格式的测试数据。

图3示出了示出可以被实施用于筛选电容器的示例性机械操作的处理流程图。机械操作通常可以包括准备阶段60、筛选阶段70和完成阶段80。

在准备阶段60,可以为筛选阶段70准备电容器。例如,如框62所示,可以拉直电容器管脚,以便管脚可以容易地连接至用于筛

选操作的测试系统（例如，插入到图 1 中的连接器 **22** 中）。可以手动或自动（例如，使用机器人机构）拉直这些管脚。

同样在准备阶段 **60**，（多个）电容器可以如框 64 所示连接至测试系统（例如，在图 1 中的 PCB **14** 上的连接器 **22**）。例如，使用机器人机构，可以将电容器手动或自动地连接至测试系统。在示例性实施例中，机器人机构可以将测试系统降低到在具有 32 个电容器的集装架上。另外，电容器可以单独、或成组地（例如，在集装架上）连接至测试系统。

如框 66 所示，还可以在准备阶段 **60** 中对测试系统进行初始化。例如，控制器可以配置有阈值、测试时间、测试条件（例如，使用电接触还是逻辑电平输出）。应注意到，可以在管脚拉直 **62** 和/或（多个）电容器与测试系统的连接 **64** 之后、在管脚拉直 **62** 和/或（多个）电容器与测试系统的连接 **64** 之前、或与这些程序中的一个或多个同时进行初始化 **66**。

在筛选阶段 **70** 中，如框 72 所示，确定电容器是否适当连接至测试系统。例如，如果在相同位置连续三次尝试（或者其他预定次数的尝试）都存在连接失败，则可以向控制器发布失败状态。如果一个或多个电容器未被适当连接（例如，未被适当安放至图 1 中的连接器 **22**），则如框 74 所示解决该问题。例如，机器人机构可以自动尝试重新安放电容器，而无需用户干预。可选地，例如，用户可以手动检查和校正该问题。如果电容器被适当地连接，则如框 76 所示，（例如，使用图 1 中的测试系统 **10**、或用户手动地）对电容器进行筛选。测试系统完成测试并将状态和测试数据发送给控制器。在示例性实施例中，这在一分钟以内发生，并且更具体地，基于对于一个 32 个电容器的集装架的每个电容器 1.5 秒的线速，在约 48 秒内发生。以下参考图 4-7 更加详细描述示例性操作。

在完成阶段 **80** 中，如框 82 所示，可以从测试系统中移去电容器，并且可以丢弃坏的电容器。可以手动、自动（例如，使用机器人机构）、或者使用其一些组合丢弃未筛选出来的（多个）电容器。通过筛选的电容器可以移至下个阶段，例如，贴标签、封装、运送/分配等等。

已描述了用于筛选电容器的示例性系统、和用于准备用于筛选操作的电容器的方法，下面将参考图 4-7 来更详细地描述筛选操作。应注意到，在图 4-7 中的操作可以被体现为在一个或多个计算机可读介质上的逻辑指令。当在处理器（例如，控制器 **20**）上执行时，逻辑指令使通用计算装置被编程为实施上述操作的专用机器。可选地，在图 4-7 中的至少一些操作可以由用户手动实施，而无需诸如图 1 中所示的测试系统 **10** 的专用测试系统。

图 4 示出了示出用于筛选电容器的示例性操作 100 的概括流程图。在操作 110 中，针对电容来筛选一个或多个电容器。在操作 120 中，针对等效串联电阻（ESR）来筛选一个或多个电容器。在操作 130 中，针对漏电流（LC）和自放电（SD）来筛选一个或多个电容器。

以下分别参考图 5、图 6 和图 7 来更详细地描述操作 110、120、和 130 中的每一个。简要地，然而，电容筛选 110 可以包括：在充电进行了时间 t_1 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th1$ -低和 $th1$ -高进行比较。ESR 筛选 120 可以包括：在等待时间 t_2 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th2$ 进行比较。LC 和 SD 筛选可以包括：在等待时间 t_3 之后，将至少一个电容器的充电状态与阈值 $th3$ 进行比较。如上所述，操作 110、120 和 130 均是可扩展的，并且在被提供用于筛选具有更高或更低的标称电容值的电容器的实例中，可以改变操作参数（例如，阈值电平、充电电流等级、电压电平、和时间段持续时间）。

在继续之前，应注意到，操作 110、120 和 130 并不限于任何特定顺序。操作 110、120 和 130 中的每一个也不必一直都实施。在其他实施例中，可以实施操作 110、120、和 130 中的一个或多个。另外，可以对每个电容器实施操作 110、120、和 130 一次以上。

图 5 示出了示出用于针对电容来筛选电容器的示例性操作 110 的流程图。在电容筛选操作中，例如，用于以已知电流将电容器从已知的初始电压（例如，约 0 伏）充电达到预定目标电压所花费的持续时间可以是电容器的电容的指示。电容器的电荷的改变 $\Delta Q = I \cdot \Delta T = C \cdot \Delta V$ ，其中，I 是用于对电容器进行充电的恒定电流， ΔT 是充电时间，以及 ΔV 是电压。因而，如果以恒定电流从已知初始电压为电容器充电预定时间段，则可以将所得到的电容器的电压与至少一个阈值电压进行比较以确定单元的电容是否满足用于电容的最小阈值，以及与第二阈值电压进行比较以确定单元的电容是否大于用于电容的最大阈值。

在图 5 所示的特定实施例中，例如，在操作 111 中将电容器电压降低到约为零。例如，可以将电容器短接至接地端以使其放电。然而，应注意到，该操作 111 是任选的。可选地，可以确定初始充电并将其用作电容器的基准充电状态。例如，如果初始充电约为 15-20 mV，则这可以被用作电容器的基准充电状态。

在操作 112 中，对电容器充电预定时间 t_1 。在示例性实施例中，利用已知电流（例如，1 Amp DC）对电容器充电预定时间 t_1 （例如，10 秒）。然后，在操作 113 中（例如，经由图 1 中所示的高阻抗放大器 28）确定电容器的充电状态。电容器的充电状态将（如果其是“好的”）上升到预定充电状态。例如，对于标称电容为 10 法的电容器，如果电容器在操作 111 中完全放电，则充电状态约为 1 V，或者如果基准充电状态为 15 mV，则充电状态约为 1.015 V。当然，为了筛选具有比示例性的 10 法电容器更高或更低的标称电容值的

电容器，这些参数都是可调整的。如果在操作 111 中没有使电容器放电到 0 V，则可以从在采样操作 113 中获得的采样电压中减去基准充电，以确定由于充电操作 112 而造成的电容器的充电状态的改变 ΔV_c 。

在操作 114 中，确定由于充电操作 112 而造成的电容器的充电状态 (V_c 或 ΔV_c) 是否在阈值 th1-低和 th1-高之间。可以基于很多种设计考虑（包括但不限于正被筛选的电容器的期望容限）来选择阈值 th1-低和 th1-高。在示例性实施例中，容限为正/负 20%。因此，任何不满足这些容限的任何电容器都会在操作 115 中被丢弃。如操作 116 所示，满足这些容限的任何电容器可以继续 ESR 筛选。

图 6 示出了示出用于针对等效串联电阻 (ESR) 来筛选电容器的示例性操作 120 的流程图。在 ESR 筛选操作中，当正在充电（例如在以上参考图 5 所述的电容筛选操作中）的电容器与充电电流断开时，电容器经历与电容器的 ESR 相关的突然的电压下降。电容器的 ESR 越高，电容器经历的电压下降就越急剧。特别地，可以通过以下等式来对 ESR 建模： $ESR = \Delta V / I$ ，其中， ΔV 是在充电电流撤消时电容器经历的电压突变，以及 I 是已知的恒定充电电流。因而，通过在电容筛选操作中如上所述对电容器进行充电并使电容器与充电电流断开，可以针对 ESR 来筛选电容器。在充电电流已与电容器断开之后，可以在预定的时间段内确定由于充电电流的去除而造成的电压下降并将其与阈值电压下降进行比较，以确定电容器的 ESR 是否在预定的时间段内已使电压快速下降。然而，在另一个实施例中，将在充电电流已断开并且经过预定的时间段后检测到的电容器的电压电平与表示与具有可接受 ESR 值的电容器相对应的可接受电压电平的电压阈值进行比较。

在图 6 中所示的 ESR 筛选操作的特定实施例中，例如，在操作 121 中确定用于电容器的基准电压 V_{cb} 。例如，可以使电容器放电

以使其具有约 0 V 的电压，然后可以再次（如上所述地）对电容器充电以使其具有已知的基准电压。可选地，可以测量电容器的现有电荷（例如，来自电容筛选操作 110）并将其用作电容器的基准电压，其中，在电容筛选之后马上执行 ESR 筛选。

在等待操作 122 中，施以预定时间段 t_2 的等待。然后，在采样操作 123 中确定 V_c 的充电状态。在操作 124 中，确定电容器的充电状态 V_c 是否小于阈值 th_2 。可以基于很多种设计考虑（包括但不限于正被筛选的电容器的期望容限）来选择阈值 th_2 。在提供了 2 秒等待（即， $t_2=2$ 秒）的具有 10 法标称电容的电容器的示例性实施例中，接近 200 mV 的电压改变对于特定的应用来说是可接受的。因而，如果单元以 1 V 的电压开始，则可以使用 0.8 V 的阈值 th_2 。如果电容器的充电状态 V_c 小于阈值 th_2 ，则在用于使 ESR 筛选失败的操作 125 中丢弃该电容器。如操作 126 所示，如果充电状态 V_c 满足阈值 th_2 ，则电容器可以继续 LC/SD 筛选。此外，为了筛选具有比示例的 10 法电容器更高或更低的标称电容值的电容器，这些参数是可调整的。

在取代将采样电压 V_c 与阈值 th_2 进行比较的另一个实施例中，可以确定从基准电压 V_{cb} 到电压 V_c 的电压改变并将其与另一个阈值（例如，200 mV）进行比较。

图 7 是示出了用于针对漏电流（LC）和/或自放电（SD）来筛选电容器的示例性操作 130 的流程图。当电容器处于开路电压（OCV）条件下时，电容器将进行自放电。与当电容器第一次与恒定充电电流断开时观察到的电压的突然下降（以上参考 ESR 筛选操作所述）相反，处于 OCV 条件下的电容器将经过通常逐渐、稳定和持续的电压或能量损耗。损耗曲线通常是渐进线式的，并且开始非常高然后随时间流逝而逐渐变细。可以将由于电容器的 ESR 造成的突然下降之后开始的预定时间段内观察到的电压改变与电压

阈值进行比较,以确定电容器的自放电是否可接受。在一个实施例中,预定时间段约为几秒,以确保随单元电压变化的电容器的固有电容在测量之间不会显著改变。可以将该电压改变的幅度与电压阈值进行比较,以确定电容器的 LC 和/或 SD 是否可接受。

在图 7 所示的 LC 和/或 SD 筛选的特定实施例中,在操作 131 中确定电容器的基准电压 V_{cb} 。例如,可以使电容器放电以使其具有约为 0 的电压,然后,可以再次使电容器充电(如上所述)以使其具有已知的基准电压。可选地,可以测量电容器的现有电荷(例如,来自 ESR 筛选操作 120)并将其用作电容器的基准电压。在等待操作 132 中施以预定的等待时间 t_3 ,并且在采样操作 133 中,在时间 t_3 之后确定电容器的充电状态 V_c 。然后,在操作 134 中,通过从在采样操作 133 中确定的采样电压 V_c 中减去在操作 131 中确定的基准电压 V_{cb} ,来确定由于在操作 132 中施以的等待时间 t_3 而造成的电容器的充电状态的改变 ΔV 。

在操作 135 中,确定在时间 t_3 期间电容器的充电状态的改变 (ΔV_c) 是否超过阈值 th_3 。可以基于很多种的设计考虑(包括但不限于正被筛选的电容器的期望容限)来选择阈值 th_3 。在示例性实施例中,具有 10 法的标称电容、15 mV 至 20 mV 下降而估计(rate)为 2.5 V 的电容器可接受 10 秒的等待(即, $t_3=10$ 秒)。如果充电状态的改变 ΔV_c 超过阈值 th_3 ,则在操作 136 中丢弃该电容器。如果充电状态 V_c 满足阈值 th_3 ,则在操作 137 中可以使电容器任意放电,并且筛选结束于操作 138。此外,为了筛选具有比示例的 10 法电容器更高或更低的标称电容值的电容器,这些参数是可调整的。对于具有较高标称电容值的电容器(例如,2600 法或 3000 法的电容器)的筛选操作可以施以更长的等待时间 t_3 (例如,约为几分钟或几小时)。

出于说明的目的，以上已详细描述了本发明的用于筛选电容器的系统和方法。作为整体的本发明的具体实施例及其特征都不限制隐含于本发明中的一般原理。特别地，本发明不限于具体的尺寸或结构。在不脱离所阐述的本发明的精神和范围的情况下，本文中所描述的具体特征可用于一些实施例中，但是不能用于另外一些中。可以对上述的公开进行许多其他的修改，本领域的普通技术人员应该理解，在一些实例中本发明的一些特征将在缺少其他特征的情况下被采用。因此，说明性的实例不限定本发明的界限和范围以及赋予本发明的合法保护，该功能由权利要求及其等同物提供。

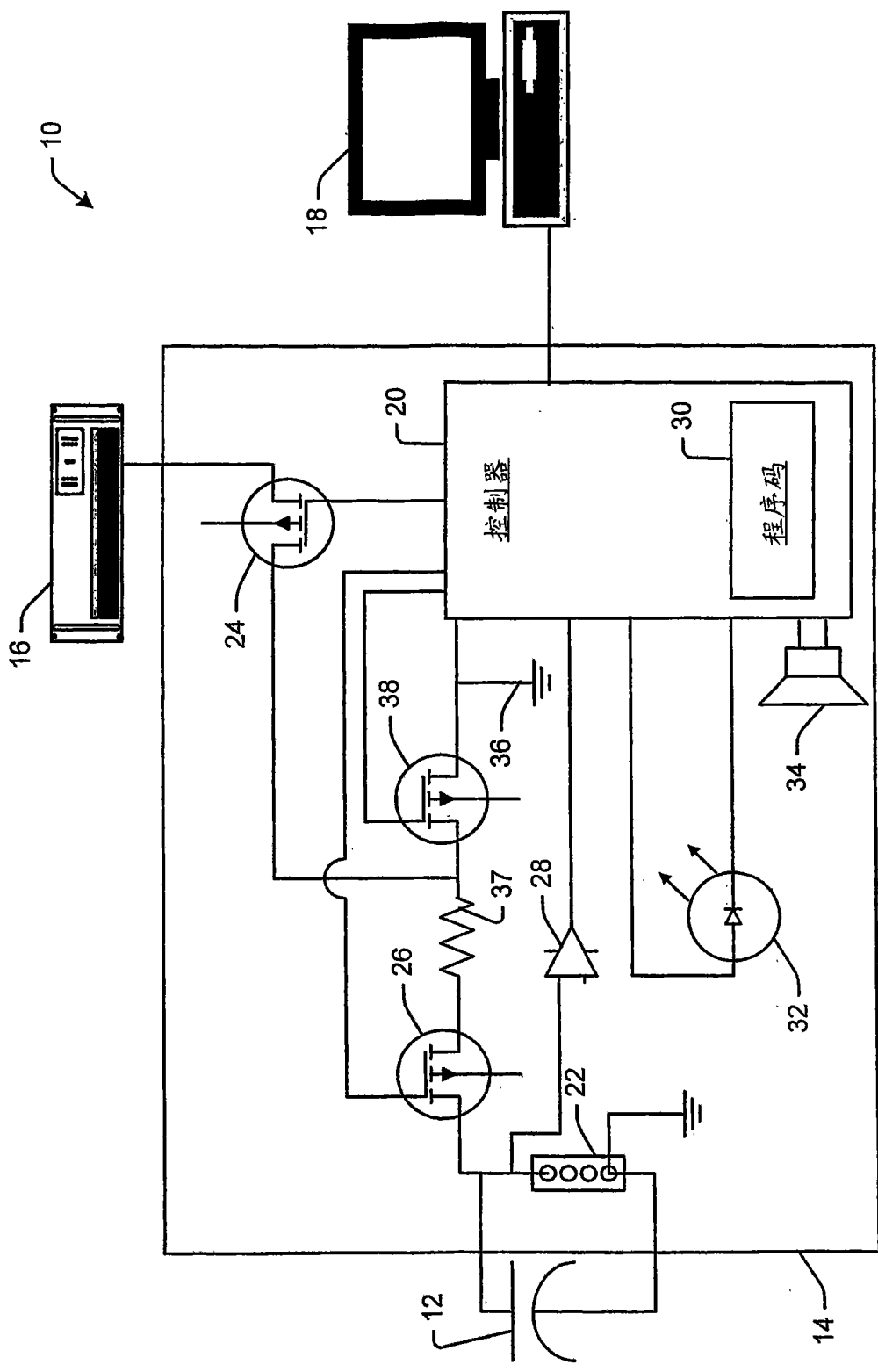


图 1

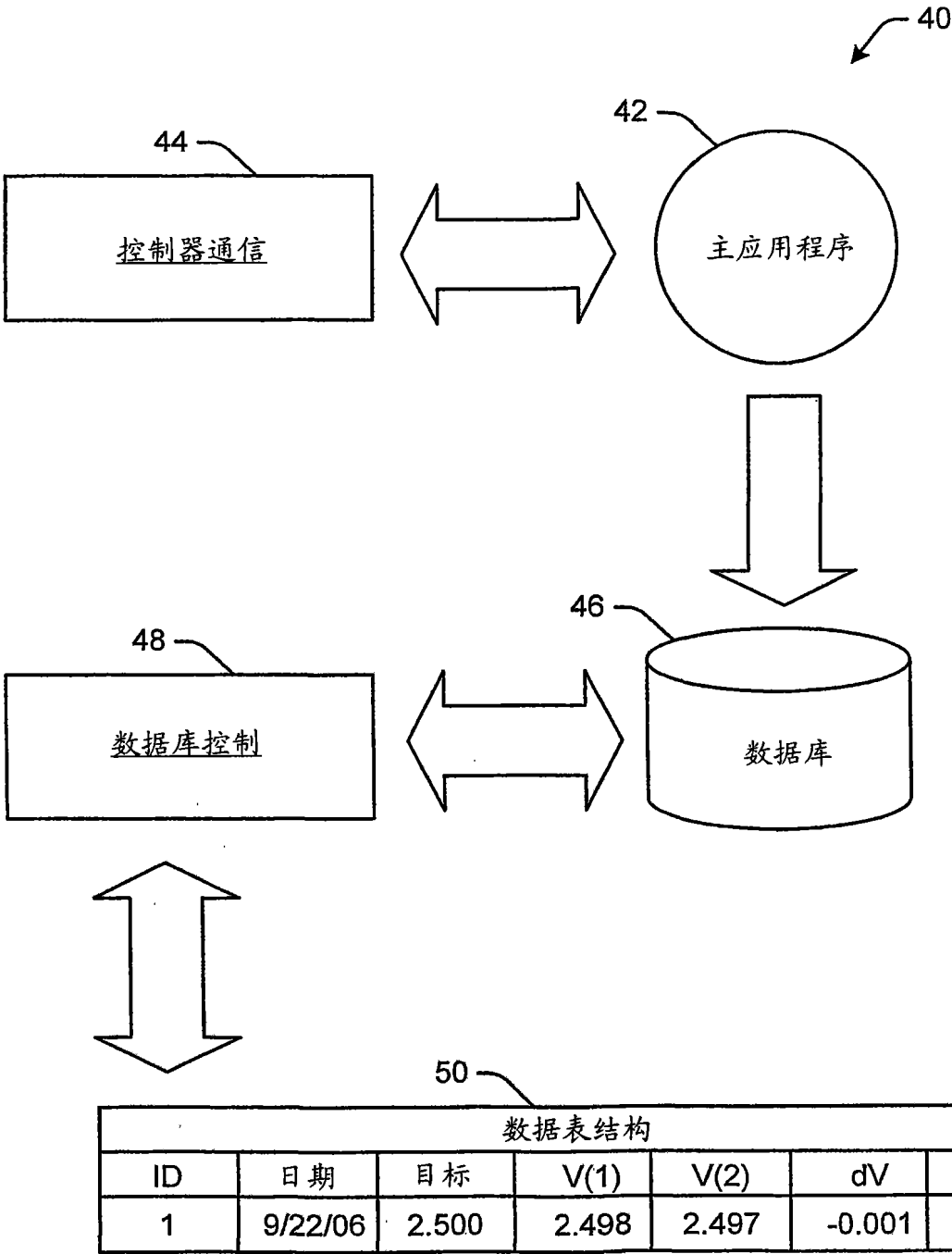


图 2

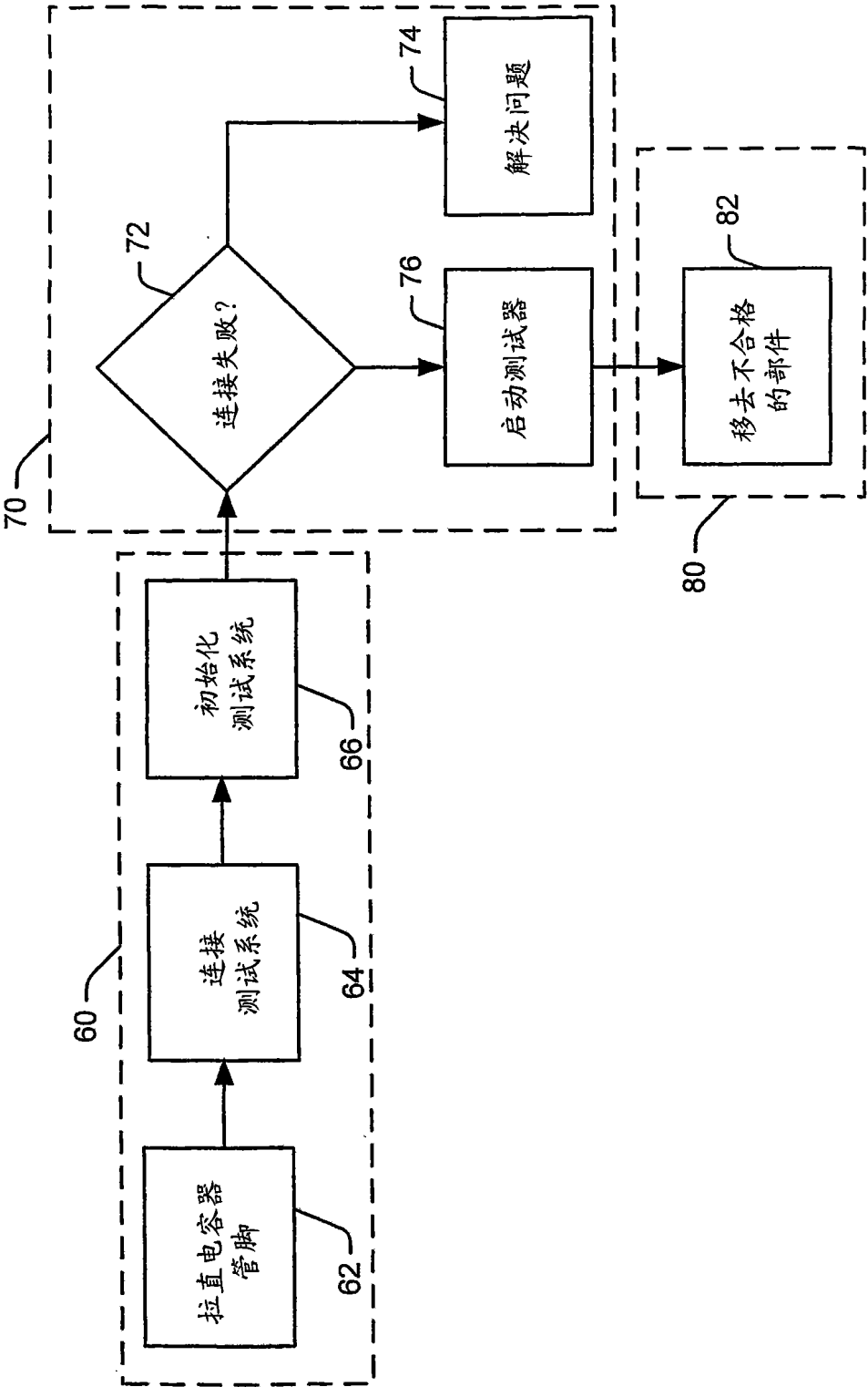


图 3

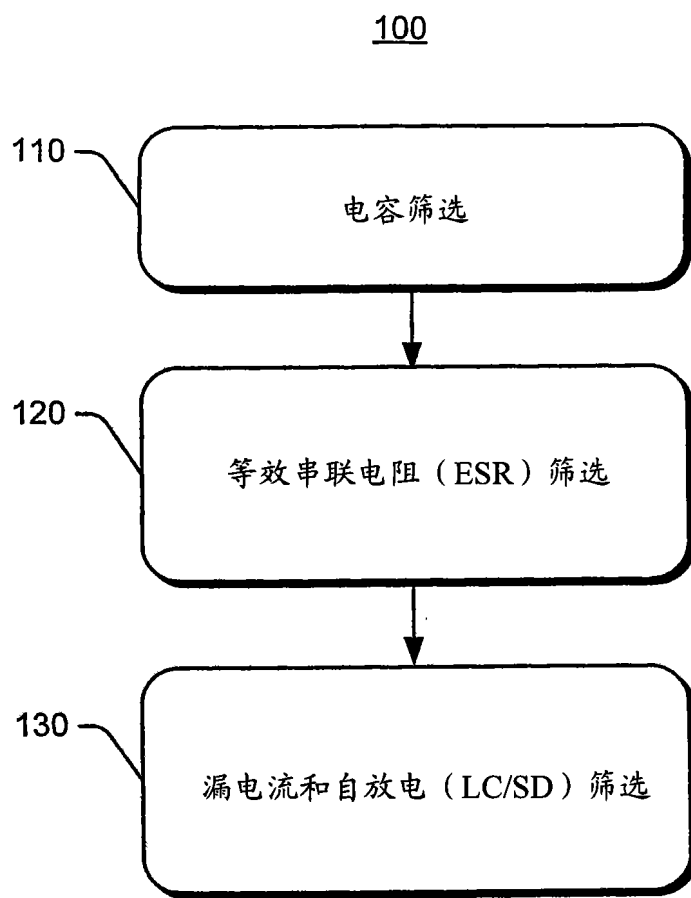


图 4

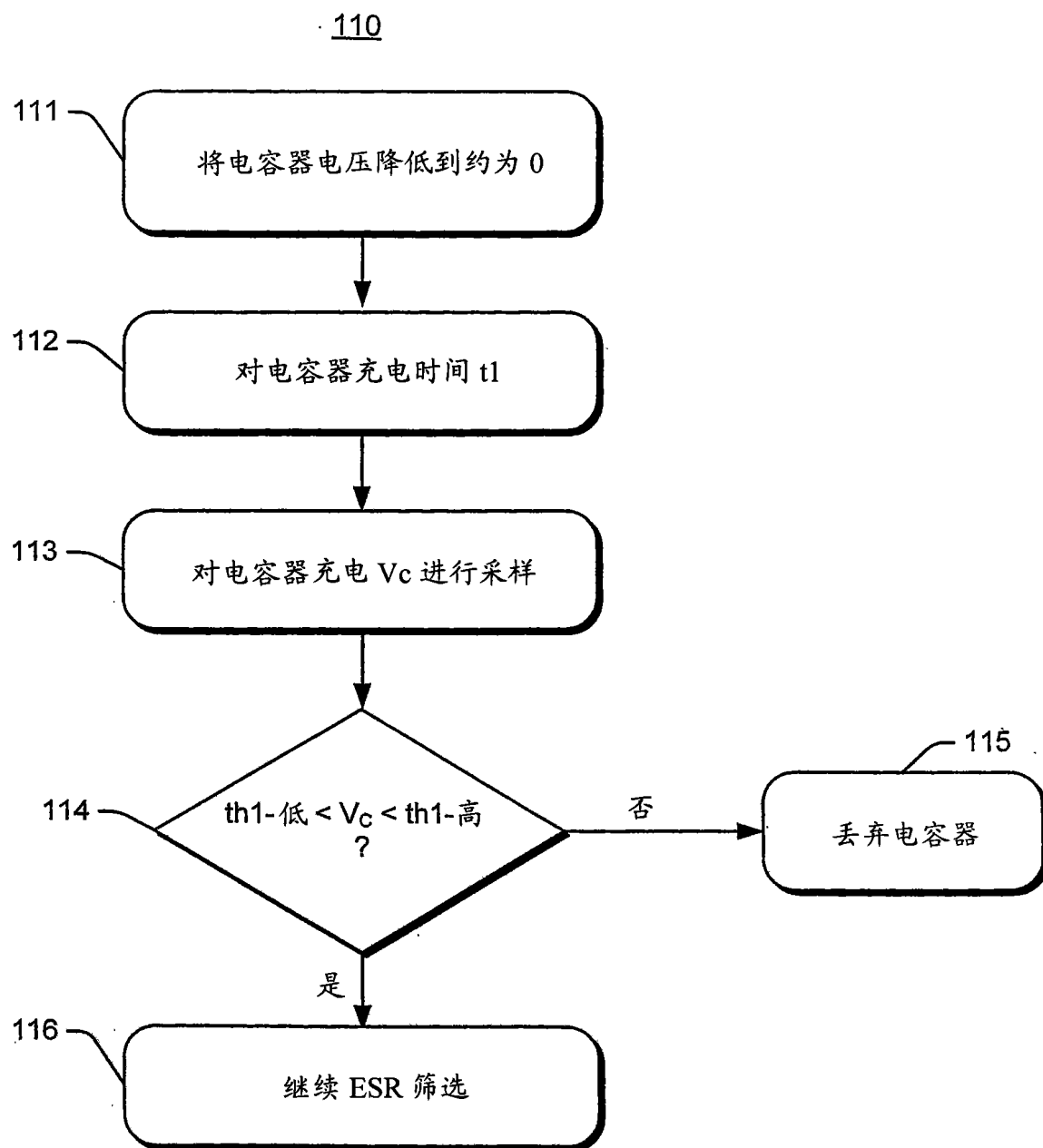


图 5

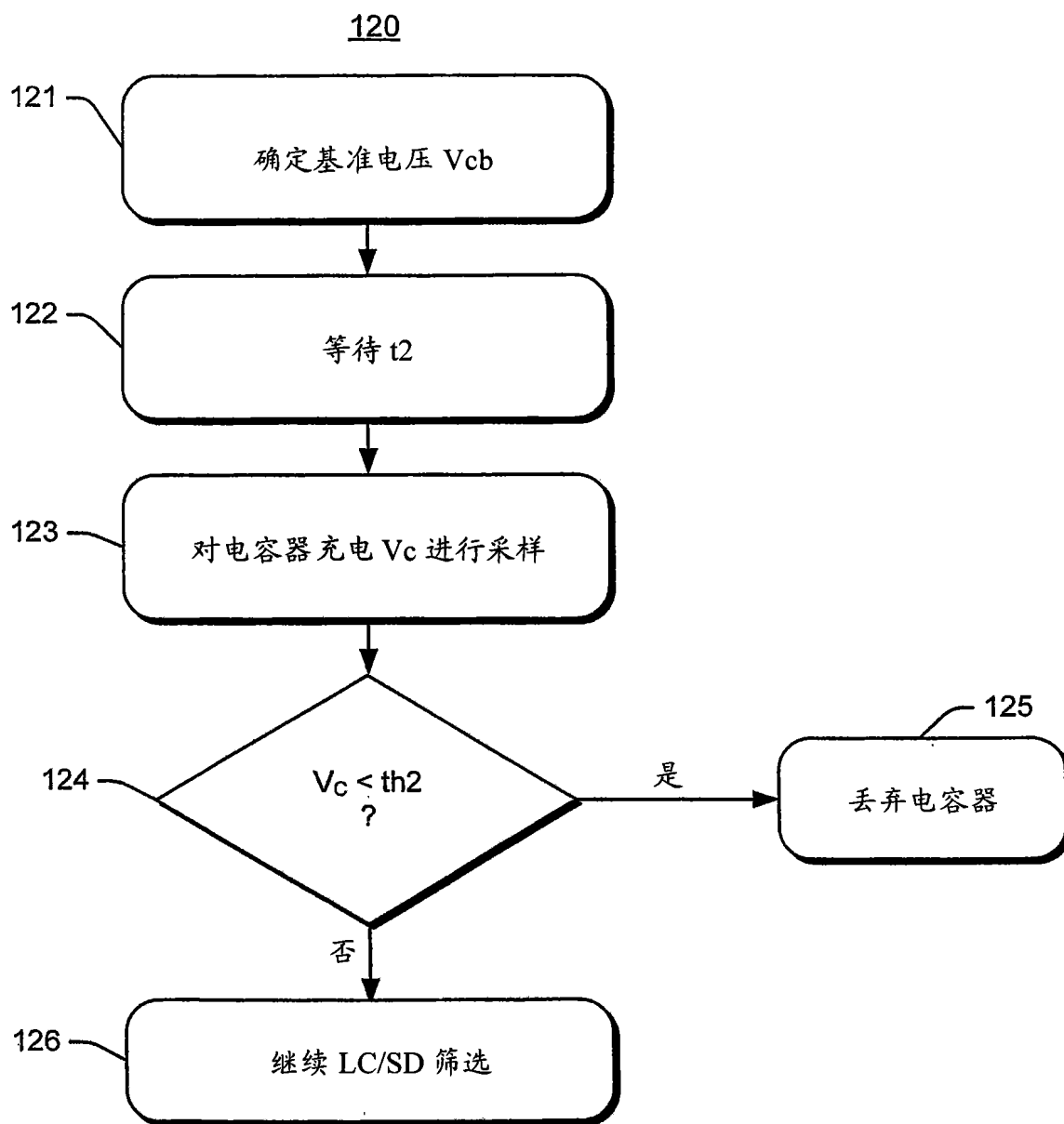


图 6

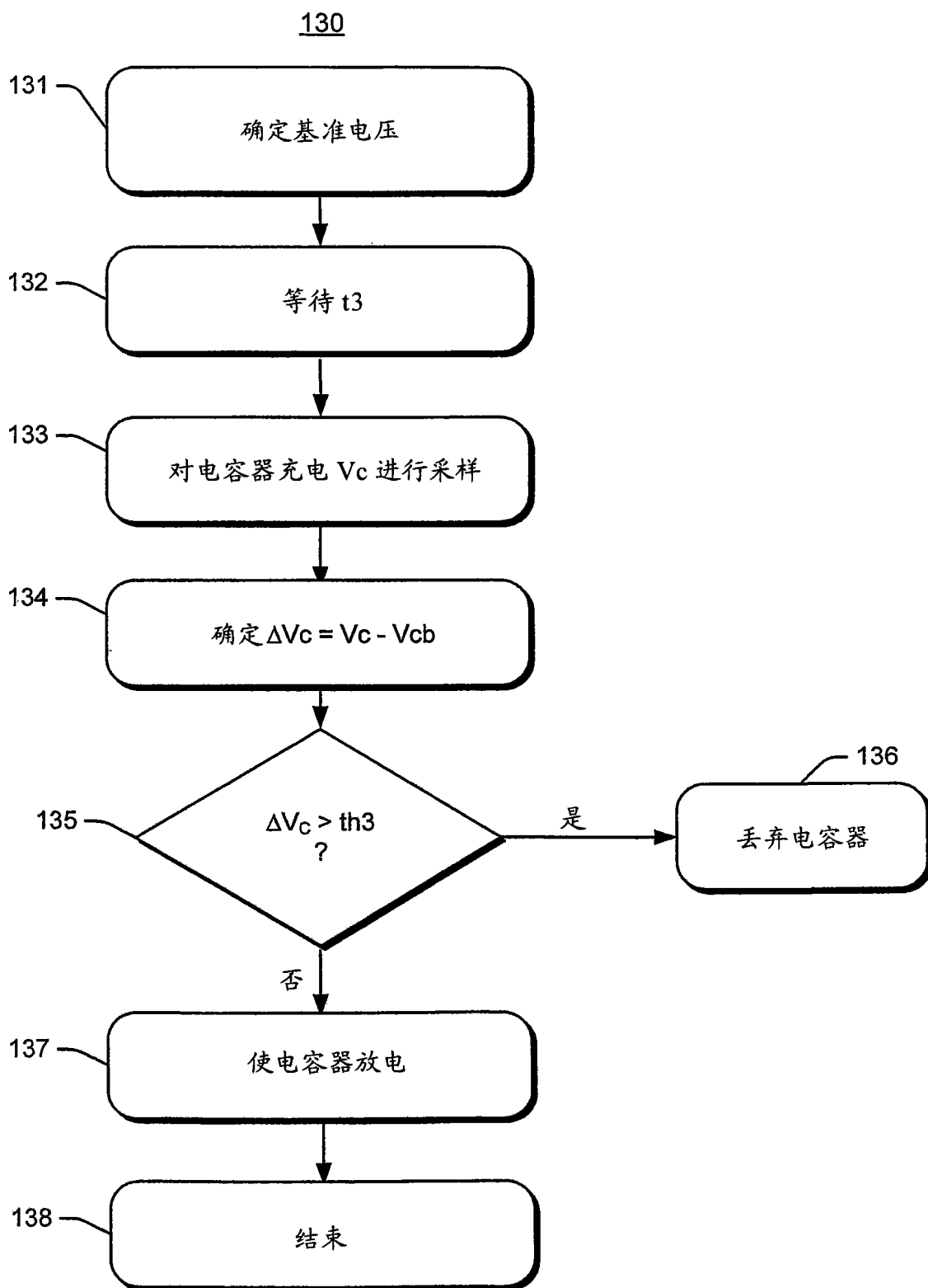


图 7