



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102608508 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201110429047. 6

(22) 申请日 2011. 12. 20

(73) 专利权人 西交利物浦大学

地址 215123 江苏省苏州市工业园区仁爱路  
111 号西交利物浦大学

专利权人 西安交通大学苏州研究院

(72) 发明人 赵策洲 黄鼎 魏小莽

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有  
限公司 32103

代理人 范晴

(51) Int. Cl.

G01R 31/26 (2014. 01)

G01R 19/165 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202661592 U, 2013. 01. 09,

CN 102116827 A, 2011. 07. 06,

CN 1797019 A, 2006. 07. 05,

CN 101275983 A, 2008. 10. 01,

JP H0455772 A, 1992. 02. 24,

US 2006273807 A1, 2006. 12. 07,

JP H05109853 A, 1993. 04. 30,

US 2007013407 A1, 2007. 01. 18,

JP 3016297 B2, 2000. 03. 06,

JP H04326074 A, 1992. 11. 16,

审查员 王晓萍

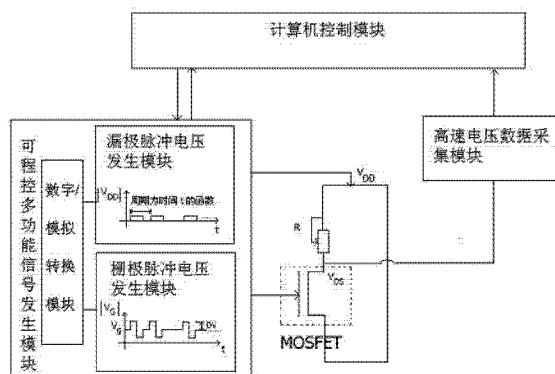
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置及其方法

(57) 摘要

本发明提供了一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置及其方法,在源信号发生端采用可编程多功能信号发生模块替换以往测量中的直流电压电源,通过可编程多功能信号发生模块给待测场效应管的栅极和漏极提供脉冲电压,使得栅极的脉冲电压具有更快的峰值变化速度,而在测量端利用高速电压数据采集模块和可变电阻的结构替换了以往测量过程的电流表,使得测量能在变化更快的电压下进行。因此,本仪器相对于之前的测量装置拥有更广的测量范围并且测量结果更为准确,另外整个测量过程通过计算机控制模块接收并保存高速电压数据采集模块的数据,自动完成绘制,加快了测试的速度。



1. 一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,其特征在于,它包括计算机控制模块、可编程多功能脉冲信号发生模块和高速电压数据采集模块,计算机控制模块通过RS232 接口分别与可编程多功能脉冲信号发生模块、高速电压数据采集模块相连接;

可编程多功能脉冲信号发生模块包括栅极脉冲电压发生模块、漏极脉冲电压发生模块和一个数字/模拟转换模块,数字/模拟转换模块能够根据计算机控制模块的指令对栅极脉冲电压发生模块和漏极脉冲电压发生模块进行控制;

所述高速电压数据采集模块的信号输入端连接待测场效应管的漏极,数据采集模块的输出端连接到计算机控制模块;

所述计算机控制模块包括发送确定脉冲信号特征的指令,接收并保存数据、显示数据;

可编程多功能信号发生模块可在同一时间轴下发送不同的脉冲信号;栅极脉冲电压发生信号模块能够对脉冲信号的波形、周期、峰值以及脉宽进行改变,而漏极脉冲电压发生模块能够产生周期与栅极相同的脉冲信号;

漏极脉冲电压发生模块与一可变电阻相连后接入待测场效应管的漏极,高速电压数据采集模块的接收端与待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端相连。

2. 根据权利要求1所述的脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,其特征在于,所述计算机控制模块设置有可改变所属可编程多功能信号发生模块发送的脉冲信号的波形、周期与测试时间的关系、电压峰值和脉宽的按键。

3. 根据权利要求2所述的脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,其特征在于,可编程多功能信号发生模块发送的脉冲信号的周期与测试时间的关系分线性关系和对数关系两种。

4. 根据权利要求1所述的脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,其特征在于,所述计算机控制模块设置有保存来自高速电压数据采集模块信号的按键和自动在计算机屏幕上显示脉冲电压、漏极电流和阈值电压特性曲线的按键。

5. 一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量方法,其特征在于,它包括计算机控制模块、可编程多功能脉冲信号发生模块和高速电压数据采集模块,计算机控制模块通过RS232 接口分别与可编程多功能脉冲信号发生模块、高速电压数据采集模块相连接;

可编程多功能脉冲信号发生模块包括栅极脉冲电压发生模块、漏极脉冲电压发生模块和一个数字/模拟转换模块,数字/模拟转换模块能够根据计算机控制模块的指令对栅极脉冲电压发生模块和漏极脉冲电压发生模块进行控制;

所述高速电压数据采集模块的信号输入端连接待测场效应管的漏极,数据采集模块的输出端连接到计算机控制模块;

所述计算机控制模块包括发送确定脉冲信号特征的指令,接收并保存数据、显示数据;

可编程多功能信号发生模块可在同一时间轴下发送不同的脉冲信号;栅极脉冲电压发生信号模块能够对脉冲信号的波形、周期、峰值以及脉宽进行改变,而漏极脉冲电压发生模块能够产生周期与栅极相同的脉冲信号;

漏极脉冲电压发生模块与一可变电阻相连后接入待测场效应管的漏极,高速电压数据

采集模块的接收端与待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端相连；

具体包括以下测量步骤：

步骤一：将可编程多功能信号发生模块、高速电压数据采集模块通过 RS 接口分别和计算机控制模块相连，并且将可编程多功能信号发生模块的输出端接入待测场效应管的栅极和漏极，高速电压数据采集模块的接收端与待测场效应管的漏极相连；

步骤二：在计算机控制模块上设置控制可编程多功能信号发生模块信号输出的参数，并初始化各个模块，并且发送自检信号；

步骤三：在计算机控制模块的用户界面对所需脉冲信号的波形、周期、峰值、脉宽进行设定；

步骤四：可以通过可编程多功能信号发生模块将产生的具有特定特征的脉冲信号输入待测场效应管，高速电压数据采集模块会接收并保存待测场效应管输出的脉冲电压信号；

步骤五：高速电压数据采集模块会将接收的脉冲电压信号转化成数字信号，然后传送给计算机控制模块；

步骤六：计算机控制模块保存和显示接收的脉冲电压信号数据，根据内部设定的运算法则进行计算，在屏幕上显示半导体漏极电路的曲线，进而推算并显示阈值电压的曲线。

## 脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种半导体器件性能测试领域,具体涉及一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置及其方法。

### 背景技术

[0002] 随着 MOS 器件的广泛运用,观察和监测 MOSFET 偏置温度不稳定性的需求也在逐渐增加。偏置温度不稳定性指的是 MOSFET 的阈值电压在一定偏置和温度下会呈现出不稳定的特性。通常来说,10% 的阈值电压变化就会引起逻辑和记忆电路无法正常启动。因此,测量阈值电压的变化具有重要的意义。

[0003] 目前有两家公司在这一领域具有相当先进的技术,他们分别是吉时利和安捷伦。他们制造的该类型产品的核心测量方法都是一种叫做 on-the-fly 的间接测量法。用直流电压源对 MOSFET 的栅极和漏极提供特定的直流电压,然后通过安置在漏极的直流电流表读取漏极电流,最后通过漏极电流推算出阈值电压的大小和变化。

[0004] 然而,目前的测量方法最大缺陷就是:

[0005] 1)无法再缩小所给的栅极直流电压峰值的持续时间。比如,吉时利 2600 只能支持 200 微秒的最小持续时间,安捷伦 B1500 也只能支持 100 微秒。而且,这两件仪器的价格都较昂贵,如安捷伦 B1500 需要 45000 美元;

[0006] 2)直流电压峰值的持续时间(周期)是给定值。如果 MOSFET 的偏置温度应力时间为 24 小时,短的峰值持续时间(如 200 微秒),将产生太多的测试点(如  $4.32 \times 10^8$  个测试点);而长的峰值持续时间(如 1 秒),将无法测试 1 秒以内的阈值电压的大小和变化。

### 发明内容

[0007] 本发明目的在于提供一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置及其方法,使其能过在更快的变化脉冲周期下进行长时间偏置温度应力测量工作,以提高实验测量的范围和精度。

[0008] 为了解决现有技术中的这些问题,本发明提供了一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,具体的技术方案是:

[0009] 一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,它包括计算机控制模块、可编程多功能脉冲信号发生模块和高速电压数据采集模块,计算机控制模块通过 RS232 接口分别与可编程多功能脉冲信号发生模块、高速电压数据采集模块相连接;可编程多功能脉冲信号发生模块包括栅极脉冲电压发生模块、漏极脉冲电压发生模块和一个数字/模拟转换模块;所述高速电压数据采集模块的信号输入端连接待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端,数据采集模块的输出端连接到计算机控制模块;所述计算机控制模块包括发送确定脉冲信号特征的指令,接收并保存数据、显示数据。

[0010] 对于上述技术方案,我们还有进一步的优化方案,作为补充,进一步,所述计算机控制模块设置有可改变所属可编程多功能信号发生模块发送的脉冲信号的波形、周期与测

试时间的关系、电压峰值和脉宽的按键。

[0011] 更进一步,可编程多功能信号发生模块发送的脉冲信号的周期与测试时间的关系分线性关系和对数关系两种。

[0012] 进一步,所述计算机控制模块设置有保存来自高速电压数据采集模块信号的按键和自动在计算机屏幕上显示脉冲电压、漏极电流和阈值电压特性曲线的按键。

[0013] 进一步,可编程多功能信号发生模块可在同一时间轴下发送不同的脉冲信号;栅极脉冲电压发生信号模块能够对脉冲信号的波形、周期与测试时间的关系、峰值以及脉宽进行改变,而漏极脉冲电压发生模块能够产生周期与栅极相同的脉冲信号。

[0014] 更进一步,漏极脉冲电压发生模块与一可变电阻相连后接入待测场效应管的漏极,高速电压数据采集模块的接收端与待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端相连。

[0015] 本发明还提供了一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量方法,具体的技术方案如下:

[0016] 一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量方法,它包括计算机控制模块、可编程多功能脉冲信号发生模块和高速电压数据采集模块,具体包括以下测量步骤:

[0017] 步骤一:将可编程多功能信号发生模块、高速电压数据采集模块通过 RS232 接口分别和计算机控制模块相连,并且将可编程多功能信号发生模块的输出端接入待测场效应管的栅极和漏极,高速电压数据采集模块的接收端与待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端相连;

[0018] 步骤二:在计算机控制模块上设置控制可编程多功能信号发生模块信号输出的参数,并初始化各个模块,并且发送自检信号;

[0019] 步骤三:在计算机控制模块的用户界面对所需脉冲信号的波形、周期与测试时间的关系、峰值、脉宽进行设定;

[0020] 步骤四:可以通过可编程多功能信号发生模块将产生的具有特定特征的脉冲信号输入待测场效应管,高速电压数据采集模块会接收并保存待测场效应管输出的脉冲电压信号;

[0021] 步骤五:高速电压数据采集模块会将接收的脉冲电压信号转化成数字信号,然后传送给计算机控制模块;

[0022] 步骤六:计算机控制模块保存和显示接收的脉冲电压信号数据,根据内部设定的运算法则进行计算,在屏幕上显示半导体漏极电路的曲线,进而推算并显示阈值电压的曲线。

[0023] 相对于现有技术中的方案,本发明的优点是:

[0024] 1. 本发明在源信号发生端采用可编程多功能信号发生模块替换以往测量中的直流电压电源,通过可编程多功能信号发生模块给待测场效应管的栅极和漏极提供脉冲电压,使得栅极的脉冲电压具有更快的峰值变化速度,而在测量端利用高速电压数据采集模块和可变电阻的结构替换了以往测量过程的电流表,使得测量能在变化更快的电压下进行,从而使测量结果更为准确,另外整个测量过程通过计算机控制模块接收并保存高速电压数据采集模块的数据,自动完成绘制,加快了测试的速度;

[0025] 2. 本发明所提供的测量装置制作成本低,远低于现有设备,可大大节省测量成

本；

[0026] 3. 本发明具有设定脉冲信号周期函数(偏置温度应力时间的线性或对数函数)、峰值以及脉宽三个变量 / 函数的输入按钮,具有向可编程多功能信号发生模块发送数据的发送按钮和终止传送的按钮,此外还具有接收高速电压数据采集模块数据的按钮以及保存并绘制接收到的数据的按钮,功能全面而且提供多样选择,界面合理而且更为人性化。

#### 附图说明

[0027] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述：

[0028] 图 1 为本发明的总体结构框图；

[0029] 图 2 为本发明的电路原理图；

[0030] 图 3 为现有阈值电压参数测量仪器的电路原理图；

[0031] 图 4 为本发明的工作流程图。

#### 具体实施方式

[0032] 以下结合具体实施例对上述方案做进一步说明。应理解,这些实施例是用于说明本发明而并不限于限制本发明的范围。实施例中采用的实施条件可以根据具体厂家的条件做进一步调整,未注明的实施条件通常为常规实验中的条件。

[0033] 实施例 1：

[0034] 本发明提供了一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量装置,如图 1 它包括计算机控制模块、可编程多功能脉冲信号发生模块和高速电压数据采集模块,计算机控制模块通过 RS232 接口分别与可编程多功能脉冲信号发生模块、高速电压数据采集模块相连接;可编程多功能脉冲信号发生模块包括栅极脉冲电压发生模块、漏极脉冲电压发生模块和一个数字 / 模拟转换模块;高速电压数据采集模块的信号输入端连接待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端,数据采集模块的输出端连接到计算机控制模块;计算机控制模块包括发送确定脉冲信号特征的指令,接收并保存数据、显示数据。计算机控制模块设置有可改变所属可编程多功能信号发生模块发送的脉冲信号的波形、周期与测试时间的关系、电压峰值和脉宽的按键。计算机控制模块还设置有保存来自高速电压数据采集模块信号的按键和自动在计算机屏幕上显示脉冲电压、漏极电流和阈值电压特性曲线的按键。

[0035] 另外可编程多功能信号发生模块可在同一时间轴下发送不同的脉冲信号;栅极脉冲电压发生信号模块能够对脉冲信号的波形、周期、峰值以及脉宽进行改变,而漏极脉冲电压发生模块能够产生周期与栅极相同的脉冲信号。漏极脉冲电压发生模块与一可变电阻相连后接入待测场效应管的漏极,高速电压数据采集模块的接收端与待测场效应管的漏极和可编程多功能信号发生模块的两个输出端相连。

[0036] 图 3 所示的是目前的实时阈值电压参数测量装置的电路原理图,电流表是目前的实时阈值电压测量中必不可少的原件。在 MOSFET 的栅极给予输入电压的时候,电流表监测漏极的电流,电流表能够探测到的电流变化速度不能小于 100 微秒。由于漏极电压的变化速度是和栅极电压的变化速度成正比的,也就是说栅极电压的变化速度也不能过快,根据文献的说明,这样就会导致短应力时间内数据不是十分精确。

[0037] 图 2 所示的是本发明研发的脉冲实时阈值电压测量装置的电路图。在漏极串入了一个变值电阻,并在漏极进行电压数据的采集。 $V_{DD}$  是外接的脉冲电压信号(其周期  $T$  是应力时间  $t$  的线性或对数函数), $V_{DS}$  是数据采集模块 3 监测并保存的电压信号数据, $R$  是一个变值电阻, $I_d$  是漏极电流。通过点击计算机控制模块的接收按钮,数据采集模块 3 会将  $V_{DS}$  的电压信号数据传送给计算机控制模块,计算机控制模块通过公式 <1> 计算并绘制  $I_d$  随应力时间  $t$  变化的曲线。

$$[0038] \quad I_d = (V_{DD} - V_{DS}) / R \quad <1>$$

[0039] 从上述漏极电流推导出阈值电压的过程如下:给 MOSFET 的漏极加上如图所示的电压,源极接地,并向栅极提供如图所示的脉冲电压  $V_G$ (该脉冲的周期与  $V_{DD}$  相同,电压信号  $V_G$  有峰值  $V_G+DV$ 、中间值应力电压  $V_G$  和谷值  $V_G-DV$ )。这样在 MOSFET 的漏极监测电流信号  $V_{DS}$ ,这样每一组脉冲信号就可以得到三个漏极电流的值 [峰值电流  $I_d(V_G+DV)$ 、中间值电流  $I_d(V_G)$  和谷值电流  $I_d(V_G-DV)$ ]。经过  $n$  组后,得到  $n$  组  $I_d$  的值,能够绘制出  $I_d$  与应力时间  $t$  的关系曲线图,再通过公式计算出阈值电压  $V_t$  与应力时间  $t$  的曲线图。

[0040] 从漏极电流推导到阈值电压需要如下的步骤。一种如图所示的栅极电压,  $\pm DV$  是一种电压微扰,能够干扰栅极应力电压  $V_G$ 。在提供如图的栅极电压和漏极电压后, MOSFET 会产生第  $n$  组跨导  $g_m(n)$  :

$$[0041] \quad g_m(n) = [I_d(V_G+DV) - I_d(V_G-DV)] / 2DV \quad <2>$$

[0042] 然后,取每三组漏极电流中对应位置的漏极电流数据来取差值:

$$[0043] \quad \Delta I_d(n) = I_d(n) - I_d(n-1) \quad <3>$$

[0044] 根据 <2><3>,可以得到

$$[0045] \quad \Delta V_t(n) = - \Delta I_d(n) / g_m(n) \quad <3>$$

[0046] 实施例 2:

[0047] 本实施例提供了一种脉冲实时场效应管阈值电压参数自动测量方法,步骤流程如图 4 所示,具体如下:

[0048] 步骤一:将计算机控制模块通过 RS232 接口与可编程多功能信号发生模块和高速电压数据采集模块连接,并且将可编程多功能信号发生模块的输出端以及高速电压数据采集模块的输入端分别按图一与 MOSFET 相连接;

[0049] 步骤二:通过计算机控制模块里的用户界面,初始化各个模块,并向脉冲信号发生模块发送一组自检信号,在确定一切都正常的情况下,继续进行实验;

[0050] 步骤三:据实验所需的条件设定脉冲信号的各个参数值和周期函数,点击发送按钮。可编程多功能信号发生模块接收到来自计算机控制模块的命令,并按其产生出所需的脉冲电压信号输出给 MOSFET 的栅极。计算机显示  $V_{DD} - t$  关系曲线和  $V_G - t$  关系曲线;

[0051] 步骤四:高速电压数据采集模块在 MOSFET 的漏极端监测并将监测到的数据传到计算机控制模块,计算机显示  $V_{DS} - t$  关系曲线;

[0052] 步骤五:点击计算机控制模块的计算按钮,计算机控制模块能够通过内置的公式计算出漏极电流的变化曲线( $I_d - t$  关系曲线),进一步从漏极电流的数据推出阈值电压的变化曲线( $\Delta V_t - t$  关系曲线)。

[0053] 上述实例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人是能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精

---

神实质所做的等效变换或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。



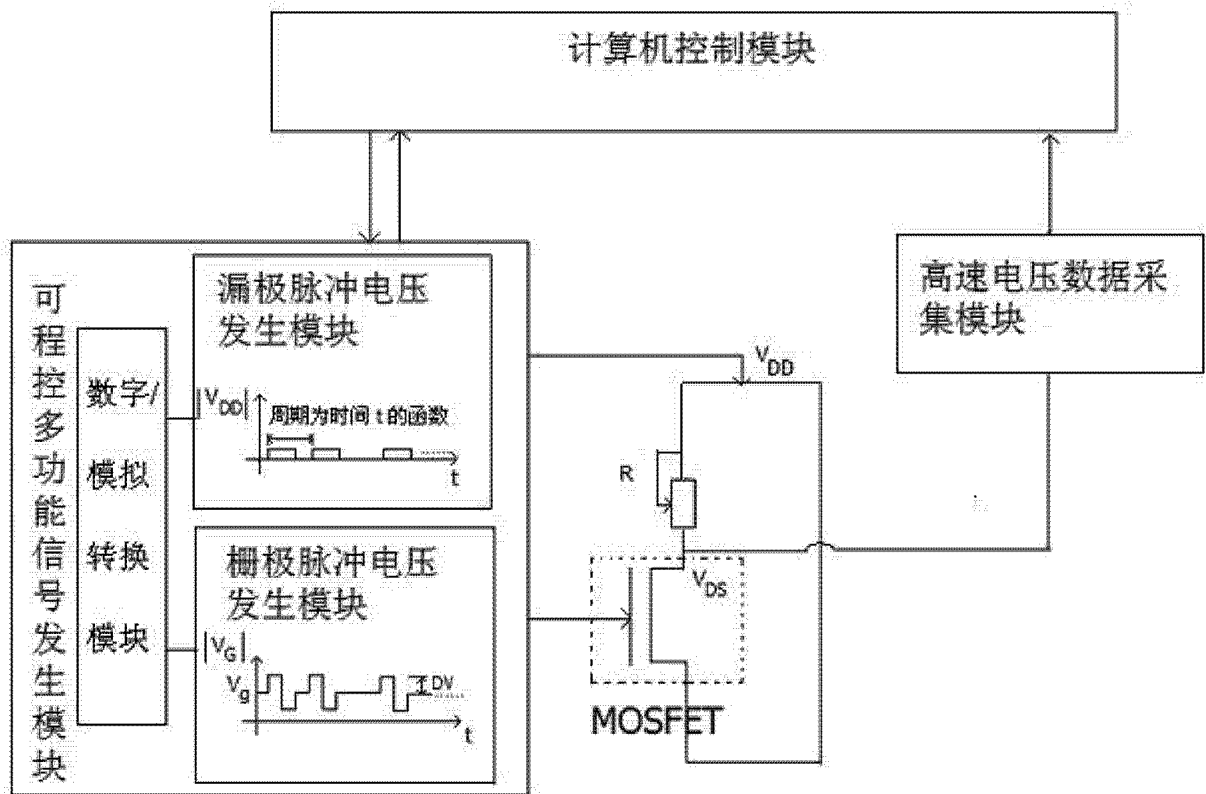


图 1

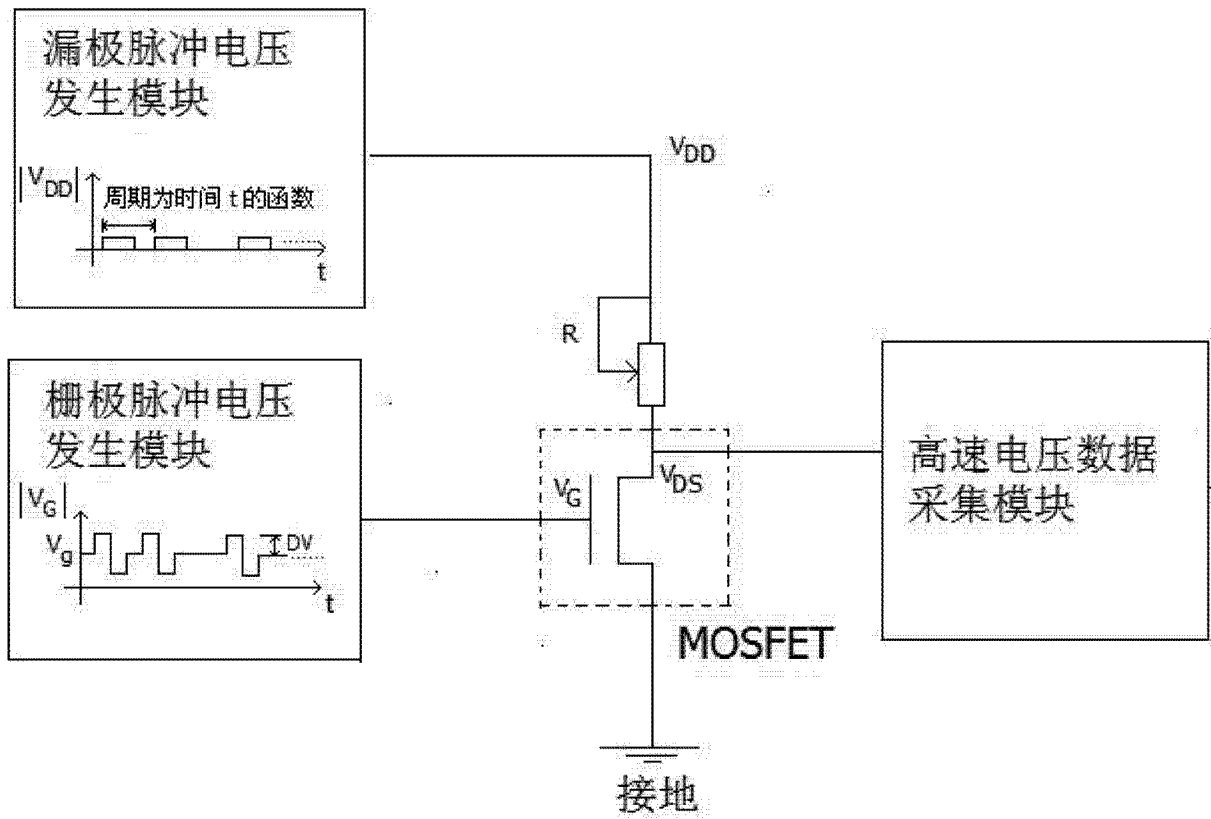


图 2

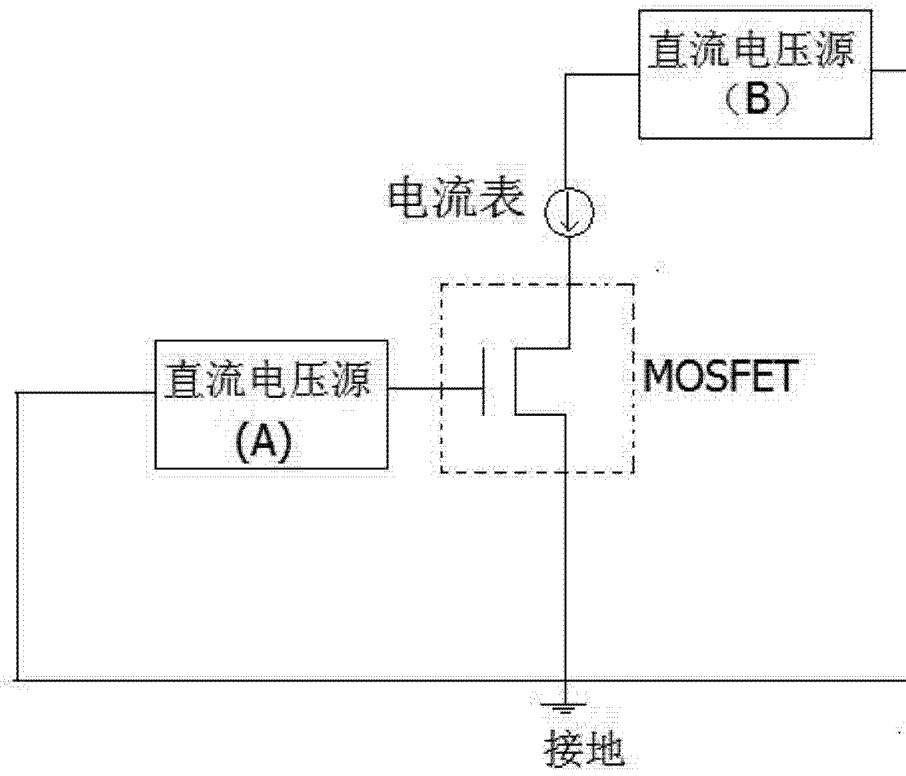


图 3

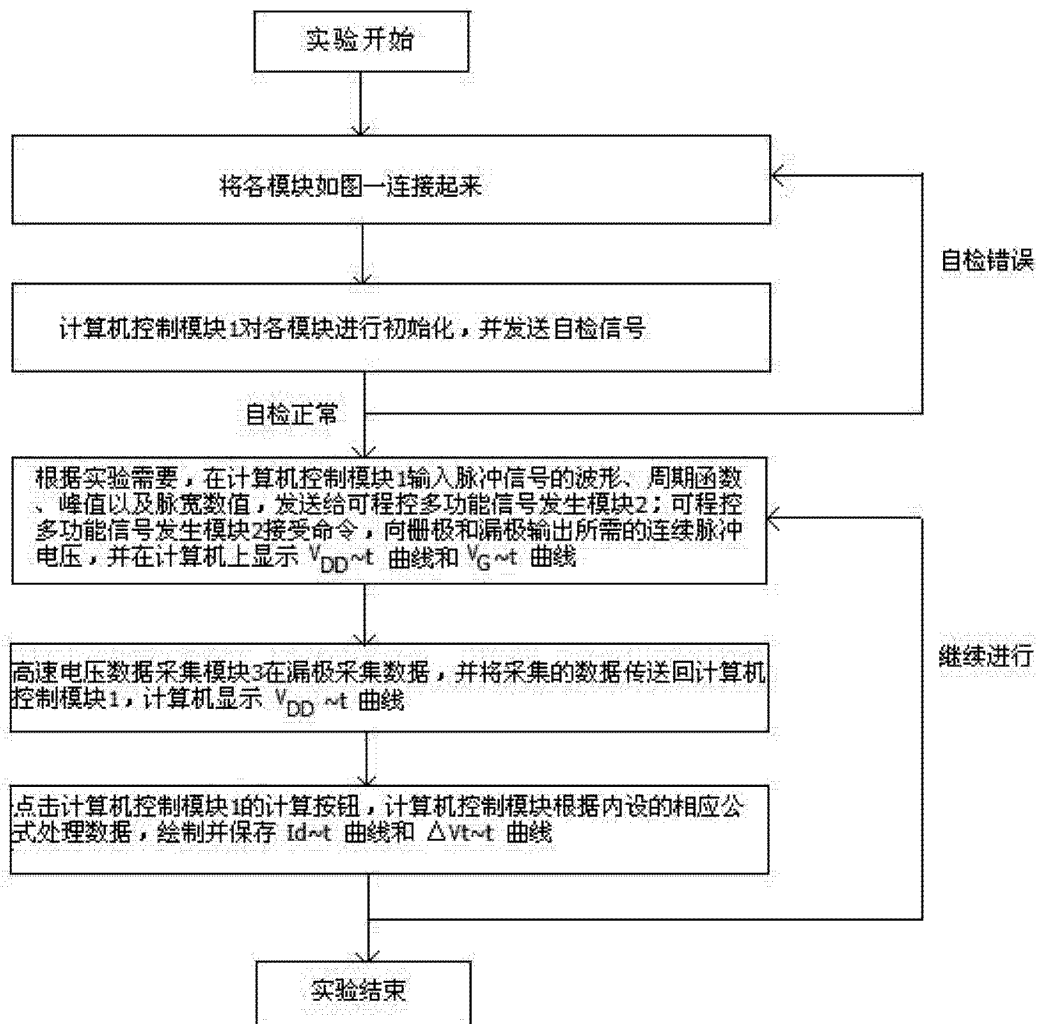


图 4