



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107482749 B

(45)授权公告日 2020.07.03

(21)申请号 201710667424.7

(22)申请日 2017.08.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107482749 A

(43)申请公布日 2017.12.15

(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园

(72)发明人 赵嘉昊 陈贻国

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 张润

(51)Int.Cl.
H02J 7/35(2006.01)

(56)对比文件

赵嘉昊等.基于MEMS技术的智能传感器系统
("智能灰尘").《电子学报》.2015,

陈贻国等.一种基于STM32的航模直升机飞
控系统设计.《电子器件》.2012,

审查员 杨洋

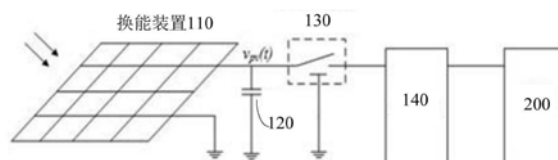
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

太阳能能源系统

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能能源系统,包括:换能装置、能量管理装置、静电驱动开关、DC-DC转换器,其中,所述换能装置以将太阳能转化为电能;所述静电驱动开关的输入端与所述换能装置的输出端相连,所述静电驱动开关的输出端通过DC-DC转换器与负载相连,所述静电驱动开关的第三端接地,所述静电驱动开关用于在第一预设电压下闭合且在第二预设电压下断开,以控制所述换能装置转化的电能稳定的为所述负载供电,其中,所述第一预设电压高于所述第二预设电压;所述能量管理装置分别与所述换能装置的输出端和静电驱动的输入端开关相连。本发明实现了太阳能能量管理系统的最大功率点跟踪,并且,利用静电驱动开关代替了判断元件和执行元件,简化系统整体电路。



1. 一种太阳能能源系统,其特征在于,包括:换能装置、能量管理装置、静电驱动开关、DC-DC转换器,其中,

所述换能装置以将太阳能转化为电能,所述换能装置直接耦合所述能量管理装置,其中,所述能量管理装置为电容器;

所述静电驱动开关的输入端与所述换能装置的输出端相连,所述静电驱动开关的输出端通过DC-DC转换器与负载相连,所述静电驱动开关的第三端接地,所述静电驱动开关是根据MEMS工艺制作的,所述静电驱动开关包括:离面式静电驱动开关和面内式静电驱动开关,所述静电驱动开关用于在第一预设电压下闭合且在第二预设电压下断开,以控制所述换能装置转化的电能稳定的为所述负载供电,其中,所述第一预设电压高于所述第二预设电压,所述第一预设电压和第二预设电压是根据系统的应用需求设定,确定最大功率点电压 V_{MPP} ,确定合适的回差电压 V_{TH} ,设置静电驱动开关的下拉电压 $V_{drop} = V_{MPP} + \frac{V_{TH}}{2}$,释放电压 $V_{release} = V_{MPP} - \frac{V_{TH}}{2}$,以使得太阳能输出电压 $v_{pv}(t)$ 始终保持在释放电压和下拉电压之间;

所述能量管理装置分别与所述换能装置的输出端和静电驱动的输入端开关相连,所述能量管理装置直接耦合所述静电驱动开关的输入端,且所述静电驱动开关的输出端耦合至所述DC-DC转换器的输入端;

储能元件,所述静电驱动开关的输出端通过DC-DC转换器与所述储能元件相连,其中,所述储能元件为可充电电池或超级电容器,所述DC-DC转换器的输出端直接耦合所述负载。

太阳能能源系统

技术领域

[0001] 本发明涉及微机电系统 (MEMS) 和微纳能源收集存储技术领域,特别涉及一种太阳能能源系统。

背景技术

[0002] 在诸如传感器网络和物联网等需要许多小型、低功率电子器件的应用中,供能问题一直是限制其发展的瓶颈,并且周期性的更换电池受到环境和经济的制约。其中,代替电池为传感器网络供电的方式是通过收集环境中的能量来为这些小型元器件供能。太阳能是环境中最为常见和易于获取的能量,太阳能发电技术成熟,太阳能电池片尺寸小、能量转换效率高,技术成熟度高。对于传统的太阳能能量管理电路而言,除去前端换能器和后端能量储存器,其基本由DC-DC转换器模块和控制器模块组成。目前基于太阳能电池的能量管理系统几乎均使用了最大功率跟踪 (MPPT) 电路,使其输出功率稳定在最大值。

[0003] 现有的太阳能MPPT方法主要包括三类,一类是设计阶段的元件匹配:该方法通过选取合适的储能元件(电池),设计其标称电压与太阳能电池的最大功率点电压一致或接近,用二极管将太阳能电池和可充电电池直接连接,可实现一定范围内的最大功率点跟踪,但是该方法末端只能接储能电池,不能直接接负载;且不仅受光照的影响,还受电池实际电压变化的影响,其误差较大。另一类是开路电压比例系数法 (FOC) 或者短路电流比例系数法 (FSC):开路电压比例系数法是利用太阳能电池最大功率点电压与开路电压成线性,即 $V_{MPP} = k_{FOC} \cdot V_{OC}$,其比例系数约为0.7~0.8,实际中需标定。短路电流比例系数法利用了最大功率点电流与短路电流之间成线性关系,但是其线性度不如FOC方法,且其需要构成短路回路测量短路电流,较为复杂。最后一类就是扰动观察法,或称登山法:需要外接MCU (Microcontroller Unit,微控制单元) 或DSP (Digital Signal Processing,数字信号处理) 构成复杂的控制电路,且存在跟踪精度和速度的矛盾。综上,开路电压比例系数法是一种简单、实用的太阳能最大功率跟踪方法,但是其需要参比电池片和额外的硬件比较电路进行协助工作,对于能量收集而言,这无疑是一种浪费。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述相关技术中的技术问题之一。

[0005] 为此,本发明的目的在于提出一种太阳能能源系统。该太阳能能源系统利用静电驱动开关保证能量管理电路始终工作在最大功率点附近,实现太阳能能量管理系统的最大功率点跟踪,并且,利用静电驱动开关代替传统的能量管理电路中的判断元件和执行元件,简化了系统整体电路。

[0006] 为了实现上述目的,本发明公开了一种太阳能能源系统,包括:换能装置、能量管理装置、静电驱动开关、DC-DC转换器,其中,所述换能装置以将太阳能转化为电能;所述静电驱动开关的输入端与所述换能装置的输出端相连,所述静电驱动开关的输出端通过DC-DC转换器与负载相连,所述静电驱动开关的第三端接地,所述静电驱动开关用于在第一预

设电压下闭合且在第二预设电压下断开,以控制所述换能装置转化的电能稳定的为所述负载供电,其中,所述第一预设电压高于所述第二预设电压;所述能量管理装置分别与所述换能装置的输出端和静电驱动的输入端开关相连。

[0007] 根据本发明的太阳能能源系统,利用静电驱动开关保证能量管理电路始终工作在最大功率点附近,实现太阳能能量管理系统的最大功率点跟踪,并且,利用静电驱动开关代替传统的能量管理电路中的判断元件和执行元件,简化了系统整体电路。

[0008] 另外,根据本发明上述实施例的太阳能能源系统还可以具有如下附加的技术特征:

[0009] 进一步地,所述第一预设电压和第二预设电压是根据系统的应用需求设定。

[0010] 进一步地,所述静电驱动开关是根据MEMS工艺制作的。

[0011] 进一步地,所述静电驱动开关包括:离面式静电驱动开关和面内式静电驱动开关。

[0012] 进一步地,所述换能装置直接耦合所述能量管理装置,其中,所述能量管理装置为电容器。

[0013] 进一步地,还包括:储能元件,所述静电驱动开关的输出端通过DC-DC转换器与所述储能元件相连,其中,所述储能元件为可充电电池或超级电容器。

[0014] 进一步地,所述能量管理装置直接耦合所述静电驱动开关的输入端,且所述静电驱动开关的输出端耦合至所述DC-DC转换器的输入端。

[0015] 进一步地,所述DC-DC转换器的输出端直接耦合所述负载。

[0016] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0017] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0018] 图1是根据本发明一个实施例的太阳能能源系统的流程图;

[0019] 图2(a)是太阳能电池输出I-V曲线;

[0020] 图2(b)是太阳能电池输出P-V曲线;

[0021] 图3(a)是静电力驱动开关驱动力、回复力-位移曲线;

[0022] 图3(b)是静电力驱动开关迟滞比较效应示意图;

[0023] 图4是本系统MPPT示意图;

[0024] 图5(a)是一个静电力驱动开关的应用接线图;

[0025] 图5(b)是另一个静电力驱动开关的应用接线图。

具体实施方式

[0026] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0027] 以下结合附图描述根据本发明实施例的太阳能能源系统。

[0028] 图1是根据本发明一个实施例的太阳能能源系统的结构图。

[0029] 如图1所示,根据本发明一个实施例的太阳能能源系统,包括:换能装置110、能量管理装置120、静电驱动开关130、DC-DC转换器140。

[0030] 其中,换能装置110以将太阳能转化为电能。能量管理装置120分别与换能装置110的输出端和静电驱动130的输入端开关相连。

[0031] 静电驱动开关130的输入端与换能装置110的输出端相连,静电驱动开关130的输出端通过DC-DC转换器140与负载200相连,静电驱动开关130的第三端接地,静电驱动开关130用于在第一预设电压下闭合且在第二预设电压下断开,以控制换能装置110转化的电能稳定的为负载200供电,其中,第一预设电压高于第二预设电压。

[0032] 具体来说,静电驱动开关130是利用电极之间施加偏压驱动结构运动从而实现开关功能。对于静电驱动开关130而言,其下拉判据是在行程范围内,静电驱动力曲线全部高于弹性回复力曲线;其释放判据是在行程位置静电驱动力不大于弹性回复力。通过合适的设计,可以使静电驱动开关130的下拉电压 V_{drop} (即,第一预设电压)高于释放电压 $V_{release}$ (即,第二预设电压),从而产生迟滞比较效应。其中,下拉电压和释放电压的差值受行程(触点间距)的影响,结合图3(b)所示,一般而言,行程越大,二者差值越大。结合图3(a)所示,曲线C11-C14,其中C11-C13均为静电力曲线,C11为临界下拉电压对应的静电力曲线,C12为行程1处的临界释放电压对应的静电力曲线,C13为行程2处的临界释放电压对应的静电力曲线,C14为弹性回复力曲线。对静电驱动开关130而言,静电驱动力曲线C11和机械回复力曲线C14相切时,在切点处,其静电力与机械回复力相互平衡,满足这一条件的偏置电压称作吸合电压 $V_{pull-in}$,其对应位置为 $x_{pull-in}$,只有当行程位置在 x_p 至极板距离 d 之间时,静电驱动开关130才有迟滞比较效应。此时,静电驱动开关130的下拉电压 $V_{drop} = V_{pull-in}$ 。

[0033] 太阳能电池的输出特性曲线如图2所示,图2(a)是I-V曲线图,曲线C1-C5,图2(b)是P-V曲线图,曲线C6-C10,图2(b)中用虚线标出最大功率点。可以看出,太阳能电池在不同光强下,输出电流、电压均不同,但是其开路电压在不同光强下基本不变。从前可知,根据开路电压比例系数法,太阳能电池最大功率点电压与开路电压成线性,可以利用静电驱动开关的迟滞比较效应,使电路始终工作于最大功率点,解决了元件匹配方法中后端只能接储能电池,且受限于储能电池电压变化所带来的误差以及太阳能电池必须匹配储能电池标称电压等,实现了一定范围内光强变化下的太阳能能量收集最大功率点跟踪。

[0034] 再结合图4所示,首先,确定最大功率点电压 V_{MPP} ,确定合适的回差电压 V_{TH} ,设置静电驱动开关130的下拉电压 $V_{drop} = V_{MPP} + \frac{V_{TH}}{2}$,释放电压 $V_{release} = V_{MPP} - \frac{V_{TH}}{2}$,使得太阳能输出电压 $v_{pv}(t)$ 始终保持在释放电压和下拉电压之间。

[0035] 对于静电驱动开关130的连接结构,结合图5所示,静电驱动开关130开关的原本设计是驱动电压和测试信号共地,当驱动电压 $V_{drive} \geq V_{drop}$ 时,开关闭合,原本置于高电平 $V_{contact}$ 的输出端接地;当驱动电压 $V_{drive} \leq V_{release}$ 时,开关断开,输出端重置高电平 $V_{contact}$,从而实现继电器功能,如图5(a)所示。如图5(b)所示,本发明的静电驱动开关130在断开时,信号输入端,驱动电压连接端接地,测试信号连接端输出,当换能装置110输出电压 $v_{pv}(t)$ 达到 V_{drop} 时,开关闭合,能量通过开关向负载供电,此时 $v_{pv}(t)$ 会下降,当其下降到 $V_{release}$ 时,开关断开,停止向负载供电,保证 $v_{pv}(t)$ 始终在最大功率点电压 V_{MPP} 左右,从而保证电路始终工作在最大功率点附近。

[0036] 根据本发明的太阳能能源系统,利用静电驱动开关保证能量管理电路始终工作在最大功率点附近,实现太阳能能量管理系统的最大功率点跟踪,并且,利用静电驱动开关代替传统的能量管理电路中的判断元件和执行元件,简化了系统整体电路。

[0037] 在一些实施例中,第一预设电压和第二预设电压是根据系统的应用需求设定。

[0038] 具体来说,根据具体的应用需求进行设计时,首先应当根据太阳能系统的要求确定各个硬件的参数。然后根据最大功率点电压 V_{MPP} 和合适的回差电压 V_{TH} 设计静电驱动开关130的下拉和释放电压。并根据电压参数选择输入电压范围包含静电驱动开关130下拉和释放电压的DC-DC转换器140,并使之输出匹配Li电池。

[0039] 在一些实施例中,静电驱动开关是根据MEMS工艺制作的。其中,MEMS工艺制作的静电驱动开关的尺寸极小,可以与DC-DC转换器140集成,极大地降低了能量收集系统的体积,并且MEMS开关的接触电阻极小,且断开状态下无静态电流,这极大的降低了其在电路中的功耗,提高了能量转换效率。本发明通过将静电驱动开关130利用MEMS工艺进行中制作,是在不增加耗能的基础上提高了元件匹配方法的精度,且相比于传统FOC方法无需额外的参比电池片以及比较电路,简化了收集方法,提高了工作效率。

[0040] 在一些实施例中,静电驱动开关120包括:离面式静电驱动开关和面内式静电驱动开关。

[0041] 在一些实施例中,换能装置110直接耦合能量管理装置120,其中,能量管理装置120可以为电容器。电容器能使得能量管理装置具有滤波、能量转换、控制等等功能和作用。这样能够实现换能装置与能量管理装置直接进行能量和信号的传输。

[0042] 在一些实施例中,能量管理装置120直接耦合静电驱动开关130的输入端,且静电驱动开关130的输出端耦合至DC-DC转换器140的输入端。这样能够实现能量管理装置、静电驱动开关、DC-DC转换器直接进行能量和信号的传输。

[0043] 在一些实施例中,DC-DC转换器140的输出端直接耦合负载200。这样能够实现DC-DC转换器与负载直接进行能量和信号的传输。

[0044] 在一些实施例中,还包括:储能元件,静电驱动开关130的输出端通过DC-DC转换器140与储能元件相连,其中,储能元件可以为可充电电池或超级电容器。储能元件可以将太阳能转化的电能直接存储起来,以便为负载供电,特别是在晚上或者阴雨天,太阳光不足的情况下,也可以使用本系统中的储能元件为负载供电,提高了便利性。

[0045] 作为一个示例,本发明的太阳能能源系统的制作流程步骤如下,其中,换能装置110以太阳能电池片为例:

[0046] 步骤S1:调整光强,选取并测试 $600W/m^2$ 、 $700W/m^2$ 、 $800W/m^2$ 、 $900W/m^2$ 、 $1000W/m^2$ 光强下,太阳能电池片的开路电压 V_{OC} ;并利用太阳光模拟器测试出在 $600W/m^2$ 、 $700W/m^2$ 、 $800W/m^2$ 、 $900W/m^2$ 、 $1000W/m^2$ 光强下,太阳能电池的输出I-V数据,并制成I-V曲线图和P-V曲线图,得到最大功率点电压平均值 V_{MPP} 。根据P-V曲线图,选取合适的回差电压 V_{TH} 使得各光强下的输出功率均保持在最大功率附近。

[0047] 步骤S2:设计静电驱动MEMS开关,利用COMSOL仿真软件对驱动结构进行仿真。设置固定位移,利用全局方程求解在此位置上的平衡状态,得出驱动电压-位移曲线。曲线极值对应驱动电压即为此驱动结构吸合电压 $V_{pull-in}$,对应的位移即为 $x_{pull-in}$,在位移大于 x_p 处选择电压 $V_{pull-in}-V_{TH}$ 对应的横坐标,即为行程s,即下拉电压 $V_{drop}=V_{pull-in}$,释放电压 $V_{release}=$

$V_{\text{pull-in}} - V_{\text{TH}}$ 。

[0048] 步骤S3:利用MEMS工艺进行流片,制作静电驱动MEMS开关,对MEMS开关进行驱动力曲线测试,验证迟滞比较效应,选择符合步骤S2设计的开关,并进行金丝键合,引出引脚。

[0049] 步骤S4:根据下拉电压和释放电压,选择合适的DC-DC转换器140,使 V_{drop} 和 V_{release} 在其输入电压范围内,并使其输出电压匹配负载200或储能元件。

[0050] 步骤S5:按照图1搭建电路,即可实现利用静电驱动MEMS开关充当判断元件和执行元件两种功能,使得电路始终工作在最大功率点附近,实现了基于静电驱动MEMS开关的太阳能能量管理电路,并实现了一定范围内的MPPT功能。

[0051] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0052] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0053] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0054] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

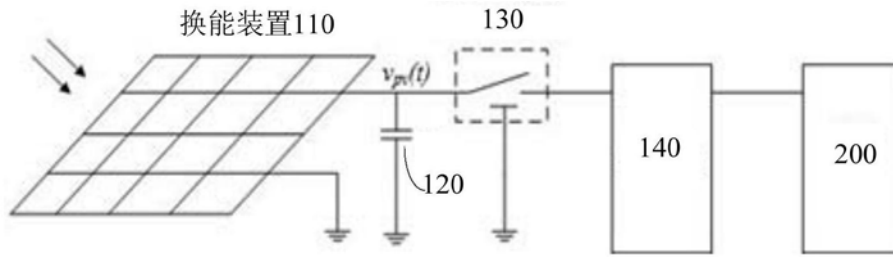


图1

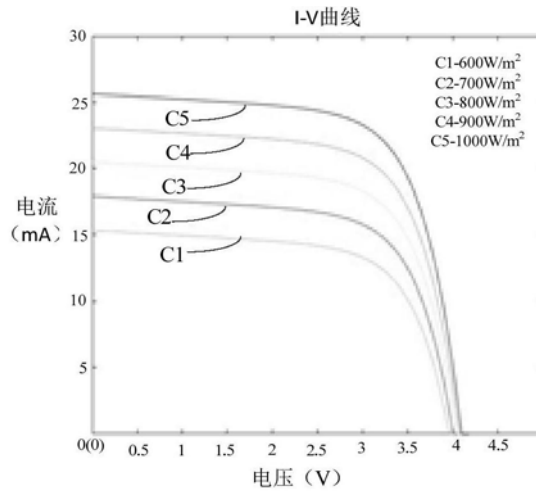


图2 (a)

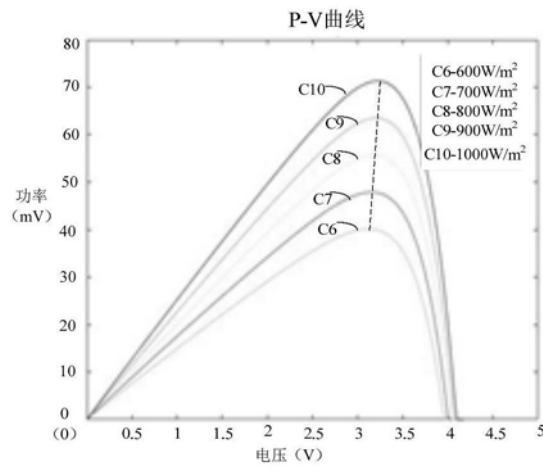


图2 (b)

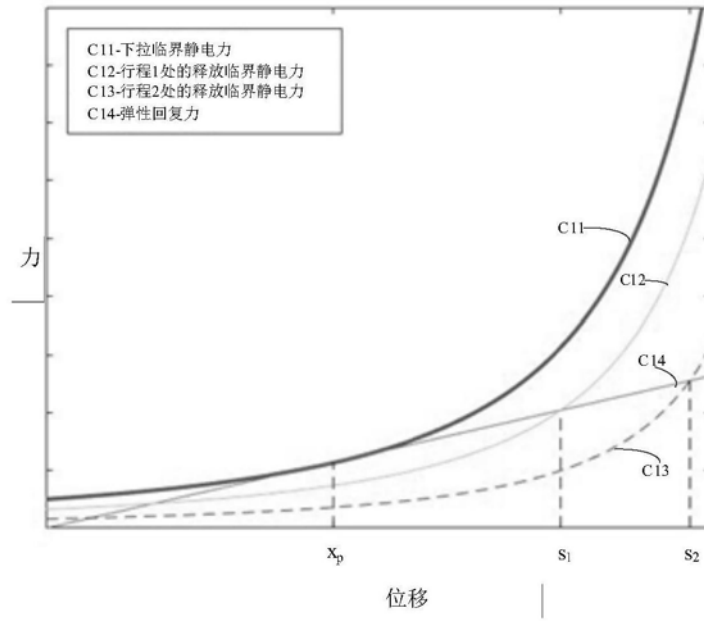


图3 (a)

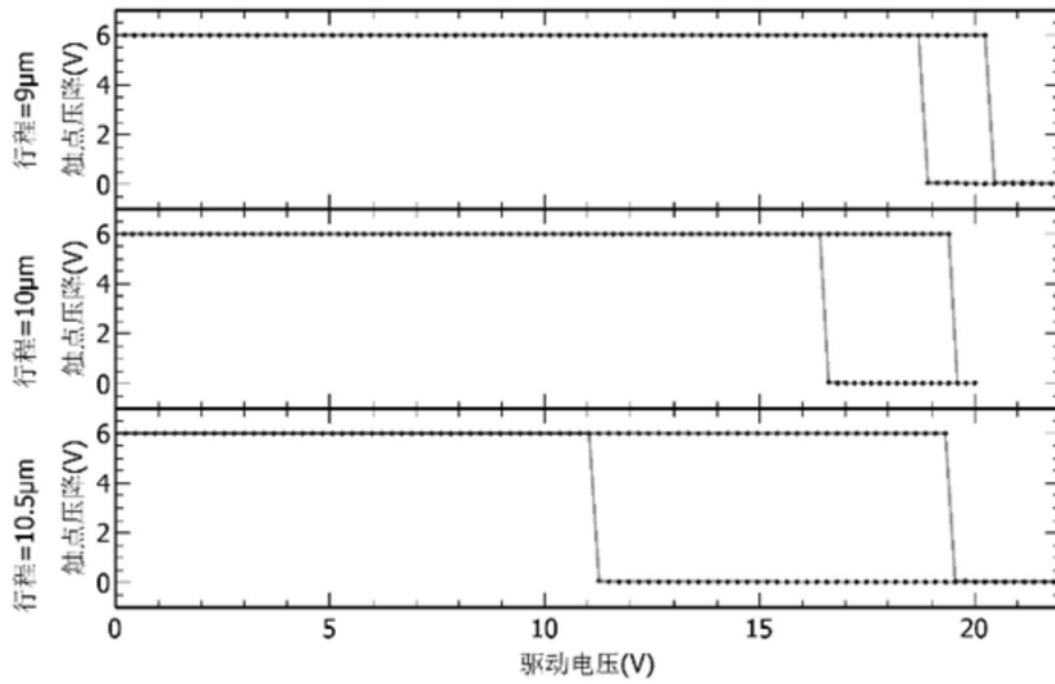


图3 (b)

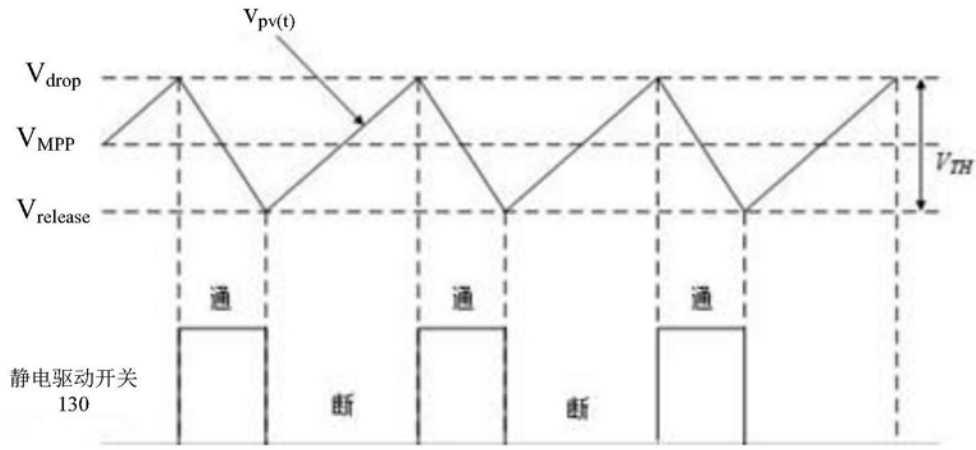


图4

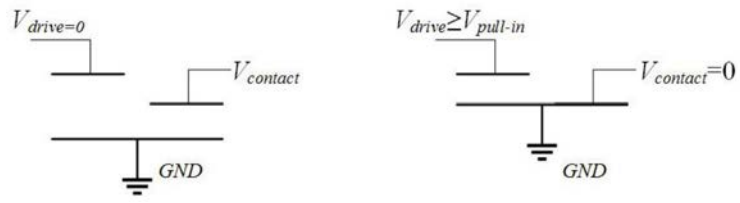


图5 (a)

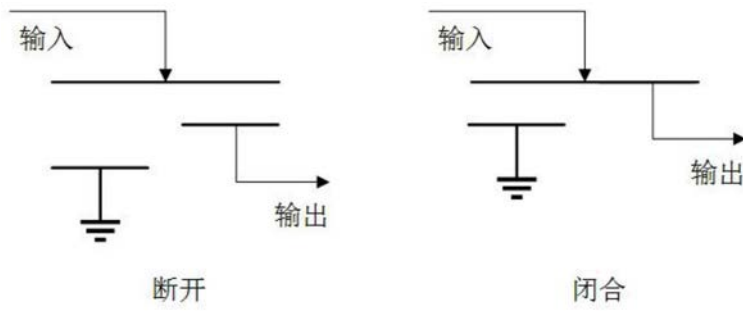


图5 (b)