



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204575748 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201520179612. 1

(22) 申请日 2015. 03. 27

(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独墅湖
高等教育区仁爱路 111 号

(72) 发明人 吴京锦 赵策洲 刘晨光

(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 27/26(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

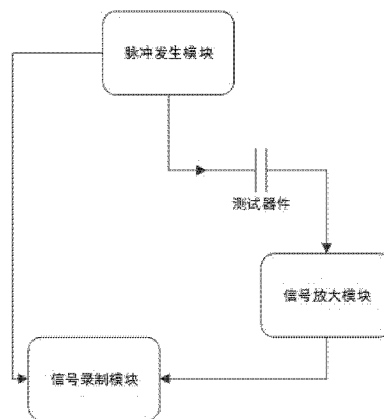
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种半导体器件瞬态电容的测试系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种半导体器件瞬态电容的测试系统,包括信号发生模块、信号放大模块、信号录制模块和计算机;所述信号发生模块用于发出周期大于 20us,幅值为 100-300mv,电压变化率小于 33333V/S的脉冲电压信号;所述信号放大模块用于将被测材料输出的电流信号经放大后转化为电压信号;所述信号录制模块用于录制信号放大模块输出的电压信号,绘制电压曲线,通过电压曲线计算瞬态电容;所述计算机安装有电子仪器控制环境,用于控制和处理数据。通过实验室普遍拥有的仪器实现半导体器件的高精度瞬态电容谱测量及绘制系统,并通过程序自动控制的方法,控制测试系统自动得到测量数据,提高瞬态电容的测试极限。



1. 一种半导体器件瞬态电容的测试系统,其特征在于,包括信号发生模块、信号放大模块、信号录制模块和计算机;

所述信号发生模块用于发出周期大于 20us,幅值为 100-300mv,电压变化率小于 33333V/S 的脉冲电压信号;

所述信号放大模块用于将被测材料输出的电流信号经放大后转化为电压信号;

所述信号录制模块用于录制信号放大模块输出的电压信号,绘制电压曲线,通过电压曲线计算瞬态电容;

所述计算机安装有电子仪器控制环境,用于控制和处理数据。

2. 根据权利要求 1 所述的半导体器件瞬态电容的测试系统,其特征在于,所述瞬态电

容的计算公式为: $C = \frac{V_{out}}{A} \cdot \frac{1}{\frac{dV_g}{dt}}$, 其中, $(dV_g)/dt$ 为脉冲信号电压变化率, V_{out} 为经过放大电

路后得到的电压值, A 为电流放大器放大倍数。

3. 根据权利要求 1 所述的半导体器件瞬态电容的测试系统,其特征在于,所述脉冲电压信号的波形可以是方波、梯形波或者三角波。

4. 根据权利要求 1 所述的半导体器件瞬态电容的测试系统,其特征在于,所述信号录制模块以 1ms 的间隔,每帧 2ms 的速度进行录制。

5. 根据权利要求 1 所述的半导体器件瞬态电容的测试系统,其特征在于,所述信号录制模块将得到的波形文件转化成含有连续电压信息的原始数据文件,通过预先设定的示波器刻度值转化为具体电压数据。

一种半导体器件瞬态电容的测试系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及测试仪器的程序自动化控制领域,具体涉及一种半导体器件瞬态电容的测试系统。

背景技术

[0002] 瞬态电容谱是半导体类器件电学测试中的重要测试方法。该测试方法通过测量半导体器件在不同的应力条件下的瞬态电容,得到电容-时间曲线、电容-电压曲线、电容-频率曲线等等电容谱,通过该电容谱,可以进一步分析半导体器件的缺陷类型、缺陷密度和缺陷能级等关键参数。

[0003] 对于可以达到其性能要求的现行系统,都需要昂贵的实验仪器,苛刻的实验条件等等,十分不利于测量。

发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本实用新型目的是:提供一种半导体器件瞬态电容的测试系统,通过实验室普遍拥有的仪器实现半导体器件的高精度瞬态电容谱测量及绘制系统,并通过程序自动控制的方法,控制测试系统自动得到测量数据,提高瞬态电容的测试极限。

[0005] 本实用新型的技术方案是:一种半导体器件瞬态电容的测试系统,包括信号发生模块、信号放大模块、信号录制模块和计算机;

[0006] 所述信号发生模块用于发出周期大于 20us,幅值为 100-300mv,电压变化率小于 33333V/S的脉冲电压信号;

[0007] 所述信号放大模块用于将被测材料输出的电流信号经放大后转化为电压信号;

[0008] 所述信号录制模块用于录制信号放大模块输出的电压信号,绘制电压曲线,通过电压曲线计算瞬态电容;

[0009] 所述计算机安装有电子仪器控制环境,用于控制和处理数据。

[0010] 进一步的,所述瞬态电容的计算公式为: $C = \frac{I}{A \cdot (dV_g)/dt}$,其中, $(dV_g)/dt$ 为脉冲信号电压变化率, V_{out} 为经过放大电路后得到的电压值, A 为电流放大器放大倍数。

[0011] 进一步的,所述脉冲电压信号的波形可以是方波、梯形波或者三角波。

[0012] 进一步的,所述信号录制模块以 1ms的间隔,每帧 2ms的速度进行录制。

[0013] 进一步的,所述信号录制模块将得到的波形文件转化成含有连续电压信息的原始数据文件,通过预先设定的示波器刻度值转化为具体电压数据。

[0014] 本实用新型的优点是:

[0015] 1、本实用新型的系统只需要使用基本的实验室仪器,就能达到可以与现行系统比肩的测试结果。对于传统的电容电感电阻测试系统(Agilent 4284A 和 Agilent 4275A)其测试系统无法在极端时间内得到连续的时间-电容曲线。这些传统的电容电感电阻测试仪器设备,电容测试间隔时间为数十毫秒。而对于本系统,电容测试间隔时间为数十微秒。

[0016] 2、本实用新型的波形录制,可以在快速测试电容的同时,实现与传统测试系统一

样的长时间数据录制功能。

[0017] 3、本实用新型的波形录制,可以在测试电容的同时,通过记录波形,记录下对应于电容的电压信息,从而避免了机器之间对每个测得电容数据的读取、写入的传输时间,大幅度提高了瞬态电容的极限。

附图说明

[0018] 下面结合附图及实施例对本实用新型作进一步描述:

[0019] 图 1 为本实用新型半导体器件瞬态电容的测试系统的连接框图;

[0020] 图 2 为本实用新型半导体器件瞬态电容的测试系统的测试流程图;

[0021] 图 3 为本实用新型半导体器件瞬态电容的测试系统在无偏压下的电容-时间波形曲线图;

[0022] 图 4 为本实用新型半导体器件瞬态电容的测试系统在特定偏压下的电容-时间波形曲线图。

具体实施方式

[0023] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚了,下面结合具体实施方式并参照附图,对本实用新型进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而非要限制本实用新型的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本实用新型的概念。

[0024] 本实用新型的测量电路由一个信号发生模块,一个信号放大模块和一个信号录制模块组成,如图 1 所示。

[0025] 信号发生模块可发出一个周期可调(20 微秒或更长),幅值较小(100-300 毫伏),具有特定斜率(低于 33333V/S)的小脉冲电压信号。

[0026] 该信号经过带有电容的被测物体时,由于信号带有很高的电压变化斜率,根据电容公式:

[0027]

$$I_{\text{out}} = C \cdot \frac{dV_g}{dt}$$

[0028] 对于某一电容值,可以得到当前电压变化率所产生的电流值(I_{out})。其中,为脉冲信号电压变化率, C 为电容值。

[0029] 由于现行高精度电流表(如安捷伦 4284A)的测试速度,命令的读取,数值的写入,信号通过 GPIB 端口的传输的限制,测试的极限一般为 30ms 每次。本实用新型采用了一个电流放大器作为信号放大模块,信号放大模块可以将收集到的微弱电流快速放大为具有特定放大倍数的电压信号,通过由示波器组成的信号录制模块,可以将经过放大的电流信号快速进行测量与收集,该系统转化公式为:

[0030]

$$V_{\text{out}} = A \cdot I_{\text{out}} = A \cdot C \cdot \frac{dV_g}{dt}$$

[0031] 其中,为经过放大电路后得到的电压值, A 为电流放大器放大倍数, I_{out} 为脉冲信

号经过电容后产生的电流值,为脉冲信号电压变化率。

[0032] 信号录制模块可以将信号放大模块输出的电压信号进行录制。该模块可以对通过该模块的电压信号进行精密测量,绘制出测得电压曲线,并能在长时间内对电压曲线进行录制并保存。信号录制模块由一台具有高精度的数字示波器组成,通过软件控制其波形录制,使得示波器在极短的间隔内(1ms),以每帧 2ms的速度最多连续录制一千帧,以实现从脉冲发生开始,最长一共 3000ms (3s)的测量时间范围。通过得到的波形录制文件,以及电压信号转换公式,可以得到电压信号的电压值数据。通过与原始发出的脉冲信号设置参数对比,可以算出被测物体的电容值,从而避免了命令、数值的反复读取写入和传输,大大提高了测量极限。计算公式如下:

[0033]

$$C = \frac{V_{out}}{A} \cdot \frac{dt}{dV_g}$$

[0034] 图 2所示的流程图显示了基于本实用新型公布的通过控制波形录制的方法测量瞬态电容的具体测试过程。

[0035] 首先,开启计算机,连接所有测量仪器,将信号发生模块,信号放大模块,信号录制模块按照电路图接入电路并与计算机相连。

[0036] 第二步,运行初始化功能,系统会初始化程序,启动电脑与测试设备的链接,将测试设备调整为测试状态。

[0037] 第三步,电容测量量程选择,选则测试系统的量程,以适应不同电容大小的测试。

[0038] 第四步,示波器量程的选择,调整信号在示波器上的显示,以便获取更高精度的数据。

[0039] 第五步,电流放大器的控制,控制电流放大器的参数,调整放大电路的开关,做好测试准备。

[0040] 第六步,通过软件调整好录制帧数(录制时间),按下开始录制按钮,开启示波器的波形录制准备。

[0041] 第七步,开启脉冲发生器输出开关,在示波器上得到电压数据。

[0042] 第八步,待示波器提示波形录制完成后,将录制所得文件存入外接储存设备中,接入电脑进行进一步分析。

[0043] 实施例:

[0044] 对于信号发生模块,根据程序的设置,将发送一个周期为 20微秒,幅值为 0.1伏,脉宽为 10微秒,上升下降沿时间为6微秒的小脉冲信号,其电压变化时,产生的电压变化绝对值为 33333V/S。

[0045] 被测物体收到小脉冲信号后,通过电容公式 $I_{out} = C \cdot \frac{dV_g}{dt}$

[0046] 将其转换为电流信号,再由电流放大器放大为电压信号,输入示波器。在此实例中,假设接入一帶有 100皮法电容值的被测物体,电流放大器放大倍数为,

[0047] 其总转化公式为:

[0048] 上面的公式里,其中 V为电流放大器输出电压,可以从示波器录制数据中得到, A

为电流放大器可调放大系数,为脉冲发生器发出脉冲具有的电流变化率。可以从脉冲发生器及电流放大器的设置得到,由此,上公式中除电容 C 外其他项均已知,即可通过公式算出被测物体的具体电容值。

[0049] 由于电流放大器的输出电压存在限制(0-10V),对于该实例项,因为脉冲波形的幅值,周期,脉宽,上升下降沿,偏压均已预先设置,根据计算公式,可以得到在不同电容范围下,应该设置的电流放大器放大倍数,其电容与放大倍数关系表格如下:

电容值	1-6(pF)	6-60(pF)	60-600(pF)	0.6-6(nF)	6-60(nF)	60-100(nF)
放大倍数 A	7	6	5	4	3	3

[0050] 取一个电容值范围在 0.6-6nF 之间的被测物体(此实例项中取标号为 102 的分立器件,大致电容值为 1nF),将其接入测试系统中,首先初始化程序,待系统与设备连接成功后,设置测量范围为 0.6nF-6nF,此处对应的电流放大器放大倍数为。根据程序的设置,此处的脉冲波形周期为 20 微秒,幅值为 0.1 伏,脉宽为 10 微秒,上升下降沿时间为 6 微秒。其电压变化时,产生的电压变化率绝对值为 33333V/S。通过被测电容大致电容值,设置的放大倍数以及电压变化率可以得到大致的放大后电压值范围,其公式为:

[0051]

$$V = 10^4 \times I = 10^4 \times C \times \left(\frac{dV}{dt} \right) = 10^4 \times 1000 \times 10^{-12} \times 33333 \\ = 0.33333 (V)$$

[0052] 通过此电压最大值可选择示波器量程为 100mV。设置测量范围及示波器量程成功后,设置脉冲发生器到指定波形参数,将示波器切换到波形录制模式,通过调节录制帧数调节录制时间,按下录制按钮。最后,在软件控制界面打开电流放大器,按下脉冲发生器波形发送键,示波器收到放大后波形会自动进行录制,得到最终电压变化曲线。

[0053] 根据示波器得到的电压变化数据,可以通过计算绘出相应的电容时间变化曲线,如图 3 所示。

[0054] 图 3 中浅灰色圆点为根据示波器数据得到的原始数据绘制出的曲线,黑色菱形点为 HP 4284 测得的标准参考数据,深色圆点为原始数据经过固定倍数补偿后得到的补偿电容曲线。可以看到,通过这种方法,可以得到快速,连续的电容变化曲线,其测量频率由 4284 的 30ms/点,提高到 20us/点。其中虚线空白的地方是示波器波形录制每帧间隔时间,此测试中每录制 2ms 间隔 1ms。

[0055] 同样的,通过对脉冲发生器的调试,此系统可以实现在特定偏压下的电容绘制,图 4 是分立器件 102 在 -2V 偏压下的电容时间变化曲线,其测试环境除脉冲发生器偏压为 -2V 外其余均与前述实例项相同(测量范围 0.6nF-6nF, 对应的电流放大器放大倍数为,示波器量程 100mV)。

[0056] 图 4 中浅灰色圆点为根据示波器数据得到的原始数据绘制出的曲线,黑色菱形点为 HP 4284 测得的标准参考数据,深色圆点为原始数据经过固定倍数补偿后得到的补偿电容曲线。可以看到,通过这种方法,可以得到快速,连续的电容变化曲线,其测量频率由 4284 的 30ms/点,提高到 20us/点。其中虚线空白的地方是示波器波形录制每帧间隔时间,此测试中每录制 2ms 间隔 1ms。由此图可知,对于特定偏压的加入,该系统依然得到了一个较为稳定的数据结果,并且所得数据的均值,放大倍数系数均与不加偏压时基本相同。

[0057] 应当理解的是,本实用新型的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本实

用新型的原理,而不构成对本实用新型的限制。因此,在不偏离本实用新型的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。此外,本实用新型所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

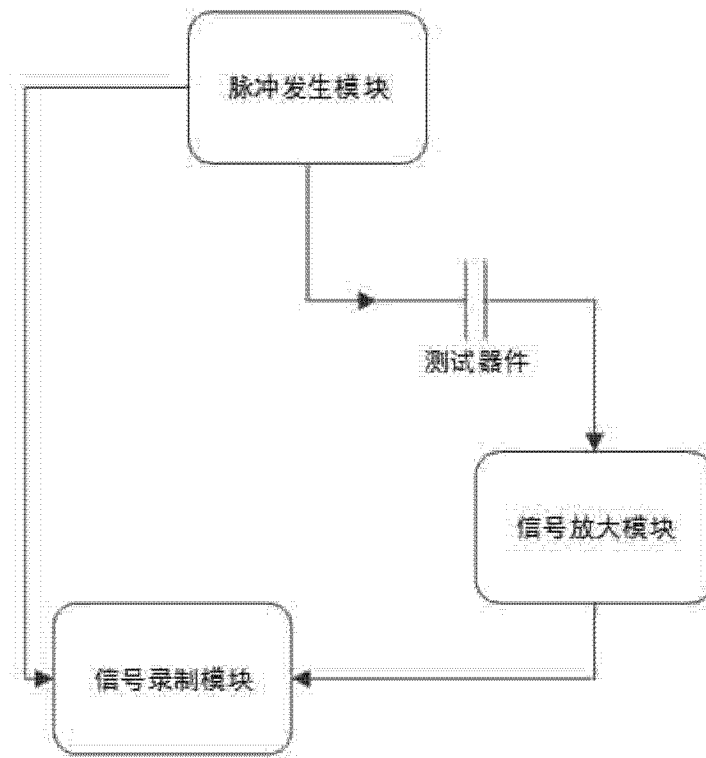


图 1

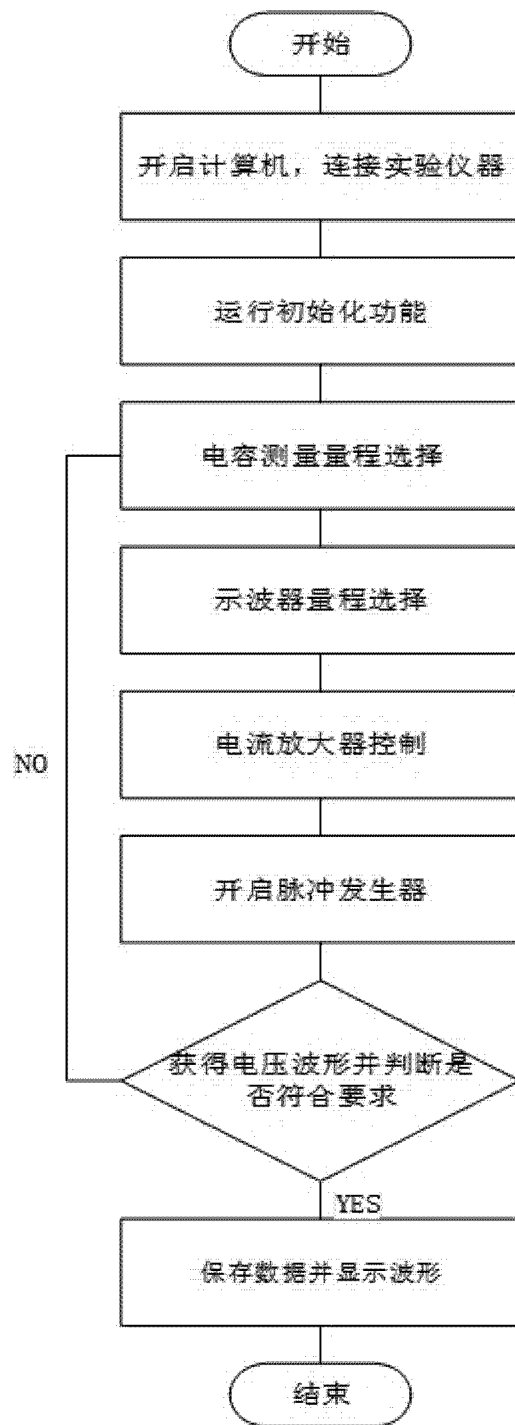


图 2

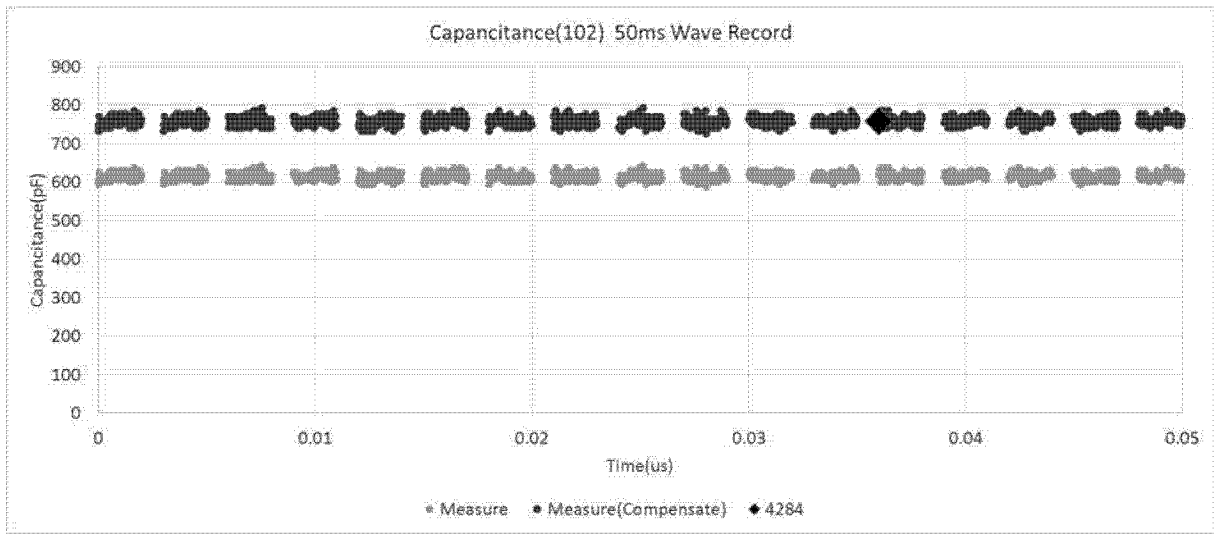


图 3

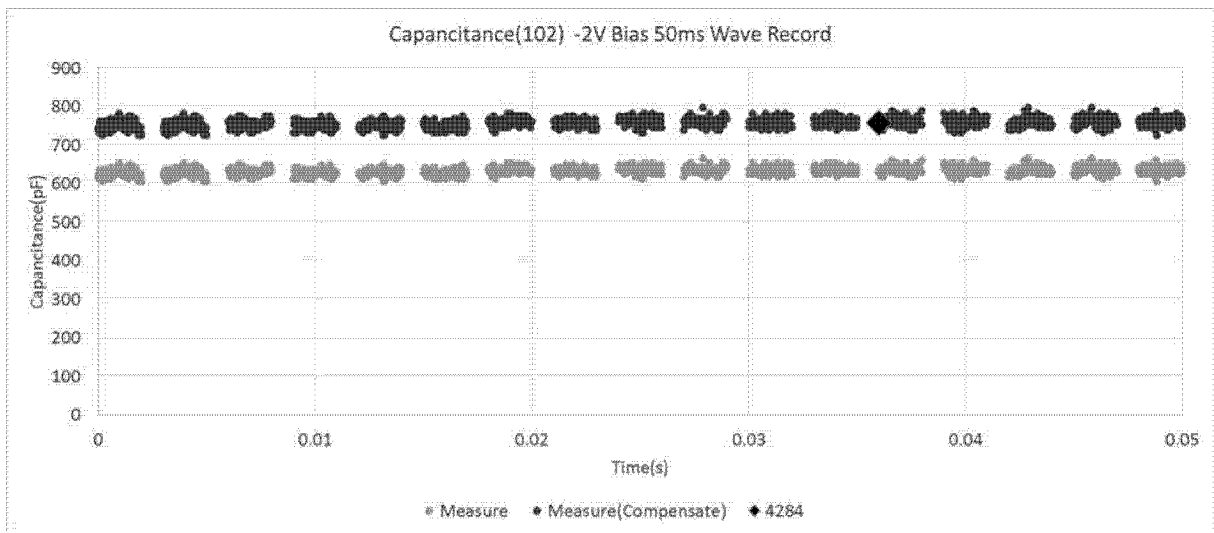


图 4