

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012 年 7 月 12 日 (12.07.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/092689 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/00 (2006.01) *G01R 19/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/000578
- (22) 国际申请日: 2011 年 4 月 4 日 (04.04.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110000987.3 2011 年 1 月 5 日 (05.01.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **复旦大学 (FUDAN UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国上海市邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): **江安全 (JIANG, An-quan)** [CN/CN]; 中国上海市邯郸路 220 号, Shanghai 200000 (CN)。 **刘骁兵 (LIU, Xiaobing)** [CN/CN]; 中国上海市邯郸路 220 号, Shanghai 200000 (CN)。
- (74) 代理人: **中国专利代理(香港)有限公司 (CHINA PATENT AGENT (H.K.) LTD.)**; 中国香港特别行政区

区湾仔港湾道 23 号鹰君中心 22 号楼, Hong Kong (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: FERROELECTRIC ANALYSIS APPARATUS AND METHOD THEREOF FOR ADJUSTING POLARIZATION REVERSAL SPEED OF FERROELECTRIC DOMAIN

(54) 发明名称: 铁电分析装置及其调节铁电畴极化反转速度的方法

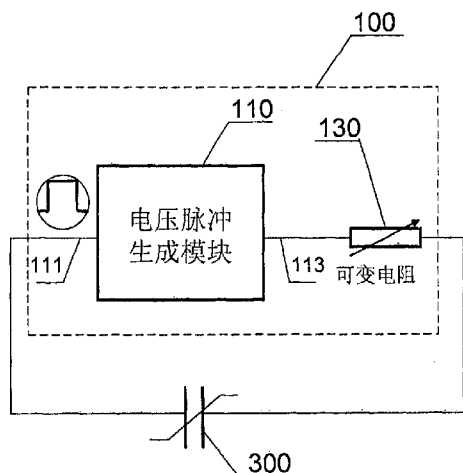


图 1 / FIG. 1

110 VOLTAGE IMPULSE GENERATION MODULE
130 VARIABLE RESISTOR

(57) Abstract: A ferroelectric analysis apparatus (100,200) and a method thereof for adjusting a polarization reversal speed of a ferroelectric domain are provided, which belong to the technical field of the performance test of a solid dielectric medium. The ferroelectric analysis apparatus (100,200) includes a voltage impulse generation module (110) used for generating a square-wave voltage impulse signal, and a variable resistor (130). The square-wave voltage impulse signal is biased on a ferroelectric medium film to make the polarization reversal of the ferroelectric domain. The variable resistor (130) is connected with the ferroelectric medium film in series. A polarization reversal current is adjusted to achieve adjustments of the polarization reversal speed of the ferroelectric domain by adjusting a resistance value of the variable resistor (130). The ferroelectric analysis apparatus (100,200) can continuously adjust a movement speed of the ferroelectric domain, and can also adjust a coercive voltage of the ferroelectric medium film; the adjustments do not depend on the voltage impulse generation module (110), and are easy to perform continuously with a wide adjusting rang and reliable test data.

[见续页]

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

提供一种铁电分析装置(100, 200)及其调节铁电畴极化反转速度的方法, 属于固态电介质性能测试技术领域。铁电分析装置(100, 200)包括用于生成方波电压脉冲信号的电压脉冲生成模块(110)和可变电阻(130)。将方波电压脉冲信号偏置于铁电介质薄膜上以使铁电畴发生极化反转; 可变电阻(130)与铁电介质薄膜串联连接, 通过调节可变电阻(130)的阻值来调节极化反转电流以实现铁电畴极化反转速度的调节。铁电分析装置(100, 200)可以连续调节铁电畴运动速度, 而且还可以调节铁电介质薄膜的矫顽电压; 调节不依赖于电压脉冲生成模块(110), 易于连续实施且调节范围广, 测试数据可靠。

铁电分析装置及其调节铁电畴极化反转速度的方法

技术领域

本发明属于固态点介质性能测试技术领域，涉及铁电介质薄膜的
5 铁电分析装置、使用该铁电分析装置调节其铁电畴（domain）极化反
转（polarization reversal）速度的方法。

背景技术

电介质的特征是以正、负电荷重心不重合的电极化方式传递、存储或
10 记录外部电场信号的作用和影响，因此介电常数是表征电介质最基本的
参量。铁电体是一类特殊的电介质材料，其介电常数大、非线性效
应强、自发极化强度大，并有显著的温度依赖性和频率依赖性。基于
铁电体材料的铁电介质薄膜近年来开始广泛应用于铁电随机读取存
15 储器（FeRAM）、动态随机读取存储器（DRAM）、非制冷红外探测
器、薄膜介质电容器、电场调制的微波器件、AC 电致发光器和薄膜
传感器等。

铁电介质薄膜中，例如，基于铁电介质薄膜形成的铁电电容中，
在外加电场方向与电畴方向不同时，如果产生该外加电场的电压大于
铁电介质薄膜的矫顽电压（ V_c ），铁电畴将发生运动，即铁电畴发生
20 极化反转，铁电畴的运动速度即反映极化反转速度，其正比于极化反
转电流。通常地，外加电场通过电压脉冲实现。

现有技术的铁电分析仪能对铁电介质薄膜的各种性能参数进行测
试，例如，剩余极化电荷、极化反转速度。其在需要调节铁电畴极化
反转速度时，通常是通过改变电压脉冲的高度（也即偏置于铁电介质薄
25 膜上的电压大小）来实现的。这是由于在极化反转过程，所需电荷等于
流经铁电介质薄膜的电流随时间的积分，电压变化会导致该电流变
化，进而导致累计所需电荷的时间变化，从而可以调节铁电畴极化反
转速度。

明显地，现有铁电分析仪的调节铁电畴极化反转速度的方法在调节
30 过程中，需要不断地改变电压脉冲的形状，过程复杂且对铁电分析仪的
电压脉冲发生装置要求较高；同时，由于电压脉冲的变化范围容易受到
仪器设备的限制，难以实现铁电畴极化反转速度的大范围调节。

发明内容

本发明的目的之一在于，提出一种铁电畴极化反转速度易于调节的铁电分析仪及其方法。

- 5 本发明的目的之二在于，在调节极化反转速度的同时并可调节其矫顽电压。

本发明的上述目的或者其它目的通过以下技术方案实现：

- 按照本发明的一个方面，提供一种铁电分析装置，包括用于生成方波电压脉冲信号的电压脉冲发生器，所述方波电压脉冲信号偏置于铁电介质薄膜上以使其铁电畴发生极化反转，所述铁电分析装置还包括与所述铁电介质薄膜串联连接的可变电阻，所述可变电阻用于调节极化反转电流以实现铁电畴极化反转速度的调节。

按照本发明提供的铁电分析装置的一实施例，所述铁电分析装置还包括用于从所述可变电阻的两端采集信号的信号采集装置。

- 15 较佳地，所述信号采集装置为示波器。

较佳地，所述采集的信号包括所述极化反转过程中偏置于所述可变电阻上的电压平台高度和/或所述极化反转的时间。

较佳地，所述可变电阻的阻值范围基本为 1 欧姆至 10^9 欧姆。

- 20 根据本发明提供的铁电分析装置，所述极化反转电流通过以下关系式计算：

$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， V 为所述方波电压脉冲的电压高度， V_c 为矫顽电压， R_t 为回路总电阻， R_2 为所述可变电阻的阻值， R_1 为包括所述电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。

- 25 所述极化反转所需电荷通过以下关系式计算：

$$Q_{sw} = \left| \int I_{sw} dt \right|$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， Q_{sw} 为所述极化反转所需电荷。

- 按照本发明的又一方面，提供一种以上所提供的铁电分析装置调节铁电畴极化反转速度的方法，该方法中，在铁电介质薄膜上偏置所述方波电压脉冲信号，通过调节所述可变电阻的阻值实现铁电畴极化反转速度的调节。

较佳地，在偏置所述方波电压脉冲信号之前，所述铁电介质薄膜

通过偏置预置脉冲信号以实现铁电畴的预极化。

较佳地，所述预置脉冲信号与所述方波电压脉冲信号极性相反。

按照本发明提供的调节铁电畴极化反转速度的方法，其中，通过调节所述可变电阻的阻值同时实现对所述铁电介质薄膜的矫顽电压的调节。

按照本发明提供的调节铁电畴极化反转速度的方法的一实施例，所述极化反转电流通过以下关系式计算：

$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， V 为所述方波电压脉冲的电压高度， V_c 为矫顽电压， R_t 为回路总电阻， R_2 为所述可变电阻的阻值， R_1 为包括所述电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。

所述极化反转所需电荷通过以下关系式计算：

$$Q_{sw} = \left| \int I_{sw} dt \right|$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， Q_{sw} 为所述极化反转所需电荷。

按照本发明提供的调节铁电畴极化反转速度的方法的又一实施例，所述铁电分析装置还包括用于从所述可变电阻的两端采集信号的信号采集装置；所述信号采集装置所采集的信号包括所述极化反转过程中偏置于所述可变电阻上的电压平台高度和/或所述极化反转的时间。

较佳地，所述极化反转电流 I_{sw} 通过所述可变电阻上的电压平台高度除以所述可变电阻的阻值计算得出，进一步，所述铁电介质薄膜的矫顽电压通过以下关系式计算：

$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， V 为所述方波电压脉冲的电压高度， V_c 为矫顽电压， R_t 为回路总电阻， R_2 为所述可变电阻的阻值， R_1 为所述包括电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。

本发明的技术效果是，通过增加可变电阻的方式实现对极化反转电流的调节，从而调节铁电畴运动速度，也即极化反转的速度；并且在调节极化反转速度的同时，还可以调节铁电介质薄膜的矫顽电压 V_c ；因此，本发明提供的铁电分析仪在调节铁电畴极化反转速度时，其不依赖于电压脉冲信号发生装置，易于连续调节且调节范围广，测试数据可靠。

附图说明

从结合附图的以下详细说明中，将会使本发明的上述和其它目的及优点更加完全清楚，其中，相同或相似的要素采用相同的标号表示。

5 图 1 是按照本发明一实施例提供的铁电分析装置的结构示意图；

图 2 是图 1 所示铁电分析装置在具体应用时的又一结构实例示意图；

图 3 所示为图 2 所示装置中极化反转速度随可变电阻的阻值变化而变化的结果示意图。

10

具体实施方式

下面介绍的是本发明的多个可能实施例中的一些，旨在提供对本发明的基本了解，并不旨在确认本发明的关键或决定性的要素或限定所要保护的范

15 围。容易理解，根据本发明的技术方案，在不变更本发明的实质精神下，本领域的一般技术人员可以提出可相互替换的其它实现方式。因此，以下具体实施方式以及附图仅是对本发明的技术方案的示例性说明，而不应当视为本发明的全部或者视为对本发明技术方案的限定或限制。

图 1 所示为按照本发明一实施例提供的铁电分析装置的结构示意图。在该实施例中，铁电介质薄膜形成如图 1 所示的铁电电容 300，铁电分析装置 100 用于分析测试该铁电电容。在该实例中，铁电电容 300 可以为 $\text{Pt}/\text{IrO}_2/\text{Pb}(\text{Zr}_{0.4}\text{Ti}_{0.6})\text{O}_3(\text{PZT})/\text{IrO}_2/\text{Pt}/\text{Si}$ 结构的样品，铁电介质薄膜 ($\text{Pb}(\text{Zr}_{0.4}\text{Ti}_{0.6})\text{O}_3$) 的厚度约为 140 nm 左右，电极面积为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 左右。

20

25 参阅图 1，铁电分析装置 100 主要地包括电压脉冲生成模块 110 以及串联于电压脉冲生成模块 110 的输入端或输出端的可变电阻 130（在该实例中，111 为输出端、113 为输入端，可变电阻 130 串联于输入端）。电压脉冲生成模块 110 用于产生方波电压脉冲信号，该电压脉冲信号偏置于铁电电容时，可以使其中的铁电介质薄膜在电压脉冲产生的电场作用下发生铁电畴的极化反转。该电压脉冲信号的具体形状不受本发明实施例限制，例如方波电压脉冲信号的电压高度、电压平台宽度、电压极性

30

等参数可以根据预定要求设置。具体地，电压

脉冲生成模块 110 可以使用 Agilent 81150A 任意波形发生器, 对其编辑可以生成预定形状要求的电压脉冲。

继续参阅图 1, 被测试的铁电电容 300 串联电性连接于电压脉冲生成模块 110 的输入端和输出端之间, 因此, 其输出的电压脉冲信号
5 可以偏置于铁电电容 300 的铁电介质薄膜上。本发明中, 铁电电容 300 和电压脉冲生成模块 110 之间的回路上, 还串联有可变电阻 130, 因此, 电压脉冲信号是同时偏置于可变电阻 130、铁电电容 300 上, 可变电阻 130、铁电电容 300 形成 RC 电路。当然, 如果电压脉冲生成模块 110 的存在内阻 R_1 , 电压脉冲信号还同时偏置于其内阻 R_1 上。

10 假设初始形成的铁电电容 300 已经被预置脉冲作用而形成铁电畴 (例如, 其应用于铁电存储时, 其已经被预置编程为 “0” 状态或者 “1” 状态), 可变电阻 130 的所设定的电阻值为 R_2 。方波电压脉冲生成模块 110 输出电压脉冲信号 (例如电压高度为 V 、电压平台宽度为 T), 为使铁电电容被极化反转, 电压 V 大于铁电介质薄膜的矫顽电压 V_c 且其极性与预置脉冲相反。在铁电电容极化反转过程中, 所需电荷等于流经铁电介质薄膜的电流随极化反转时间的积分, 也即:
15

$$Q_{sw} = \left| \int I_{sw} dt \right| \quad (1)$$

其中, Q_{sw} 为极化反转所需电荷, I_{sw} 为极化反转电流。

在图 1 所示形成的回路中, I_{sw} 即为回路电流, 由于在极化反转过
20 程中, 铁电电容上的电压等于其矫顽电压 V_c , 因此:

$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2) \quad (2)$$

其中, I_{sw} 为极化反转电流, V 为方波电压脉冲的电压幅值, V_c 为矫顽电压, R_t 为回路总电阻, 在该实施例, R_t 为可变电阻 R_2 与电压脉冲生成模块的内阻 R_1 之和。同时需要说明的是, 在其它实例
25 中, 当 RC 电路上还可以串联有其它阻值基本固定电阻或者等效电阻时, R_t 还表示电压脉冲生成模块的内阻与其它串联电阻的和。

铁电介质薄膜的铁电畴极化反转所需电荷 Q_{sw} 是基本固定不变的。因此, 在 I_{sw} 变化时, 由关系式 (1) 可知, 极化反转所需的时间即可以发生改变, 也即极化反转的速度可以变化。

30 因此, 在本发明中, 如关系式 (2), 通过调节可变电阻 300 的电阻值 (也即 R_2 发生变化), 可以调节 I_{sw} , 从而调节铁电电容的铁电畴极化反转速度 (对于同一的方波电压脉冲、同一 R_2 值, 在极化

反转过程中的矫顽电压 V_c 是基本保持不变的)。并且, 由于可变电阻 300 是在一定阻值范围内可以连续调节的, 因此, 极化反转速度也可以连续调节, 也即实现了铁电畴运动速度的连续可调。在该实施例中, 可变电阻 300 的阻值范围可以为约 1 欧姆至约 10^9 欧姆。

- 5 需要说明的是, 在铁电电容 300 的面积 S 和 Q_{sw} 已知的情况下, 该铁电分析装置进一步可以通过以下关系式 (3) 求出 P_{sw} :

$$P_{sw} = Q_{sw} / S \quad (3)$$

其中, P_{sw} 为极化反转值, S 为铁电电容面积, 也即铁电介质薄膜的面积, Q_{sw} 为极化反转所需电荷。

- 10 图 2 所示为图 1 所示铁电分析装置在具体应用时的又一结构实例示意图。相比于图 1 所示结构, 图 2 所示的铁电分析装置 200 中, 增加了用于从可变电阻 130 的两端采集电信号的信号采集装置, 在该实例中, 信号采集装置为示波器 150, 此时, 关系式 (2) 中的 R_1 仍基本等于电压脉冲生成模块 110 的内阻 (因为示波器 150 的内阻远远大于 R_2)。示波器 150 并联连接于可变电阻 130 的两端, 从而可以对测试过程中可变电阻两端的电压进行记录, 通过识别极化反转完成前后电压波形高度的变化, 可以采集或读出在极化反转过程中偏置于可变电阻 130 上的电压平台高度 (即 $(V - V_c)$ 再减去系统内阻所偏置的电压), 而且可以通过读出偏置于可变电阻 130 上的电压在电畴运动过程中所产生的电压台阶随时间的宽度, 识别出极化反转时间或电畴运动时间 t (在某些铁电电容样品中, 是通过计算得出极化反转时间 t)。因此, 关系式 (2) 中的 I_{sw} 是通过采集的电压平台高度除以其电阻值 (R_2) 得出, 在计算 Q_{sw} 时, 应用采集得到的极化反转时间 t 以及所计算的 I_{sw} 即可计算得出。

- 25 需要说明的是, 信号采集装置的具体形式不受本实施例限制。

- 图 3 所示为图 2 所示装置中极化反转速度随可变电阻的阻值变化而变化的结果示意图。如图 3 所示, 可变电阻 300 从 100 欧姆、1 千欧姆、1 万欧姆、10 万欧姆、100 万欧姆至 1000 万欧姆变化所得的曲线。从图 3 中可看出, 每条曲线中存在一个平台阶段, 此平台阶段所维持的时间长度即为极化反转时间。例如, 对于可变电阻 300 被调节为 1 千欧姆时, 其对应曲线中, 在可变电阻 300 两端的电压在 0.5V 左右停留时间 t_2 , 也即极化反转的时间为 t_2 ; 此时, 方波电压脉冲形

状固定不变、且可变电阻的电阻值恒定在 1 千欧姆，因此，矫顽电压 V_c 也是不发生变化的；可变电阻 300 两端的电压（0.5V）除以可变电阻 300 的阻值（1 千欧姆）即可基本得出极化反转电流 I_{sw} ；进一步通过关系式（2），可以求出此时相应的 V_c 。

5 对于可变电阻 300 为其它情形时，同样可以求出相应的极化反转电流 I_{sw} 、以及 V_c 。因此，不但从图中可以看出随着可变电阻 300 的增大，极化反转速度变慢，同时也可以发现 V_c 也是随之变化。由此可知，通过调节可变电阻的阻值，不但可以调节极化反转速度、而且可以调节铁电介质薄膜的矫顽电压 V_c 。并且，由于电阻的调节范围可以设置较大（例如跨越 9 个数量级），而不像方波电压脉冲的高度，其高度的范围容易受脉冲发生器的限制（脉冲的高度不宜过大），因此，极化反转速度可以在更大范围内调节，该铁电分析装置测量范围大，测试数据可靠。

15 由上述可知，本发明的铁电分析装置可以实现对铁电畴极化反转速度的连续调节，即通过调节可变电阻的电阻值，可以调节铁电畴的极化反转速度并可以同时调节铁电介质薄膜的矫顽电压 V_c ，具体调节方法过程如以下所述。

20 首先，如图 2 所示，电压脉冲生成模块 110 生成预置脉冲，从而使铁电电容 300 中形成预置铁电畴（也即实现铁电畴的预极化），预置脉冲的电压高度可以与极化反转所加的方波电压脉冲的电压高度相同，但是极性相反，并且，预置脉冲的电压平台宽度足够宽以充分完成铁电畴的反转，例如，预置电压脉冲的电压为 -5V、电压平台宽度为 100 毫秒。

25 然后，电压脉冲生成模块 110 生成用于铁电畴极化反转的方波电压脉冲信号，具体地，方波电压脉冲信号的电压可以为 5V、电压平台宽度可以为 5 毫秒。在此方波电压脉冲信号偏置于铁电电容 300 时，调节可变电阻值即可实现极化反转速度的连续可调，同时可以实现矫顽电压 V_c 的调节。因此，不需要改变方波电压脉冲信号的波形，即可方便地实现极化反转速度的可调。在具体应用时，可以将可变电阻值 R_2 调至合适值以得到预定所需的极化反转速度值，结构简单且易于调节。

30 通过本发明的铁电分析装置调节铁电畴极化反转速度，具有较大

的实际应用价值。以铁电介质薄膜应用于 1T1C 结构的铁电存储器为例，通过以上测试可以得知回路总电阻 R_t 在某一值时该铁电电容 (C) 的极化反转电流 I_{sw} 、极化反转时间 t 、以及矫顽电压 V_c ，因此，在对该存储器进行擦写操作时，设置编程的回路总电阻等于 R_t 、设置擦写电流大于或等于极化反转电流 I_{sw} 、设置擦写时间大于或等于极化反转时间 t 、设置擦写电压大于或等于矫顽电压 V_c ，则易于成功实现擦写操作。并且还可以根据擦写电压、擦写电流等要求（例如电压脉冲高度的限制、电流大小的限制），来调节回路总电阻（也即调节可变电阻），从而在编程装置输出的特定方波电压脉冲波形的偏置下，易于实现对存储器的擦写操作。

需要说明的是，铁电介质薄膜的应用范围不限于以上情形，在各种应用情况下，本发明的铁电分析装置调节铁电畴极化反转速度的具体实际应用价值不再一一描述。

本领域技术人员应当理解的是，以上实施例提供的铁电分析装置还可能包括本领域技术人员所公知的其它功能部件，在此不再一一描述。

以上例子主要说明了本发明的铁电分析装置以及使用该铁电分析装置调节铁电畴极化反转速度的方法。尽管只对其中一些本发明的实施方式进行了描述，但是本领域普通技术人员应当了解，本发明可以在不偏离其主旨与范围内以许多其他的形式实施。因此，所展示的例子与实施方式被视为示意性的而非限制性的，在不脱离如所附各权利要求所定义的本发明精神及范围的情况下，本发明可能涵盖各种的修改与替换。

权 利 要 求

1. 一种铁电分析装置，包括用于生成方波电压脉冲信号的电压
5 脉冲发生器，所述方波电压脉冲信号偏置于铁电介质薄膜上以使其铁电畴发生极化反转，其特征在于，所述铁电分析装置还包括与所述铁电介质薄膜串联连接的可变电阻，所述可变电阻用于调节极化反转电流以实现铁电畴极化反转速度的调节。
- 10 2. 如权利要求 1 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述铁电分析装置还包括用于从所述可变电阻的两端采集信号的信号采集装置。
3. 如权利要求 2 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述信号
15 采集装置为示波器。
4. 如权利要求 2 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述采集
的信号包括所述极化反转过程中偏置于所述可变电阻上的电压平台高度和/或所述极化反转的时间。
- 20 5. 如权利要求 1 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述可变电阻的阻值范围基本为 1 欧姆至 10^9 欧姆。
6. 如权利要求 1 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述极化
25 反转电流通过以下关系式计算：
- $$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$
- 其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， V 为所述方波电压脉冲的电压高度， V_c 为矫顽电压， R_t 为回路总电阻， R_2 为所述可变电阻的阻值， R_1 为包括所述电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。
- 30 7. 如权利要求 6 所述的铁电分析装置，其特征在于，所述极化反转所需电荷通过以下关系式计算：

$$Q_{sw} = \left| \int I_{sw} dt \right|$$

其中, I_{sw} 为所述极化反转电流, Q_{sw} 为所述极化反转所需电荷。

8. 一种使用权利要求 1 所述的铁电分析装置调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 在铁电介质薄膜上偏置所述方波电压脉冲信号, 通过调节所述可变电阻的阻值实现铁电畴极化反转速度的调节。

9. 如权利要求 8 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 在偏置所述方波电压脉冲信号之前, 所述铁电介质薄膜通过偏置预置脉冲信号以实现铁电畴的预极化。

10. 如权利要求 9 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 所述预置脉冲信号与所述方波电压脉冲信号极性相反。

15

11. 如权利要求 8 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 通过调节所述可变电阻的阻值同时实现对所述铁电介质薄膜的矫顽电压的调节。

12. 如权利要求 8 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 所述极化反转电流通过以下关系式计算:

$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$

- 其中, I_{sw} 为所述极化反转电流, V 为所述方波电压脉冲的电压高度, V_c 为矫顽电压, R_t 为回路总电阻, R_2 为所述可变电阻的阻值, R_1 为包括所述电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。

25

13. 如权利要求 12 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征在于, 所述极化反转所需电荷通过以下关系式计算:

$$Q_{sw} = \left| \int I_{sw} dt \right|$$

- 其中, I_{sw} 为所述极化反转电流, Q_{sw} 为所述极化反转所需电荷。

30

14. 如权利要求 8 所述调节铁电畴极化反转速度的方法, 其特征

在于，所述铁电分析装置还包括用于从所述可变电阻的两端采集信号的信号采集装置；所述信号采集装置所采集的信号包括所述极化反转过程中偏置于所述可变电阻上的电压平台高度和/或所述极化反转的时间。

5

15. 如权利要求 14 所述调节铁电畴极化反转速度的方法，其特征在于，所述极化反转电流 I_{sw} 通过所述可变电阻上的电压平台高度除以所述可变电阻的阻值计算得出，进一步，所述铁电介质薄膜的矫顽电压通过以下关系式计算：

10
$$I_{sw} = (V - V_c) / R_t = (V - V_c) / (R_1 + R_2)$$

其中， I_{sw} 为所述极化反转电流， V 为所述方波电压脉冲的电压高度， V_c 为矫顽电压， R_t 为回路总电阻， R_2 为所述可变电阻的阻值， R_1 为所述包括电压脉冲发生器的内阻的与 R_2 串联的电阻。

1/2

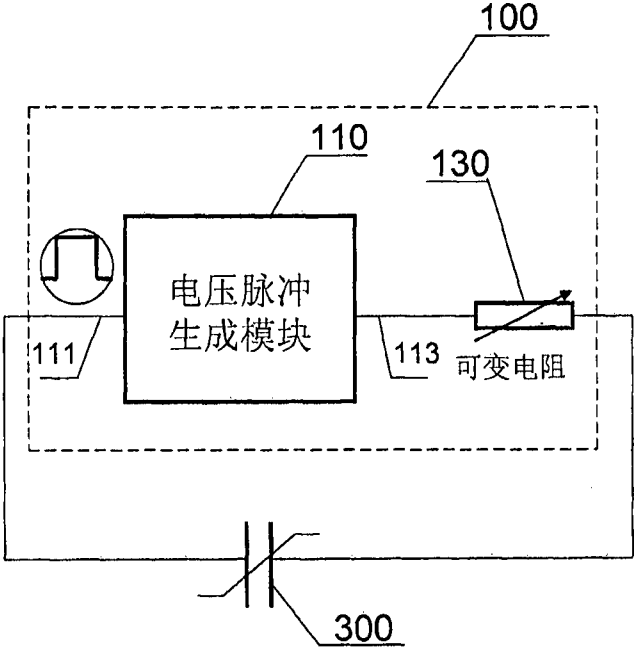


图 1

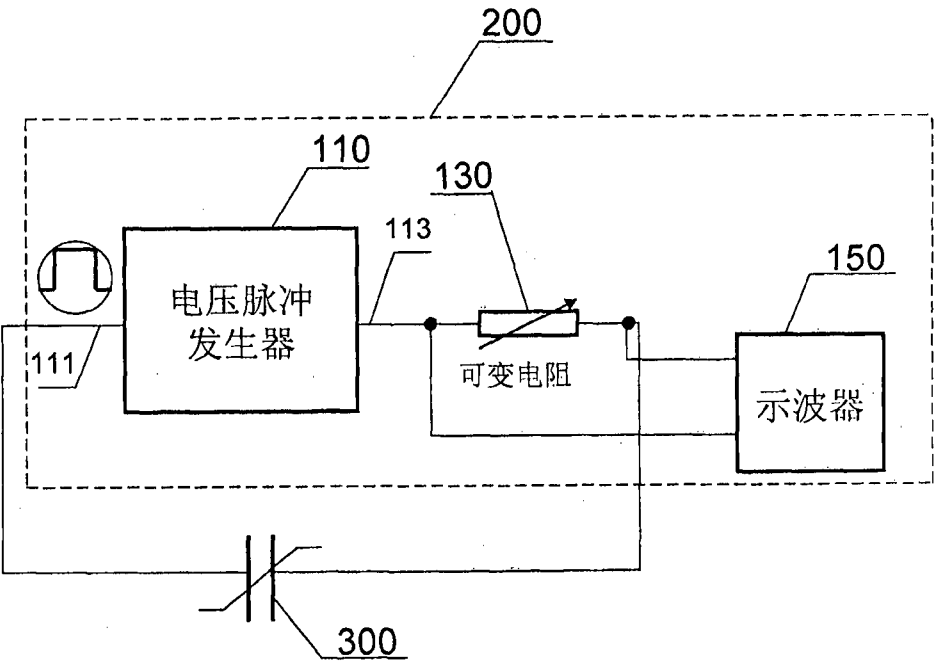


图 2

2/2

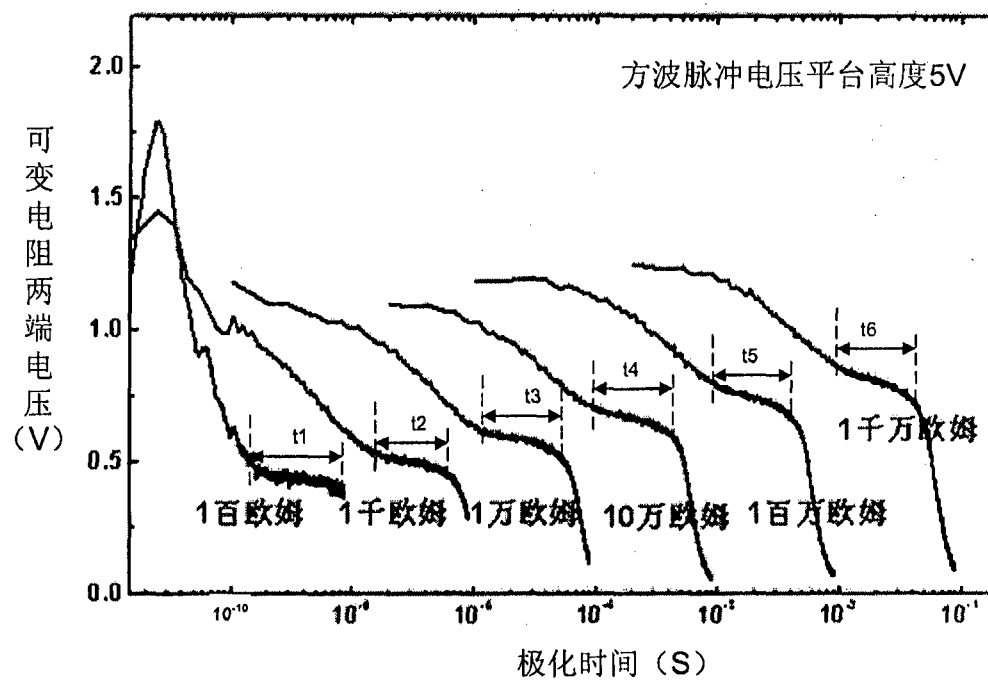


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/000578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See Extra Sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01R31, G01R 19, G01R27/26, G01R33/12, G01R33/14, G01R29/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI; EPODOC; CNKI; CPRS:

ferroelectric, domain, analysis, detect, measure, inspect, monitor, test, square wave, voltage, impulse, pulse, generator, bias, film, polarization, reversal, variable resistor, resistance, rheostat, adjust, regulate, resistance value, speed, current, coercive voltage, oscillograph

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101718810 A (FUDAN UNIV.) 02Jun.2010 (02.06.2010) paragraphs [0026]-[0037] of the description, figures 1-2	1-15
A	CN 1547036 A (SCIENCE & TECHNOLOGY CHINA UNIV.) 17Nov.2004 (17.11.2004) the whole document	1-15
A	CN 101158712 A (XIAN JIAOTONG UNIV.) 09Apr.2008 (09.04.2008) the whole document	1-15
A	CN 2747587 Y (SHENZHEN HUAZHONG SCIENCE&TECHNOLOGY UNIV.) 21Dec.2005 (21.12.2005) the whole document	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15Sep.2011 (15.09.2011)

Date of mailing of the international search report
13 Oct. 2011 (13.10.2011)

Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer

LI,Xiaohui

Telephone No. (86-10)62085876

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/000578

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6466039 B1 (SONY CORP.) 15Oct.2002 (15.10.2002) the whole document	1—15
A	JP 11295370 A (RICOH KK) 29Oct.1999 (29.10.1999) the whole document	1—15
A	XU, Xiaohui et al., Research on Dielectric Measurement for PZT Thin Film, Piezoelectrics & Acoustooptics, Apr.2010, Vol.32, No.2, pages 293-296, ISSN 1004-2474	1—15
A	ZENG, Yike et al., Measurement for Switching Characteristics of Ferroelectric Thin Films, Journal of Huazhong University of Science and Technology, Jun.1999, Vol.27, No.6, pages 10-12, ISSN 1671-4512	1—15
A	SHU, Qing et al., Ferroelectric Switch Current Measure System, Apr.1999, Vol.22, No.4, pages 240-245, ISSN 1005-9490	1—15

International application No.
PCT/CN2011/000578

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101718810 A	02.06.2010	None	
CN 1547036 A	17.11.2004	CN 1253722 C	26.04.2006
CN 101158712 A	09.04.2008	CN 100582808 C	20.01.2010
CN 2747587 Y	21.12.2005	None	
US 6466039 B1	15.10.2002	WO 0101161 A1	04.01.2001
		JP 2001507114 T2	21.01.2003
JP 11295370 A	29.10.1999	JP 3689838 B2	31.08.2005

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/000578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/00 (2006.01) i

G01R19/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2011/000578

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G01R31, G01R 19, G01R27/26, G01R33/12, G01R33/14, G01R29/12

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CPRS、CNKI: 铁电, 畴, 分析, 检, 测, 方波, 电压, 脉冲, 发生器, 偏置, 薄膜, 极化, 翻转, 反转, 可变电阻, 可调电阻, 变阻器, 调节, 调整, 阻值, 速度, 电流, 矫顽电压, 示波器

WPI、EPODOC: ferroelectric, domain, analysis, detect, measure, inspect, monitor, test, square wave, voltage, impulse, pulse, generator, bias, film, polarization, reversal, variable resistor, resistance, rheostat, adjust, regulate, resistance value, speed, current, coercive voltage, oscillograph

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101718810 A (复旦大学) 02.6 月 2010 (02.06.2010) 说明书第 [0026]-[0037]段, 附图 1-2	1—15
A	CN 1547036 A (中国科学技术大学) 17.11 月 2004 (17.11.2004) 全文	1—15
A	CN 101158712 A (西安交通大学) 09.4 月 2008 (09.04.2008) 全文	1—15
A	CN 2747587 Y (深圳华中科技大学研究院) 21.12 月 2005 (21.12.2005) 全文	1—15
A	US 6466039 B1 (SONY CORP.) 15.10 月 2002 (15.10.2002) 全文	1—15

☒ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

15.9 月 2011 (15.09.2011)

国际检索报告邮寄日期

13.10 月 2011 (13.10.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

李晓惠

电话号码: (86-10) 62085876

C(续). 相关文件

类 型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 11295370 A (RICOH KK) 29.10 月 1999 (29.10.1999) 全文	1—15
A	许晓慧 等, PZT 铁电薄膜介电性能测试研究, 压电与声光, 2010 年 4 月, 第 32 卷, 第 2 期, 第 293-296 页, ISSN 1004-2474	1—15
A	曾亦可 等, 铁电薄膜开关特性测量, 华中理工大学学报, 1999 年 6 月, 第 27 卷, 第 6 期, 第 10-12 页, ISSN 1671-4512	1—15
A	舒庆 等, 铁电材料的开关电流测试系统, 电子器件, 1999 年 4 月, 第 22 卷, 第 4 期, 第 240-245 页, ISSN 1005-9490	1—15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/000578

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 101718810 A	02.06.2010	无	
CN 1547036 A	17.11.2004	CN 1253722 C	26.04.2006
CN 101158712 A	09.04.2008	CN 100582808 C	20.01.2010
CN 2747587 Y	21.12.2005	无	
US 6466039 B1	15.10.2002	WO 0101161 A1	04.01.2001
		JP 2001507114 T2	21.01.2003
JP 11295370 A	29.10.1999	JP 3689838 B2	31.08.2005

续：主题的分类

G01R31/00 (2006.01) i

G01R19/00 (2006.01) i