[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G11C 11/22 (2006.01)
G11C 7/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01822204.8

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1329920C

[22] 申请日 2001.11.27 [21] 申请号 01822204.8
[30] 优先权
[32] 2000.11.27 [33] NO [31] 20006002
[86] 国际申请 PCT/NO2001/000472 2001.11.27
[87] 国际公布 WO2002/043070 英 2002.5.30
[85] 进入国家阶段日期 2003.7.22
[73] 专利权人 薄膜电子有限公司
地址 挪威奥斯陆
[72] 发明人 P·-E·诺尔达尔
[56] 参考文献
US5530667A 1996.6.25
JP5129622A 1993.5.25
US5666305A 1997.9.9
JP6275062A 1994.9.30
US5262982A 1993.11.16

审查员 徐 薇
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴立明 梁 永

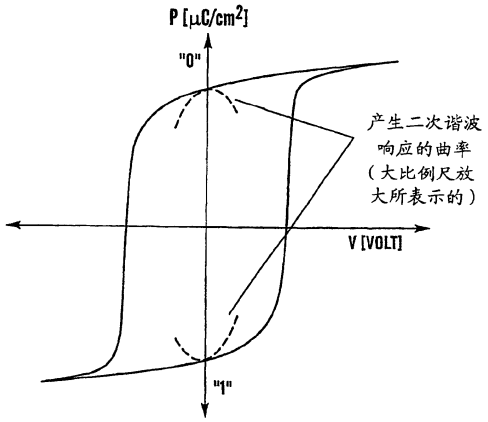
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 10 页

[54] 发明名称

用于非破坏性读出的方法和使用该方法的设备

[57] 摘要

一种用于确定一个数据储存器件中一个存储器单元的逻辑状态的方法，其中所说单元以在包含一种可极化的材料的电容器中的电极化状态形式储存数据，在所述电容器上施加第一和第二与时间相关的小信号电压而未不使所述极化状态发生有效的永久变化。 记录在所说电容器上产生的小信号电流响应的至少一个特性，所说至少一个特性记录在所说电容器上产生的小信号电流响应的至少一个特性，该特性对所施加的第一和/或第二与时间相关的电压具有线性或非线性关系；基于从与施加在所说电容器上的第一和第二与时间相关的电压两者导出的相关参考信号执行相关分析并确定存储器单元的逻辑状态。 在上述方法中执行相位比较的第一种设备包括一个可与存储器单元连接的相位检测器，用于检测来自存储器单元的响应信号中的至少两个相位，并基于所输入的读信号生成和相位参考信号和差相位参考信号。 存储器单元的逻辑状态基于上述相位参考信号与至少一个响应分量之间的相位比较。 在上述方法中用于执行相位比较的第二种设备中，将叠加的周期性读信号输入到可与相敏检测器连接的存储器单元，该相敏检测器用于接收响应信号并将其相位与从读信号导出的相位参考信号相关，以便可以由相位相关响应信号的量值和/或相位确定存储器单元的逻辑状态。



1．一种用于确定一个数据储存器件中一个存储器单元的逻辑状态的方法，其中所说单元以在包含一种可极化的材料的电容器中的电极化状态形式储存数据，其中所说可极化材料在设有外加电压于所说电容器两端的情况下能保持非-消失电极化，和对所施加电压产生电流响应，所说电流响应包括线性的和非线性分量，其中所说方法包括下列步骤：

施加第一与时间相关的小信号电压于所说电容器上，所说小信号电压的幅值和/或持续时间比使所说电容器的极化状态发生有效的永久变化所要求的小，

施加第二与时间相关的电压于所说电容器上，所说第二与时间相关的电压附加到所说第一与时间相关的电压，所说第一和第二与时间相关的电压之和所具有的量值和/或持续时间比使所说电容器的极化状态发生有效的永久变化所要求的小，

记录在所说电容器上产生的小信号电流响应的至少一个特性，所说至少一个特性对所施加的所说第一和/或第二与时间相关的电压具有线性或非线性关系，

基于从与施加在所说电容器上的所说第一和第二与时间相关的电压两者导出的相关参考信号执行相关分析，

通过建立对于所说相关分析结果的一个数字值确定该逻辑状态，以及

按照一个预定的协议为该确定的逻辑状态分配一个逻辑值。

2．按权利要求 1 的方法，

其特征在于所说相关分析在两个阶段中执行，所说相关分析的第一阶段包括记录在所说小信号电压与在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个所记录的特性之间的时间相关，以建立至少一个参数的值，该参数表征在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个记录的特性，以及

所说相关分析的第二阶段包括记录在一方面所说至少一个参数和另一方面所说第二与时间相关的电压的量值，符号和/或相位之间的相关性。

3．按权利要求 1 的方法，

其特征在于所说相关分析在一单个阶段中执行，其中。在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个特性与由所施加的所述第一和第二与时间相关的电压两者导出的一个参考信号相关。

4. 按权利要求 1 的方法，

其特征在于在所说电容器上的所说第二与时间相关的电压是任何一个极性的准-静态电压。

5. 按权利要求 4 的方法，

其特征在于在所说电容器上的所说第二与时间相关的电压在一组正和/或负值之间转换。

6. 按权利要求 1 的方法，

其特征在于在所说电容器上的所说第二与时间相关的电压是一个低频的或慢变化的电压。

7. 按权利要求 6 的方法，

其特征在于在所说电容器上的所说第二与时间相关的电压是一个正弦变化电压。

8. 按权利要求 2 的方法，

其特征在于选择所说第一与时间相关的小信号电压为具有在频率ω的主富立叶分量的周期性电压，记录所说电流响应的二次谐波分量的相位，并以由外加在所说电容器上的所说第一与时间相关的小信号电压导出的一个参考相位执行所说相关分析的所说第一阶段。

9. 按权利要求 8 的方法，

其特征在于选择所说第一与时间相关的小信号电压为正弦电压。

10. 按权利要求 1 的方法，

其特征在于选择所说与时间相关的电压为两个分别在频率ω_1和ω_2具有主富立叶分量的周期性变化信号，记录所说电流响应在和频率$\omega_1+\omega_2$与差频率$\omega_1-\omega_2$上的分量的相位，将所说相位与从外加在所说电容器上的所说与时间相关的电压导出的一个参考相位相比较。

11. 按权利要求 10 的方法，

其特征在于选择所说周期性变化信号为正弦信号。

12. 按权利要求 10 的方法，

其特征在于记录在$2\omega_1$和/或$2\omega_2$和/或$\omega_1+\omega_2$和/或$\omega_1-\omega_2$上的两个或多个非-线性电流响应分量的相位，和将所说相位与从外加在所说电

容器上的所说与时间相关的电压导出的一个参考相位相比较。

13. 按权利要求 10 的方法，

其特征在于记录在 $2\omega_1$ 和/或 $2\omega_2$ 和/或 $\omega_1+\omega_2$ 和/或 $\omega_1-\omega_2$ 上的两个或多个非-线性电流响应分量的相位，和将所说相位与从经受所施加的相同电压的已知逻辑状态的一个参考单元导出的一个参考相位相比较。

14. 按权利要求 1 的方法，

其特征在于记录在所说电容器上产生的小信号响应的所说至少一个特性包括记录响应所说第一与时间相关的小信号电压的所说小信号电流的量值与所说第一与时间相关的小信号电压的量值之间的比值，所说比值相应于在所说第二与时间相关的电压的两个或多个值的磁滞曲线的斜率。

15. 按权利要求 14 的方法，

其特征在于选择所说第二与时间相关的电压为低周期性的或慢变化的偏移电压，该电压在一组预定的正的和/或负的值之间变化。

16. 按权利要求 15 的方法，

其特征在于选择所说第二与时间相关的电压周期性地在一个正值和一个负值之间变化。

17. 按权利要求 14 的方法，

其特征在于选择所说第二与时间相关的电压为一个平滑变化的电压，其扫描两个正值或两个负值或一个正值和一个负值之间的电压范围。

18. 按权利要求 17 的方法，

其特征在于以低于所说第二与时间相关的电压的频率的一个频率周期性地扫描所说第二与时间相关的电压。

19. 按权利要求 17 的方法，

其特征在于选择所说第二与时间相关的电压为随时间正弦变化的电压。

20. 按权利要求 1 的方法，

其特征在于取决于所建立的数字值，所说预定协议为所说逻辑状态分配两个逻辑值中的任何一个值。

21. 一种在按权利要求 1 的方法中用于执行相位比较的设备，

包括一个信号发生器，用于提供具有给定相位的两个或多个读信号到可与其连接的一个存储器单元，该存储器单元响应所说读信号而输出具有两个或多个非线性电流分量的一个响应信号；一个相敏检测器，可与该存储器单元连接和适于对从该存储器单元输出的响应信号中的至少两个相位执行相敏检测；一个与所说信号发生器连接的参考源，其适于从相连的所述相敏检测器的该输入读信号的相位之和与之差产生相位参考，用于检测所说响应分量并且对该相应分量进行相关，并执行在该相位参考和至少一个检测的和相关的响应分量之间的相位比较；和一个鉴别器/逻辑电路，同该相敏检测器连接，用于接收其输出并适于确定该存储器单元的一个逻辑状态。

22. 按权利要求 21 的设备，

其特征在于一个ω+π相移器，该相移器连接该参考源，以接收其输出，并传送经ω+π相移的输出到相敏检测器和选择性地也可输出到该鉴别器和逻辑电路。

23. 一种在按权利要求 1 的方法中用于执行相位比较的设备，

包括一个信号发生器，用于将叠加在具有比第一读信号频率更低的第二周期性读信号上的第一周期性读信号施加到可与其连接的存储器单元，所说存储器单元输出一个在两倍于该第一读信号的频率上的响应信号；和可与所说存储器单元连接的一个相敏检测器和鉴别器，用于分别接收来自所说存储器单元的响应信号以及来自该信号发生器的以第一和第二读信号形式的相位参考信号，和将该响应信号的相位与所述相位参考信号之一或二者的相位相关，所说相敏检测器和鉴别器由该经过相位相关的响应信号的量值和/或相位确定该存储器单元的一个逻辑状态。

用于非破坏性读出的方法和使用该方法的设备

技术领域

本发明涉及用于确定在一个数据存储设备中一个存储器单元的一个逻辑状态的方法，其中所说单元以一个电极化状态方式将数据储存在包含一种可极化材料的一个电容器中，其中所说可极化材料在所说电容器两端无外加电压时能保持非-消失的电极化，和对所施加的电压产生一个电流响应，所说电流响应包括线性和非线性分量。本发明还涉及第一设备以及第二设备，用于按本发明的方法执行相位比较。

本发明特别涉及存储器单元的非-破坏性读出，其中该可极化材料呈现出磁滞现象，特别是如现有技术中了解的驻极体或铁电体材料。

背景技术

近年来，已证实用由陶瓷或聚合物铁电体薄膜组成的电可极化介质的数据存储器。这种材料的主要优点在于它们不必永久提供电能但保持极化状态，即该数据存储器是非-易失性的。

已证实两主类存储器器件，其中一单个存储器单元的逻辑状态由在该单元中的铁电体薄膜的极化方向表示。在两种情况中数据写入该存储器单元都是通过应用超过该铁电体矫顽磁场的合适的方向电场在所要求方向极化该膜来进行的。但是设备的体系结构是基本不相同的:

在该第一类器件中，每个存储器单元包括至少一个晶体管。整个存储器体系结构是有源矩阵类型的，同普通 SRAM 和 DRAM 器件相比的主要优点在于铁电储存逻辑状态的非-易失性性质。

一般称为 FeRAM 或 FRAM（Symetrix Corp.著作权术语）的这种基于铁电体的存储器器件的主要小类在科学和专利文献中有广泛地描述，并且当今已由世界范围内的大量的公司商业化。在其最简单的方式（1T-1C 体系结构中），每个 FeRAM 存储器单元具有单个晶体管和电容器，如图 1 中所说明的那样，其中该电容器包含能在分别代表逻辑“0”或“1”的一个或另一个方向被极化的一种铁电体，通过施加合适的电压到服务于那个单元的字线，位线和驱动线，就写入一个给定的存储器单元，即制备了以所要求方向极化的铁电体电容器。通过

悬浮该位线并将一个正电压加到该驱动线，同时认定该字线来执行读。取决于该电容器中极化方向，即取决于该单元是否储存一个逻辑“0”或一个“1”，转移到位线的电荷在该过程中将或是多的或是少的，而该单元的逻辑状态通过记录该电荷的值来确定。由于该读出操作是破坏性的，所以数据必须向后回写以避免储存信息的永久性丢失。根据基本 FeRAM 概念的方案已颁发了大量的专利，参见例如专利号 US 4 873 664(Ramtron International 公司)，5 539 279(Hitachi，有限公司)，5 530 668（Ramtron International 公司），5 541 872（Micron Technology），5 550 770（Hitachi 有限公司），5 572 459（Ramtron International 公司），5 600 587（NEC 公司），5 883 828（Symetrix 公司）。这些专利在自从它们十年前概念性引入以来提供了电路体系结构和材料，反应出的困难问题已妨碍铁电体存储器的实际实施。这样，这些存储器破坏性读出方面已经在使用的铁电体材料中出现，从而对许多类应用限制了工作寿命和由此基本可用性。随着增强努力，某些材料（例如 PZT 和 SBT）已经净化并加以改进以便在多数要求的应用中支持相关的大量的转换周期（10exp10-10exp14），以及呈现出对印记的适当的电阻等，但是，这些要求在高温退火的最佳化材料对氢辐照是易损坏的等，以及基于已建立的硅器件制造结合集成进入大量生产通常引起成本和复杂性问题。另外，它们对热处理的要求使它们不适合用于进一步集成在基于聚合物的电子器件中。某些专利通过使用更复杂的体系结构作出努力去避免偏差和制造容差问题。这种情况可包括包含两个铁电体电容器和两个晶体管（2C-2T 设计）的存储器单元，以允许引用单元和电路和更复杂的脉冲协议。可以指出，目前所有生产中的铁电体存储器使用该 2C-2T 体系结构，因为仍然缺少在辐照下对时间，温度和电压周期具有适当稳定性的材料（cf.:D.Hadnagy：“Making ferroelectric memories”,The Industrial physicist,pp.26-28(December1999)）。

在每个存储器单元中应用一个或多个晶体管的另一小类器件中，在一个单元中的一个晶体管的源-漏极电阻直接或间接地由那个单元的铁电体电容器中的极化状态控制。这并非是新的基本想法并已在该文献中描述（cf.,e.g.Noriyoshi Yamauchi, “A metal-Insulator-Semiconductor(MIS)device using a ferroelectric

polymer thin film in the gate insulator", Jap. J. Appl. Phys. 25, 590-594(1986); Jun Yu et al., "Formation and characteristics of Pb (Zr,Ti)O_3 buffer layer", Appl. Phys. Lett. 70,490-492 (1997); Si-Bei Xiong and Shigeki Sakai "Memory properties of $SrBi_2Ta_2O_9$ thin films prepared on SiO_2 / Si substrates", Appl. Phys. Lett. 70, 1613-1615(1999))。在授于Nishimura等的专利号US 5,592,409(Rohm有限公司)描述基于在一个或另一个代表一个逻辑"0"或"1"的方向被极化的一种铁电膜的一种非-易失性存储器。该极化的铁电体在一个晶体管的栅极上提供偏置,由此控制通过该晶体管的电流。该操作模式的明显优点在于该存储器单元的该逻辑状态能不受破坏性的读出,即,不招致该铁电体电容器中的极化反向。由J.T.Evans和J.A.Bullington在US 5 070 385(J.T.Evans和J.A.Bullington)中描述的一个有关概念是基于紧密同该铁电体接触的一种半导体材料。这里,该半导体材料呈现依赖铁电体中极化状态的电气性能上的电阻。不幸地,结合所有上述概念,留下了严重的未解决的材料-处理问题(cf., e.g. D.Hadnagy, "Making ferroelectric memories", The Industrial Physicist,pp.26-28(December 1999)),以及目前人们不相信在可预见的未来一段时间内它们成功的商业化。

在以上参照的两个小类中,就复杂性和减小区域的数据储存密度来说对每个单元需要一个或多个晶体管表现出主要的缺点。

在在此特别相关的第二类器件中,存储器单元是以无源矩阵体系结构形式布局的,在那里两组相互垂直的电极在该电极之间的交叉点形成电容式结构阵列。如图2所说明的,通过应用限定它们交叉的一个重叠区域的带状电极,能很简单地创建每个存储器单元,该重叠区域构成在平行电极平面之间的可极化材料的一个夹层。但是,可能是另外的电容器结构,在那里同该可极化材料交互作用的电场具有指向平行于基片而不是垂直于它的主分量。但这样的"横向"体系结构不再在此进一步讨论,因为具体选择单元体系结构对本发明的主题是不重要的。根据现有技术,在单独存储器单元中的数据的读出是通过对所述每个单元中的材料施加足够量值的电场来克服磁滞效应并以所施加电场的方向校直该单元的电极化。如果该材料已在先于应用该电场

的方向极化，则无极化反向产生并且只有一个小的瞬态电流流动通过该单元。但是，如果该材料已按该相反方向极化，则极化反向产生，使得一个很大的瞬间电流流动通过该单元。这样，该逻辑状态，即在该单独存储器单元中该电极化的方向取决于量值足以超过铁电体中矫顽磁性电场的电压的应用和该结果电流的检测。

与基于有源矩阵的器件比较，该基于无源矩阵的器件可用更高的存储器单元密度制造，而且该存储器矩阵本身相当简单。然而，按现有技术，其读出处理是破坏性的，包括丢失在被读出的那个单元中的数据内容。这样，被读出的数据必须写回到该存储器器件，只要要求进一步储存这些数据。极化转换的更为严重的结果是疲劳，即逐渐丢失通常伴随需要施加更高的电压到该单元以影响该极化转换的可转换的极化。疲劳将限制能由一个给定存储器单元支持的读周期数和应用范围。此外，它将导致对该存储器器件的更慢的响应和更高的电压要求。在一个给定器件中对单独存储器单元在操作参数上的伴随的逐渐的变化不能在先预测并导致需要“最坏情况”设计和次最佳的操作。

已进行努力来发展允许从基于铁电体的存储器的非破坏性读出技术，同时保持简单的基本的存储器单元体系结构。这样在 US 5 343 421; 5 309 390; 5 262 983; 5 245 568; 5 151 877 和 5 140 548 中 C.J.Brennan 描述了用于数据储存的铁电体单元和相关联的基本的电路模块。通过探测该小信号电容量值而同时使该铁电体经受适度的偏置场，即在读出期间不引起该单元两端的峰值电压超过该铁电体中矫顽磁性场的偏置场，确定该电容器中自发的极化方向和因此该存储器单元逻辑状态。为应用如由 Brennan 所描述的方法和设备，存在某些引用根据在电极处的空间电荷累积现象的非常专门的允许，该空间电荷累积明显地依赖于用来做电极和毗连的铁电体的材料。数据的读出包括探测该空间电荷，而这点必须根据与这种电荷累积相适应的时标来进行。此外，Brennan 的专利未包括关于该小信号和偏置电压彼此应如何定时和校正，而这点对于实施实际器件而言是头等重要的。上述 US 专利 No.5 140 548 描述了一种器件，它不要求来自一个外部源的偏置，而是从夹在该铁电核心之间的该电极间的接触电位差导出一个内部偏置。原则上，当面对实施实际器件任务时该解决方案将遭遇到严重的缺陷。这样将损失用外部偏置能得到的预测性和控制，而

当用一个固定偏置取代时，很明显这将依赖于材料纯度和处理条件以及工作温度。该内部产生的偏置的单极和连续性质将引起已知的在该铁电体中的印记和在铁电存储器器件中的特别不需要的现象。最后，当如在本发明中教导的那样实施相关对策时一个固定的偏置是小量的或几乎没有的。

日本专利公开号 JP-A-06275062 和 JP-A-05129622（Masayoshi Omura）公开了一种无源矩阵-可寻址铁电体存储器器件的非破坏性读出。单独的存储器单元的极化状态通过记录由一个小信号周期性电压激励的一个存储器单元的二次谐波电流响应的相位来确定的。此外对于一个逻辑状态，JP-A-0627062 教导应用一个偏置电压在接近最大曲率的点的磁滞曲线上确定工作点，这样增强该二次谐波的幅值。

US 5,666,305（Mihara & al.）公开通过在低于矫顽磁性电压的一个电平阱（level well）上施加扰动电压脉冲在一个无源矩阵-可寻址铁电体存储器中的非破坏性读出。

US 3,132,326（J.W.Crownover）公开以使用比矫顽磁性电压小的电压脉冲探测存储器单元电流响应的类似方式的非破坏性读出铁电体存储器单元。

US 5,262,982（Brassington & al.）公开使用正单极脉冲到极化轴的右边，接着以同样方式使用负单极脉冲探测磁滞曲线，同时检测电流响应以探测该磁滞曲线的平均斜率，然后提供两个脉冲所得结果之间的差异。

该后面五个专利公开具有的共性是它们全部建立在非破坏性读出的基础上，一般通过施加其电压电平明显地小于矫顽磁性电压的一个读或探测信号，并接着执行根据一个电流响应的某个参数检测一个逻辑状态。在一种情况中，使用二次谐波响应进行检测。通常这些现有技术的方法都被固有的弱点所拖累，这关系到提供一个存储器单元逻辑状态的可靠的确定，越加使得使用一个单独的读信号将不允许应用更加高级的相关技术，当在小信号域中执行非破坏性读出时，这些技术应当是一个要求。

最后，关于在无源矩阵可寻址铁电体存储器中获得更可靠的非破坏性读出，US 5,530,667（Omura & al.）提出了一种在两个陡峭的凸起/上升区域具有提供磁滞曲线的铁电体存储器材料的存储器器

件。非破坏性读出是通过使用不超过矫顽磁性电压的一个探测信号并将该探测信号施加在该磁滞曲线的区域内，从而保证在两个记录的逻辑状态之间的可检测的电容差别。

一般地和特别地就制做在商业上有生命力的无源矩阵可寻址的铁电体存储器器件而论，存在对这样一些器件和方法的迫切需求，在那里数据能从电容器形式的存储器单元非破坏性地读出，该电容器具有展现磁滞性的电可极化材料，和其中该存储器单元并不依赖于包含的有源电路元件，例如晶体管。考虑到这样的事实，即在一个无源矩阵可寻址铁电体存储器中的非破坏性的读出必须伴随比矫顽磁性电压明显小的并且通常处于小信号状态的读电压，因此对于比迄今如以上所引证的由现有技术提出的那些更可靠的非破坏性读出方法仍存在着需求。

发明内容

本发明的主要目的在于对从数据储存器件非-破坏性读出数据提供一个概念上的基础，该数据储存器件包括具有电可极化介质特别铁电体的单元。

借助以上概念的扩展，本发明另一目的在于允许读出数据而不引起由极化转换的传统读出伴随的疲劳和损耗，该极化转换将限制基于铁电体的存储器器件的可使用的寿命跨度。进而本发明的目的在于避免需要重新储存已被读出的单元的数据信息，而这是在破坏性读出技术中所要求的，因此简化了读出协议和降低了硬件的复杂性。

本发明进一步目的在于通过提供多于一个的鉴定准则以确定在一给定存储器单元中的逻辑状态来提高读出处理中的可靠性。

最后，本发明的再一目的在于描述实施这样的非破坏性数据读出的开创的流程和硬件。

用按本发明的一种方法达到上述目的以及附加特征和优点，所述方法包括：在所说电容器上施加一个第一与时间相关的小信号电压的多个步骤，所说小信号电压具有量值和/或持续时间小于引起该电容器的极化状态的显著的永久性的改变所要求的幅值和/或持续时间，施加第二与时间相关的电压于所说电容器上，所说第二与时间相关的电压附加到所说第一与时间相关的电压，该第一和第二与时间相关的电压之和所具有的幅值和/或持续时间比使所说电容器的极化状态发生有

效的永久变化所要求的小。记录在所说电容器上产生的小信号电流响应的至少一个特性，所说至少一个特性对所施加的所说第一和/或第二与时间相关的电压具有线性或非线性关系，基于从施加在所说电容器上的所说第一和第二与时间相关的电压两者导出的相关参考信号进行相关分析，通过对所说相关分析的结果建立一个数字值确定该逻辑状态，和按一个预定的协议为该确定的逻辑状态分配一个逻辑值。

在按本发明的方法中，有利地考虑的是执行两个阶段的相关分析，所说相关分析的第一阶段包括记录所说小信号电压与在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个记录的特性之间的时间相关，以建立表征在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个记录的特征的至少一个参数的量值，而所说相关分析的第二阶段包括记录在一方面所说至少一个参数和另一方面所说第二与时间相关的电压的量值，符号和/或相位之间的相关性。

在按本发明的方法中，还有利地考虑的是执行单个阶段的相关分析时在所说电容器上产生的小信号电流响应的所说至少一个特性与从所施加的第一和第二与时间相关的电压导出的一个参考信号相关。

在按本发明的方法中，有利地考虑的是在于所说电容器的第二与时间相关的电压是任何之一极性的一个准静态电压，而接着优选的是它是在一组正和负值之间变换。

在按本发明的方法中，有利地考虑的是在所说电容器上的所说第二与时间相关的电压是一个低频的或一个慢变化电压，而优选一个正弦变化电压。

在按本发明方法的第一优选实施例中，所说第一与时间相关的小信号电压选择为周期性的，在频率ω上具有一个主富立叶分量，所说电流响应的二次谐波分量被记录，而所说相关分析的所说第一阶段以从外加在所说电容器上的所说第一与时间相关的小信号电压导出的一个参考相位进行，就这方面，选择所说第一与时间相关的小信号电压为正弦被考虑为最佳的。

在按本发明的方法的第二优选实施例中，所说与时间相关的电压被选择为分别在频率ω_1和ω_2上具有主富立叶分量的周期性变化的信号，所说电流响应的在和频$\omega_1+\omega_2$和差频$\omega_1-\omega_2$的分量的相位 被记录，并且所说相位与从外加在所说电容器上的所说与时间相关的电压导出

的一个参考相位进行比较。就这方面，选择所说周期性变化信号分量为正弦信号分量视为优选。然后也是优选的是记录在$2\omega_1$和/或$2\omega_2$和/或$\omega_1+\omega_2$和/或$\omega_1-\omega_2$的该非线性电流响应分量的两个或多个相位，并将所说相位同从外加在所说电容器上的与所说时间相位的电压导出的一个参考相位进行比较，或将所说相位与从经受相同外加电压的逻辑状态已知的一个参考单元导出的参考相位进行比较。

在按本发明的方法的第三优选实施例中，记录在所说电容器上产生的小信号响应的所说至少一个特性包括记录对所说第一与时间相关的小信号电压响应的所说小信号电流的量值和所说第一与时间相关的小信号电压的量值之间的比值，所说比值相应于该磁滞曲线在所说第二与时间相关的电压的两个或多个值上的斜率。就这方面选择所说第二与时间相关的电压为在一组预定正和/负值之间变化的低周期性的或慢变化的偏移电压为优选考虑的。而接着特别选择在一个正值和一个负值之间周期性变化的所说第二与时间相关的电压。就这方面，另外还优先考虑的是选择所说第二与时间相关的电压为平滑改变的电压，该电压扫描在两个正值或两个负值或一个正值和一个负值之间的电压范围内，并接着在此以低于所说第二与时间相关的电压的频率的一个频率周期性地扫描所说第二与时间相关的电压。该第二与时间相关的电压接着被有利地选择为随时间正弦变化的电压。

在按本发明的该方法中，优选所说预定协议分配取决于所建立的数字值的两个逻辑值的两个中之一个的所说逻辑状态。

通过用于执行按本发明的方法中的相位比较的设备也达到上述目的和以及附加特征和优点，该设备的特征在于包括一个信号发生器，用于将具有给定相位的两个或多个读信号施加到可与其连接的一个存储器单元，响应所说读信号的存储器单元输出具有两个或多个非线性电流分量的一个响应信号；一个相敏检测器，可与该存储器单元连接并适于执行对从该存储器单元输出的该响应信号中的至少两个相位进行相敏检测；一个参考源，同所说信号发生器连接，并适于从其相连接的相敏检测器的该输入读信号的相位之和与之差产生相位参考，以便检测所说响应分量和将其相关，并执行在该相位参数与至少一个检测的和相关的响应分量之间的相位比较；以及鉴别器/逻辑电路，同该相敏检测器连接以接收其输出并适于确定该存储器单元的一个逻辑状

态。

就这方面，优先考虑的是一个ω+π相移器同该参考源连接以接收其输出并传送该经ω+π相移的输出到该相敏检测器并选择性地也输出到鉴别器和逻辑电路。

最后，使用按本发明的第二设备也达到上述目的以及附加特征和优点，该第二设备的特征在于包括一个信号发生器，用于将叠加在频率比第一读信号低的第二周期性读信号上的第一周期性读信号施加到可与其连接一个存储器单元，所说存储器单元输出在两倍于该第一读信号的频率的一个响应信号；以及一个相敏检测器和鉴别器，可与所说存储器单元连接，用于分别从其接收响应信号以及来自该信号发生器的形式分别为第一和第二读信号的相位参考信号，并将该响应信号的相位同两个相位参考信号中之一或二者的相位相关，所说相敏检测器和鉴别器由相位相关的响应信号的量值和/或相位确定该存储器单元的一个逻辑状态。

附图说明

当结合附加的附图阅读时，根据本发明的优选实施例下列的详细说明，本发明的上述的和另外的目的，特征和优点将更容易成为显而易见，其中

图 1 表示如上所述的在每个单元中包括一个晶体管和一个铁电体电容器的现有技术 IC-IT 铁电体存储器单元结构的一个例子，

图 2 表示具有如上所述的以正交方格模式在交叉电极的交会处形成的存储器单元的一种无源矩阵寻址结构，

图 3a 表示铁电型存储器基片的一般的磁滞曲线，具有某些被强调的突出的特征，

图 3b 表示一般的高频小信号极化响应和极化历史以及施加的偏置电压的函数关系，

图 4a-4d 表示通过局部斜率检测即检测一个存储器单元的极化对电压响应的函数关系进行读出的例子，该存储器单元是由如所示的一个电压信号激励的，

图 5a 表示通过二次谐波检测进行读出的原理，

图 5b 表示现有技术的一个设备的方块图和通过二次谐波检测进行读出，

图 6 表示按本发明的一个设备的方块图和通过参数的混合进行读出，

图 7a 表示按本发明的通过由一个周期性地位移的偏移电压增强二次谐波响应进行读出的原理，

图 7b 表示图 5b 中设备的一个方案的和通过按本发明的增强该二次谐波响应进行读出的方块图，

图 8a 表示通过由按本发明的一个正弦的较低频率的偏移电压周期性调制二次谐波响应进行读出的原理，

图 8b 表示图 5b 中设备的和通过按本发明的周期性调制该二次谐波响应进行读出的一个方案。

具体实施方式

如上所述，用于读出被储存为一个存储器单元中的一种铁电体电容器中的一个极化方向的逻辑状态的现有技术一般应或在每一个存储器单中包括跟随的即应用的一个微电路，在那里在该存储器电容器中极性的读出（即其逻辑状态）确定一个晶体管栅极的偏置并由此确定流动到读出那个单元的一个读出放大器的电流，或施加该铁电体电容器两端一个电压，其量值足以使该电容器中的极化反向。依赖于该电容器中的极化的读出是平行或相反于该施加的电场，极化将保持不变或倒转到相反的方向。当该后者提供非-破坏性读出时，将存在与上述材料和处理相关的严重问题。现今的读出技术装置是破坏性的，包括具有固有的疲劳问题的极化转换等，并将丢失数据信息。

如现在将参照呈现出极化剩磁的材料的一般电极化响应特性描述的那样，在特定的铁电体中，存在着另外一些非破坏性的，实施简单的和同有源矩阵以及无源矩阵寻址方案可兼容的读出方法。但是包括的物理现象多而复杂，并因此有必要使该读出方案满足在每个给定情况中感兴趣的材料，体系结构和时标的需要。

按本发明，在该存储器器件的一个给定单元中的逻辑状态，即电极化的方向是通过将所说单元的非-线性电阻抗响应记录到一个时变电压确定的，该时变电压的电压变化范围比要求影响在所说单元中极化反相所要求的小得多。如将表示的，该非线性响应可呈现出与小信号阻抗相关的一个偏置电压，在那里该阻抗的值可与该偏置电压相关以展示该单元的该逻辑状态。可加以选择的是，该非-线性将产生不同

于该激励电压的频谱内容响应，例如，它可以包含与该激励电压频率内容相关的更高次的谐波和/或和-以及差频分量，在那里，取决于该单元的该逻辑状态，所说非-线性响应分量的相位和/或量值将是不同的。

一方面，在本发明上下文中，重要的是通过与负责剩余极化的双极子交互作用在该极化响应之间进行区分，和在另一方面，根据响应该极化累积的准束缚可移动电荷由这些双极子和从电极外加的电场来建立该响应。根据在每种情况下能使用的频率和读出脉冲协议，以及根据相对电极材料选择施加的可能的限制这将具有一种效果。

参照前者情况，该一般的由图 3a 所示的磁滞回线说明在该电容式结构中预极化（pre-polarized）介质对外加在电极上的外加电压的响应。如所示那样，在该情况中该外加电压在两个正负极性极限值之间周期变化。这种关系是复杂的，因为在那里该局部极化对在该曲线上一个给定点的电压响应的关系取决于在先的极化/电压历史以及微观上的非线性以及微观的定标。取决于该材料是否分别已制备在逻辑“0”和“1”状态，在该局部极化对电压响应关系中将存在逻辑状态相关的差异，而这将被用来提供用于读出该逻辑状态的非破坏性装置，这些差异它们本身在依赖在该曲线上位置的一个小信号极化响应中现出，和在那里该小信号极化响应可以包含与施加的小信号激励电压相关的线性的和非线性的响应分量。因此，为展现存储器单元的逻辑状态，可以用与施加在该电容器上的电压相关的方法分析以包含具有如图 3a 中所示特性材料的电容器形式的存储器单元两端感测的小信号复阻抗。必须观察所加偏置和小信号探测电压的频率必须选择得充分地低，以允许接着该双极子-开始的极化。依赖于所述材料，温度等，该最大可允许的频率可以是宽的范围（数百 Hz-GHz），而移位无机铁电体陶瓷的响应很快，基于准直的聚合物的铁电聚合物的响应很慢。

现在转向后者情况，在那里极化响应是由于准束缚的或在该材料的内部电场影响下累积的可移动的电荷，科学文献综述指出与极化相关的非对称基本现象，偏置相关性和非线性响应呈现所有在此相关类型的电容器状结构的铁电体材料的一般属性。虽然在许多情况中极化响应的量值是相当低的，但甚至在频率远超该铁电极化能接着发生的那些频率的场合将应用着，其中借助图 3a 的磁滞曲线并不适合于解释

这些现象。

在本发明中，逻辑状态，即剩磁极化的方向和/或量值是由应用在外电场作用下该材料的极化响应中所固有的非线性来确定的。现在将描述两种基本方法。

首先，材料经受叠加在一个偏置电压上的小信号探测电压，与该探测电压频率同频的极化响应确定为该偏置电压的函数。在图 3b 中表示普通的小信号极化响应曲线，在与驱动电压相同的频率上记录该响应的情况下，该响应仅仅是与该材料的极化状态相关的与偏置相关的电容量。一方面重要的是实现当呈现相同的定性的特性时，在由同累积的准束缚的或可移动的电荷的交互作用导至这种曲线的物理机构之间存在基本的差别，而另一方面，曲线由该磁滞曲线的斜率的小信号探测得到。由于以下所描述的读出方案的某些相似性，如基于图 4a-d 中表示的原理的优选实施例的说明将是借助在该磁滞曲线的不同部分上的局部小信号响应的类型，其提供了所包括的基本原理的容易而直观的理解。但是应理解对于探测准束缚和/或移动电荷的场合，读出设备的技术说明和电压协议还应当应用。后者不仅仅如由磁滞曲线所证明的那样围绕在那里可产生全部或部分剩磁极化反向的频率范围，而且围绕在那里不能接着发生域转换的高频率范围。在这方面可指出由 C.Brennan 在其以上引证的专利中教导的读出方案明显地基于与按照一特定模式的累积的空间电荷交互作用，在那里该探测的空间电荷最接近在限定该感觉出的电容量的中性区域相对尺寸和空间电荷区域之间的具有中性区域的每个电极。这将置 Brennan 的方案于目前讨论的那个部分的范围之外，该目前的讨论是基于该磁滞曲线，以及忽略许多导致图 3b 中定性地表示类型的小信号响应特性的其它物量现象。

其次，该材料起与极化状态相关的参数混频器件作用，产生的输出响应包括除出现在该小信号激励电压中的那些频率分量之外的新的频率分量。这样，在给定的一个频率上驱动该极化将产生极化响应，并且除该基本频率外一个可检测的电流也包括更高次的谐波。如果该驱动电压包含若干频率分量，则该响应还可包含和-差频率分量，具有能唯一地链接到该介质的剩磁极化状态的指定的相位关系。再者在以下给出的例子中的说明参照该磁滞曲线给出，其给出了简单直观的方法去了解根本的原理。但是，如上所讨论的，相同的基本读出原理和

设备将可应用在高频范围，在那里不能接着发生在磁滞曲线中现出的极化转换，因为链接到准束缚的或移动的空间电荷。

以下通过例子描述某些优选实施例 3，4 和 5。它们代表共享该存储器单元的小信号激励的共有特征的可能实施的普通类，通过非线性和产生非对称性的极化历史激励与逻辑状态相关的极化响应。为简化讨论，应假定极化响应对小幅值时变电压应沿图 3a 中一部分曲线来回扫描。该假定忽略部分转换和疲劳效应，它们将导致极化量值的逐渐的降低，以及使该小信号极化响应其本身显示磁滞现象。

在描述优选实施例前，以下将更详细地讨论给出本发明一般背景和说明基本原理的两个例子。

例 1：小信号极化响应的微分

斜率，即表示该磁滞曲线第一导数 dP/dV 的小信号线性极化响应是与电压和历史相关的。在图 3a 中所示的一般曲线中，对于在“0”和“1”两个逻辑状态该斜率是相同的，因而在这些点的斜率的测量将不显示该逻辑状态。通过施加一定的电压偏置 V 并在该点“1”和“0”的附近探测该斜率特性，可以确定该逻辑状态。现定义：

接近“0”的 Slope 和在偏置电压 $V = Slope_{"0"}(V)$

接近“1”的 Slope 和在偏置电压 $V = Slope_{"1"}(V)$，

从图 3 可得到：

$$Slope_{"0"}(+\Delta V) \leqslant Slope_{"1"}(+\Delta V)$$

$$Slope_{"0"}(-\Delta V) \geqslant Slope_{"1"}(-\Delta V)。$$

这样，所述单元的逻辑状态可通过施加量值和极性已知的偏压并记录曲线上至少两个点的斜率读出。而这可用不同方式实现：

a）如图 4a 所说明的，在两个或多个分立偏压上记录该斜率的值，并将该斜率之间的差同一个阈值相比较。

b）如图 4b 所说明的，监视该小信号极化响应的量值，同时施加由慢周期性扫描电压组成的探测电压，在其上是在一个高频率上摆动的叠加的一个小周期性电压。

c）如图 4c 说明的例子，记录该磁滞曲线上所选择的分立点之间

的示差的极化。

对于一个“0”逻辑状态，具有

$$|P(+\Delta V) - P(0)| \leqslant |P(0) - P(-\Delta V)|$$

而对于一个“1”逻辑状态，

$$|P(+\Delta V) - P(0)| \geqslant |P(0) - P(-\Delta V)| \text{ 。}$$

d）响应施加的正和负极性的扫描电压记录该极化变化范围（峰-峰，RMS，等）的非对称性。图 4d 示出表示两个独立扫描的例子，可以用多个对电子专业中的技术人员显而易见的方法检测该非对称性。

例 2：对正弦输入电压的响应的谐波检测

以下简要讨论可帮助获得对基本概念的直观理解。

参照图 3a，希望建立在一给定存储器单元中的该存储器材料是否处于逻辑状态“0”或“1”。该两个逻辑状态的特征在于在磁滞曲线同 V=0 轴相交的点处的曲率不相同。展开到第二阶，可书写为：

$$(1) \quad P(\text{“0”}) = P_0 + \alpha V - \beta V^2$$

$$(2) \quad P(\text{“1”}) = -P_0 + \alpha V + \beta V^2$$

现假定该单元由一个正弦变化电压激励，其量值比要求来转换该单元极性的量值小得多，如图 5a 说明的，它具有下列形式

$$(3) \quad V(t) = V_0 \cos(\omega t)$$

极化响应变成

$$(4) \quad P(\text{“0”}) = P_0 + \alpha V_0 \cos(\omega t) - \beta V_0^2 \cos^2(\omega t)$$
$$= (P_0 - \tfrac{1}{2}\beta V_0^2) + \alpha V_0 \cos(\omega t) + \tfrac{1}{2}\beta V_0^2 \cos(2\omega t + \pi)$$

以及

$$(5)\quad P(\text{“1”}) = -P_0 + \alpha V_0 \cos(\omega t) + \beta V_0^2 \cos^2(\omega t)$$
$$= -(P_0 - \tfrac{1}{2}\beta V_0^2) + \alpha V_0 \cos(\omega t) + \tfrac{1}{2}\beta V_0^2 \cos(2\omega t)$$

这样，在该二次谐波频率上该存储器单元的极化响应取决于该单元是否处“0”或“1”状态，即在该两个状态的二次谐波响应彼此反相（相互相差 180°相位）。通过适当的检测，例如相干平均（锁定检测），其差能本身以定性方式显示，例如用检测信号中的正的或负的极性显示。

在图 5b 中用于在该二次谐波执行检测极化响应的一个现有技术设备被表示成一个示意性方块图。如所示的那样，一个信号源输入频率ω的正弦变化电压到存储器单元，其输出具有谐波的一个响应信号到相敏检测器。该相敏检测器在不同的实施例中可认为是一个组合的相敏检测器和鉴别器。信号源同时还产生一个输入相位参考到参考源，其输出两倍于读出信号频率ω的参考信号到该相敏检测器。该相敏检测器的输出电压将取决于该存储单元的逻辑状态，而实际的逻辑状态如所陈述的那样可简单地基于一个定性的参数，例如检测信号的极性。

对于信号分析专业的技术人员而言可容易认定和是显而易见的是在该存储器单元极性响应中的更高阶的非线性一般将更加引起出现在该检测的信号中的高于二次谐波的谐波分量。由以上概述的相同的基本原理并依赖所述存储器单元的特定的响应特性，这样的信号分量也可从该总信号提取并显示该单元的极化方向和由此逻辑状态。这样，基于二次谐波检测的以上例子将不是隐含的或直译的，以预防检测高于二次谐波的谐波作为用于确定所述单元逻辑状态的工作原理。

现在将以示例性方式讨论如上所述多个优选实施例，在任何意义上将不是关于对本发明实际范围的限制。

例 3：对两个叠加的正弦输入电压的响应的和和差频率检测

类似于以上部分中的处理，对于该存储器单元的激励可书写成在两个不同频率ω_1和ω_2上的两个正弦变化电压的和的场合可以执行简单的分析。在该情况中，它具有以下形式

$$(6) \quad V(t) = V_1 \cos(\omega_1 t) + V_2 \cos(\omega_2 t),$$

而极化响应变成

$$(7) \quad P(\text{“0”}) = [P_0 - \tfrac{1}{2}\beta(V_1^2 + V_2^2)] + \alpha[V_1 \cos(\omega_1 t) + V_2 \cos(\omega_2 t)] + \tfrac{1}{2}\beta[V_1^2 \cos(2\omega_1 t + \pi) + V_2^2 \cos(2\omega_2 t + \pi) + 2V_1V_2(\cos((\omega_1+\omega_2)t+\pi) + \cos((\omega_1-\omega_2)t+\pi)],$$

和

$$(8) \quad P(\text{“1”}) = -[P_0 - \tfrac{1}{2}\beta(V_1^2 + V_2^2)] + \alpha[V_1 \cos(\omega_1 t) + V_2 \cos(\omega_2 t)] + \tfrac{1}{2}\beta[V_1^2 \cos(2\omega_1 t) + V_2^2 \cos(2\omega_2 t) + 2V_1V_2(\cos(\omega_1+\omega_2)t + \cos(\omega_1-\omega_2)t)],$$

这可看成通过插入 $V1=V2=V_0/2$ 和$\omega_1=\omega_2=\omega$对表示式（4）和（5）进行分解。

如图 6 所示，除在ω_1和ω_2与线性时间相关的响应和在 $2\omega_1$和 $2\omega_2$的二次谐波响应外，现在在和和差频（$\omega_1+\omega_2$）和（$\omega_1-\omega_2$）存在响应分量。后者彼此反相，照在以上章节讨论的情况推理，取决于该单元是否处在逻辑“0”或“1”状态。这对数据读出提供了另一非破坏性的路由，在那里有可能按这样的一种方式选择ω_1和ω_2的值，即放置在（$\omega_1+\omega_2$）或（$\omega_1-\omega_2$）的检测频率于贯用的范围处，例如在那里噪声频率谱密度低和/或在那里对于读出和处理电路而言该频率是最佳的。还有可能对通过与在这里感兴趣的极化响应无关的机制注入到该检测电路中的激励电压的谐波进行鉴别（例如在驱动或检测电路中的非线性）。

在图 6 中以方块图形式显示用于执行对分别在频率ω_1和ω_2的正弦输入电压的响应的和和差频检测的按本发明的设备。在此分别产生频率ω_1和ω_2的读信号的信号源将这些信号输入到一个存储器单元，由该存储器单元产生的响应输入到分别在和频$\omega_1+\omega_2$或差频$\omega_1-\omega_2$执行检测的相敏检测器。一个参数源连接到信号源以接收合适的相位关系和输

出参数和和差频到该相敏检测器，其输出连接到鉴别器/逻辑电路进行必要的相位比较以确定该存储器单元实际的逻辑状态。有选择性地连接一个$\omega_1+\pi$相移器在该参考源和该相敏检测器之间以便将被相移π的参考传送到相敏检测器和有选择性地传送到该鉴别器/逻辑电路。

由于该单元的逻辑状态在相位响应中本身同时显示在若干不同的频率上（即，$2\omega_1$，$2\omega_2$，$\omega_1+\omega_2$和$\omega_1-\omega_2$），所以相位检测结果在两个或多个频率上可以相关，从而增强在每个读出操作中的置信度和/或速度。

例 4: 输入电压具有慢周期性的或低频偏移的场合的非线性响应检测

物质中非线性响应的通用属性几乎明显依赖于激励的幅值。如上所述，在本发明中必须选择充分强的激励以允许快速地和可靠地检测非线性响应，而同时应如此地弱使得在该存储器材料中的极化不减缩或反向。

增加该检测信号的另一方针是将工作点移动到该磁滞曲线上的一个区域，在那里后者将在极化响应和施加的电压之间呈现出强的非线性关系。参照图 3a 和 7a 能说明这种情况。

假定，例如该单元是处在“1”逻辑状态，和施加频率为ω的小正弦变化场探测二次谐波响应。然而，现在，对该磁滞曲线上工作点位置存在能选择的一个慢周期性的偏移电压，即

$$(9) \quad V(t) = V_{OFFSET} + V_0 \cos(\omega t)$$

假定为简化起见在该工作点上二次谐波直接正比于该磁滞曲线的向上或向下曲率，通过观察图 3a 可看出对于“1”逻辑状态的一个单元，二次谐波信号在强度上将随V_{OFFSET}增加而从零增加并接近V_C（实际上，无源矩阵编址存储器中可允许的最大电压将为$V_C/3$，以避免干扰在该矩阵中的其他的存储器单元），而对于“0”逻辑状态的一个单元，该二次谐波信号对“1”信号反相并随V_{OFFSET}从 0 向上增加保持小值。

相反地，如果V_{OFFSET}是负的，则结果是上述情况的镜像：当给定的该偏移电压增加负值，该二次谐波信号保持小值，只要该单元是在“1”逻辑状态，但如果该单元是处于“0”逻辑状态则增加。

这样，如图 7 中所示，除可增强该二次谐波信号强度外，应用一个偏移电压将引入能用来显示该单元逻辑状态的附加现象。在“1”状态该二次谐波信号幅值响应一个正极性偏置电压增加，而在负极性偏置电压保持小值。在“0”状态，该信号响应一个负极性偏置电压增加，而在正极性偏置电压保持小值。

在可用于基于该非对称性的数据读出的若干激励电压协议中，一个优选实施例包括具有不同慢周期性或低频偏移电压的一个测量序列，由简化情况作为例子说明，在那里进行两个二次谐波量值和相位测量，一个在$+V_{OFFSET}$，而另一个在$-V_{OFFSET}$。如果该单元在“1”状态，则当偏移是$+V_{OFFSET}$时，其将自身显示为具有与一个参考信号同相相关的大的二次谐波信号，而在$-V_{OFFSET}$偏移显示为具有相同相位的一个较小的二次谐波信号。如果该单元在“0”状态，则当该偏移是$+V_{OFFSET}$时该二次谐波信号将是小的并与该参考信号反相，而当该偏移是$-V_{OFFSET}$时，该二次谐波信号是大的，但仍然处于反相状态。

可以使用图 5b 中所示的不同的实施例设备用具有一个慢周期性的或低频偏移的输入电压执行非线性响应检测。该不同实施例与图 7b 的示意方块图一致。一个信号发生器输出叠加在以一个慢周期性的偏置电压或一个低频偏置电压形式的偏置电压上的正弦读信号。存储器单元输出一个输入到组合相敏检测器和鉴别器的具有 2ω频率分量的响应信号以确定该存储器单元的逻辑状态。该组合相敏检测器和鉴别器还同该信号发生器连接用以接收以叠加在如所示的偏置电压上的例如频率为ω的正弦变化电压形式的参考信号。

例 5: 当使用具有宽范围不同频率和电压值的偏置电压和正弦电压时响应的频率检测

如图 8 中所示，另一个使用该二次谐波响应的非对称偏置相关性的优选实施例包括应用连续变化的偏移电压，例如一个正弦偏移电压，它振荡的频率Ω比激励二次谐波的电压的频率ω小得多，则

$$(10)\quad V(t) = V_{OFFSET}\cos(\Omega t) + V_0\cos(\omega t)$$

这是上述两频率激励的特殊情况，但现在$\Omega << \omega$，而$V_{OFFSET} >> V_0$。由于在（1）和（2）中该非线性响应系数β依赖于偏移电压而得到隐函时

间相关性如下

$$(11)\quad \beta = \beta(\, V_{OFFSET} \cos(\Omega t)),$$

首先在频率Ω调制该二次谐波响应。β和偏移电压的关系取决于所述材料，而在2ω该极化响应的瞬时特性可以是十分复杂的。然而，图1中所示的普通形状的磁滞曲线将产生二次谐波响应，其对于“1”状态，当该偏移电压在正极性方向达到其峰值时，在时间 t_p 被一个最大值进行幅度调制。对于“0”状态，该最大的二次谐波响应在该偏移电压的峰负极，即在时间 $t_p+\pi/\Omega$ 发生。再者在该两例中，二次谐波信号的相位是相反的。根据这些展示，电子专业的技术人员将能设计电子电路，该电路能检测所述单元是否在“1”或“0”逻辑状态。

如在上例中公开的，为检测使用偏移电压和正弦电压时的响应，可使用图7b中的设备的不同实施例。该不同的实施例以图8b中方块图形式表示并包括一个信号发生器，它将叠加在如所示的一个低频率Ω的慢变化正弦偏移电压上的频率为ω的正弦变化电压输出到存储器单元，该存储器单元将频率为2ω的响应信号分量输出到相敏检测器和鉴别器以确定该存储器单元的逻辑状态。该信号发生器还输出用于记录该二次谐波信号相位的反相的相应2ω的相位参考以及用于记录该响应信号的量值的频率Ω的偏移信号。

*

由于用于数据读出的概念不引起存储器介质中的极化反向，因此它具有以下所述的并强调的基本优点。

• 无破坏性，无刷新写周期需要实施，使存储器器件具有快速和简单性能。

• 在所有已知的相关的存储器实体中，疲劳链系到该材料已被经受的极化反相的数量。排除读出数据期间对极化转换的需要意味着大大地增加了实际所有类型存储器器件的寿命，因为通常执行读操作多于写操作。

• 最后使用适当选择的频率，幅值和持续时间的两个偏置或偏移电压将允许使用基于相关方法的检测方案，其将显著地增强在包括仅小信号响应的非破坏性读出情况下确定一个存储器单元逻辑状态。

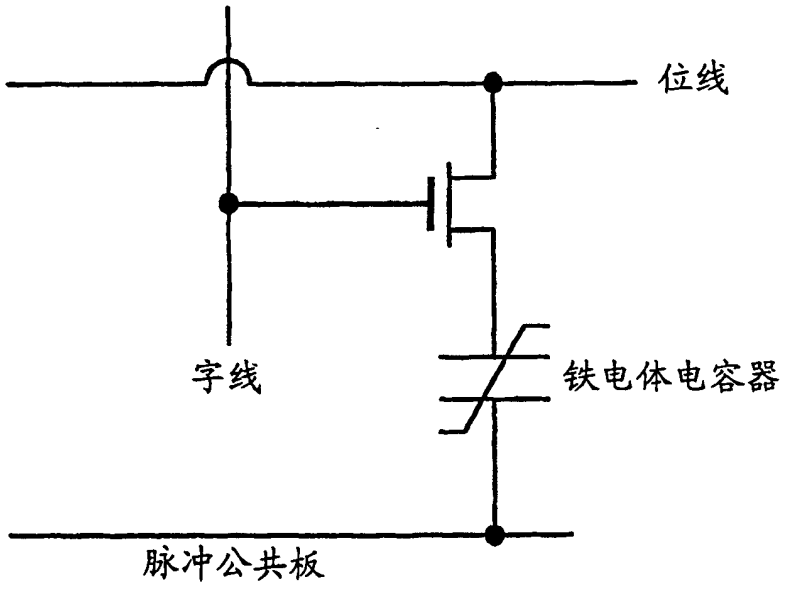


图 1（现有技术）

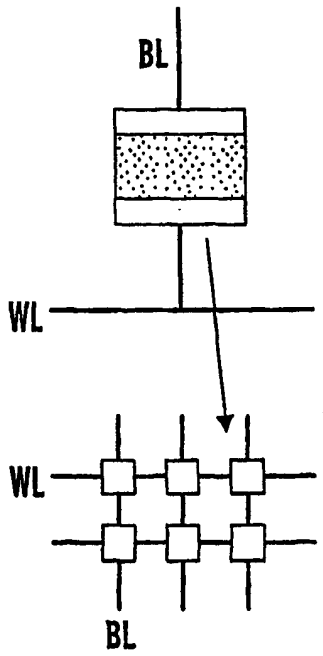


图 2

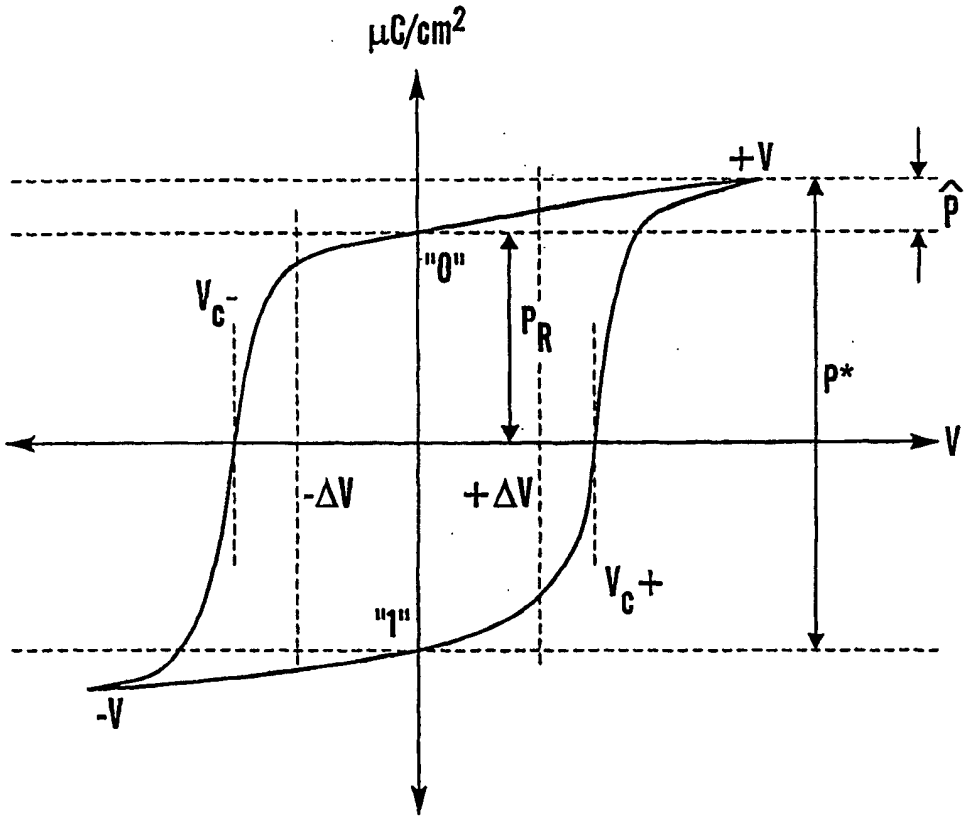


图 3a

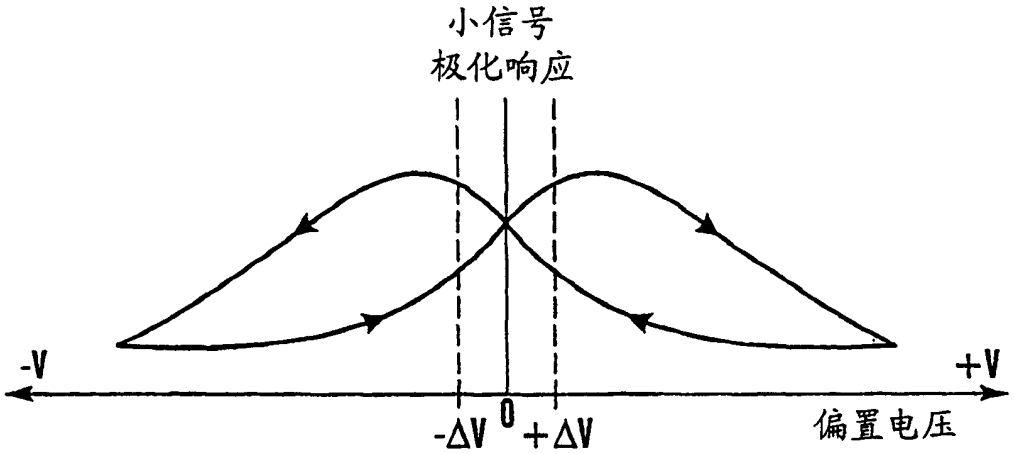


图 3b

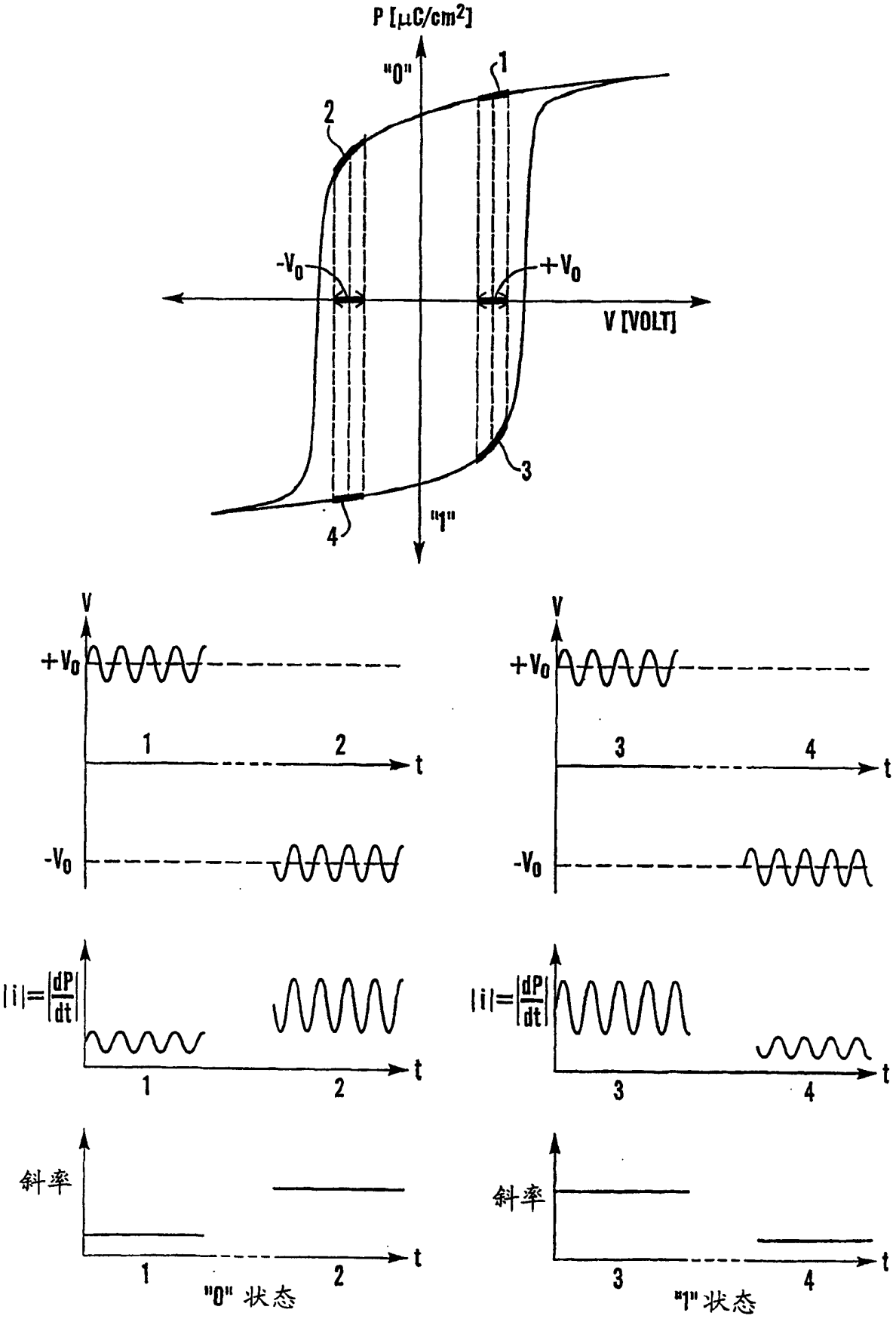


图 4a

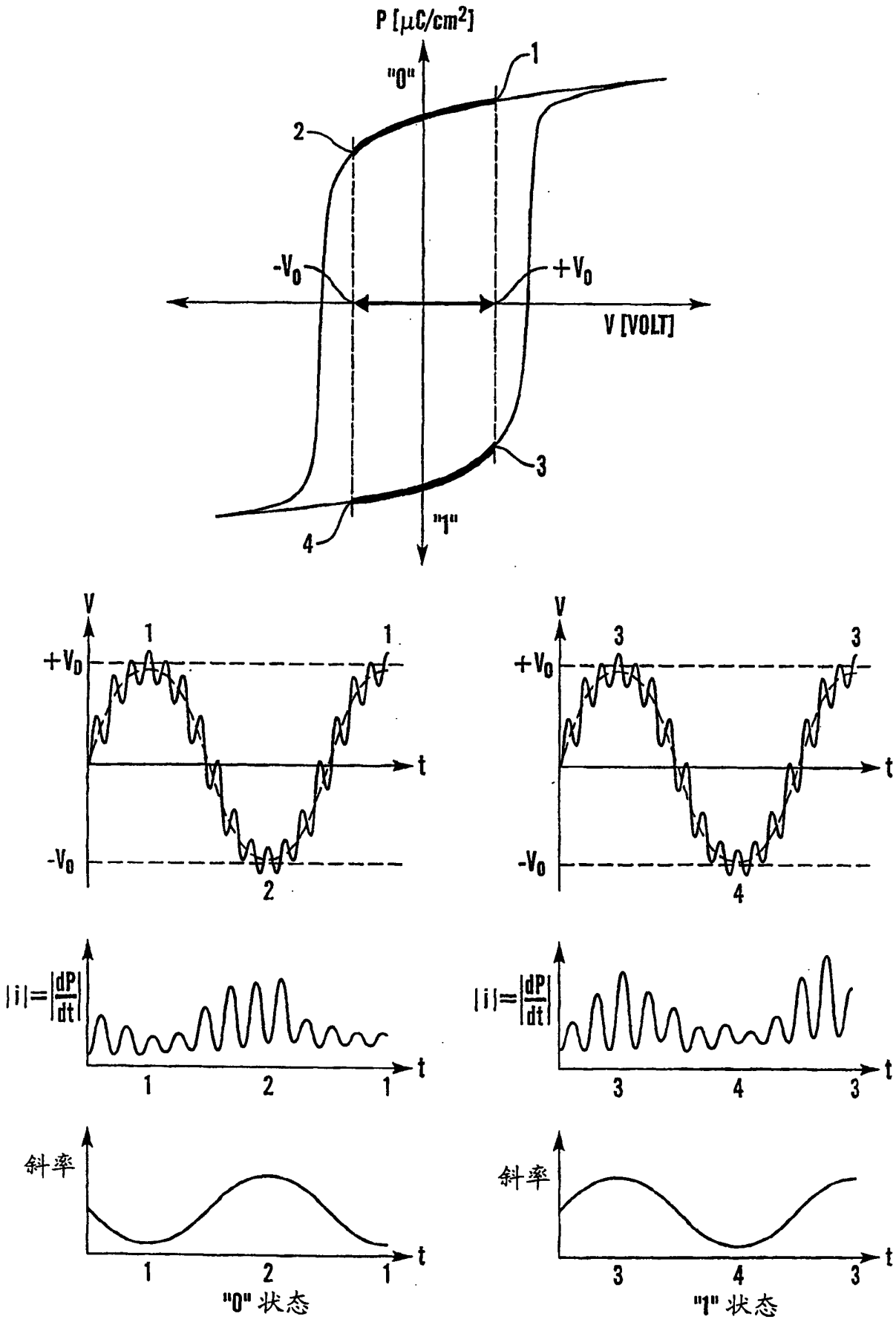


图 4b

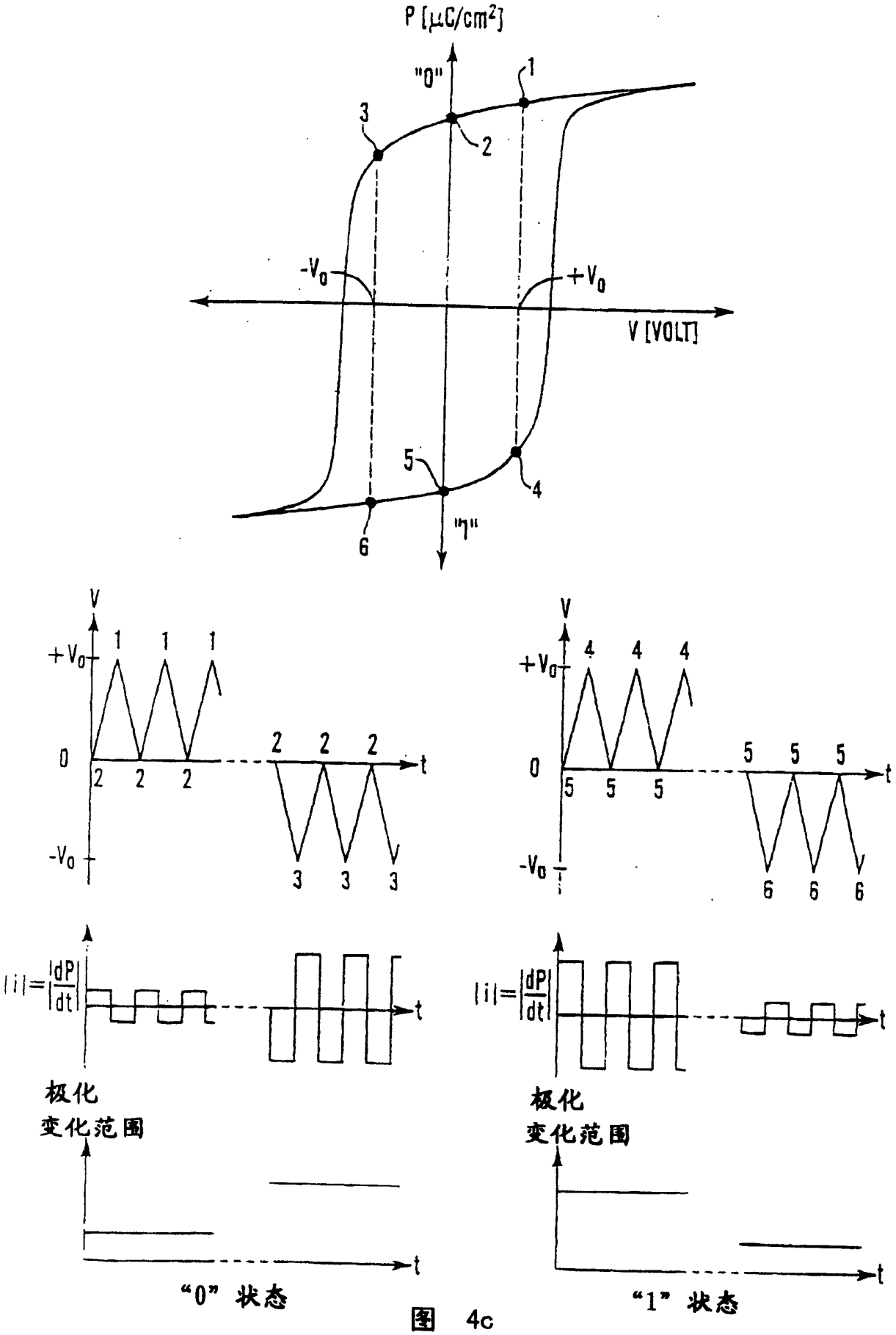


图 4c

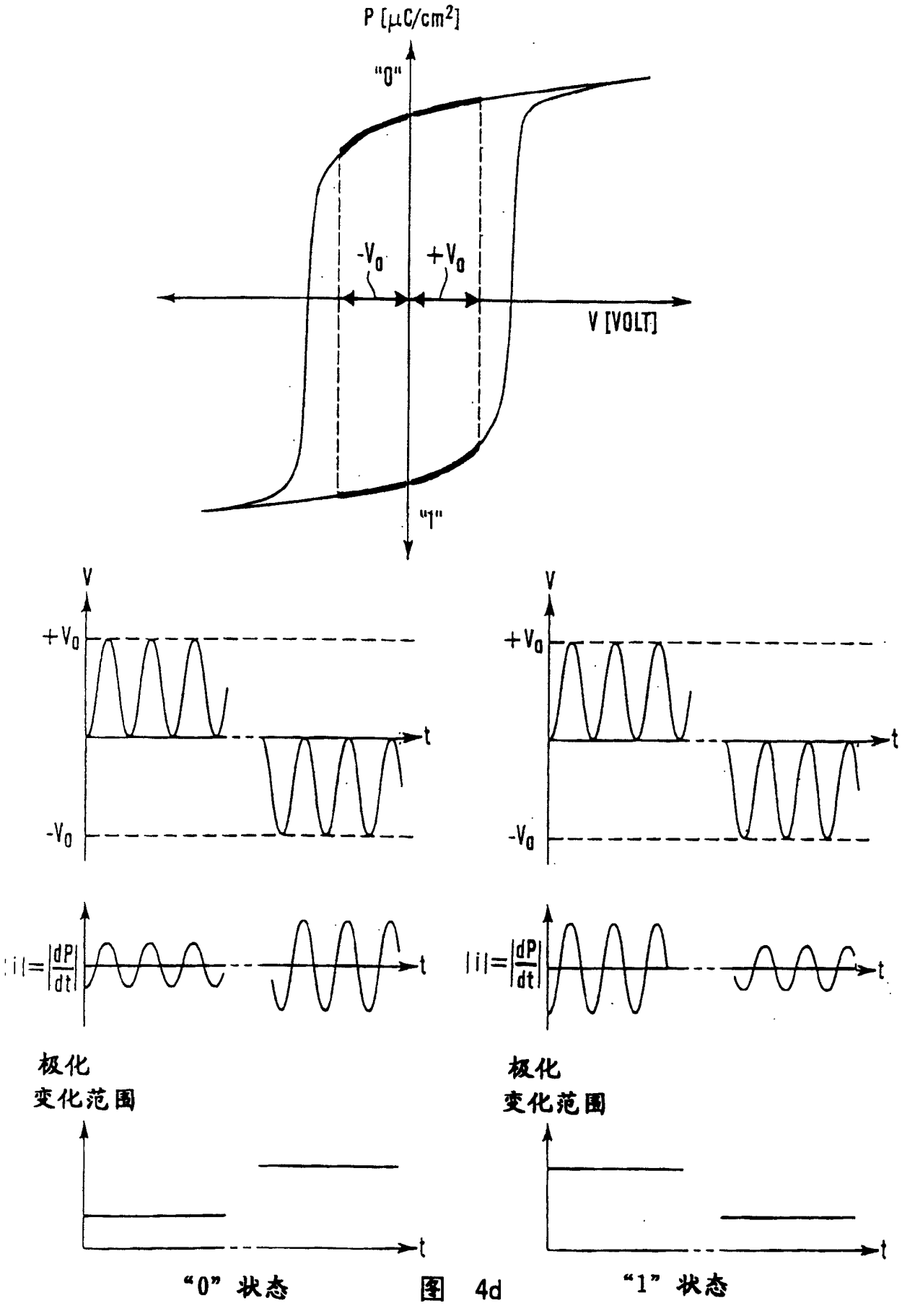


图 4d

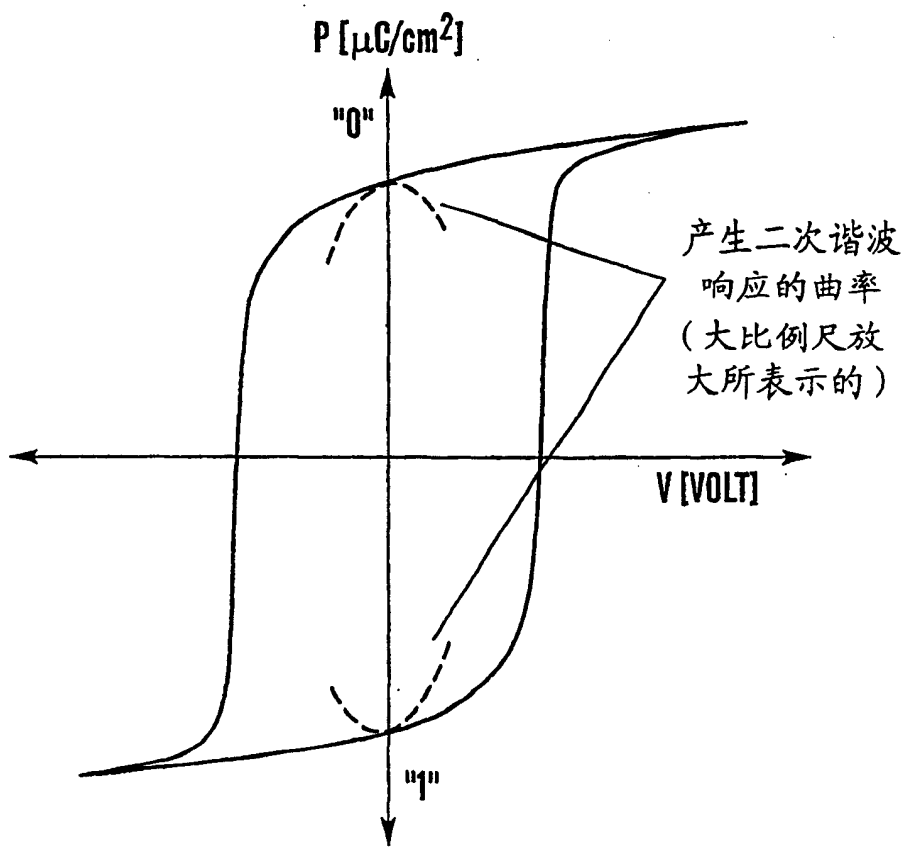

P [μC/cm²]
"0"
产生二次谐波
响应的曲率
(大比例尺放
大所表示的)
V [VOLT]
"1"

图 5a

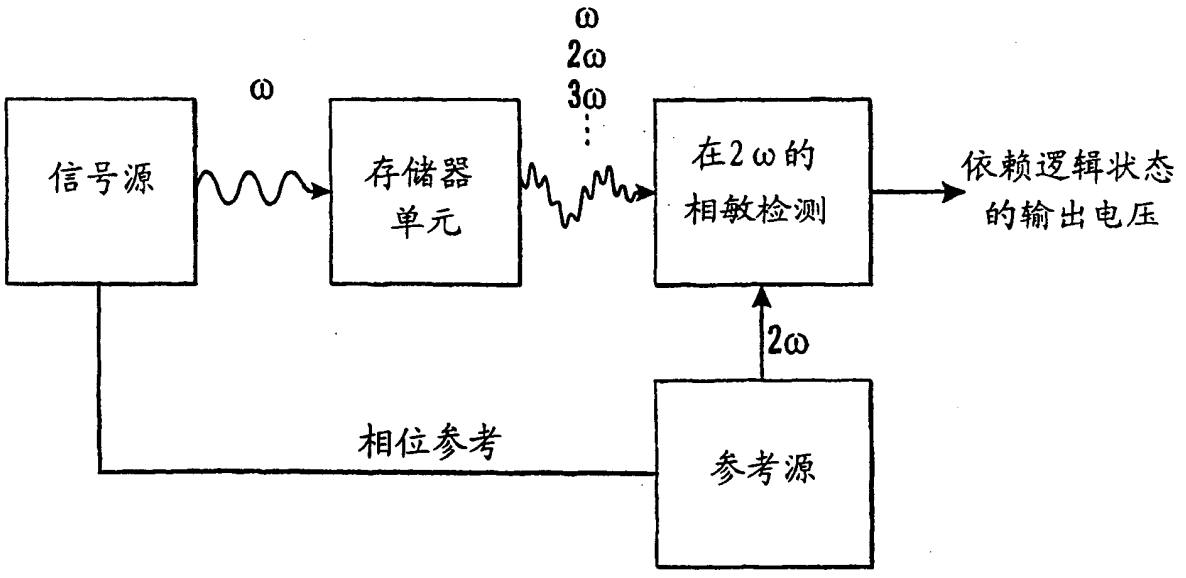

ω
2ω
3ω
ω
信号源
存储器
单元
在2ω的
相敏检测
依赖逻辑状态
的输出电压
2ω
相位参考
参考源

图 5b

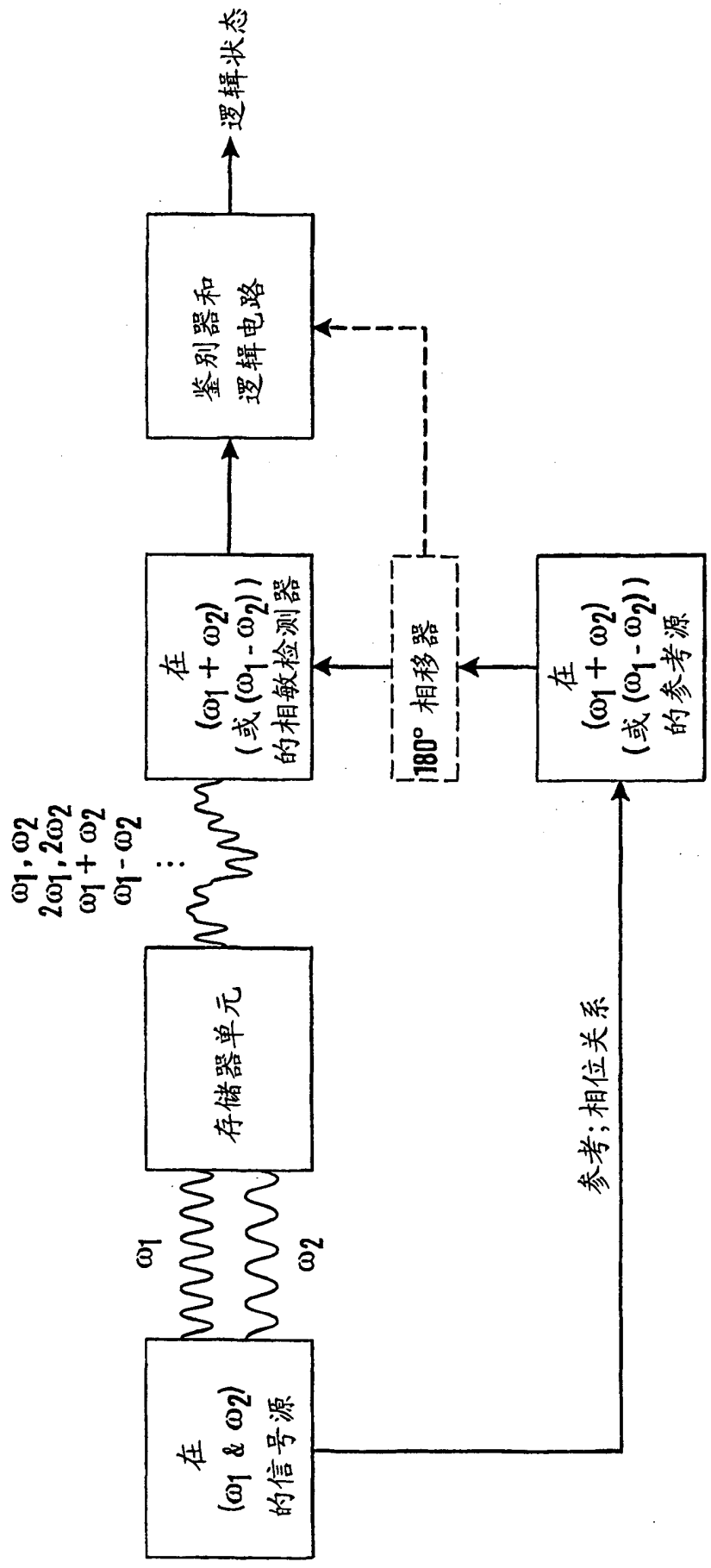

逻辑状态
鉴别器和
逻辑电路
在
(ω1 + ω2)
(或 (ω1 - ω2))
的相敏检测器
180° 相移器
在
(ω1 + ω2)
(或 (ω1 - ω2))
的参考源
ω1, ω2
2ω1, 2ω2
ω1 + ω2
ω1 - ω2
存储器单元
ω1
ω2
在
(ω1 & ω2)
的信号源
参考;相位关系

图 6

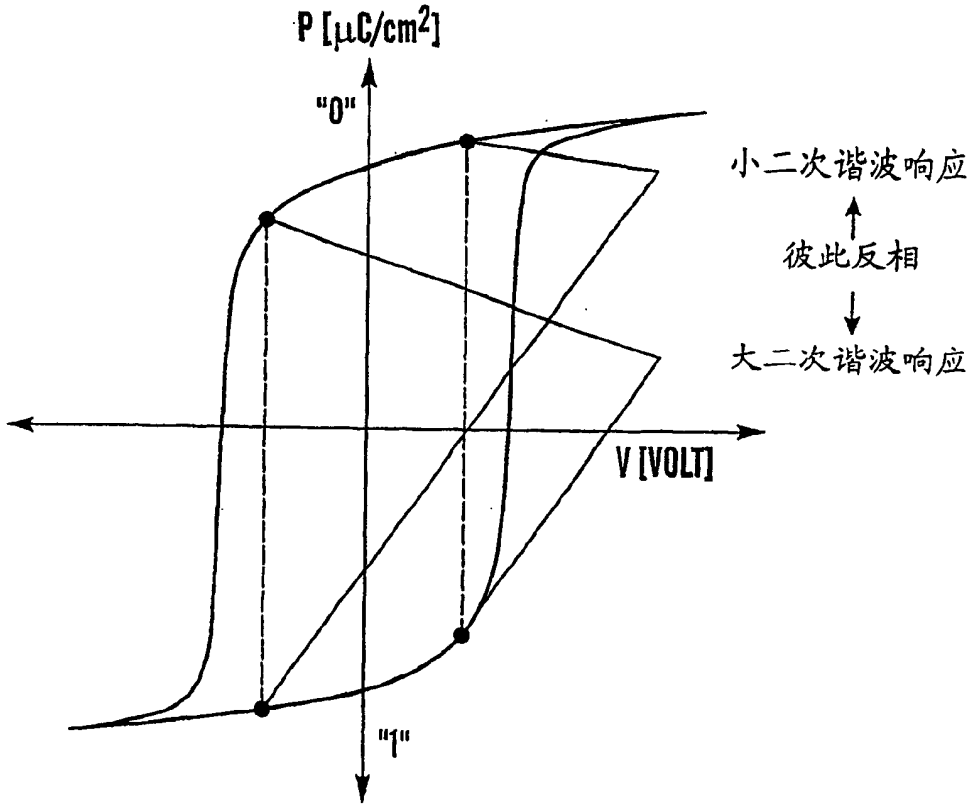

P [μC/cm²]
"0"
小二次谐波响应
彼此反相
大二次谐波响应
V [VOLT]
"1"

图 7a

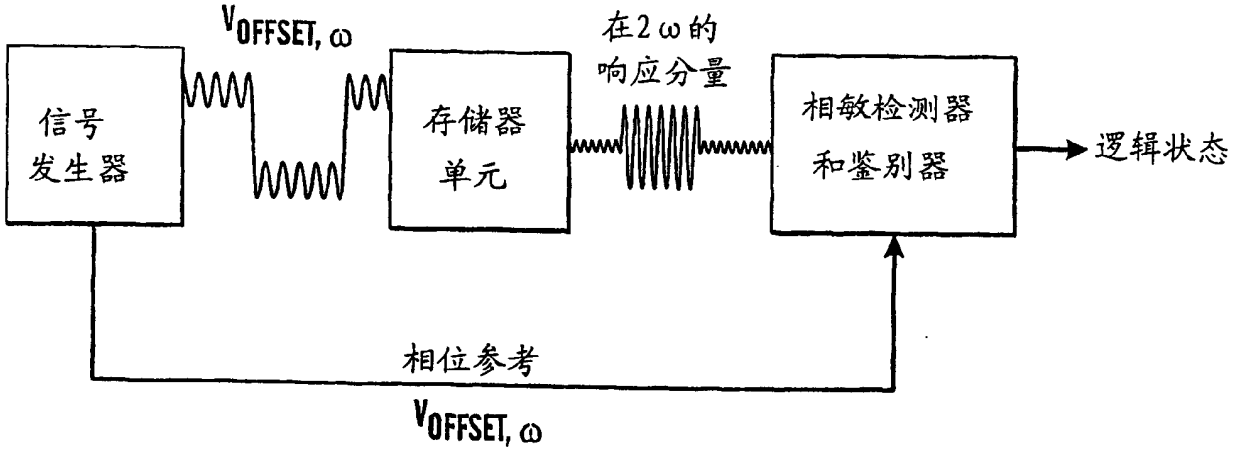

VOFFSET, ω
在2ω的
响应分量
信号
发生器
存储器
单元
相敏检测器
和鉴别器
逻辑状态
相位参考
VOFFSET, ω

图 7b

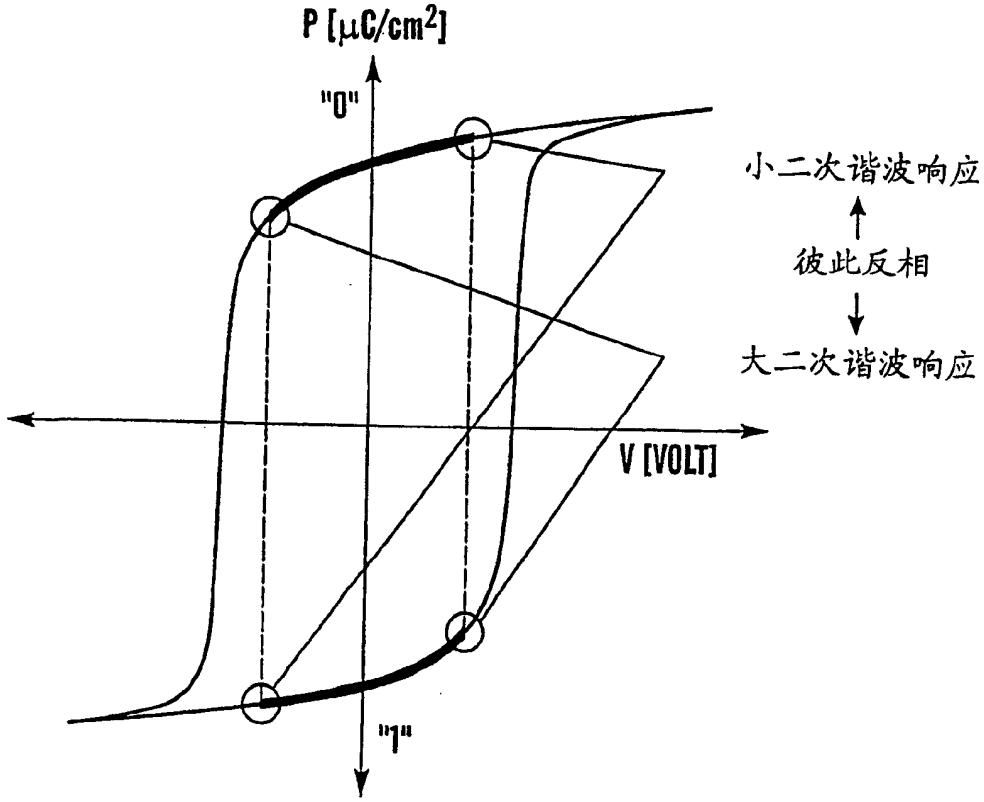

P [μC/cm²]
"0"
小二次谐波响应
彼此反相
大二次谐波响应
V [VOLT]
"1"

图 8a

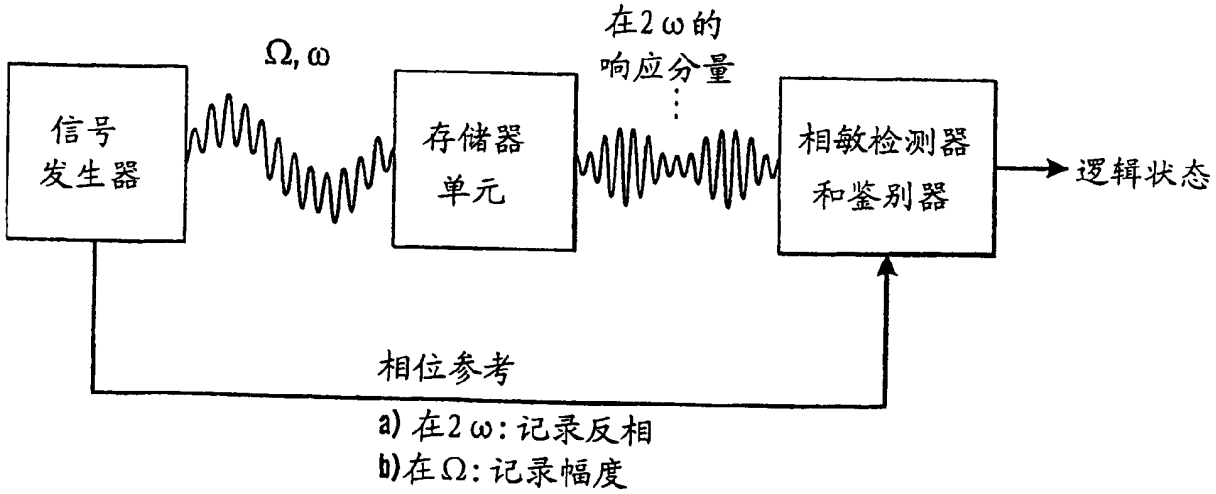

信号
发生器
Ω, ω
存储器
单元
在2ω的
响应分量
相敏检测器
和鉴别器
逻辑状态
相位参考
a) 在2ω:记录反相
b)在Ω:记录幅度

图 8b