



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110618309 A

(43)申请公布日 2019.12.27

(21)申请号 201910892464.0

(22)申请日 2019.09.20

(71)申请人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72)发明人 叶雨光 邹鸿 宗秋刚

(74)专利代理机构 北京汉之知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11479

代理人 陈敏

(51)Int.Cl.

G01R 19/25(2006.01)

G01R 31/02(2006.01)

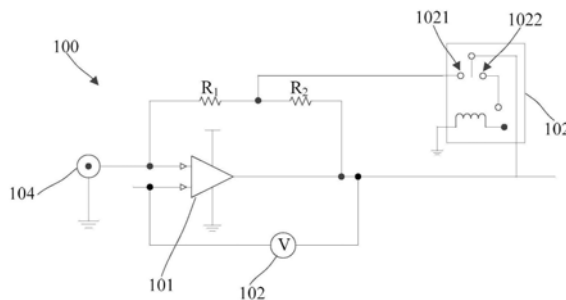
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种半导体探测器漏电流测量装置及测量方法

(57)摘要

本发明提供了一种半导体探测器漏电流测量装置及测量方法,该装置包括高压电源模块及至少一个漏电流测量模块,漏电流测量模块包括与至少一个半导体探测器的输出端一一对应电性连接的至少一个放大器,跨接在每一个所述放大器两端的相互串联的第一电阻和第二电阻,漏电流测量模块通过第一电阻和所述第二电阻实现半导体探测器的漏电流信号的不同增益,AD转换器测量放大器两端的电压以获得半导体探测器的漏电流。漏电流测量模块通过第一电阻和第二电阻实现半导体探测器的漏电流信号的不同增益,从而能够根据不同的漏电流大小选择不同的增益,从而提高测量的精确度。



1. 一种半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,包括:

高压电源模块,与所述半导体探测器电连接,用于控制施加在所述电流测量装置上的外部电压的大小,使所述外部电压适应半导体探测器的工作电压,所述半导体探测器在所述外部电压的作用下产生漏电流;

至少一个漏电流测量模块,包括与至少一个所述半导体探测器的输出端一一对应电性连接的至少一个放大器,以及跨接在每一个所述放大器两端的相互串联的第一电阻和第二电阻,所述漏电流测量模块通过接通所述第一电阻或者接通所述第一电阻和所述第二电阻对所述半导体探测器的所述漏电流放大不同的倍数并输出所述漏电流对应的电压信号。

2. 根据权利要求1所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述漏电流测量模块还包括开关,所述开关具有第一档及空档,所述第一档在所述第一电阻的输出端与所述第二电阻并联。

3. 根据权利要求2所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述开关包括继电器。

4. 根据权利要求2所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,

当所述开关的所述第一档接通时,所述放大器与所述第一电阻并联,测量的漏电流的范围介于 $100\text{nA}\sim 100\mu\text{A}$ ;

当所述开关处于空档时,所述放大器与相互串联的所述第一电阻和所述第二电阻并联,测量的漏电流的范围介于 $10\text{pA}\sim 100\text{nA}$ 。

5. 根据权利要求4所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,还包括:

高压测量模块,与所述高压电源模块电性连接,用于测量所述高压电源模块的电压值;

微处理模块,与所述高压测量模块电性连接,接收所述电压值并根据所述电压值产生用于所述高压电源模块调整电压的调整信号;

数模转换器,与所述微处理模块电性连接,用于接收所述调整信号,并将所述调整信号转换成电压模拟信号传输至所述高压电源模块,所述高压电源模块根据所述电压模拟信号调整外加电压以适应所述半导体探测器的工作电压。

6. 根据权利要求5所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,还包括:

模数转换器,与所述漏电流测量模块及所述微处理模块电性连接,用于将所述漏电流测量模块输出的所述电压信号转换成数字信号,并将所述数字信号传输至所述微处理模块,所述微处理模块根据所述数字信号切换所述开关并得到所述电压信号所对应的漏电流;

数据输出模块,与所述微处理模块电性连接,用于接收并输出所述漏电流。

7. 根据权利要求6所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述微处理模块配置为,判断所述数字信号的值的绝对值与切换所述开关的第一切换阈值和第二切换阈值的大小,当所述模数转换器输出的所述数字信号的值的绝对值大于所述第一切换阈值时,则将所述开关切换至第一档;如果所述数字信号值的绝对值小于所述第二切换阈值时,则将所述开关切换至空档。

8. 根据权利要求7所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述第一切换阈值为所述模数转换器的满幅值的0.7倍,所述第二切换阈值为所述满幅值的0.05倍。

9. 根据权利要求1所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述第一电阻的

阻值介于 $10\text{k}\Omega \sim 50\text{k}\Omega$ 。

10. 根据权利要求9所述的半导体探测器漏电流测量装置,其特征在于,所述第二电阻的阻值介于 $1\text{M}\Omega \sim 10\text{M}\Omega$ 。

11. 一种半导体探测器漏电流测量方法,其特征在于,所述半导体探测器漏电流测量方法采用权利要求1-10中任一项所述的半导体探测器漏电流测量装置,所述半导体探测器漏电流测量方法包括以下步骤:

调整施加在所述半导体探测器上的外部电压,使所述半导体探测器处于正常工作状态之后,漏电流测量模块接收所述半导体探测器输出的漏电流信号,并输出所述漏电流对应的电压信号;

所述漏电流测量模块将所述电压信号传输至模数转换器;

模数转换器将所述电压信号转换成数字信号传输至微处理模块,所述微处理模块对所述数字信号进行判断,并根据判断结果切换所述漏电流测量模块的开关之后,所述漏电流测量模块输出对应的所述电压信号,得到所述电压信号所对应的所述半导体探测器的漏电流。

## 一种半导体探测器漏电流测量装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体探测器的漏电流检测领域,具体涉及一种半导体探测器漏电流测量装置及测量方法。

### 背景技术

[0002] 半导体探测器用于探测辐射粒子,当辐射粒子入射至半导体探测器的灵敏区时,会产生电子-空穴对,在施加到半导体探测器两端的电压的作用下,电荷载流子会在半导体探测器中反应出电荷,形成电流信号。

[0003] 半导体探测器因其受环境影响小、适应性广、随时间变化小、稳定性高等优点,在粒子测量中逐渐取代了传统的探测器。由于半导体探测器自身的结构特点,在没有入射粒子时,半导体探测器会产生反向的直流电流,该直流电流称为半导体探测器的漏电流。该漏电流是半导体探测器噪声的只要来源,过大的漏电流不但增加探测器的噪声,还会缩短半导体探测器的使用寿命。因此对半导体探测器的漏电流进行测量是必不可少的。然而半导体探测器的漏电流通常很小,探测难度比较大。现有的测量漏电流的装置及方法,要么测量范围不够,无法探测pA级的漏电流,要么探测装置及方法过于复杂,无法实现自动化测量,测量成本较高。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术中半导体探测器的漏电流测量装置存在的不足和缺陷,本发明提供一种半导体探测器漏电流测量装置及测量方法,通过该探测装置可以实现大动态范围的漏电流检测,并且可以多通道同时测量,能够直观地输出测量数据,便于实现自动化测量。

[0005] 根据本发明的第一方面,本发明提供了一种半导体探测器漏电流测量装置,包括:

[0006] 高压电源模块,用于控制施加在所述电流测量装置上的外部电压的大小,使所述外部电压适应半导体探测器的工作电压,所述半导体探测器在所述外部电压的作用下产生漏电流;

[0007] 至少一个漏电流测量模块,包括与至少一个所述半导体探测器的输出端一一对应电性连接的至少一个放大器,以及跨接在每一个所述放大器两端的相互串联的第一电阻和第二电阻,所述漏电流测量模块通过接通所述第一电阻或者接通所述第一电阻和所述第二电阻对所述半导体探测器的所述漏电流放大不同的倍数并输出所述漏电流对应的电压信号。

[0008] 可选地,所述漏电流测量模块还包括开关,所述开关具有第一档及空档,所述第一档在所述第一电阻的输出端与所述第二电阻并联。

[0009] 可选地,所述开关包括继电器。

[0010] 可选地,当所述开关的所述第一档接通时,所述放大器与所述第一电阻并联,测量的漏电流的范围介于100nA~100μA;

[0011] 当所述开关处于空档时,所述放大器与相互串联的所述第一电阻和所述第二电阻

并联,测量的漏电流的范围介于10pA~100nA。

[0012] 可选地,所述半导体探测器漏电流测量装置还包括:

[0013] 高压测量模块,与所述高压电源模块电性连接,用于测量所述高压电源模块的电压值;

[0014] 微处理模块,与所述高压测量模块电性连接,接收所述电压值并根据所述电压值产生用于所述高压电源模块调整电压的调整信号;

[0015] 数模转换器,与所述微处理模块电性连接,用于接收所述调整信号,并将所述调整信号转换成电压模拟信号传输至所述高压电源模块,所述高压电源模块根据所述电压模拟信号调整外加电压以适应所述半导体探测器的工作电压。

[0016] 可选地,所述半导体探测器漏电流测量装置还包括:

[0017] 模数转换器,与所述漏电流测量模块及所述微处理模块电性连接,用于将所述漏电流测量模块输出的电压信号转换成数字信号,并将所述数字信号传输至所述微处理模块,所述微处理模块根据所述数字信号切换所述开关并得到所述电压信号所对应的漏电流;

[0018] 数据输出模块,与所述微处理模块电性连接,用于接收并输出所述漏电流。

[0019] 可选地,所述微处理模块配置为,判断所述数字信号的值的绝对值与切换所述开关的第一切换阈值和第二切换阈值的大小,当所述模数转换器输出的所述数字信号的值的绝对值大于所述第一切换阈值时,则将所述开关切换至第一档;如果所述数字信号值的绝对值小于所述第二切换阈值时,则将所述开关切换至空档。

[0020] 可选地,所述第一切换阈值为所述模数转换器的满幅值的0.7倍,所述第二切换阈值为所述满幅值的0.05倍。

[0021] 可选地,所述第一电阻的阻值介于10k $\Omega$ ~50k $\Omega$ 。

[0022] 可选地,所述第二电阻的阻值介于1M $\Omega$ ~10M $\Omega$ 。

[0023] 根据本发明的第二方面,本发明提供了一种半导体探测器漏电流测量方法,该方法采用本发明上述第一方面提供的半导体探测器漏电流测量装置,该方法包括以下步骤:

[0024] 调整施加在所述半导体探测器上的外部电压,使所述半导体探测器处于正常工作状态之后,漏电流测量模块接收所述半导体探测器输出的漏电流信号,并输出所述漏电流对应的电压信号;

[0025] 所述漏电流测量模块将所述电压信号传输至模数转换器;

[0026] 模数转换器将所述电压信号转换成数字信号传输至微处理模块,所述微处理模块对所述数字信号进行判断,并根据判断结果切换所述漏电流测量模块的开关之后,所述漏电流测量模块输出对应的所述电压信号,得到所述电压信号所对应的所述半导体探测器的漏电流。

[0027] 如上所述,本发明的半导体探测器漏电流测量装置及测量方法具有如下技术效果:

[0028] 所述半导体探测器漏电流测量装置包括漏电流测量模块,所述漏电流测量模块包括放大器,以及跨接在所述放大器两端的相互串联的第一电阻和第二电阻,所述漏电流测量模块通过所述第一电阻和所述第二电阻实现所述半导体探测器的漏电流信号的不同的增益,从而能够根据不同的漏电流大小选择不同的增益,从而提高测量的精确度。

[0029] 所述半导体探测器漏电流测量装置包括高压电源模块,该高压电源模块能够对时间到探测器的外加电压进行实时监测并根据检测结果对外加电压进行调整,使得施加到半导体探测器上的电压始终在其正常工作电压的范围内,保证半导体探测器长期稳定工作,进而保证漏电流测试的长期稳定性。

[0030] 所述半导体探测器漏电流测量装置还包括数据输出模块,所述数据输出模块能够实时输出测量结果,并且方便外接数据采集设备等,从而实现自动化测量。

### 附图说明

[0031] 通过参考附图会更加清楚的理解本发明的特征和优点,附图是示意性的而不应该理解为对本发明进行任何限制,在附图中:

[0032] 图1显示为本发明实施例一提供的半导体探测器漏电流测试装置的组成示意图。

[0033] 图2显示为图1所示的漏电流测试模块的组成示意图。

[0034] 图3显示为开关的第一档连通时的等效电路图。

[0035] 图4显示为开关处于空档时的等效电路图。

[0036] 图5显示为本发明实施例二提供的半导体探测器漏电流测量装置的组成示意图。

[0037] 附图标记

[0038]	100	漏电流测试模块
[0039]	101	放大器
[0040]	102	继电器
[0041]	1021	第一档
[0042]	1022	空档
[0043]	103	放大器两端的电压
[0044]	104	放大器的输入端

### 具体实施方式

[0045] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0046] 实施例一

[0047] 本实施例提供一种半导体探测器漏电流测量装置,如图1所示,该半导体探测器漏电流测量装置包括高压电源模块及漏电流测量模块。

[0048] 其中,高压电源模块与所述半导体探测器电连接,用于控制施加在电流测量装置上的外部电压的大小,具体地,该高压电源模块控制施加到半导体探测器上的外部电压,使外部电压适应半导体探测器的工作电压,由此半导体探测器处于正常工作状态,半导体探测器在外部电压的作用下产生漏电流。

[0049] 本实施例中,漏电流检测模块包括至少一个放大器、跨接在每一个放大器两端的第一电阻和第二电阻以及跨接在每一个放大器的两端与第一电阻和第二电阻并联的电压表,电压表用于测量放大器两端的电压。如图2所示,在本实施例的优选实施例中,漏电流检测模块100包括一个放大器101以及跨接在该放大器两端的第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 。其中

放大器101的输入端104与半导体探测器的输出端电性连接,用于接收半导体探测器输出的电流信号,第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 相互串联,串联后的第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 跨接在放大器的两端。漏电流测量模块能够通过第一电阻和第二电阻实现半导体探测器的漏电流信号的不同增益。

[0050] 同样参照附图1,半导体探测器漏电流测量装置还包括模数转换器ADC及数据输出模块,模数转换器与所述漏电流测量模块及微处理模块电性连接,用于将漏电流测量模块输出的电压信号转换成数字信号,并将所述数字信号传输至微处理模块,微处理模块根据数字信号得出电压信号所对应的漏电流。数据输出模块与微处理模块电性连接,用于接收并输出漏电流。该数据输出模块方便外接数据采集设备,由此能够使漏电流测量装置实现自动化测量。

[0051] 仍然参照图2,漏电流检测模块100还包括开关,在本实施例的优选实施例中,该开关为继电器102,该继电器102具有第一档1021以及空档1022,第一档1021的一端连接在第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 之间。继电器在第一档1021和空档1022之间变换接通时,实现第二电阻 $R_2$ 的短路与接通。当继电器接通第一档1021时,第二电阻 $R_2$ 被短路,与放大器101并联的只有第一电阻 $R_1$ ,等效电路图如图3所示。此时,ADC接收的放大器两端的电压103即第一电阻 $R_1$ 两端的电压。此时该电压 $V=R_f \cdot I$ ,其中 $R_f$ 为第一电阻 $R_1$ 的阻值,电流 $I$ 为漏电流。由此可知,漏电流测量模块测得的电压值相当于对漏电流 $I$ 放大了 $R_f$ 倍的增益,由于第一电阻的阻值即 $R_f$ 是已知的,因此,根据测得的电压 $V$ 便可求得漏电流 $I$ 的大小。

[0052] 当继电器102切换至空档1022时,第二电阻 $R_2$ 被接通,此时第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 串联并且与放大器101并联,等效电路图如图4所示。此时,ADC接收的放大器两端的电压103即第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 两端的电压。此时该电压 $V=R_f \cdot I$ ,其中 $R_f$ 为第一电阻 $R_1$ 和第二电阻 $R_2$ 的阻值之和,电流 $I$ 为漏电流。由此可知,漏电流测量模块测得的电压值相当于对漏电流 $I$ 放大了 $R_f$ 倍的增益,由于第一电阻的阻值和第二电阻的阻值即 $R_f$ 是已知的,因此,根据测得的电压 $V$ 便可求得漏电流 $I$ 的大小。

[0053] 在本实施例的优选实施例中,ADC接收漏电流测量模块输出的电压信号,并将该电压信号转换成数字信号之后,该数字信号被传送至微处理模块,微处理模块根据该数字信号的值相对于切换阈值的大小控制开关的切换。例如,在更加优选的实施例中,微处理器判断数字信号值的绝对值是否大于模数转换器的满幅值的0.7倍或者是否小于模数转换器的满幅值的0.05倍。例如,在更加优选的实施例中,该满幅值为2.048V,微处理模块对于数字信号值的绝对值进行判断,如果数字信号值的绝对值大于满幅值的0.7倍,即1.4336V,则微处理模块将开关切换至第一档,将第二电阻 $R_2$ 短路。如果数字信号值的绝对值小于满幅值的0.05倍,即0.1024V,则微处理模块将开关切换至空档,即将第二电阻 $R_2$ 接通。ADC的满幅值视ADC的不同而不同,因此微处理模块判断是否切换开关的切换阈值也会不同。

[0054] 综上可知,通过本实施例的上述跨阻放大器的设计,可以对漏电流放大不同的增益倍数,从而可以根据漏电流的大小选择不同的增益进行测量,例如在本实施例的另一优选实施例中,第一电阻 $R_1$ 的电阻值介于 $10\text{k}\Omega \sim 50\text{k}\Omega$ ,第二电阻的电阻值介于 $1\text{M}\Omega \sim 10\text{M}\Omega$ 。当继电器切换至空档,即第一电阻和第二电阻同时接通时,测量的漏电流的范围介于 $10\text{pA} \sim 100\text{nA}$ ,当继电器切换至第一档,即第二电阻短路,仅第一电阻接通时,测量的漏电流的范围介于 $100\text{nA} \sim 100\mu\text{A}$ 。

[0055] 通过对漏电流放大不同的增益倍数,扩大了漏电流的测量范围,例如本实施例中可以测得的漏电流的范围介于 $10\text{pA}\sim 100\mu\text{A}$ 。

[0056] 如图1所示,本实施例的另一优选实施例中,半导体探测器漏电流测量装置还包括高压测量模块、微处理模块MCU及数模转换器DAC。

[0057] 其中,高压测量模块与高压电源模块电性连接,用于测量高压电源模块的电压值。微处理模块与高压测量模块电性连接,接收高压测量模块测量的电压值并根据该电压值产生用于高压电源模块调整施加到半导体探测器上的电压的调整信号。数模转换器与微处理模块电性连接,用于接上上述调整信号,并将调整信号转换成电压模拟信号传输至高压电源模块,高压电源模块根据该电压模拟信号调整外加电压以适应半导体探测器的工作电压,使得半导体探测器处于正常工作模式。通过上述对高压电源模块进行实时监测和调整,确保半导体探测器长期测试的稳定性。

[0058] 实施例二

[0059] 本实施例同样提供一种半导体探测器漏电流测量装置,与实施例一的相同之处不再赘述,不同之处在于:

[0060] 如图5所示,本实施例的半导体漏电流测量装置包括两个或多个漏电流测量模块,每一个漏电流检测模块均与一个半导体探测器电连接,因此本实施例的半导体漏电流测量装置可以同时两个或多个半导体探测器进行漏电流测量。两个或多个半导体探测器均连接至同一个高压电源模块,漏电流测量模块与半导体探测器一一对应电性连接,即每一半导体探测器均具有一个与之对应的漏电流测试装置,由此可以准确地测量每一个半导体探测器的漏电流。

[0061] 另外,两个或多个半导体探测器均与同一个高压电源模块电性连接,即同一个高压电源模块同时为两个或多个半导体探测器提供并稳定工作电压,使两个或多个半导体探测器均处于正常工作状态。

[0062] 本实施例的半导体漏电流测量装置的结构更加紧凑,漏电流测量成本及功耗较低。

[0063] 实施例三

[0064] 本实施例提供一种半导体探测器漏电流测量方法,该半导体探测器漏电流测量方法采用本发明实施例一或实施例二提供的半导体探测器漏电流测量装置,该方法包括如下步骤:

[0065] 调整施加在所述半导体探测器上的外部电压,使所述半导体探测器处于正常工作状态之后,漏电流测量模块接收所述半导体探测器输出的漏电流信号,并输出所述漏电流对应的电压信号;

[0066] 所述漏电流测量模块将所述电压信号传输至模数转换器;

[0067] 模数转换器将所述电压信号转换成数字信号传输至微处理模块,所述微处理模块对所述数字信号进行判断,并根据判断结果切换所述漏电流测量模块的开关之后,所述漏电流测量模块输出对应的所述电压信号,得到所述电压信号所对应的所述半导体探测器的漏电流。

[0068] 在本实施例的优选实施例中,所述微处理模块比较所述数字信号值的绝对值与所述模数转换器的满幅值的倍数的大小,例如,微处理器判断数字信号值的绝对值是否大于



模数转换器的满幅值的0.7倍或者是否小于模数转换器的满幅值的0.05倍。在更加优选的实施例中,该满幅值为2.048V,微处理模块对于数字信号值的绝对值进行判断,如果数字信号值的绝对值大于满幅值的0.7倍,即1.4336V,则微处理模块将开关切换至第一档,将第二电阻 $R_2$ 短路。如果数字信号值的绝对值小于满幅值的0.05倍,即0.1024V,则微处理模块将开关切换至空档,即将第二电阻 $R_2$ 接通。本实施例的另一优选实施例中,第一电阻 $R_1$ 的电阻值介于 $10\text{k}\Omega\sim 50\text{k}\Omega$ ,第二电阻的电阻值介于 $1\text{M}\Omega\sim 10\text{M}\Omega$ 。当继电器切换至空档,即第一电阻和第二电阻同时接通时,测量的漏电流的范围介于 $10\text{pA}\sim 100\text{nA}$ ,当继电器切换至第一档,即第二电阻短路,仅第一电阻接通时,测量的漏电流的范围介于 $100\text{nA}\sim 100\mu\text{A}$ 。

[0069] 如上所述,本发明的半导体探测器漏电流测量装置具有如下技术效果:

[0070] 所述半导体探测器漏电流测量装置包括漏电流测量模块,所述漏电流测量模块包括放大器,以及跨接在所述放大器两端的相互串联的第一电阻和第二电阻,所述漏电流测量模块通过所述第一电阻和所述第二电阻实现所述半导体探测器的漏电流信号的不同的增益,从而能够根据不同的漏电流大小选择不同的增益,从而提高测量的精确度。

[0071] 所述半导体探测器漏电流测量装置包括高压电源模块,该高压电源模块能够对时间到探测器的外加电压进行实时监测并根据检测结果对外加电压进行调整,使得施加到半导体探测器上的电压始终在其正常工作电压的范围内,保证半导体探测器长期稳定工作,进而保证漏电流测试的长期稳定性。

[0072] 所述半导体探测器漏电流测量装置还包括数据输出模块,所述数据输出模块能够实时输出测量结果,并且方便外接数据采集设备等,从而实现自动化测量。

[0073] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明,本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下作出各种修改和变型,这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

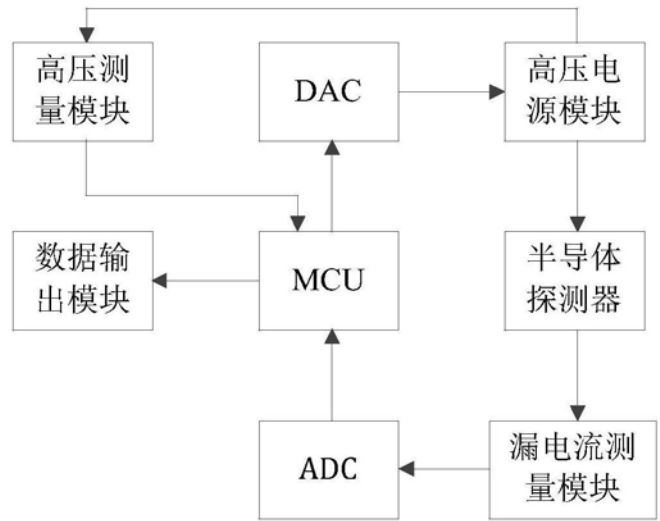


图1

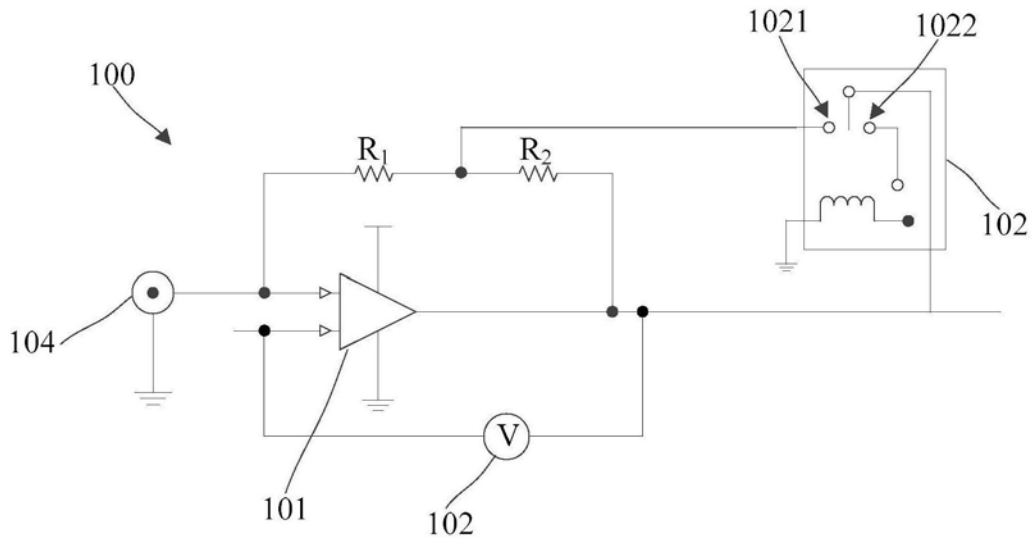


图2

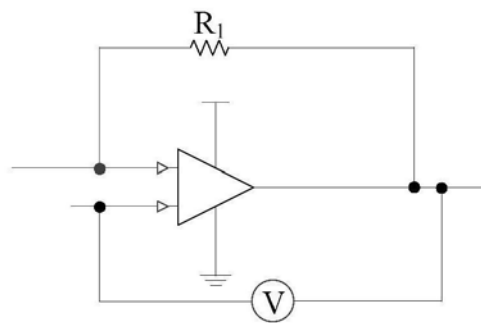


图3

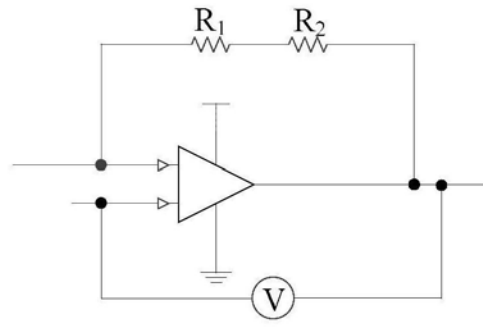


图4

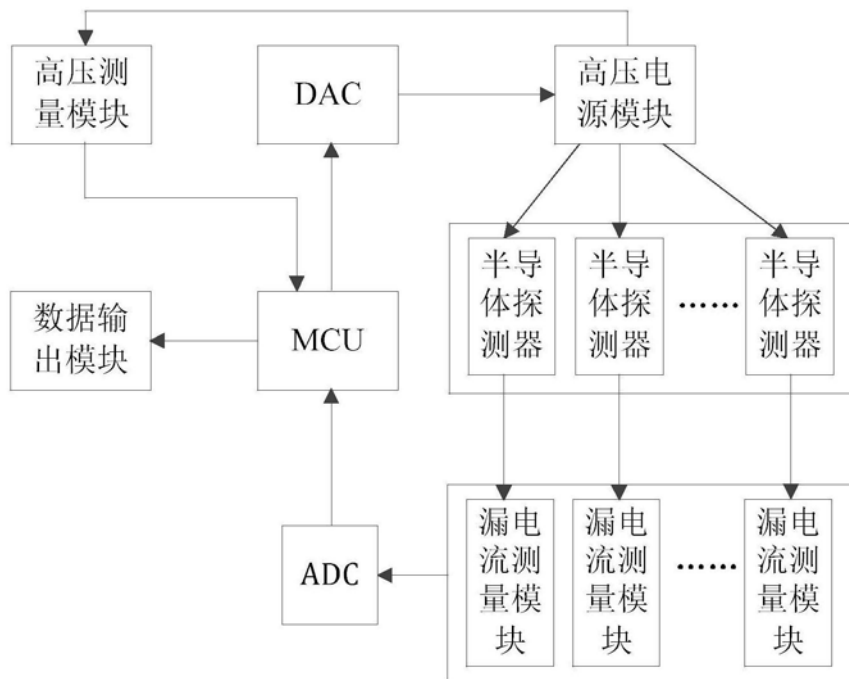


图5