(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102768822 B
(45)授权公告日 2015.12.02

(21)申请号 201210158531.4
(22)申请日 2004.03.31
(30)优先权数据
60/320070 2003.03.31 US
60/320207 2003.05.05 US
60/481669 2003.11.19 US
60/481675 2003.11.20 US
60/557094 2004.03.26 US
(62)分案原申请数据
200480008749.5 2004.03.31
(73)专利权人 伊英克公司
地址 美国麻萨诸塞州
(72)发明人 K·R·阿蒙森 R·W·泽纳 A·克奈安 B·齐安
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 王忠忠
(51)Int.Cl.
G09G 3/34(2006.01)
(56)对比文件
CN 1355914 A,2002.06.26, 全文.
CN 1938746 A,2007.03.28, 权利要求1-3,5,7.
CN 1398393 A,2003.02.19, 全文.
CN 1285050 A,2001.02.21, 全文.
JP 2002116734 A,2002.04.19, 全文.
US 6320565 B1,2001.11.20, 全文.
审查员 贺轶

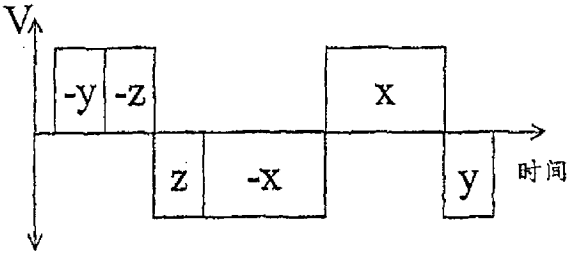
权利要求书2页 说明书37页 附图10页

(54)发明名称

驱动双稳态电光显示器的方法

(57)摘要

本发明提供一种驱动双稳态电光显示器的方法。灰度级双稳态电光显示器通过以下方式来驱动:存储包含表示转变所需的冲激的数据的查找表,存储至少表示显示器的各像素的初始状态的数据,接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号,以及产生表示要施加到像素的像素电压的输出信号。对于各像素存储表示补偿电压的补偿电压数据,各像素的补偿电压根据先前施加到那个像素的至少一个冲激来计算,以及像素电压为由像素的初始、最终状态和查找表所确定的驱动电压以及由像素的补偿电压数据所确定的补偿电压之和。还公开了用于驱动这类显示器的其它类似方法。



CN 102768822 B

1. 一种驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，所述方法包括向显示器的各像素施加有效地将像素从初始状态改变为最终状态的输出信号，其中，对于像素的初始和最终状态不同的至少一个转变，输出信号由具有电压电平 0 的脉冲以及该脉冲前后的具有 +V 和 -V 中同一个的电压电平的至少两个脉冲组成。

2. 一种驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，所述方法包括：

存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表；

存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

产生从所述查找表中确定的、表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号；

其中对于从初始状态到最终状态的至少一个转变，输出信号包含 DC 平衡微调序列，所述序列：

(a) 具有实质上为零的净冲激；以及

(b) 在微调序列中任何点，不会使像素的灰度等级与它在微调序列开始处的灰度等级相差的量超过像素的两个极端光学状态之间的灰度等级差异的大约三分之一。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，对于所述至少一个转变，输出信号除了微调序列之外还包含至少一个单极驱动脉冲。

4. 一种驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，所述方法包括向显示器的各像素施加有效地将像素从初始状态改变为最终状态的输出信号，其中，对于至少一个转变，所述输出信号是非零但 DC 平衡的。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，对于所述至少一个转变，输出信号包含第一对脉冲，其中包括电压脉冲和在其前面的相等长度但相反符号的脉冲。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述输出信号还包含所述两个脉冲之间的零电压周期。

7. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述脉冲中的至少一个通过零电压周期来中断。

8. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，对于所述至少一个转变，输出信号还包含相等长度但相反符号的第二对脉冲。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述第二对脉冲具有与所述第一对脉冲不同的长度。

10. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述第二对脉冲中的第一个具有与所述第一对脉冲中的第一个相反的极性。

11. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述第一对脉冲出现在所述第二对脉冲中的第一个与第二个之间。

12. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，对于所述至少一个转变，输出信号包含有效地将像素实质上驱动到一个光学栏杆的至少一个脉冲元素。

13. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，对于像素的初始和最终状态相同的每个转

变，输出信号是非零但 DC 平衡的，以及对于像素的初始和最终状态不相同的每个转变，输出信号不是 DC 平衡的。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，对于像素的初始和最终状态不相同的每个转变，输出信号具有 -x/ΔIP/x 的形式，其中 ΔIP 是像素的初始和最终状态之间的冲激电位差异，以及 -x 和 x 为相等长度但相反符号的一对脉冲。

15. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于还包括 ：

存储包含表示将像素的初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表 ；

存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据 ；

接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号 ；以及

产生从所述查找表中确定的、表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号。

驱动双稳态电光显示器的方法

[0001] 本申请是申请人伊英克公司于 2004 年 03 月 31 日提交的、发明名称为“驱动双稳态电光显示器的方法”的中国专利申请 200810176162.5 的分案申请。

[0002] 本申请涉及国际申请号 PCT/US02/37241、公布号 WO03/044765，通过引用将它们的完整内容结合于本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于驱动电光显示器、特别是双稳态电光显示器的方法；本申请还涉及用于这类方法的设备。更具体来说，本发明涉及驱动方法及设备（控制器），它们用于实现电光显示器的像素的灰度状态的更精确控制。本发明还涉及实现施加到电泳显示器上的驱动冲激的长期直流 (DC) 平衡的方法。本发明特别地但不是排他地预计与基于颗粒的电泳显示器配合使用，在这种基于颗粒的电泳显示器中，一种或多种类型的带电颗粒悬浮在流体中，并在电场的影响下通过流体移动，从而改变显示的外观。

背景技术

[0004] 应用于材料或显示器的术语“电光”在本文中以它在成像领域中的传统含义用来表示具有至少一种光学属性不同的第一和第二显示状态的材料，通过对材料施加电场，所述材料从它的第一显示状态改变为它的第二显示状态。虽然光学属性通常是肉眼可感知的色彩，但也可以是另一种光学属性，例如光透射、反射、发光，或者是在预计用于机器阅读的显示的情况下、可见范围之外的电磁波长的反射变化的意义上的伪色。

[0005] 术语“灰度状态”在本文中以它在成像领域中的传统含义用来表示像素的两个极端光学状态中间的状态，并且不一定表示这两种极端状态之间的黑白转变。例如，下面引用的若干专利和已公布的申请描述了一些电泳显示器，其中的极端状态为白色和深蓝色，使得中间“灰度状态”实际上为淡蓝色。实际上，如上所述，两个极端状态之间的转变可能根本不是色彩变化。

[0006] 术语“双稳态”和“双稳定性”在本文中以它们在显示器领域中的传统含义用来表示包括具有至少一个光学属性不同的第一和第二显示状态的显示元件的显示器，使得在通过有限持续时间的寻址脉冲驱动任何给定元件之后，为了呈现其第一或第二显示状态，在寻址脉冲结束之后，那个状态至少持续若干倍、例如改变显示元件状态所需的寻址脉冲的最小持续时间的至少四倍。在已公布的美国专利申请号 2002/0180687 中表明，某些具有灰度级能力的基于颗粒的电泳显示器不仅在其极端的黑和白状态、而且在其中间灰度状态中都是稳定的，对于其它某些类型的电光显示器也是这样。这种类型的显示器正确地称作“多稳态”而不是双稳态，但为了方便起见，术语“双稳态”在本文中可用于涵盖双稳态以及多稳态显示器。

[0007] 术语“伽玛电压”在本文中用来表示驱动器用于确定要施加到显示器的像素上的电压的外部电压参考。大家会理解，双稳态电光介质不显示所施加电压与液晶的光学状态特征之间的一对一相关的类型，术语“伽玛电压”的使用在本文中不完全等同于传统的液晶

显示器，其中伽玛电压确定电压电平 / 输出电压曲线中的拐点。

[0008] 术语“冲激 (impulse)”在本文中以它的电压对时间的积分的传统含义来使用。但是，某些双稳态电光介质用作电荷换能器，对于这类介质，可采用冲激的另一个定义、即电流对时间的积分（它等于所施加的总电荷）。根据介质是用作电压 - 时间冲激换能器还是用作电荷冲激换能器，应采用冲激的适当定义。

[0009] 若干类型的电光显示器是已知的。一种类型的电光显示器是旋转双色构件类型，例如美国专利号 5808783、5777782、5760761、6054071、6055091、6097531、6128124、6137467 以及 6147791 中所述（但这种类型的显示器往往称作“旋转双色球”显示器，更精确地说，术语“旋转双色构件”更适宜，因为在部分以上所述的专利中，旋转构件不是球形的）。这种显示器采用具有带不同光学特性的两个或两个以上部分的大量小物体（通常为球形或圆柱形）和一个内部偶极子。这些物体悬浮在基体内的流体填充的液泡中，这些液泡填充了流体，使得物体可自由旋转。显示器的外观改变为向其中施加电场，从而将物体旋转到不同位置，以及改变物体的哪些部分通过观看表面可看到。这种类型的电光介质通常是双稳态的。

[0010] 另一种类型的电光显示器采用电致变色介质，例如包含至少部分由半导体金属氧化物构成的电极以及附加到电极上具有可逆变色能力的多个染色分子的毫微变色薄膜的形式的电致变色介质；例如参见 O’Regan, B. 等人的“自然”(1991,353,737) 以及 Wood, D. 的“信息显示”(18(3),24(2002 年 3 月))。又参见 Bach,U. 等人的“Adv. Mater.”(2002, 14(11),845)。例如在美国专利号 6301038、国际申请公布号 WO01/27690 以及在美国专利申请 2003/0214695 中还描述了这种类型的毫微变色薄膜。这种类型的介质通常也是双稳态的。

[0011] 多年来一直是主要研发主题的另一种类型的电光显示器是基于颗粒的电泳显示器，在其中，多个带电颗粒在电场影响下移动通过悬浮流体。与液晶显示器相比，电泳显示器可具有良好的亮度和对比度、宽视角、状态双稳定性以及低功耗的属性。但是，这些显示器的长期图像质量所具有的问题妨碍了它们的广泛应用。例如，构成电泳显示器的颗粒往往会沉淀，使这些显示器的使用期限不够。

[0012] 最近已经公布了转让给Massachusetts Institute of Technology(MIT)和E Ink Corporation或者以其名义的大量专利及申请，它们描述了封装电泳介质。这类封装介质包括许多小胶囊，各胶囊本身包括含悬浮在流体悬浮介质中的电泳移动颗粒的内相以及环绕内相的胶囊壁。胶囊本身通常保持在聚合物粘合剂中，以便形成位于两个电极之间的粘结层。例如，在美国专利号 5930026、5961804、6017584、6067185、6118426、6120588、6120839、6124851、6130773、6130774、6172798、6177921、6232950、6249721、6252564、6262706、6262833、6300932、6312304、6312971、6323989、6327072、6376828、6377387、6392785、6392786、6413790、6422687、6445374、6445489、6459418、6473072、6480182、6498114、6504524、6506438、6512354、6515649、6518949、6521489、6531997、6535197、6538801、6545291、6580545、6639578、6652075、6657772、6664944、6680725、6683333 和 6704133，以及美国专利申请号 2002/0019081、2002/0021270、2002/0053900、2002/0060321、2002/0063661、2002/0063677、2002/0090980、2002/0106847、2002/0113770、2002/0130832、2002/0131147、2002/0145792、2002/0171910、2002/0180687、

2002/0180688、2002/0185378、2003/0011560、2003/0011868、2003/0020844、2003/0025855、2003/0034949、2003/0038755、2003/0053189、2003/0096113、2003/0102858、2003/0132908、2003/0137521、2003/0137717、2003/0151702、2003/0189749、2003/0214695、2003/0214697、2003/0222315、2004/0008398、2004/0012839、2004/0014265 和 2004/0027327，以及国际申请公布号 WO 99/67678、WO 00/05704、WO 00/38000、WO 00/38001、WO00/36560、WO 00/67110、WO 00/67327、WO 01/07961、WO 01/08241、WO 03/092077 和 WO 03/107315 中描述了这种类型的封装介质。

[0013] 上述许多专利及申请认识到：封装电泳介质中环绕分立胶囊的壁可由连续相来代替，从而产生所谓的“聚合物分散的电泳显示器”，其中电泳介质包括电泳液的多个离散液滴以及聚合材料的连续相；以及这种聚合物分散的电泳显示器中的电泳液的离散液滴可看作胶囊或微胶囊，即使没有离散胶囊薄膜与各个单独液滴关联；参见例如上述 2002/0131147。因此，为了本申请，这类聚合物分散的电泳介质被看作封装电泳介质的亚种。

[0014] 封装电泳显示器通常不会遇到传统电泳装置的群聚和沉降故障模式，并且提供其它优点、例如能够在各种各样柔性和刚性衬底上印制或涂敷显示器。（词“印制”的使用意在包含所有形式的印制和涂敷，包括但不限于：预先计量涂敷，如片模涂层、狭缝或挤压涂敷、滑动或层叠涂敷、幕式淋涂；辊涂，如辊衬刮刀辊涂、正向和反向辊涂；照相凹板式涂敷；浸渍涂布；喷涂；液面弯曲涂敷；旋涂；刷涂；气刀涂敷；丝网印刷工艺；静电印刷工艺；热印刷工艺；喷墨印刷工艺；以及其它类似技术。）因此，所产生的显示器可以是柔性的。此外，由于可印制显示介质（采用多种方法），因此能够以较低成本来制作显示器本身。

[0015] 相关类型的电泳显示器是所谓的“微单元电泳显示器”。在微单元电泳显示器中，带电颗粒和悬浮流体未封装在胶囊中，而是保持于通常为聚合物薄膜的载体介质内形成的多个空腔中。例如参见国际申请公布号 WO 02/01281 和美国专利申请公布号 2002/0075556，它们均转让给 Sipix Imaging，Inc.。

[0016] 虽然电泳介质往往是不透明的（因为例如在许多电泳介质中，颗粒实质上阻挡了可见光透过显示器），并且以反射模式进行工作，但是许多电泳显示器可制作成以所谓的“快门模式”进行工作，其中一种显示状态实质上不透明，而一种则是透光的。例如参见上述美国专利号 6130774 和 6172798，以及美国专利号 5872552、6144361、6271823、6225971 和 6184856。与电泳显示器相似但依靠电场强度变化的介电电泳显示器可以类似模式进行工作；参见美国专利号 4418346。

[0017] 基于颗粒的电泳显示器以及显示类似性能的其它电光显示器的双稳态或多稳态性能与传统的液晶（“LC”）显示器形成鲜明对照。扭转向列液晶动作不是双稳态或多稳态的，而是用作电压换能器，使得对这种显示器的像素施加给定电场会在此像素上产生特定灰度等级，而与此像素上先前呈现的灰度等级无关。此外，LC 显示器仅以一个方向（从不透射或“暗”到透射或“亮”）被驱动，从较亮状态到较暗状态的逆转变通过降低或消除电场来实现。最后，LC 显示器的像素的灰度等级对电场的极性不敏感而仅对其大小敏感，实际上，由于技术原因，商业 LC 显示器通常频繁地反转驱动电场的极性。

[0018] 相反，双稳态电光显示器相当近似地用作冲激换能器，使得像素的最终状态不仅取决于所施加的电场以及施加这个电场的时间，而且还取决于施加电场之前像素的状态。

此外，现在已经发现，至少在许多基于颗粒的电光显示器的情况下，通过灰度等级的相等变化（由眼睛或通过标准光学仪器来判断）改变给定像素所需的冲激不一定是恒定的，它们也不一定是可换向的。例如，考虑其中每个像素可显示最好是间隔开的灰度等级 0（白色）、1、2 或 3（黑色）的显示器。（这些等级之间的间隔可能在如通过眼睛或者通过仪器测量的百分比反射率中是线性的，但也可采用其它间隔。例如，间隔可能在 L* 中是线性的（其中 L* 具有通常的 CIE 定义：

[0019] $L^* = 116(R/R_0)^{1/3}-16$，

[0020] 其中 R 为反射率，以及 R_0 为标准反射率值），或者可选择成提供特定伽玛；对于监视器往往采用 2.2 的伽玛，以及在这些显示器用于代替监视器的情况下，类似伽玛的使用可能是符合需求的。）已经发现，将像素从等级 0 改变为等级 1（以下为方便起见而称作“0-1 转变”）所需的冲激往往与 1-2 或 2-3 转变所需的不相同。此外，1-0 转变所需的冲激不一定与 0-1 转变的反转相同。另外，某些系统看起来显示“记忆”效应，使得比如 0-1 转变所需的冲激在某种程度随特定像素是否经过 0-0-1、1-0-1 或 3-0-1 转变而变化。（在其中，其中 x、y 和 z 都为光学状态 0、1、2 或 3 的表示法“x-y-z”表示从先到后列示的、在时间上依次达到的光学状态的序列。）虽然这些问题可通过在将所需像素驱动到其它状态之前的充分时间段将显示器的所有像素驱动到极端状态之一来减少或解决，但是所产生的纯色的“闪烁”往往是不可接受的；例如，电子书的读者可能希望书籍的文本顺屏幕向下滚动，但如果显示器需要频繁地闪烁纯黑色或纯白色，则可能会分心或者找不到上次阅读的位置。此外，显示器的这种闪烁增加了它的能量消耗，并且可能降低显示器的工作寿命。最后，已经发现，至少某些情况下，特定转变所需的冲激受到温度和显示器的总工作时间、以及受到特定像素在给定转变之前保持在特定光学状态中的时间的影响，以及对这些因素的补偿是确保精确灰度级重现所希望的。

[0021] 此外，通过前面的论述将非常清楚，双稳态电光介质的驱动要求使得为驱动有源矩阵液晶显示器 (AMLCD) 设计的未修改驱动器不适合用于基于双稳态电光介质的显示器。但是，这类 AMLCD 驱动器是具有大容许电压范围和高引脚数封装的现成市场有售的，并且价格低廉，使得这类 AMLCD 驱动器对于驱动双稳态电光显示器具有吸引力，而为基于双稳态电光介质的显示器定制设计的类似驱动器实质上更为昂贵，并且涉及大量设计和生产时间。因此，在修改 AMLCD 驱动器以便与双稳态电光显示器配合使用方面存在成本和开发时间优势，本发明设法提供使这个目的能够实现的方法及修改的驱动器。

[0022] 另外，如上所述，本发明涉及实现施加到显示器上的驱动冲激的长期 DC 平衡、用于驱动电泳显示器的方法。已经发现，封装的及其它电泳显示器需要采用精确地 DC 平衡的波形（即显示器的任何特定像素的电流对时间的积分应当在显示器工作的延长时段保持为零）来驱动，以便保持图像稳定性，保持对称交换特性，以及提供显示器的最大有用工作寿命。用于保持精确的 DC 平衡的传统方法要求精确稳压电源、灰度级的精确电压调制驱动器以及用于定时的晶体振荡器，并且这些及类似组件的规定极大增加了显示器的成本。

[0023] （严格来说，DC 平衡应当在考虑了电光介质本身所受到的电压的情况下“内部”测量。但是，实际上，在可能包含成千上万个像素的正在工作的显示器中进行这类内部测量是不可行的，以及实际上，DC 平衡采用“外部”测量、即施加到电光介质的相对侧上所设置的电极上的电压来进行测量。此外，论述 DC 平衡时通常进行两种假设。首先通常具有充分理

由地假定，电光介质的传导性不是极性的函数，使得在施加恒定电压时，脉冲长度是跟踪 DC 平衡的适当方法。其次假定，电光介质的传导性与所施加电压成比例，使得可利用冲激来跟踪 DC 平衡。）

[0024] 以下将术语“超帧”用来表示实现从初始图像到最终图像的全部必要灰度等级改变所需的连续显示扫描帧的序列。显示更新通常仅在超帧开始时发起。

[0025] 上述 WO 03/044765 描述了一种驱动具有均能够显示至少三个灰度等级（作为显示器领域的惯例，为了计算灰度等级的数量，极端黑色和白色状态被看作两个灰度等级）的多个像素的双稳态电光显示器的方法。此方法包括：

[0026] 存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表；

[0027] 存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

[0028] 接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

[0029] 产生表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号，这从查找表中确定。

[0030] 为了方便起见，这个方法以下可称作“基本查找表方法”。

[0031] 发明内容 [0030] 取决于所存储的先前状态的数量，查找表方法中使用的查找表可能变得极大。举一个极端的实例，思考采用考虑了初始、最终以及两个先前状态的算法、用于 256(2^8) 灰度等级显示器的查找表方法。必要的四维查找表具有 2^{32} 个条目。如果每个条目要求（比如）64 位 (8 字节)，则查找表的总大小将大约为 32 千兆字节。虽然存储这个数量的数据对于台式计算机没有带来问题，但可能在便携装置中出现问题。在另一方面，本发明提供一种用于驱动双稳态电光显示器的方法，它获得与查找表方法类似的结果，但不需要存储极大的查找表。

[0032] 本发明的一个方面涉及用于采取允许显示器的一部分以不同于显示器的其余部分的位深度（即不同的灰度级等级数量）工作的方式来驱动双稳态电光显示器的方法及设备。从上述 WO 03/044765 的图 11A 和 11B 所述的锯齿驱动方法的描述中，本领域的技术人员非常清楚，具有多个灰度级等级的双稳态电光显示器的一般图像流中的连续图像之间的转变可能比同样显示器以单色模式驱动时的转变明显更长。灰度级转变通常可达到相应单色转变的长度的四倍。当显示器用来呈现一系列图像、例如一系列照片或电子书的连续页面时，较慢的灰度级转变可能不会令人不快。但是，实现这种显示器的有限区域的快速更新，有时是有用的。例如，考虑下面的情况：用户采用这种显示器来审查数据库中存储的照片系列，以便对每张照片输入关键字或用于帮助以后从数据库检索图像的其它索引项。在这种情况下，连续照片之间的较慢转变可能是容许的；例如，如果用户花费一到两分钟研究每张照片并决定索引项，则连续照片之间一到两秒的转变不会极大地影响用户的生产率。但是，尝试过在具有不足处理能力的计算机上运行字处理程序的任何人都非常了解，更新在其中显示用户输入的索引项的对话框时，一到两秒的延迟使人极为沮丧，并且可能导致大量打字错误。因此，在这种以及类似的情况下，有利的是能够以单色模式运行对话框以允许快速转变，同时继续以灰度级模式运行显示器的其余部分以使图像能够精确再现，本发明提供使这个目的能够实现的方法及设备。

[0033] 本发明的另一个方面涉及无需电压微调控制而实现对冲激驱动成像介质的灰度

等级的微调控制的方法。虽然已经表明，电泳以及其它一些电光显示器呈现双稳定性，但这种双稳定性不是无限制的，以及显示器上的图像随时间缓慢衰减，使得如果图像要保持延长时段，则图像可能必需定期刷新，以便将图像恢复到它最初被写入时的光学状态。

[0034] 但是，图像的这种刷新可能导致它自身的问题。如上述美国专利号 6531997 和 6504524 中所述，如果用于驱动显示器的方法未产生电光介质上的零或接近零的净时间平均施加电场，则可能会遇到问题，并且显示器的工作寿命可能减少。在电光介质上产生零净时间平均施加电场的驱动方法适宜地称作“直流平衡”或“DC 平衡”。如果图像要通过施加刷新脉冲来保持延长时段，则这些脉冲必需具有与产生 DC 不平衡驱动方案的、最初用于将显示器的相关像素驱动到所保持的光学状态的寻址脉冲相同的极性。

[0035] 实现冲激驱动介质中的精确灰度级等级的一个难题是施加适当的电压冲激以便取得预期的灰色调。光学状态之间令人满意的转变可通过全部或部分驱动波形的电压的微调控制来实现。对于精确度的需要可从以下实例中理解。考虑以下情况：当前图像由半黑色和半白色的屏幕组成，预期的下一个图像是介于黑色与白色之间的均匀灰度。为了实现均匀灰度等级，用于从黑色转到灰色以及从白色转到灰色的冲激必需经过细微调整，使得从黑色得到的灰度等级与来自白色的灰度等级匹配。如果所得到的最终灰度等级是显示的先前灰度等级历史的函数，则进一步需要微调。例如，如上所述，从黑色转到灰色时所实现的光学状态可能不仅是所施加波形的函数，而且是在当前黑色状态之前所达到的什么状态的函数。然后希望让显示模块跟踪显示历史的某些方面、如先前图像状态，并允许对波形的微调，以便补偿这个先前状态历史（参见下文以获得关于这方面的更详细论述）。

[0036] 冲激的微调可以通过以高精度调整所施加脉冲的宽度、仅采用三个电压电平（0、+V、-V）来实现。但是，这对于有源矩阵显示器是不希望的，因为帧频必需提高以便得到高脉宽分辨率。高帧频增加显示器的功耗，并且对控制及驱动电子设备提出更高的要求。因此，以大大高于 60-75Hz 的帧频来操作有源矩阵显示器不是所希望的。

[0037] 冲激的微调还可在多个细微间隔的电压可用时来实现。在有源矩阵驱动中，这要求可输出在可用电压的至少一个子集上可用的许多电压集合之一的源驱动器。例如，对于输出 -10 与 +10V 之间的驱动器，可能有利的是，具有可用的 0V，以及 -10 与 -7V 之间以及 7 与 10V 之间的两个范围的电压，其中具有 -10 与 -7V 之间的 16 个不同的电压电平以及 7 与 10V 之间的 16 个不同的电压电平，从而使所需电压电平的总数达到 33（参见表 1）。然后，例如通过对寻址周期的上一个或多个扫描帧在 +7 与 +10V 之间或者 -10 与 -7V 之间改变电压，可实现对光学最终状态的微调控制。这种方法是用于实现可接受显示性能的电压调制技术的一个实例。

[0038] 表 1：电压调制驱动所需的电压的实例

[0039]

-10.0V	-7.8V	8.0V
-9.8V	-7.6V	8.2V
-9.6V	-7.4V	8.4V

-9.4V	-7.2V	8.6V
-9.2V	-7.0V	8.8V
-9.0V	0.0V	9.0V
-8.8V	7.0V	9.2V
-8.6V	7.2V	9.4V
-8.4V	7.4V	9.6V
-8.2V	7.6V	9.8V
-8.0V	7.8V	10.0V

[0040] 采用电压调制技术的缺点在于，驱动器必须具有某个范围的电压微调控制。显示模块成本可通过采用只提供两个或三个电压的驱动器来降低。

[0041] 在另一个方面，本发明设法提供用于采用仅具有可用电压的小集合的驱动器来实现灰度等级的微调控制的方法，尤其是在冲激的控制过于粗略而无法实现可接受显示性能所需的微调的情况下。因此，本发明的这个方面设法提供无需电压微调控制而实现对冲激驱动成像介质的灰度等级的微调控制的方法。本发明的这个方面例如可应用于具有仅能输出两种或三种电压的源驱动器的有源矩阵显示器。

[0042] 在另一个方面，本发明涉及采用包含至少一些直流 (DC) 平衡转变的驱动方案来驱动电光显示器的方法。由于上述共同未决申请中详细说明的原因，当驱动电光显示器时，希望采用 DC 平衡的、即具有以下属性的驱动方案 ：对于光学状态的任何序列，每当最终光学状态匹配初始光学状态时，所施加电压的积分为零。这保证电光层遇到的净 DC 不平衡受到已知值的限制。例如，15V、300ms 脉冲可用于将电光层从白色驱动到黑色状态。在这个转变之后，成像层遇到 4.5V-s 的 DC 不平衡冲激。为了将薄膜重新驱动到白色，如果使用 -15V、300ms 的脉冲，则成像层在从白色到黑色并返回到白色的转变系列上为 DC 平衡的。

[0043] 还已经发现，希望采用其中至少部分转变本身为 DC 平衡的驱动方案 ；这类转变以下称作“DC 平衡转变”。DC 平衡转变没有净电压冲激。仅采用 DC 平衡转变的驱动方案波形让电光层在每个转变之后保持 DC 平衡。例如，-15V、300ms 的脉冲之后跟随 15V、300ms 的脉冲可用于将电光层从白色驱动到黑色。这个转变上的电光层上的净电压冲激为零。然后可使用 15V、300ms 的脉冲之后跟随 -15V、300ms 的脉冲将电光层重新驱动到白色。净电压冲激在这个转变上又为零。

[0044] 由所有 DC 平衡转变单元组成的驱动方案必定为 DC 平衡的波形。还可能制定一种 DC 平衡驱动方案，它包含 DC 平衡转变和 DC 不平衡转变，下面进行详细论述。

[0045] 在一个方面，本发明提供驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，该方法包括 ：

[0046] 存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表 ；

[0047] 存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

[0048] 存储表示用于显示器的各像素的补偿电压的补偿电压数据，用于任何像素的补偿电压根据先前施加到那个像素的至少一个冲激来计算；

[0049] 接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

[0050] 产生表示待施加到所述一个像素的像素电压的输出信号，所述像素电压为从像素的初始和最终状态和查找表所确定的驱动电压与从用于像素的补偿电压数据所确定的补偿电压之和。

[0051] 为了方便起见，这个方法以下称作本发明的“补偿电压”方法。

[0052] 在这种补偿电压方法中，用于各像素的补偿电压可根据像素的时间先前状态和像素的灰度等级先前状态中的至少一个来计算。另外，用于各像素的补偿电压可在驱动电压施加到像素的周期中以及在没有驱动电压施加到像素的保持周期中都施加到那个像素。

[0053] 由于以下详细说明的原因，需要定期更新本发明的补偿电压方法中所使用的补偿电压。用于各像素的补偿电压可在每个超帧期间（显示器的完全寻址所需的周期）更新。用于各像素的补偿电压可通过以下方式来更新：(1) 采用与相关超帧期间施加的脉冲无关的固定算法来修改补偿电压的先前值；以及 (2) 将来自步骤 (1) 的值增加由相关超帧期间施加的脉冲所确定的量。在这种更新过程的一个优选变体中，用于各像素的补偿电压通过以下方式来更新：(1) 将补偿电压的先前值除以固定常数；以及 (2) 将来自步骤 (1) 的值增加实质上与在相关超帧期间施加到电光介质的电压 / 时间曲线下的总面积成比例的量。

[0054] 在本发明的补偿电压方法中，补偿电压可采取在至少一个驱动脉冲结束时施加的按指数衰减电压的形式来施加。

[0055] 本发明还提供用于这种补偿电压方法中的设备控制器。所述控制器包括：

[0056] 存储部件，设置成存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的脉冲的数据、至少表示显示器的各像素的初始状态的数据的查找表以及用于显示器的各像素的补偿电压数据；

[0057] 输入部件，用于接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；

[0058] 计算部件，用于从输入信号、所存储的表示所述像素的初始状态的数据以及查找表来确定将所述一个像素的初始状态改变到预期最终状态所需的驱动电压，该计算部件还从用于所述像素的补偿电压数据确定用于所述像素的补偿电压，并将驱动电压与补偿电压相加以确定像素电压；以及

[0059] 输出部件，用于产生表示所述像素电压的输出信号。

[0060] 在这种控制器中，计算部件可设置成根据像素的时间先前状态和像素的灰度等级先前状态中的至少一个来确定补偿电压。另外，输出部件还可设置成在驱动电压施加到像素的周期中以及在没有驱动电压施加到像素的保持周期中都对像素施加补偿电压。

[0061] 此外，在这种控制器中，计算部件可设置成在显示器的完全寻址所需的每个超帧期间更新用于各像素的补偿电压。对于这种更新，计算部件可设置成通过以下方式来更新用于各像素的补偿电压：(1) 采用与相关超帧期间施加的脉冲无关的固定算法来修改补偿电压的先前值；以及 (2) 将来自步骤 (1) 的值增加由相关超帧期间施加的脉冲所确定的量。在这个过程的一个优选变体中，计算部件设置成通过以下方式来更新用于各像素的补偿电压：(1) 将补偿电压的先前值除以固定常数；以及 (2) 将来自步骤 (1) 的值增加实质上与在

相关超帧期间施加到电光介质的电压 / 时间曲线下的总面积成比例的量。

[0062] 控制器的输出部件可设置成采取在至少一个驱动脉冲结束时所施加的按指数衰减电压的形式来施加补偿电压。

[0063] 在另一个方面，本发明提供一种用于更新双稳态电光显示器的方法，该双稳态电光显示器包括：排列成多行和列的多个像素，使得各像素由指定行和指定列的相交处唯一定义；以及驱动部件，用于向每个像素独立地施加电场以改变像素的显示状态，各像素具有至少三种不同的显示状态，该方法包括：

[0064] 存储表示包含所述显示器的一部分但并非全部的所定义区域的区域数据；

[0065] 对于各像素确定此像素是在所定义区域之内还是之外；

[0066] 向所定义区域内的像素应用第一驱动方案，以及向所定义区域之外的像素应用与第一驱动方案不同的第二驱动方案。

[0067] 为了方便起见，这个方法以下称作本发明的“定义区域”方法。

[0068] 在这种定义区域方法中，第一和第二驱动方案的位深度可能不同；具体来说，第一和第二驱动方案其中之一可能是单色的，而另一个可能是具有至少四个不同灰度等级的灰度级。所定义区域可包括用于将文本输入到显示器上的文本框。

[0069] 在另一个方面，本发明提供驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，该方法包括：

[0070] 存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表；

[0071] 存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

[0072] 接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

[0073] 产生表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号，从查找表中确定，

[0074] 其中，对于从初始状态到最终状态的至少一个转变，输出信号包含 DC 不平衡微调序列，该序列：

[0075] (a) 具有非零的净冲激；

[0076] (b) 是不连续的；

[0077] (c) 导致像素的灰度等级的变化，该变化实质上与其 DC 参考脉冲的光学状态的变化不同（通常相差 50％以上），其中 DC 参考脉冲是电压 V_0 的脉冲，其中 V_0 为微调序列期间所施加的最大电压，但具有与微调序列的净冲激 G 相同的符号，以及参考脉冲的持续时间为 G/V_0；以及

[0078] (d) 导致像素的灰度等级的变化，其幅度小于其时间参考脉冲所导致的灰度等级的变化（通常小于它的一半），其中时间参考脉冲被定义为与微调序列相同持续时间的单极电压脉冲，但其中参考脉冲的符号为提供灰度等级的更大变化的符号。

[0079] 为了方便起见，这个方法（以及下面所定义的类似方法）以下可称作本发明的“不连续寻址”方法；在需要区分两种方法时，它们可分别称作“DC 不平衡不连续寻址”方法和“DC 平衡不连续寻址”方法。

[0080] 在这种不连续寻址方法的一个优选形式中，微调序列导致像素的灰度等级的变化，它小于其时间参考脉冲所导致的灰度等级的变化的一半。

[0081] 本发明还提供驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三个灰度等级，该方法包括：

[0082] 存储包含表示将初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表；

[0083] 存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

[0084] 接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

[0085] 产生表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号，从查找表中确定，

[0086] 其中，对于从初始状态到最终状态的至少一个转变，输出信号包含 DC 平衡微调序列，该序列：

[0087] (a) 具有实质上为零的净冲激；以及

[0088] (b) 不会在微调序列的任何点，使像素的灰度等级与它在微调序列开始处的灰度等级相差像素的两个极端光学状态之间的灰度等级差异的大约三分之一以上。

[0089] 在本发明的不连续寻址方法的两种变体中，输出信号除了微调序列之外通常还包含至少一个单极驱动脉冲。不连续输出信号可能是非周期性的。对于查找表中的大部分转变，输出信号可具有非零的净冲激并且可能是不连续的。在采用不连续输出信号的至少一个转变中，输出信号可能仅由具有电压电平 +V、0 和 -V 的脉冲构成，最好是仅由具有电压电平 0 以及 +V 和 -V 其中之一的脉冲构成。在这个方法的一个优选变体中，对于采用不连续输出信号的至少一个转变，并且最好是对于像素的初始和最终状态不同的查找表中大部分转变，输出信号由具有电压电平 0 的脉冲以及其前后的具有 +V 和 -V 中同一个的电压电平的至少两个脉冲构成。转变表最好是 DC 平衡的。另外，对于采用不连续输出信号的至少一个转变，输出信号可由作为单间隔的整数倍的一系列脉冲构成。

[0090] 本发明的不连续寻址方法还可包括存储表示所述一个像素的至少一个时间先前状态和 / 或所述一个像素的至少一个灰度等级先前状态的数据，以及根据所述一个像素的所述至少一个时间先前状态和 / 或至少一个灰度等级先前状态来产生输出信号。

[0091] 本发明还提供一种驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三种灰度等级，该方法包括向显示器的各像素施加有效地将像素从初始状态改变为最终状态的输出信号，其中，对于像素的初始状态和最终状态不同的至少一个转变，输出信号由具有电压电平 0 的脉冲及其前后的具有 +V 和 -V 中同一个的电压电平的至少两个脉冲构成。

[0092] 在另一个方面，本发明提供一种驱动具有多个像素的双稳态电光显示器的方法，其中每个像素能够显示至少三种灰度等级，该方法包括向显示器的各像素施加有效地将像素从初始状态改变为最终状态的输出信号，其中对于至少一个转变，输出信号是非零但 DC 平衡的。

[0093] 为了方便起见，这个方法以下称作本发明的“DC 平衡寻址”方法。

[0094] 在这种 DC 平衡寻址方法中，对于至少一个转变，输出信号可包含第一对脉冲，其中包括电压脉冲及其前面的相等长度但相反符号的脉冲。或者，输出信号还可包含两个脉冲之间的零电压周期，脉冲中的至少一个可通过零电压周期来中断。输出信号还可包括相等长度但相反符号的第二对脉冲；第二对脉冲可具有与第一对脉冲不同的长度。第二对脉

冲中的第一个具有与第一对脉冲中的第一个相反的极性。第一对脉冲可出现在第二对脉冲中的第一个和第二个之间。

[0095] 另外，在这种 DC 平衡寻址方法中，对于上述转变，输出信号可包含有效地将像素实质上驱动到一个光学栏杆 (rail) 中的至少一个脉冲元素。

[0096] 下面更详细地论述，本发明的 DC 平衡寻址方法可利用 DC 平衡和 DC 不平衡转变的组合。例如，对于像素的初始和最终状态相同的每个转变，输出信号可以是非零但 DC 平衡的，以及对于像素的初始和最终状态不相同的每个转变，输出信号可以不是 DC 平衡的。在这种寻址方法中，对于像素的初始和最终状态不相同的每个转变，输出信号可具有 -x/ΔIP/x 的形式，其中，ΔIP 是像素的初始和最终状态之间的冲激电位差异，以及 -x 和 x 为相等长度但相反符号的一对脉冲。

[0097] 本发明的 DC 平衡寻址方法还可包括：

[0098] 存储包含表示将像素的初始灰度等级转换为最终灰度等级所需的冲激的数据的查找表；

[0099] 存储至少表示显示器的每个像素的初始状态的数据；

[0100] 接收表示显示器的至少一个像素的预期最终状态的输入信号；以及

[0101] 产生表示将所述一个像素的初始状态转换为其预期最终状态所需的冲激的输出信号，从查找表中确定。

[0102] 本发明还提供一种驱动具有至少一个像素的双稳态电光显示器的方法，它包括向像素施加波形 V(t)，使得：

[0103] $$J = \int_0^T V(t)M(T-t)dt \qquad (1)$$

[0104] （其中，T 是波形的长度，积分是在波形的持续时间上进行的，V(t) 是作为时间 t 的函数的波形电压，以及 M(t) 是表征引起在时间零处从短脉冲产生的停留时间相关性的残余电压的功效的降低的记忆函数）小于大约 1 伏秒。为了方便起见，这个方法以下称作本发明的“DTD 积分减小”方法。较理想的是，J 小于大约 0.5 伏秒，以及最理想的是小于大约 0.1 伏秒。实际上，J 应当设置成尽量小，理想情况为零。

[0105] 在这个方法的一个优选形式中，J 由下式计算：

[0106] $$J = \int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt \qquad (2)$$

[0107] 其中，τ 为衰减（松弛）时间，它最好是具有从大约 0.7 至大约 1.3 秒的值。

附图说明

[0108] 图 1A-1E 表示可用于本发明的不连续寻址方法的五个波形。

[0109] 图 2 说明在采用单极电压的各种帧数对电光显示器寻址中的问题。

[0110] 图 3 说明采用本发明的不连续寻址方法来解决图 2 所示问题的一种方式。

[0111] 图 4 说明采用本发明的不连续寻址方法来解决图 13 所示问题的第二种方式。

[0112] 图 5 说明可用于本发明的不连续寻址方法的波形。

[0113] 图 6 说明可根据本发明进行修改以产生图 5 所示波形的基本波形。

[0114] 图 7 说明在保持 DC 平衡的同时采用单极电压的各种帧数对电光显示器寻址中的问题。

[0115] 图 8 说明采用本发明的不连续寻址方法来解决图 7 所示问题的一种方式。

[0116] 图 9 说明采用本发明的不连续寻址方法来解决图 7 所示问题的第二种方式。

[0117] 图 10 说明没有采用本发明的不连续寻址方法在标称上四个灰度等级电光显示器中得到的灰度等级。

[0118] 图 11 说明采用各种不连续寻址序列从与图 10 相同的显示器中得到的灰度等级。

[0119] 图 12 说明根据本发明的不连续寻址方法采用已修改驱动方案从与图 10 相同的显示器得到的灰度等级。

[0120] 图 13 说明可用来驱动电光显示器的简单 DC 平衡波形。

[0121] 图 14 和图 15 说明为了结合零电压周期而对图 13 所示波形进行的两种修改。

[0122] 图 16 示意说明如何修改图 13 所示波形以便包括另一对驱动脉冲。

[0123] 图 17 说明通过以图 16 所示方式修改图 13 的波形所产生的一个波形。

[0124] 图 18 说明通过以图 16 所示方式修改图 13 的波形所产生的第二个波形。

[0125] 图 19 示意说明图 18 所示的波形如何经过进一步修改以便包括第三对驱动脉冲。

[0126] 图 20 说明通过以图 19 所示方式修改图 18 的波形所产生的一个波形。

[0127] 图 21 说明一个可与 DC 平衡波形结合使用以提供本发明的方法中所使用的完整查找表的优选 DC 不平衡波形。

[0128] 图 22 是图表，说明可通过本发明的补偿电压方法来实现的降低的停留时间相关性。

[0129] 图 23 是图表，说明电光显示器中的停留时间相关性的作用。

具体实施方式

[0130] 从前面可清楚地知道，本发明提供在驱动电光显示器的方法中以及在执行这类驱动方法的设备控制器或其它设备中的大量不同的改进。在以下描述中，本发明所提供的各种不同的改进通常独立地描述，但成像领域的技术人员会理解，单个显示器实际上可利用这些主要方面中的一个以上方面；例如，采用本发明的不连续寻址方法的显示器还可利用定义区域方法。

[0131] 最初看起来，对冲激驱动电光显示器寻址的理想方法是所谓的“一般灰度级图像流”，其中控制器安排图像的每次写入，使得各像素从其初始灰度等级直接转变到其最终灰度等级。但是，将图像写到冲激驱动显示器时不可避免地存在某种误差。如部分所提到的，实际上遇到的一些这类误差包括：

[0132] (a) 先前状态相关性；将像素转换到新的光学状态所需的冲激不仅取决于初始和预期光学状态，而且还取决于像素的先前光学状态。

[0133] (b) 停留时间相关性；将像素转换到新的光学状态所需的冲激取决于像素在其各个光学状态中已经耗用的时间。这种相关性的精确性质尚未完全了解，但一般来说，像素在其当前光学状态中停留越长，则要求更大的冲激。

[0134] (c) 温度相关性；将像素转换到新的光学状态所需的冲激很大程度上取决于温度。

[0135] (d) 湿度相关性；对于至少一部分类型的电光介质，将像素转换到新的光学状态所需的冲激取决于环境湿度。

[0136] (e) 机械均匀性；将像素转换到新的光学状态所需的冲激可能受到显示器的机械变化、例如电光介质或相关叠层粘合剂的厚度的变化的影响。其它类型的机械不均匀性可能产生于介质的不同制造批次、制造公差和材料变化之间不可避免的变化。

[0137] (f) 电压误差；施加到像素的实际冲激由于驱动器传递的电压中不可避免的细微误差而必然会与理论上施加的冲激略有不同。

[0138] 一般灰度级图像流遭遇到“误差积累”现象。例如，设想温度相关性在每个转变上正向产生 0.2L* 误差。在五十个转变之后，这个误差将积累到 10L*。或许更实际地假定，以显示器的理论与实际反射率之间的差异所表示的每个转变的平均误差为 ±0.2L*。在 100 个连续转变之后，像素将显示与它们的预计状态 2L* 的平均偏差；这类偏差对于某些类型的图像的一般观看者十分明显。

[0139] 这种误差积累现象不仅适用于因温度而产生的误差，而且还适应于其它类型的误差。对这类误差的补偿是可行的，但仅达到有限的精确程度。例如，温度误差可通过采用温度传感器和查找表来补偿，但温度传感器具有有限分辨率，并且可能读取与电光介质略有不同的温度。类似地，先前状态相关性可通过存储先前状态并采用多维转变矩阵来补偿，但控制器存储器限制了可记录的状态的数量以及可存储的转变矩阵的大小，从而对这种类型的补偿的精确度施加了限制，如上所述。

[0140] 因此，一般灰度级图像流要求对施加冲激的极精确控制以提供良好结果，以及根据经验已经发现，在电光显示器技术的当前水平上，一般灰度级图像流通常在商业显示器中是不可行的。

[0141] 几乎所有电光介质都具有内置重置（误差限制）机制、即其极端（通常为黑色和白色）光学状态，它们用作“光学栏杆”。在特定冲激已经施加到电光显示器的像素之后，那个像素无法变得更白（或更黑）。例如，在封装电泳显示器中，在特定冲激已经施加之后，所有电泳颗粒相互挤压或挤压到胶囊壁上，无法再移动，从而产生有限光学状态或光学栏杆。由于在这种介质中存在电泳颗粒大小和电荷的分布，因此一些颗粒在另一些颗粒之前到达栏杆，建立“软栏杆”现象，从而在转变的最终光学状态接近极端黑色和白色状态时，所需的冲激精度被减小，而所需的光学精度在像素的光学范围中部附近结束的转变中急剧增加。显然，一般的纯灰度级图像流驱动方案无法依靠采用光学栏杆来防止灰度等级中的误差，因为在这种驱动方案中，任何给定像素可能在没有接触到任一个光学栏杆的情况下经历灰度等级中的无穷大次数的变化。

[0142] 如上述美国专利号 6504524 和 6531997 中所述，在许多电光介质中，尤其是在基于颗粒的电泳介质中，在延长周期上通过特定像素的电流的代数和应当为零或者尽可能接近零的意义上，希望用于驱动这类介质的驱动方案为直流 (DC) 平衡的，本发明的驱动方案将考虑到这个标准进行设计。更具体来说，查找表应当经过设计，使得像素的一个极端光学状态（黑色或白色）中开始和结束的转变的任何序列应当是 DC 平衡的。从以上所述中可能最初看来，这种 DC 平衡可能无法实现，因为任何特定的灰度到灰度转变所需的通过像素的冲激、以及因而电流实质上是恒定的。但是，这仅仅相当近似地是这样，而且根据经验已经发现，至少在基于颗粒的电泳介质的情况下（以及对于其它电光介质看来情况也是这样），

（比如）向像素施加五个间隔 50 毫秒的脉冲的作用与施加相同电压的一个 250 毫秒脉冲不相同。因此，在通过像素以实现给定转变的电流中存在某种灵活性，以及这种灵活性可用来帮助实现 DC 平衡。例如，本发明使用的查找表可存储用于给定转变的多个冲激以及这些冲激的每个所提供的总电流的值，以及对于各像素，控制器可保持配置成存储自某个先前时间（例如自像素上一次处于黑色状态）以来施加到像素的冲激的代数和的寄存器。当特定像素将从白色或灰色状态驱动到黑色状态时，控制器可检查与那个像素关联的寄存器，确定对于从先前黑色状态到即将出现的黑色状态的转变的整个序列进行 DC 平衡所需的电流，以及选择用于所需白色 / 灰色到黑色转变的多个所存储冲激其中之一，它将精确地把关联寄存器减到零或者至少减小到尽可能小的余数（在这种情况下，关联寄存器将保持这个余数的值，并将它加入以后转变期间所施加的电流中）。大家清楚，这个过程的反复应用可实现各像素的精确长期 DC 平衡。

[0143] 以下对本发明的各个方面的论述将假定熟悉上述 WO03/044765 的完整内容、特别是本文所公开的各种波形。显示器领域的技术人员会理解，本发明的各种方法可经过修改以包括上述 WO03/044765 中所述的基本查找表方法的各种可选特征（例如温度补偿、工作寿命补偿、湿度补偿等）。本发明的各种方法还可利用上述 WO03/044765 中所述的用于减小必需为查找表存储的数据量的方法。此外，由于包含查找表的数据可看作是一般多维数据集，因此，数据存储和处理领域的技术人员已知的任何标准函数、算法和编码均可用来减小以下一个或多个方面 :(a) 数据集所需的存储区大小，(b) 提取数据所需的计算工作，或者 (c) 从数据集中查找和提取特定元素所需的时间。这些存储技术包括例如散列函数、无损和有损压缩以及作为基本函数的组合的数据集的表示。

[0144] 不连续寻址方法

[0145] 本发明的方法中的灰度级等级的微调控制可通过采用本发明的不连续寻址方法来实现。如上所述，不连续寻址方法具有两个主要变体，即 DC 不平衡变体和 DC 平衡变体。DC 不平衡变体采用具有非零净冲激（即正和负段的长度不相等）的输出信号进行灰度等级之间的至少一个转变，因此不是内部 DC 平衡的，并且是不连续的（即脉冲包含零电压或相反极性的部分）。不连续寻址方法中使用的输出信号可能是或者可能不是非周期性的（即可能是或者可能不是由诸如 +/-/+/- 或者 ++/--/++/-- 之类的重复单元构成）。

[0146] 这种不连续波形（以下可称作“微调”或“FT”波形）对于显示器的有效前平面电压可能没有相反极性的帧，和 / 或可能仅包括三个电压电平 +V、0 和 -V（如通常情况那样，假定具有与各像素关联的像素电极以及在多个像素上延伸的公共前端电极的有源矩阵显示器、通常为整个显示器，因此施加到电光介质的任何像素的电场由其关联像素电极与公共前端电极之间的电压差来确定）。或者，FT 波形可包含不止三个电压电平。FT 波形可包括上述波形类型的任一个（例如 n- 前脉冲等），其中附加了不连续波形。

[0147] FT 波形可能（以及通常会）取决于一个或多个先前图像状态，并且可被使用以便实现比采用标准脉宽调制 (PWM) 技术可实现的更小的光学状态变化。（因此，与例如据说为防止电泳颗粒粘结到如胶囊壁之类的表面而采用交替极性的脉冲的某些先有技术波形相比，所采用的精确 FT 波形在查找表中对于各个转变有所不同。）在不连续寻址方法的一个优选变体中，提供实现显示器中所有允许的光学转变（“转变矩阵”）所需的所有波形的组合，其中至少一个波形为本发明的 FT 波形，并且波形的组合是 DC 平衡的。在不连续寻址方

法的另一个优选变体中，所有电压段的长度为单间隔（“帧时间”）的整数倍；电压段为电压保持恒定的波形部分。

[0148] 本发明的不连续寻址方法基于以下发现：在许多冲激驱动电光介质中，具有零净冲激、因而在理论上可能预计不引起像素的灰度等级的整体变化的波形可能实际上由于这类介质的属性中的某些非线性效应而引起灰度等级的小变化，与采用简单 PWM 驱动方案或者具有改变脉冲的宽度和 / 或高度的有限能力的驱动器可能实现的情况相比，它可用来实现对灰度等级的更精细调整。可达到这样一种“微调”波形的脉冲可与引起灰度等级的主要变化的“主要驱动”脉冲分开，并且可在这类主要驱动脉冲之前或之后。或者，在部分情况下，精细调整脉冲可与主要驱动脉冲混合，或者是主要驱动脉冲的序列中的单个点上的微调脉冲的独立块，或者在主要驱动脉冲的序列中的多个点上单独散布或分成小组。

[0149] 虽然不连续寻址方法具有非常普遍的适用性，但是主要利用采用具有三个电压输出（正、负和零）的源驱动器以及由以下三种类型的波形元素构成的波形的驱动方案作为实例来描述（由于我们认为，为了与其它类型的驱动器和波形元素配合使用而对本发明进行的必要修改对于电光显示器的技术领域的技术人员是极明显的）：

[0150] 1) 饱和脉冲：具有一个符号或者一个符号和零伏的电压的帧序列，将反射率驱动到接近一个极端光学状态（光学栏杆，或者为在此称作黑色状态的最暗状态，或者为在此称作白色状态的最亮状态）；

[0151] 2) 设置脉冲：具有一个符号或者一个符号和零伏的电压的帧序列，将反射率驱动到接近预期灰度等级（黑色、白色或中间灰度等级）；以及

[0152] FT 序列：具有单独选择为正、负或零的电压的帧序列，使得墨水的光学状态比相同长度的单符号序列移动小得多。具有五个扫描帧的总长度的 FT 驱动序列的实例为：[+ - + - -]（在这里，各帧的电压按照以下方式依次表示：+ 表示正电压，0 表示零电压，以及 - 表示负电压），[- - 0 + +]，[0 0 0 0 0]，[0 0 + - 0]，以及 [0 - + 0 0]。这些序列分别在附图的图 1A-1E 中示意表示，其中，圆圈表示 FT 序列的起始和结束点，在这些点之间有五个扫描帧。

[0153] FT 序列可用于允许如上所述的光学状态的微调控制，或者产生与单极（单符号）电压序列的情况相似、但具有不同的净电压冲激（其中的冲激定义为所施加电压对时间的积分）的光学状态的变化。波形中的 FT 序列从而可用作实现 DC 平衡的工具。

[0154] 首先将描述用来实现光学状态的微调控制的 FT 序列的使用。图 2 中，可采用单极电压的零、一、二、三帧或更多帧来实现的光学状态示意表示为反射率轴上的点。从这个图中看到，单极脉冲的长度可选择成实现由它在这个轴上的相应点所表示的反射率。但是，可能希望实现例如图 2 中的“目标”所示的灰度等级，它无法通过这些灰度等级的任一个来适当近似。FT 序列可用于将反射率微调到预期状态，其方式或者是通过微调在单极驱动脉冲之后得到的最终状态，或者是通过微调初始状态然后再使用单极驱动序列。

[0155] 如图 3 所示，FT 序列的第一个实例表示在双脉冲单极驱动之后所使用的 FT 序列。FT 序列用于将最终光学状态微调到目标状态。与图 2 相似，图 3 表示可采用各种扫描帧数实现的光学状态，如实心点所示。也表示了目标光学状态。表示了通过施加两个扫描帧的光学变化，作为由 FT 序列所引起的光学偏移。

[0156] FT 序列的第二个实例如图 4 所示；在这种情况下，FT 序列首先用于将光学状态微

调到单极驱动序列可用来实现预期光学状态的位置。在 FT 序列之后可实现的光学状态由图 4 中的空心圆圈表示。

[0157] FT 序列也可与栏杆稳定灰度级 (RSGS) 波形配合使用，例如上述 WO 03/044765 的图 11A 和 11B 中所示。RSGS 波形的本质在于，给定像素在被驱动到其极端光学状态之一之前仅被允许进行有限次数的灰度到灰度转变。因此，这类波形利用频繁驱动到极端光学状态（称作光学栏杆）来减小光学误差，同时保持 DC 平衡（其中 DC 平衡是为零的净电压冲激，下面更详细地描述）。通过选择用于一个或多个扫描帧的精细调整电压，适当分辨的灰度级可采用这些波形来实现。但是，如果这些精细调整电压不可用，则必须采用另一种方法来实现微调，最好同时还保持 DC 平衡。FT 序列可用来实现这些目的。

[0158] 首先，考虑栏杆稳定灰度级波形的循环形式，其中每个转变由零、一或两个饱和脉冲（将像素驱动到光学栏杆的脉冲）以及其后跟随的如上所述的设置脉冲（使像素达到预期灰度等级）组成。为了说明 FT 序列可如何用于这个波形，符号表示法将用于波形元素：“sat”表示饱和脉冲；“set”表示设置脉冲；以及“N”表示 FT 驱动序列。三种基本类型的循环栏杆稳定灰度级波形为：

[0159] set（例如 WO 03/044765 的图 11A 中的转变 1104）

[0160] sat-set（例如 WO 03/044765 的图 11A 中的转变 1106/1108）

[0161] sat-sat’-set（例如 WO 03/044765 的图 11A 中的转变 1116/1118/1120）

[0162] 其中，sat 和 sat’是两个不同的饱和脉冲。

[0163] 采用 FT 序列对这些类型中的第一种的修改给出下列波形：

[0164] N-set

[0165] set-N

[0166] 即，FT 序列之后跟随设置脉冲或者相反顺序的相同元素。

[0167] 采用一个或多个 FT 序列对这些类型中的第二种的修改例如给出下列 FT 修改后波形：

[0168] N-sat-set

[0169] sat-N-set

[0170] sat-set-N

[0171] sat-N-set-N’

[0172] N-sat-set-N’

[0173] N-sat-N’-set

[0174] N-sat-N’-set-N”

[0175] 其中，N、N’和 N”是三个 FT 序列，它们可能是或者可能不是相互不同。

[0176] 这些类型中的第二个的修改可通过在主要按照前面所述形式的三个波形元素之间散布 FT 序列来实现。实例的不完全列表包括：

[0177] N-sat-sat’-set

[0178] N-sat-sat’-set-N’

[0179] sat-N-sat’-N’-set-N”

[0180] N-sat-N’-sat’-N”-set-N”’

[0181] 可采用 FT 序列来修改的另一个基本波形是具有驱动到黑色（或白色）的单脉冲

幻灯片灰度级。在这个波形中，首先使光学状态到达光学栏杆，然后到达预期图像。每个转变的波形可由两个序列中的任一个以符号方式表示：

[0182] sat-set

[0183] set。

[0184] 这种波形可通过以基本上与已经对于栏杆稳定灰度级序列所述的相同的方式包含 FT 驱动序列元素来修改，从而产生如下的序列：

[0185] sat-set-N

[0186] sat-N-set

[0187] 等等。

[0188] 以上两个实例描述在波形的饱和及设置脉冲元素之前或之后的 FT 序列的插入。可能有利的是，在饱和或设置脉冲中间插入 FT 序列，即，基本序列：

[0189] sat-set

[0190] 将被修改而形成例如：

[0191] {sat，部分 I}-N-{sat，部分 II}-set

[0192] 或者

[0193] sat-{set，部分 I}-N-{set，部分 II}

[0194] 如上所述，已经发现，在一系列转变之后所实现的许多电光介质的光学状态对先前光学状态以及对那些先前光学状态中所耗用时间敏感，以及已经对于通过相应地调整转变波形来补偿先前状态和先前停留时间敏感度描述了一些方法。FT 序列可通过类似方式用于补偿先前光学状态和 / 或先前停留时间。

[0195] 为了更详细地描述这个概念，考虑将在特定像素上表示的灰度等级的序列；这些等级标示为 R_1、R_2、R_3、R_4等等，其中，R_1表示所考虑的转变的下一个预期（最终）灰度等级，R_2是那个转变的初始灰度等级，R_3是第一先前灰度等级，R_4是第二先前灰度等级，等等。灰度等级序列则可表示为：

[0196] $R_n\ R_{n-1}R_{n-2}\ldots R_3R_2R_1$

[0197] 灰度等级 i 之前的停留时间表示为 D_i。D_i可表示在灰度等级 i 中停留的帧扫描的数量。

[0198] 以上所述的 FT 序列可被选择为适合从当前到预期灰度等级的转变。在最简单形式中，这些 FT 序列则为当前和预期灰度等级的函数，如符号表示为：

[0199] $N = N(R_2, R_1)$

[0200] 从而表明，FT 序列 N 取决于 R_2和 R_1。

[0201] 为了改进设备性能，特别是减小与先前图像相关的残留灰度等级偏移，对转变波形进行小调整是有利的。FT 序列的选择可用来实现这些调整。各种 FT 序列产生各种最终光学状态。对于给定像素的不同光学历史可选择不同的 FT 序列。例如，为了补偿第一先前图像 (R_3)，可选择取决于 R_3的 FT 序列，表示为：

[0202] $N = N(R_3, R_2, R_1)$

[0203] 即，FT 序列不仅可根据 R_1和 R_2来选择，而且可根据 R_3来选择。

[0204] 使这个概念一般化，可以使 FT 序列取决于任意数量的先前灰度等级和 / 或取决于任意数量的先前停留时间，如符号表示为：

[0205] $N = N(D_m, D_{m-1}, \ldots D_3, D_2; R_n, R_{n-1}, \ldots R_3, R_2, R_1)$

[0206] 其中，符号 D_k 表示在灰度等级 R_k 中耗用的停留时间，以及光学状态的数量 n 不需要等于 FT 确定函数中所需的停留时间的数量 m。因此，FT 序列可以是先前图像和 / 或先前及当前灰度等级停留时间的函数。

[0207] 作为这个一般概念的特例，已经发现，零电压扫描帧到另外的单极脉冲的插入可改变所得到的最终光学状态。例如，在其中已经插入零电压扫描帧、图 5 的序列之后得到的光学状态将与没有零电压扫描帧但具有与图 5 的序列相同的总冲激、图 6 的相应单极序列之后得到的光学状态略有不同。

[0208] 还已经发现，给定脉冲对最终光学状态的影响取决于这个脉冲与前一个脉冲之间的延时的长度。因此，可将零电压帧插入脉冲元素之间以实现波形的微调。

[0209] 本发明扩展到 FT 驱动元素的使用以及在其它波形结构的单极驱动元素中的零伏扫描帧的插入。其它实例包括但不限于在其中两种光学栏杆在从一种光学状态到另一种的过程中被访问（在更高数量的前脉冲的情况下超过一次）的双前脉冲（包括三前脉冲、四前脉冲等）幻灯片灰度级波形，以及其它形式的栏杆稳定灰度级波形。FT 序列还可用于一般图像流灰度级波形，其中在灰度等级之间进行直接转变。

[0210] 虽然零电压帧的插入可被认为是 FT 序列插入的特例，但在 FT 序列全为零的情况下，这个特殊情况引起注意，因为已经发现它在修改最终光学状态方面是有效的。

[0211] 以上所述集中于使用 FT 序列来实现灰度等级的微调。现在将考虑使用这类 FT 序列来实现 DC 平衡。FT 序列可用来改变波形中的 DC 不平衡程度（最好是减小或消除 DC 不平衡）。DC 平衡意味着所有全电路灰度等级序列（以相同灰度等级开始和结束的序列）具有零净电压冲激。通过使用一个或多个 FT 序列，可使波形 DC 平衡或者不太强烈地 DC 不平衡，利用以下事实 :FT 序列可以或者 (a) 以与饱和或设置脉冲相同的方式但采用实质上不同的净电压冲激来改变光学状态 ;或者 (b) 产生光学状态的非实质变化但具有净 DC 不平衡。

[0212] 以下说明表示 FT 序列如何可用来实现 DC 平衡。在这个实例中，设置脉冲可以是可变长度的，即一、二、三个或更多个扫描帧。对于扫描帧数量中的每个所实现的最终灰度等级如图 7 所示，其中每个点旁边的编号表示用来实现灰度等级的扫描帧的数量。

[0213] 图 7 表示采用正电压、单极驱动的扫描帧可得到的光学状态，其中的数字标号指定用来产生最终灰度等级的单极帧的数量。假定在本例中为了保持 DC 平衡，需要施加两个正电压帧的净电压冲激。预期（目标）灰度等级可通过采用冲激的三个扫描帧来实现 ;但是，在进行这个操作时，系统将通过一个帧保持 DC 不平衡。相反，DC 平衡可通过采用两个正电压扫描帧而不是三个来实现，但最终光学状态将与目标偏差极大。

[0214] 实现 DC 平衡的一种方式是采用两个正电压帧将电光介质驱动到预期灰度等级附近，并且还采用 DC 平衡 FT 序列（具有零净电压冲激的 FT 序列）来使最终调整充分接近目标灰度等级，如图 8 中符号表示，其中，目标灰度等级采用两个扫描帧之后跟随选择成提供光学状态的适当变化的零净电压冲激的 FT 序列来实现。

[0215] 或者可采用单极驱动的三个正电压扫描帧来使反射率达到目标光学状态，然后采用具有等效于一个负电压扫描帧的净 DC 不平衡的 FT 序列。如果选择产生实质上无变化的光学状态的 FT 序列，则最终光学状态将保持正确，并且 DC 平衡将被恢复。这个实例如图 9

所示。大家会理解，FT 序列的使用通常将涉及光学状态的某种调整以及对 DC 平衡的某种影响，以及以上两个实例说明极端情况。

[0216] 仅通过举例说明的方式提供以下实例，以便说明根据本发明的 FT 序列的实验运用。

[0217] 实例 ：在循环 RSGS 波形中的 FT 序列的使用

[0218] 这个实例说明在改进为实现单像素显示器的 4 灰度等级（2 位）寻址所设计的波形的光学性能时的 FT 序列的使用。这种显示器采用封装电泳介质，并且实质上按照上述 2002/0180687 的 [0069] 至 [0076] 段所述的方式来构造。单像素显示器通过光电二极管来监测。

[0219] 波形电压根据转变矩阵（查找表）施加到像素，以便实现 2 位（4 状态）灰度级中的灰度等级的序列。如上所述，转变矩阵或查找表只是用于将电压施加到像素、以便进行从灰度级内一个灰度等级到另一个的转变的一组规则。

[0220] 波形受到电压和定时限制。只有三个电压电平 -15V、0V 和 +15V 施加到像素上。另外，为了模拟具有 50Hz 帧频的有源矩阵驱动，电压以 20ms 增量来施加。调谐算法被迭代地使用，以便优化波形，即实现对于测试序列上的四个灰度等级的每个的实际光学状态中的分散度为最小的条件。

[0221] 在初始实验中，循环栏杆稳定灰度级 (cRSGS) 波形采用简单饱和及设置脉冲来优化。先前状态的考虑在确定转变矩阵时限制于初始 (R_2) 和预期的最终 (R_1) 灰度等级。波形为全局 DC 平衡的。由于可用于调谐的最小冲激的粗略性 (15V、20ms) 以及转变矩阵中 R_2 之前的状态的缺少，从这个波形中预期相当差的性能。

[0222] 转变矩阵的性能通过经由包含随机安排的所有灰度等级五元组序列的“完整五元组”灰度等级序列转换测试像素来测试。（五元组序列元素是五个灰度等级的序列，例如 0-1-0-2-3 和 2-1-3-0-3，其中 0、1、2 和 3 表示可用的四个灰度等级。）对于完善的转变矩阵，四个灰度等级中每个的反射率对于随机序列中的那个灰度等级的全部出现完全相同。灰度等级中每个的反射率对于实际转变矩阵将明显不同。图 10 的条形图实际上表示电压和定时限制的转变矩阵的不良性能。目标灰度等级中每个的各种出现的所测量反射率极为不同。在实验的这个部分中开发的没有 FT 序列所优化的 cRSGS 波形以下称作基本波形。

[0223] 然后，FT 序列被加入 cRSGS 波形 ；在这个实验中，FT 序列被限制为五个扫描帧，并且仅包含 DC 平衡 FT 序列。FT 序列设置在用于每个转变的基本波形的结束处，即，用于每个转变的波形具有下列形式之一 ：

[0224] set-N

[0225] sat-set-N

[0226] sat-sat’-set-N

[0227] FT 序列元素到波形中的成功结合要求两个步骤 ；第一，确定各种 FT 序列对各灰度等级的光学状态的作用，第二，选择附加到各种波形元素的 FT 序列。

[0228] 为了确定各种 FT 序列对各灰度等级的光学状态的作用，执行“FT 功效”实验。首先，通过在黑色和白色光学栏杆之间反复转换电泳介质来建立一致的起始点。然后，薄膜设置到四个灰度等级 (0、1、2 或 3) 之一，在这里称作光学状态 R_2。随后，施加适合进行从 R_2 到其它灰度等级之一（这里称作 R_1）的转变、具有附加 FT 序列的基本波形。这个步骤采用全

部 51 个 DC 平衡的 5 帧 FT 序列反复进行。对于各个 FT 序列记录最终光学状态。FT 序列则根据其关联的最终反射率来排序。这个过程对于初始 (R_2) 和最终 (R_1) 灰度等级的所有组合反复进行。最终灰度等级 1(R_1 = 1) 和当前灰度等级 0、2 和 3(R_2 = 0,2,3) 的 FT 序列的排序分别如表 2-4 所示,其中标记为“帧 1”至“帧 5”的列表示在相关 FT 序列的五个连续帧期间所施加的单位为伏的电位。对于采用各种 FT 序列的波形所实现的最终光学状态如图 11 中所示。从这个图中看到,FT 序列可用来实现最终光学状态的大变化,以及五扫描帧 FT 序列的选择提供对于最终光学状态的微调控制,全部没有净电压冲激差。

[0229] 表 2 :各种 FT 序列的灰度等级 0 至 1 的最终光学状态。

[0230]

索引号	光学 (L*)	帧 1	帧 2	帧 3	帧 4	帧 5
1	35.13	0	15	15	-15	-15
2	35.20	15	0	15	-15	-15
3	35.22	15	15	0	-15	-15
4	35.48	15	15	-15	-15	0
5	35.65	15	15	-15	0	-15
6	36.07	0	15	-15	15	-15
7	36.10	15	-15	0	15	-15
8	36.23	15	0	-15	15	-15
9	36.26	15	-15	15	0	-15
10	36.32	15	-15	15	-15	0
11	36.34	-15	0	15	15	-15
12	36.36	-15	15	0	15	-15
13	36.37	0	0	15	0	-15
14	36.42	0	15	0	0	-15
15	36.47	0	0	0	15	-15
16	36.51	-15	15	15	0	-15
17	36.51	0	15	0	-15	0
18	36.55	0	0	15	-15	0
19	36.59	-15	15	15	-15	0

[0231]

20	36.59	0	15	-15	0	0
21	36.59	0	-15	15	15	-15
22	36.68	15	0	0	0	-15
23	36.73	15	-15	-15	0	15
24	36.76	15	0	0	-15	0
25	36.79	15	0	-15	0	0
26	36.86	0	15	-15	-15	15
27	36.87	15	-15	0	0	0
28	37.00	15	0	-15	-15	15
29	37.03	-15	0	0	0	15
30	37.05	15	-15	-15	15	0
31	37.11	-15	0	0	15	0
32	37.19	15	-15	0	-15	15
33	37.19	-15	15	-15	0	15
34	37.22	0	-15	0	0	15
35	37.24	-15	0	15	0	0
36	37.26	-15	0	15	-15	15
37	37.33	0	-15	0	15	0
38	37.43	0	0	-15	0	15
39	37.43	-15	15	-15	15	0
40	37.49	-15	-15	15	0	15
41	37.50	-15	15	0	0	0
42	37.53	-15	15	0	-15	15
43	37.55	0	-15	15	-15	15
44	37.58	0	-15	15	0	0
45	37.61	0	0	-15	15	0
46	37.62	-15	-15	0	15	15
47	37.69	0	0	0	-15	15
48	37.72	0	0	0	0	0
49	37.85	-15	-15	15	15	0

[0232]

50	37.96	-15	0	-15	15	15
51	37.99	0	-15	-15	15	15

[0233] 表 3 :各种 FT 序列的灰度等级 2 至 1 的最终光学状态。

[0234]

索引号	光学 (L*)	帧 1	帧 2	帧 3	帧 4	帧 5
1	34.85	0	15	15	-15	-15
2	34.91	15	0	15	-15	-15
3	35.07	15	15	-15	-15	0
4	35.15	15	15	0	-15	-15
5	35.35	15	15	-15	0	-15
6	35.43	0	15	-15	15	-15
7	35.46	15	-15	0	15	-15
8	35.51	0	0	15	-15	0
9	35.52	0	15	-15	0	0
10	35.52	0	0	0	15	-15
11	35.61	15	-15	15	-15	0
12	35.62	0	0	15	0	-15
13	35.63	15	-15	0	0	0
14	35.65	-15	15	0	15	-15
15	35.67	0	15	0	-15	0
16	35.70	-15	0	15	15	-15
17	35.75	15	-15	15	0	-15
18	35.76	0	15	0	0	-15
19	35.77	15	0	-15	0	0

20	35.78	15	0	-15	15	-15
21	35.80	-15	15	15	-15	0
22	35.97	-15	15	15	0	-15
23	35.98	15	0	0	-15	0
24	36.00	0	-15	15	15	-15

[0235]

25	36.06	0	0	0	0	0
26	36.09	-15	0	0	15	0
27	36.10	-15	0	0	0	15
28	36.10	15	0	0	0	-15
29	36.14	-15	0	15	0	0
30	36.28	-15	15	0	0	0
31	36.38	15	-15	-15	0	15
32	36.40	0	15	-15	-15	15
33	36.41	0	-15	0	0	15
34	36.44	0	-15	0	15	0
35	36.45	15	-15	-15	15	0
36	36.49	-15	15	-15	0	15
37	36.49	0	-15	15	0	0
38	36.55	-15	0	15	-15	15
39	36.57	-15	15	-15	15	0
40	36.59	0	0	-15	0	15
41	36.63	0	0	-15	15	0
42	36.72	15	-15	0	-15	15

43	36.72	15	0	-15	-15	15
44	36.77	0	0	0	-15	15
45	36.81	-15	15	0	-15	15
46	36.89	0	-15	15	-15	15
47	36.98	-15	-15	15	0	15
48	37.16	-15	-15	15	15	0
49	37.19	-15	-15	0	15	15
50	37.42	-15	0	-15	15	15
51	37.51	0	-15	-15	15	15

[0236] 表 4 :各种 FT 序列的灰度等级 3 至 1 的最终光学状态。

[0237]

索引号	光学 (L*)	帧 1	帧 2	帧 3	帧 4	帧 5

[0238]

1	36.86	0	15	15	-15	-15
2	36.92	15	0	15	-15	-15
3	37.00	15	15	-15	-15	0
4	37.13	15	15	0	-15	-15
5	37.39	15	15	-15	0	-15
6	37.47	0	15	-15	15	-15
7	37.48	15	-15	0	15	-15
8	37.50	0	15	-15	0	0
9	37.52	0	0	15	-15	0
10	37.53	0	0	0	15	-15
11	37.60	15	-15	15	-15	0
12	37.62	15	-15	0	0	0

13	37.63	0	0	15	0	-15
14	37.65	0	15	0	-15	0
15	37.67	-15	15	0	15	-15
16	37.71	-15	0	15	15	-15
17	37.76	0	15	0	0	-15
18	37.77	15	-15	15	0	-15
19	37.79	15	0	-15	15	-15
20	37.80	15	0	-15	0	0
21	37.82	-15	15	15	-15	0
22	37.96	15	0	0	-15	0
23	38.01	-15	15	15	0	-15
24	38.03	0	-15	15	15	-15
25	38.04	0	0	0	0	0
26	38.09	-15	0	0	15	0
27	38.09	15	0	0	0	-15
28	38.15	-15	0	0	0	15
29	38.16	-15	0	15	0	0
30	38.24	-15	15	0	0	0

[0239]

31	38.40	15	-15	-15	0	15
32	38.43	0	-15	0	0	15
33	38.44	0	-15	0	15	0
34	38.44	0	15	-15	-15	15
35	38.46	15	-15	-15	15	0

36	38.51	-15	15	-15	0	15
37	38.52	0	-15	15	0	0
38	38.59	-15	0	15	-15	15
39	38.61	-15	15	-15	15	0
40	38.65	0	0	-15	0	15
41	38.66	0	0	-15	15	0
42	38.74	15	0	-15	-15	15
43	38.74	15	-15	0	-15	15
44	38.82	0	0	0	-15	15
45	38.89	-15	15	0	-15	15
46	38.95	0	-15	15	-15	15
47	39.02	-15	-15	15	0	15
48	39.21	-15	-15	15	15	0
49	39.22	-15	-15	0	15	15
50	39.44	-15	0	-15	15	15
51	39.53	0	-15	-15	15	15

[0240] 随后，cRSGS 波形采用利用表 2 至 4 及图 11 所示的结果选取的 FT 序列（具体来说，来自表 2 的序列 33、来自表 3 的序列 49 以及来自表 4 的序列 4）以及它们的其它最终灰度等级的类似物来构造。要注意，图 11 中的 y 轴上的～ 36.9 与～ 37.5 L* 之间的区域表示相同最终（R_1）状态与通过采用 DC 平衡 FT 序列变为可用的不同初始（R_2）状态的光学反射率之间的重叠。因此，R_1 = 1 的目标灰度等级在 37.2 L* 处选取，以及选择提供最接近这个目标的最终光学状态的各 R_2 的 FT 序列。这个过程对其它最终光学状态（R_1 = 0，2 和 3）反复进行。

[0241] 最后，所得波形采用前面所述的包含全部五深度状态历史的伪随机序列来测试。这个序列包含 324 个受关注转变。经过所选 FT 序列修改的 cRSGS 波形用来实现这个序列中的所有转变，并记录所实现的每个光学状态的反射率。所实现的光学状态绘制于图 12 中。通过比较图 12 与图 10 非常清楚，每个灰度等级的反射率的分散性通过结合 FT 序列极大地被减小。

[0242] 总之，本发明的不连续寻址方面提供 FT 序列，它或者（i）允许光学状态的变化，或

者（ii）允许实现波形的DC平衡或者至少DC不平衡程度的改变的方法。如上所述，例如对于该方法的DC不平衡变体，能够提供FT序列的更数学的定义：

[0243] (a)导致实质上与其DC参考脉冲的光学状态变化不同的光学状态变化的DC不平衡FT序列的施加。“DC参考脉冲”是电压V_0的脉冲，其中V_0是与FT序列期间施加的最大电压幅度对应、但具有与FT序列的净冲激相同的符号的电压。序列的净冲激是在电压对时间曲线下的面积，并且由符号G表示。参考脉冲的持续时间为$T = G/V_0$。这个FT序列用来引入与其参考脉冲的净DC不平衡极为不同的DC不平衡。

[0244] (b)导致幅度远小于采用其时间参考脉冲得到的光学变化的光学状态变化的DC不平衡FT序列的施加。“时间参考脉冲”定义为与FT序列相同持续时间的单符号电压脉冲，但其中参考脉冲的符号经选择以提供光学状态的最大变化。也就是说，当电光介质接近其白色状态时，负电压脉冲仅可驱动电光介质略微更白，而正电压则可极大地将电光介质驱动到黑色。参考脉冲的符号在这种情况下为正。这种类型的FT脉冲的目的是调整净电压冲激（例如用于DC平衡），同时不会极大地影响光学状态。

[0245] 本发明的不连续寻址方面还涉及利用转变波形的脉冲元素之间的或者插入其中的一个或多个FT序列的概念，以及涉及采用FT序列来平衡先前灰度等级和先前停留时间的作用的概念。本发明的一个特定实例是插入波形的某个脉冲元素中间或者波形的一些脉冲元素之间的零电压帧用于改变最终光学状态。

[0246] 本发明的不连续寻址方面还允许对波形进行微调以便实现具有预期精度的预期灰度等级，以及允许采用不允许对电压微调的源驱动器、特别是仅具有两个或三个电压电平的源驱动器来使波形可更接近DC平衡（即，到各种灰度等级的任何循环漂移的零净电压冲激）的方式。

[0247] DC平衡寻址方法

[0248] 应当注意，上述WO 03/044765的图11A和图11B所示的锯齿驱动方案极适合用于DC平衡，因为这个锯齿驱动方案确保在任何给定像素连续通过黑色状态之间仅可经过有限次数的转变，以及实际上平均来说，像素将在其转变的一半经过黑色状态。

[0249] 但是，如上所述，根据本发明的DC平衡寻址方法，根据本发明的DC平衡不限于对于一系列转变过程中施加到电光介质的冲激的总量进行平衡，而是还扩展到使显示器的像素所经过的转变的至少一部分“内部”DC平衡；现在将详细描述这个方法。

[0250] 本发明的DC平衡寻址方法涉及有利地用于驱动显示应用的封装电泳及其它冲激驱动电光介质的DC平衡转变。这个方法例如可应用于具有仅能够输出两个或三个电压的源驱动器的有源矩阵显示器。虽然可使用其它类型的驱动器，但以下的详细说明大部分集中于采用具有三个电压输出（正、负和零）的源驱动器的实例。

[0251] 在以下对本发明的DC平衡寻址方法的描述中，如前面对本发明的其它方面的描述中那样，电光介质的灰度等级将表示为1至N，其中，1表示最暗状态以及N表示最亮状态。中间状态从暗到亮递增编号。用于冲激驱动成像介质的驱动方案利用一组规则来实现从初始灰度等级到最终灰度等级的转变。驱动方案可表示成作为各转变的时间的函数的电压，如表5中对于2位（4灰度等级）灰度级显示器的16个可能转变的每个所示。

[0252] 表5

[0253]

		最终灰度等级			
		1	2	3	4
初始灰度等级	1	$V_{11}(t)$	$V_{12}(t)$	$V_{13}(t)$	$V_{14}(t)$
	2	$V_{21}(t)$	$V_{22}(t)$	$V_{23}(t)$	$V_{24}(t)$
	3	$V_{31}(t)$	$V_{32}(t)$	$V_{33}(t)$	$V_{34}(t)$
	4	$V_{41}(t)$	$V_{42}(t)$	$V_{43}(t)$	$V_{44}(t)$

[0254] 表 5 中，Vij(t) 表示用于进行从灰度等级 i 到灰度等级 j 的转变的波形。DC 平衡转变是波形 Vij(t) 的时间积分为零的转变。

[0255] 术语“光学栏杆”以上已经定义为表示电光介质的极端光学状态。下面将采用短语“将介质推向或推到光学栏杆”。“向”表示电压被施加以便将介质的光学状态移向光学栏杆之一。“推”表示电压脉冲具有使电光介质的光学状态实质上接近光学栏杆之一的充分持续时间和幅度。重要的是要注意，“推到光学栏杆”不是表示光学栏杆状态在脉冲结束时一定被实现，而是表示实质上接近最终光学状态的光学状态在脉冲结束时被实现。例如，考虑具有处于 1％和 50％反射率的光学栏杆的电光介质。发现 300 毫秒脉冲使最终光学状态（从 1％反射率）变到 50％反射率。可能提到 200 毫秒脉冲将显示器推到高反射率光学栏杆，即使它实现只有 45％反射的最终反射率。这个 200 毫秒脉冲被认为将介质推到光学栏杆之一，因为与穿过光学范围的大部分、如光学范围的中间三分之一所需的时间相比，200 毫秒持续时间较长（在这种情况下，与使介质通过反射率范围的中间三分之一、这里是从 17％到 34％反射所需的脉冲相比，200 毫秒长）。

[0256] 现在将描述根据本发明的 DC 平衡寻址方法的三个不同类型的 DC 平衡转变，以及采用 DC 平衡以及 DC 不平衡转变的混合驱动方案。为了便于说明，在以下描述中，脉冲将由数值表示，数值的大小表示脉冲的持续时间。如果数值为正，则脉冲为正，而如果数值为负，则脉冲为负。因此，例如，如果可用电压为 +15V、0V 和 -15V，以及脉冲持续时间以毫秒 (msec) 来测量，则表征为 x ＝ 300 的脉冲表示 300 毫秒、15V 的脉冲，以及 x ＝ -60 表示 60 毫秒、-15V 的脉冲。

[0257] 类型 I：

[0258] 在本发明的第一个最简单类型的 DC 平衡转变中，电压脉冲（“x”）的前面是相等长度但相反符号的脉冲（“-x”），如图 13 所示。（注意，x 的值本身可以是负的，因此正和负脉冲可能以与图 13 所示的相反顺序出现。）

[0259] 如上所述，已经发现，根据本发明的不连续寻址方法，用于实现转变的波形的作用通过在波形中的脉冲的任一个之中或之前的零电压周期的存在（实际上为时延）来修改。图 14 和图 15 说明对图 13 的波形的修改。在图 14 中，时延被插入图 13 的两个脉冲之间，而在图 15 中，时延被插入图 13 的第二脉冲内，或者结果都是一样，图 13 的第二脉冲分为通过时延分隔的两个独立脉冲。如上所述，时延可加入波形以便实现没有这些延迟就不可得的光学状态。时延还可用来微调最终光学状态。这个微调能力是重要的，因为在有源矩阵驱动中，各脉冲的时间分辨率由显示器的扫描速率来定义。扫描速率所提供的时间分辨率

可能很不精确，没有某种附加的微调方法就无法实现精确的最终光学状态。时延提供对最终光学状态的小程度微调，而如以下所述的附加特征则提供对最终光学状态的粗调和微调的附加方式。

[0260] 类型 II ：

[0261] 类型 II 波形由其中在某个点将正和负脉冲对（表示为“y”和“-y”脉冲）插入类型 I 波形的上述类型 I 波形组成，如图 16 以符号表示。y 和 -y 脉冲不必是连续的，但可在不同位置出现在原始波形中。有两个特别有利的形式的类型 II 波形。

[0262] 类型 II :特例 A ：

[0263] 在这个特殊形式中，“-y，y”脉冲对设置在“-x，x”脉冲对之前。已经发现，当 y 和 x 为相反符号时，如图 17 所示，最终光学状态可通过持续时间 y 的甚至适度粗略调整来微调。因此，x 的值可为粗调控制进行调整，以及 y 的值为电光介质的最终光学状态的微调进行调整。我们认为会发生这种情况，因为 y 脉冲增大 -x 脉冲，因而改变电光介质被推到其光学栏杆之一的程度。推到光学栏杆之一的程度已知在离开那个光学栏杆的脉冲（在这种情况下由 x 脉冲提供）之后提供对最终光学状态的精细调整。

[0264] 类型 II :特例 B ：

[0265] 为了上述原因，已经发现有利的是采用具有长得足以将电光介质实质上驱动到一个光学栏杆的至少一个脉冲元素的波形。另外，为了更为视觉愉悦的转变，还希望从较近的光学栏杆达到最终光学状态，因为实现接近光学栏杆的灰度等级仅需要短的最终脉冲。这种类型的波形需要至少一个长脉冲来驱动到光学栏杆以及一个短脉冲来达到接近该光学栏杆的最终光学状态，因而无法具有上述类型 I 的结构。但是，类型 II 波形的特例可实现这种类型的波形。图 18 表示这种波形的一个实例，其中 y 脉冲设置在 -x，x 脉冲对之后，以及 -y 脉冲设置在 -x，x 脉冲对之前。在这种类型的波形中，最终 y 脉冲提供粗调，因为最终光学状态对 y 的幅度极为敏感。x 脉冲提供微调，因为最终光学状态通常不会极大地取决于驱动到光学栏杆的幅度。

[0266] 类型 III ：

[0267] 本发明的第三种类型（类型 III）的 DC 平衡波形将又一个 DC 平衡脉冲对（表示为“z”、“-z”）引入波形，如图 19 示意所示。这种类型 III 波形的一个优选实例如图 20 所示 ；由于下列原因，这种类型的波形对于最终光学状态的微调是有用的。考虑没有 z 和 -z 脉冲的情况（即上述类型 II 波形）。x 脉冲元素用于微调，以及最终光学状态可通过增加 x 来减小以及通过减小 x 来增加。但是，不希望将 x 减小到超过某个点，因为那时不会如波形的稳定性所需的那样，使电光介质足够接近光学栏杆。为了避免这个问题，不是减小 x，而是可（实际上）通过添加 -z，z 脉冲对来增加 -x 脉冲而没有改变 x 脉冲，如图 20 所示，其中 z 具有与 x 相反的符号。z 脉冲增大 -x 脉冲，而 -z 脉冲使转变保持为零净冲激，即保持 DC 平衡转变。

[0268] 上述类型 I、II 和 III 波形无疑可通过各种方式来修改。附加的脉冲对可添加到波形以便实现更一般的结构。这类附加对的优点随着增加的脉冲元素数量而减小，但这类波形是类型 I、II 和 III 波形的自然扩展。另外，如上所述，一个或多个时延可插入波形的任一个中的各种位置，其方式与图 14 和图 15 中所示相同。如前面所述，脉冲的时延影响所实现的最终光学状态，因而对于微调是有用的。另外，通过改变转变元素相对于相同转变中

其它元素以及相对于其它转变的转变元素的位置，时延的设置可改变转变的视觉外观。时延还可用来对准某些波形转变元素，并且这对于具有某些控制器能力的一些显示模块可能是有利的。另外，认识到所施加脉冲的排序的小变化可能实质上改变脉冲之后的光学状态的事实，输出信号也可通过调换上述脉冲序列之一的全部或部分或者通过上述序列之一的全部或部分的重复调换、或者通过在任何位置将一个或多个 0V 周期插入上述序列之一来形成。另外，这些调换和插入操作符可按照任何顺序来组合（例如，插入 0V 部分，然后调换，然后再插入 0V 部分）。重要的是要注意，这些变换形成的所有这类脉冲序列保持具有零净冲激的基本特性。

[0269] 最后，DC 平衡转变可与 DC 不平衡转变结合以形成完整的驱动方案。例如，2003 年 7 月 2 日提交的共同未决申请序号 60/481053 描述了类型 -TM(R1,R2)[IP(R1)-IP(R2)] TM(R1, R2) 的优选波形，其中 [IP(R1)-IP(R2)] 表示所考虑的转变的最终和初始状态之间的冲激电位的差异，而其余两项则表示 DC 平衡脉冲对。为了便于说明，这个波形以下称作 -x/ΔIP/x 波形，以及如图 21 所示。虽然对于不同光学状态之间的转变令人满意，但这个波形对于初始和最终光学状态相同的零转变则不太令人满意。对于这些零转变，在本例中采用例如图 17 和图 18 所示的类型 II 波形。这个完整波形如表 6 中以符号表示，从其中会看到，-x/ΔIP/x 波形用于非零转变，以及类型 II 波形用于零转变。

[0270] 表 6

[0271]

		最终灰度等级			
		1	2	3	4

[0272]

初始灰度等级	1	类型 II	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	2	-x/ΔIP/x	类型 II	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	3	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	类型 II	-x/ΔIP/x
	4	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-X/ΔIP/X	类型 II

[0273] DC 平衡寻址方法无疑不限于其中 DC 平衡转变限于初始和最终灰度等级相同的“主对角线”转变的这种类型的转变矩阵；为了产生灰度等级控制的最大改进，希望使属于 DC 平衡的转变的数量最大。但是，根据所使用的特定电光介质，可能难以进行涉及向或从极端灰度等级、例如向或从黑色和白色、即分别为灰度等级 1 和 4 的转变的 DC 平衡转变。此外，在选择哪些转变为 DC 平衡时，重要的是不让整个转变矩阵不平衡，即，产生其中在相同灰度等级开始和结束的闭合循环为 DC 不平衡的转变矩阵。例如，仅涉及灰度等级的 0 或 1 单元的变化的转变为 DC 平衡、但其它转变为 DC 不平衡的规则不是所需的，因为这将使整个转变矩阵不平衡，如以下实例所示；经过灰度等级 2-4-3-2 的序列的像素将经过转变 2-4(DC 不平衡）、4-3（平衡）以及 3-2（平衡），使得整个循环为不平衡。这两个冲突的愿望之间的实际折衷可以是在仅涉及中间灰度等级（等级 2 和 3）的情况下采用 DC 平衡转

变，以及在转变在极端灰度等级（等级 1 或 4）开始或结束的情况下采用 DC 不平衡转变。显然，为这种规则选择的中间灰度等级可随着所使用的特定电光介质和控制器而改变；例如，在三位（8 灰度等级）显示器中，也许能够在以灰度等级 2-7（或者也许 3-6）开始或结束的所有转变中采用 DC 平衡转变，以及在以灰度等级 1 和 8（或 1、2、7 和 8）开始或结束的所有转变中采用 DC 不平衡转变。

[0274] 从以上所述会看到，本发明的 DC 平衡寻址方法允许对波形进行微调以高精度地实现预期灰度等级，以及采用不允许电压微调的源驱动器、特别是仅有两个或三个电压电平的源驱动器可使波形转变具有零净电压的方式。我们认为，DC 平衡波形转变提供比 DC 不平衡波形更好的性能。本发明一般适用于显示器，特别但不是排他地适用于具有仅提供两个或三个电压的源驱动器的有源矩阵显示模块。本发明还适用于具有提供更多电压电平的源驱动器的有源矩阵显示模块。

[0275] 本发明的 DC 平衡寻址方法可提供某些附加优点。如上所述，在本发明的一些驱动方法中，转变矩阵是不同于先前光学状态的变量、例如自上一次更新以来的时间长度或者显示介质的温度的函数。在具有不平衡转变的这些情况中保持 DC 平衡相当困难。例如，考虑在 25℃从白色到黑色然后在 0℃从黑色到白色的重复转变的显示器。在低温的较慢响应通常采用较长的脉冲长度来指示。因此，显示器将经历朝向白色的净 DC 不平衡。另一方面，如果所有转变是内部平衡的，则不同的转变矩阵可自由混合，而不引入 DC 不平衡。

[0276] 定义区域方法

[0277] 如上所述，重置步骤的令人不快的效果可通过采用局部而不是全局更新、即通过仅改写在连续图像之间改变的显示器的那些部分来进一步减小，待改写的部分基于“局部区域”或者逐个像素来选择。例如，如在说明机械装置的零件的示图或用于事故重构的示图中，发现较小对象在较大的静态背景上移动的一系列图像并不是少见的。为了使用局部更新，显示控制器需要将最终图像与初始图像进行比较，并确定哪个（哪些）区域在两个图像之间不同并因而需要改写。控制器可识别通常为具有与像素网格对齐的轴的矩形区域、包含需要被更新的像素的一个或多个局部区域，或者只是识别需要被更新的各个像素。以上所述的驱动方案中的任一个则可用于仅更新以这种方式识别为需要改写的局部区域或个别像素。这种局部更新方案可实质上减小显示器的能量消耗。

[0278] 此外，如上所述，本发明的定义区域方法提供一种允许在显示器的不同区域中采用不同的更新方法来更新双稳态电光显示器的定义区域方法。

[0279] 电光显示器是已知的，其中整个显示器可采用一位或灰度级模式来驱动。当显示器处于一位模式时，更新采用一位通用图像流 (GIF) 波形来实现，而当显示器处于灰度级模式时，更新采用多前脉冲幻灯片波形或者其它某种慢波形来实现，即使在显示器的特定区域只有一位信息被更新。

[0280] 通过在控制器中定义两个附加命令，即“定义区域”命令和“清除所有区域”命令，这种电光显示器可修改为执行本发明的定义区域方法。“定义区域”命令通常把足以完整地定义显示器的矩形区域的位置作为变元，例如所定义区域的右上角和左下角的位置；这个命令还可具有指定所定义区域所设置的位深度的附加变元，但这个最后的变元在所定义区域始终为单色的简单形式的定义区域方法中不是必需的。最后的变元所设置的位深度无疑超过对所定义区域先前设置的任何位深度。或者，“定义区域”命令可指定定义多边形的顶

点的一系列点。“清除所有区域”命令可能不取变元，而只是将整个显示器重置为单一预定义的位深度，或者可能取指定各种可能的位深度的哪一个在清除操作之后由整个显示器采用的单个变元。

[0281] 大家会理解，本发明的定义区域方法不限于只有两个区域的使用，更多区域可根据需要来提供。例如，在图像编辑程序中，具有以完全位深度显示所编辑的图像的主区域以及以一位模式运行的信息显示区域（例如显示当前光标位置的框）和对话框区域（为用户输入文本提供对话框），可能是有帮助的。下面主要以二区域形式来描述本发明，因为为允许使用不止两个区域进行的必要修改是显示控制器的构造领域的技术人员非常清楚的。

[0282] 为了跟踪不同区域的深度，控制器可保持存储元件阵列，一个元件与显示器中的各像素关联，以及各元件存储表示关联像素的当前位深度的值。例如，能够以 1 位或 2 位模式工作的 XVGA(800x600) 显示器可采用 1 位元件的 800×600 阵列（对于 1 位模式各包含 0，对于 2 位模式各包含 1）。在这种控制器中，“定义区域”命令将显示器的定义区域中的元素设置为所请求的位深度，而“清除所有区域”命令则将阵列的所有元素重置为相同的值（或者为预定值或者为命令的变元所定义的值）。

[0283] 可选地，当区域被定义或清除时，控制器可对那个区域中的像素执行更新序列，从而将显示器从一种模式转移到另一种模式，以便确保 DC 平衡或者调整相关像素的光学状态，例如通过采用如上所述的 FT 序列来进行。

[0284] 当显示器以定义区域模式工作时，新图像被发送给控制器，以及显示器必须被刷新，有三种可能的情况：

[0285] 1. 只有所定义的（比如）一位区域中的像素已经改变。在这种情况下，一位（快）波形可用来更新显示器；

[0286] 2. 只有未定义的（灰度级）区域中的像素已经改变。在这种情况下，灰度级（慢）波形必须用来更新显示器（注意，由于根据定义，没有像素在所定义区域中被改变，因此在屏幕刷新期间所定义区域、例如对话框的清晰性不是问题）；以及

[0287] 3. 所定义以及未定义区域中的像素都已经改变。在这种情况下，灰度级像素采用灰度级波形来更新，以及一位像素采用一位波形来更新（较短的一位波形必须适当地进行零填充以便匹配灰度级更新的长度）。

[0288] 控制器可在扫描显示器之前，通过执行以下逻辑测试，来确定这些情况的哪一种存在（假定与各像素关联的一位值并存储像素模式，如上所述）：

[0289] (Old_image XOR new_image) ＞ 0：像素在显示器中改变

[0290] (Old_image XOR new_image)AND mode_array ＞ 0：灰度级像素被改变

[0291] (Old_image XOR new_image)AND(NOT mode_array) ＞ 0：单色像素被改变

[0292] 当控制器扫描显示器时，对于情况 1 或情况 2，对于所有像素可采用一个波形查找表，因为未改变像素将接收 0V，假定一位模式中的零转变与灰度级模式中相同（换言之，两种波形均为局部更新）。相反，如果灰度级波形为全局更新（每当更新显示器时更新所有像素），则控制器需要测试以便查看像素是否处于适当区域内，以便确定是否施加全局更新波形。对于情况 3，控制器必须在扫描以确定要使用哪个波形时检查各像素的模式位阵列的值。

[0293] 可选地，如果在一位模式中实现的黑色和白色状态的亮度值与在灰度级模式中实

现的相同，则在上述情况 3 中，灰度级波形可用于显示器中的所有像素，从而消除了对于一位与灰度级波形之间的传递函数的需要。

[0294] 本发明的定义区域方法可利用基本查找表方法的可选特征的任一个，如上所述。

[0295] 本发明的定义区域方法的主要优点在于，它允许在正显示先前写入的灰度级图像的显示器上使用快速一位波形。先有技术的显示控制器通常只允许显示器在任何一个时间或者处于灰度级或者处于一位模式。虽然能够在灰度级模式写入一位图像，但相关波形相当慢。另外，本发明的定义区域方法对于将图像提供给控制器的主机系统（系统通常为计算机）基本上是透明的，因为主机系统不需要对控制器建议使用哪个波形。最后，定义区域方法允许一位和灰度级波形同时在显示器上使用，而如果两种波形都被使用，则其它解决方案要求两个分开的更新事件。

[0296] 进一步的一般波形论述

[0297] 上述驱动方案在许多方面可改变，取决于所使用的特定电光显示器的特性。例如，在一些情况中，也许能够消除上述驱动方案中的许多重置步骤。例如，如果所使用的电光介质在长周期是双稳态的（即写入像素的灰度等级仅随时间极缓慢变化），并且特定转变所需的冲激不会随着像素处于其初始灰度状态的周期极大地变化，则查找表可设置成直接使灰度状态达到灰度状态转变而无需任何到黑色或白色状态的中间返回，其中仅当在经过充分周期之后，像素从其标称灰度等级逐渐“漂移”已经导致所呈现图像中的显著误差时，显示器的重置才被执行。因此，例如，如果用户将本发明的显示器用作电子书籍阅读器，则也许能够在需要显示器的重置之前显示很多个信息屏幕；根据经验发现，采用适当的波形和驱动器，多达 1000 个信息屏幕可在需要重置之前被显示，使得实际上重置在电子书籍阅读器的典型阅读阶段是不必要的。

[0298] 显示技术领域的技术人员会非常清楚，本发明的单个设备可有效地配置多个不同的驱动方案，供不同条件下使用。例如，由于在上述 WO 03/044765 的图 9 和图 10 所示的驱动方案中，设置脉冲消耗显示器的总能量消耗的很大一部分，因此控制器可能配置第一驱动方案，它频繁地重置显示器，从而使灰度级误差最小，以及配置第二方案，它仅以较长间隔重置显示器，从而容许较大的灰度级误差但降低能量消耗。两个方案之间的转换可手动或者根据外部参数来进行；例如，如果显示器用于膝上型计算机，则在计算机依靠干线电力运行时可采用第一驱动方案，而在计算机依靠内部电池电力运行时可采用第二驱动方案。

[0299] 补偿电压方法

[0300] 对于本发明的基本查找表方法及设备的另一个变更通过本发明的补偿电压方法及设备来提供，现在进行详细说明。

[0301] 如上所述，本发明的补偿电压方法及设备设法实现与上述基本查找表方法相似的结果，但无需存储极大的查找表。查找表的大小随着关于查找表被索引的先前状态的数量迅速增长。为此，如上所述，增加选择实现双稳态电光显示器的预期转变的冲激时所使用的先前状态数量存在实际限制和成本考虑。

[0302] 在本发明的补偿电压方法及设备中，所需的查找表的大小减小，以及为显示器的各像素存储补偿电压数据，这个补偿电压数据根据先前施加到相关像素的至少一个冲激来计算。最后施加到像素的电压为以通常方式从查找表中选择的驱动电压与从用于相关像素的补偿电压数据所确定的补偿电压之和。实际上，补偿电压数据对像素施加“校正”，该校正

例如原本通过对一个或多个附加先前状态按索引查阅查找表来施加。

[0303] 补偿电压方法中所使用的查找表可以是上述类型的任一个。因此，查找表可以是仅考虑到相关转变过程中像素的初始和最终状态的简单二维表。或者，查找表可考虑一个或多个时间和 / 或灰度等级先前状态。补偿电压还可以只考虑对于相关像素存储的补偿电压数据，但也可以可选地考虑一个或多个时间和 / 或灰度等级先前状态。补偿电压可以不仅在驱动电压施加到像素的周期中、而且在没有驱动电压施加到像素的所谓“保持”状态中施加到相关像素。

[0304] 确定补偿电压数据的确切方式可随着所使用的双稳态电光介质的特性而极大地变化。补偿电压数据通常以当前和 / 或一个或多个扫描帧中施加到像素的驱动电压所确定的方式来定期修改。在本发明的优选形式中，补偿电压数据包括与显示器的各像素关联的单个数（寄存器）值。

[0305] 在本发明的一个优选实施例中，扫描帧以前面所述的方式组成超帧，使得显示器更新仅在超帧的起始处开始。例如，超帧可由十个显示扫描帧组成，使得对于具有 50Hz 扫描速率的显示器，显示扫描为 20ms 长，而超帧则为 200ms 长。在显示器被改写时的各超帧期间，与各像素关联的补偿电压数据被更新。更新包括下列顺序的两个部分：

[0306] (1) 采用与相关超帧期间施加的脉冲无关的固定算法来修改先前值；以及

[0307] (2) 将来自步骤 (1) 的值增加相关超帧期间施加的冲激所确定的量。

[0308] 在本发明的一个特定优选实施例中，步骤 (1) 和 (2) 按照下列方式执行：

[0309] (1) 将先前值除以宜为二的固定常数；以及

[0310] (2) 将来自步骤 (1) 的值增加与相关超帧期间施加到电光介质的电压 / 时间曲线下的总面积成比例的量。

[0311] 在步骤 (2) 中，增量可以精确地或只是近似地与相关超帧期间的电压 / 时间曲线下的面积成比例。例如，以下参照图 22 详细说明，增量可“量化”为所有可能施加的波形的类的有限集合，每个类包含具有两个界限之间的总面积的所有波形，以及在步骤 (2) 中由所施加波形所属的类确定增量。

[0312] 现在给出以下实例。所使用的显示器为二位灰度级封装电泳显示器，以及所采用的驱动方法使用如下表 7 所示的二维查找表，它只考虑预期转变的初始和最终状态；在该表中，列标题表示显示器的预期最终状态，以及行标题表示初始状态，而各单元格中的数字表示将在预定周期施加到像素的单位为伏特的电压。

[0313] 表 7

[0314]

		至:	至:	至:	至:
		0	1	2	3
从:	0	0	+6	+9	+15
从:	1	-6	0	+6	+9
从:	2	-9	-6	0	+6
从:	3	-15	-9	-6	0

[0315] 为了考虑到本发明的补偿电压方法的实施，单数值寄存器与显示器的各像素关联。表 7 所示的各种冲激被分类，以及脉冲类与各冲激关联，如下表 8 所示。

[0316] 表 8

[0317]

脉冲电压 (V)	-15	-9	-6	0	+6	+9	+15
脉冲类	-30	-18	-12	0	12	18	30

[0318] 在各超帧期间，与各像素关联的数值寄存器除以 2，然后增加对于在相同超帧期间施加到相关像素的脉冲在表 13 中所示的数值。在超帧期间施加到各像素的电压为如表 12 所示的驱动电压与下列公式给出的补偿电压 V_{comp}之和 ：

[0319] V_{comp} = A*（像素寄存器）

[0320] 其中，像素寄存器值从与相关像素关联的寄存器中读取，以及“A”为预定义的常数。

[0321] 在本发明的这个优选补偿电压方法的实验室证明中，采用夹在平行电极（前面一个电极由 ITO 构成且透光）之间的封装电泳介质的单像素显示器由 300 毫秒 +/-15V 方波脉冲在其黑色和白色状态之间被驱动。以其白色状态开始的显示器被驱动为黑色，然后在停留时间之后重新驱动为白色。已经发现，最终白色状态的亮度为停留状态的函数，如附图的图 22 所示。因此，这种封装电泳介质对停留时间敏感，其中的白色状态的 L* 根据停留时间改变大约 3 个单位。

[0322] 为了表示本发明的补偿电压方法的效果，实验反复进行，但由在各驱动脉冲结束时开始的按指数衰减电压组成的补偿电压附加到各脉冲。所施加电压为驱动电压和补偿电压之和。如图 22 所示，在采用补偿电压的情况下的各个停留时间的白色状态比在未补偿脉冲的情况下均匀得多。因此，这个实验表明，根据本发明的这类补偿脉冲的使用可极大地减小封装电泳介质的停留时间敏感性。

[0323] 本发明的补偿电压方法可利用上述基本查找表方法的可选特征的任一个。

[0324] 从以上描述中会看到，本发明提供用于控制电光显示器的工作的方法，它们极适合于基于双稳态颗粒的电泳显示器及类似显示器的特性。

[0325] 从以上描述中还看到，本发明提供用于控制电光显示器的工作的方法，它们允许对灰度级的精确控制而无需整个显示器不方便地频繁闪烁到其极端状态之一。本发明还允许对显示器的精确控制而不管其温度及工作时间的变化，同时降低显示器的功耗。这些优点可低价实现，因为控制器可由市场销售的组件来构造。

[0326] DTD 积分减小方法

[0327] 如上所述，已经发现，至少在部分情况下，双稳态电光显示器中的给定转变所需的冲激随像素在其光学状态中的滞留时间而变化，文献中以前似乎没有论述的这种现象以下称作“停留时间相关性”或“DTD”。因此，可能希望或者甚至在部分情况下实际上必需作为像素在其最初光学状态中的滞留时间的函数来改变为给定转变所施加的冲激。

[0328] 现在参照附图的图 23 更详细说明停留时间相关性的现象，它将像素的反射率表示为由 $R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1$所表示的转变序列的时间的函数，其中，$R_k$项的每个表示灰度等级序列中的灰度等级，具有较大索引的 R 出现在具有较小索引的 R 之前。还表示了 R_3与 R_2之间以及 R_2与 R_1之间的转变。DTD 为光学状态 R_2中耗用时间的变化所产生的最终光学状态 R_1的变化，所述耗用时间称作停留时间。本发明的 DTD 积分减小方法提供用于减小驱动双稳态

电光显示器时的停留时间相关性的方法。

[0329] 虽然本发明决不受到关于其来源的任何理论的限制，但在很大程度上，DTD 似乎由电光介质所经历的残余电场所引起。这些残余电场是施加到介质上的驱动脉冲的残留物。通常说残余电压由所施加脉冲产生，以及残余电压只是以适合静电理论的通常方式与残余电场对应的标量电势。这些残余电压可使显示器薄膜的光学状态随时间漂移。它们还可改变后续驱动电压的功效，从而改变那个后续脉冲之后所得到的最终光学状态。这样，来自一个转变波形的残余电压可使后续波形之后的最终状态不同于在两个转变彼此非常独立时的情况。“非常独立”表示时间上足够大地分隔，使得来自第一转变波形的残余电压在施加第二转变波形之前已经实质上衰减。

[0330] 从转变波形以及施加到电光介质的其它简单脉冲产生的残余电压的测量表明，残余电压随时间衰减。衰减看来是单调的，但不仅仅是按指数规律的。但是，相当近似地，衰减可近似为按指数规律的，在所测试的大部分封装电泳介质的情况下，具有大约一秒的衰减时间常数，以及其它双稳态电光介质预计显示类似的衰减时间。

[0331] 因此，本发明的 DTD 积分减小方法提供一种驱动具有至少一个像素的双稳态电光显示器的方法，它包括向像素施加波形 V(t)，使得：

[0332] $$J = \int_0^T V(t)M(T-t)dt \quad (1)$$

[0333] （其中，T 是波形的长度，积分是在波形的持续时间上进行的，V(t) 是作为时间 t 的函数的波形电压，以及 M(t) 是表征引起在时间零处从短脉冲产生的停留时间相关性的残余电压功效的降低的记忆函数）小于大约 1 伏秒。较理想的是，J 小于大约 0.5 伏秒，以及最理想的是小于大约 0.1 伏秒。实际上，J 应当设置成尽量小，理想情况为零。

[0334] 波形可经过设计，它们通过产生复合脉冲来提供极低的 J 值和因而极小的 DTD。例如，在更短的正电压脉冲之前的长负电压脉冲（具有相同大小但相反符号的电压振幅）可产生更为减小的 DTD。我们认为（但本发明决不受此看法的限制），两个脉冲提供具有相反符号的残余电压。当两个脉冲的长度之比正确设置时，可使来自两个脉冲的残余电压在很大程度上相互抵消。两个脉冲的长度的适当比率可通过残留电压的记忆函数来确定。

[0335] 在本发明的当前优选实施例中，J 由下式计算：

[0336] $$J = \int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt \quad (2)$$

[0337] 其中，τ 为凭经验最优确定的衰减（松弛）时间。

[0338] 对于某些封装电泳介质，根据经验已经发现，产生小 J 值的波形也产生特别低的 DTD，而具有特别大的 J 值的波形则产生大 DTD。实际上，在通过上式 (2) 计算的 J 值之间可找到良好相关，其中的 τ 设置为一秒，大致等于所施加电压脉冲之后的残余电压的所测量衰减时间。

[0339] 因此，有利的是，通过其中从一种灰度等级到另一种的每个转变（或者查找表中的至少大部分转变）是采用提供小 J 值的波形实现的波形来应用上述专利和申请中所述的方法。这个 J 值最好为零，但根据经验已经发现，至少对于上述专利和申请中所述的封装电泳介质，只要 J 在环境温度下具有小于大约 1 伏秒的量，则所产生的停留时间相关性相当

小。

[0340] 因此，本发明提供一种用于实现一组光学状态之间的转变的波形，其中，对于每个转变，J 的所计算值具有小数值。J 通过估计可能单调递减的记忆函数来计算。这个记忆函数不是任意的，但可通过观察显示器薄膜对简单电压脉冲或复合电压脉冲的停留时间相关性来估算。例如，可向显示器薄膜施加电压脉冲来实现从第一到第二光学状态的转变，等待停留时间，然后施加第二电压脉冲来实现从第二到第三电压脉冲的转变。通过监测作为停留时间的函数的第三光学状态的偏移，可确定记忆函数的近似形状。记忆函数具有大致类似于第三光学状态与它在长停留时间的值之差、作为停留时间的函数的形状。记忆函数则被赋予这个形状，并且在其变元为零时具有单数振幅。这种方法只产生记忆函数的近似值，以及对于各种最终光学状态，记忆函数的所测量形状预计略有改变。但是，总特征、如记忆函数的衰减的特征时间对于各种光学状态应当相似。但是，如果对于最终光学状态存在形状的明显差异，则要采用的最佳记忆函数形状是在第三光学状态处于显示介质的光学范围的中间三分之一时得到的。记忆函数的总特征还应当是通过测试所施加电压脉冲之后的残余电压的衰减可估算的。

[0341] 然而，这里所述的用于估算记忆函数的方法不是精确的，已经发现，甚至从近似记忆所计算的 J 值是对具有低 DTD 的波形的良好指导。有用的记忆函数表示如上所述的 DTD 的时间相关性的总特征。例如，已经发现，按指数规律、具有一秒的衰减时间的记忆函数很适用于预测提供低 DTD 的波形。将衰减时间改变为 0.7 或 1.3 秒不会破坏作为低 DTD 波形的预测算子的所产生 J 值的有效性。但是，不会衰减但无限地保持为单数的记忆函数作为预测算子显然不太有用，以及具有极短衰减时间、如 0.05 秒的记忆函数不是低 DTD 波形的良好预测算子。

[0342] 提供小 J 值的波形的一个实例是上述图 19 和图 20 所示的波形，其中，x、y 和 z 脉冲全部具有远远小于记忆函数的特征衰减时间的持续时间。这个波形在这个条件满足时运行良好，因为这个波形由其残余电压趋向于大致抵消的顺序相反脉冲元素组成。对于不是远小于记忆函数的特征衰减时间、但不大于这个衰减时间的 x 和 y 值，已经发现，其中的 x 和 y 具有相反符号的波形往往提供更低的 J 值，以及可发现 x 和 y 脉冲持续时间实际上允许极小的 J 值，因为各种脉冲元素提供在施加波形之后相互抵消或者至少在很大程度上相互抵消的残余电压。

[0343] 大家会理解，给定波形的 J 值可通过将零电压周期插入波形、或者调整波形中已经存在的零电压的任何周期的长度来控制。这样，可使用各种各样的波形，同时仍然使 J 值保持接近零。

[0344] 本发明的 DTD 积分减小方法具有普遍适用性。波形结构可设计成通过参数、它的对于这些参数的各种值所计算的 J 值以及使 J 值为最小所选的适当参数值来描述，从而减小波形的 DTD。

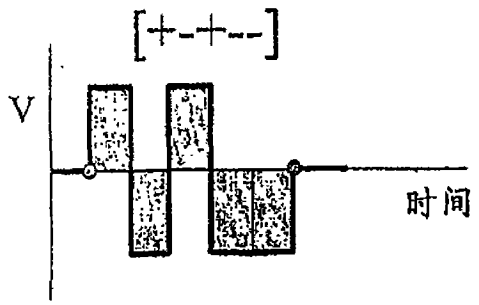


图 1A

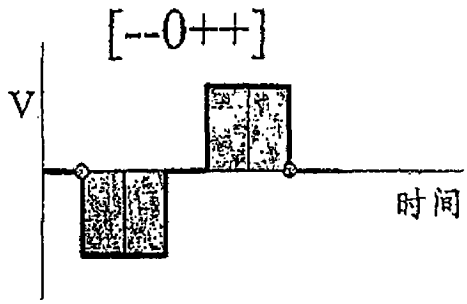


图 1B

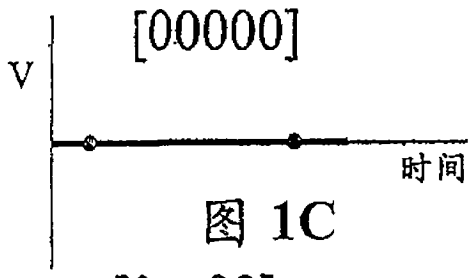


图 1C

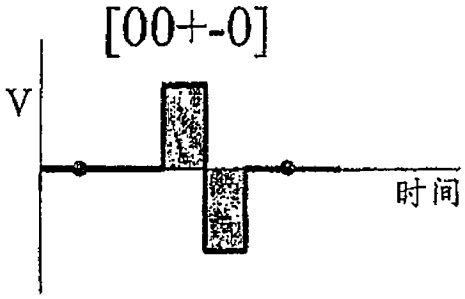


图 1D

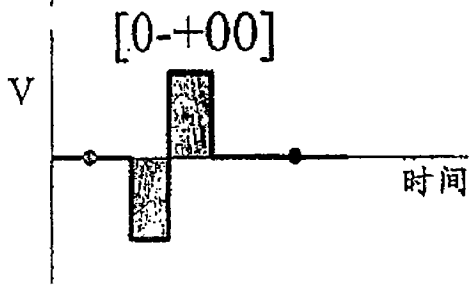


图 1E

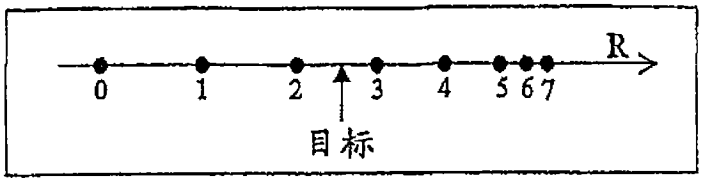


图 2

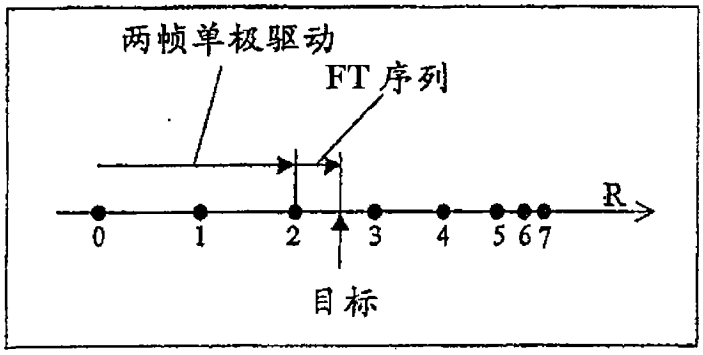


图 3

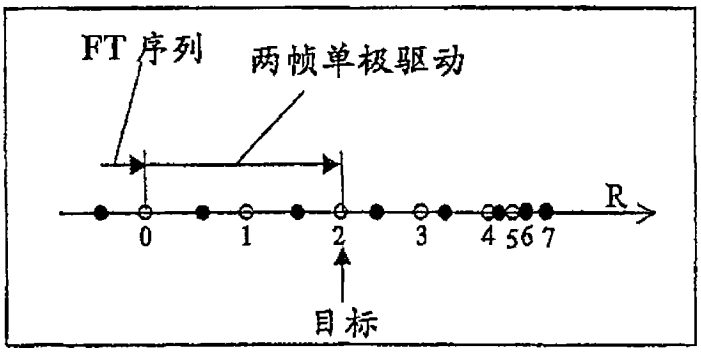


图 4

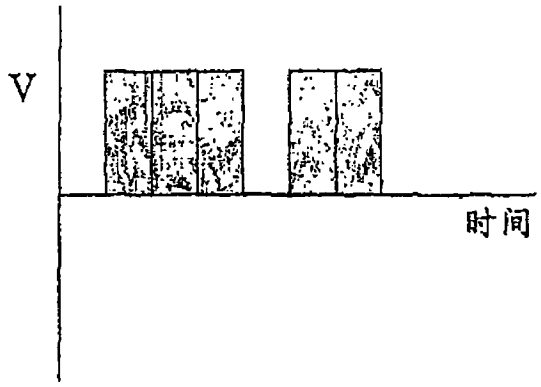


图 5

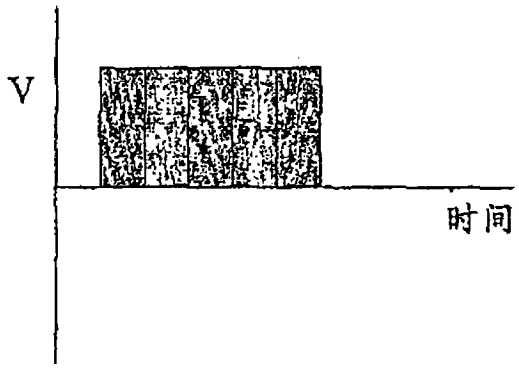


图 6

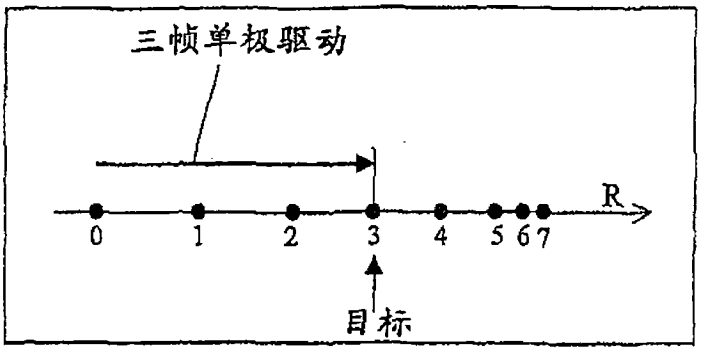

三帧单极驱动
R
0
1
2
3
4
5
6
7
目标

图 7

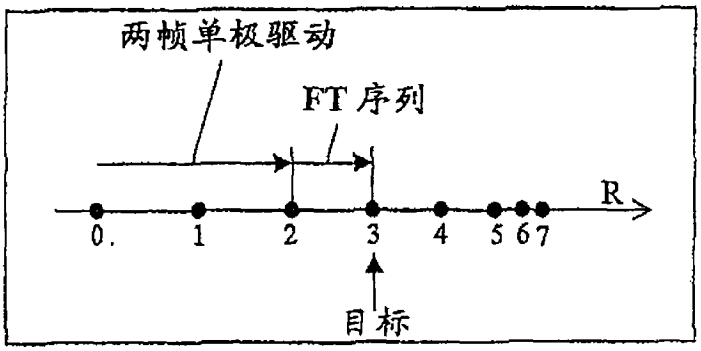

两帧单极驱动
FT 序列
R
0
1
2
3
4
5
6
7
目标

图 8

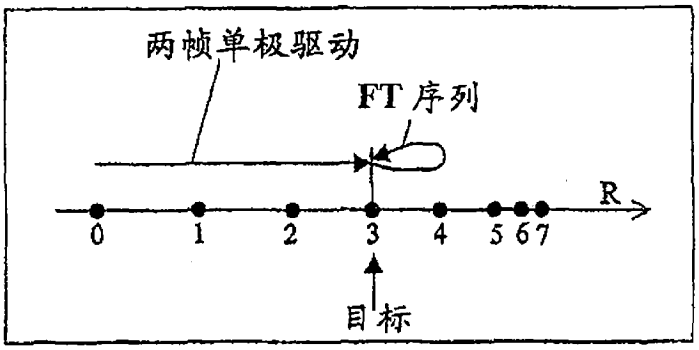

两帧单极驱动
FT 序列
R
0
1
2
3
4
5
6
7
目标

图 9

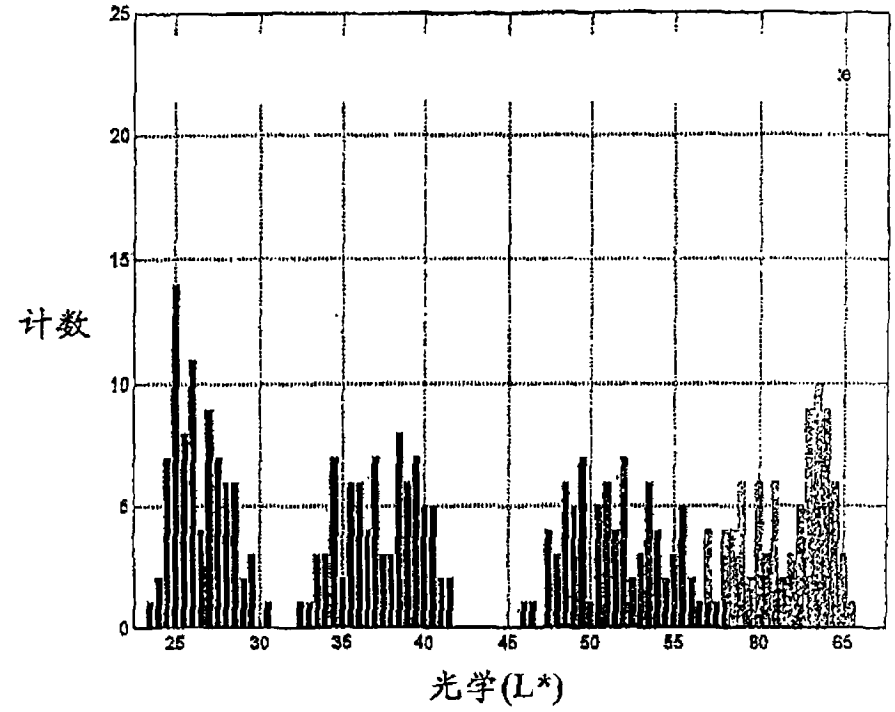

计数
光学(L*)
25
20
15
10
5
0
25
30
35
40
45
50
55
60
65

图 10

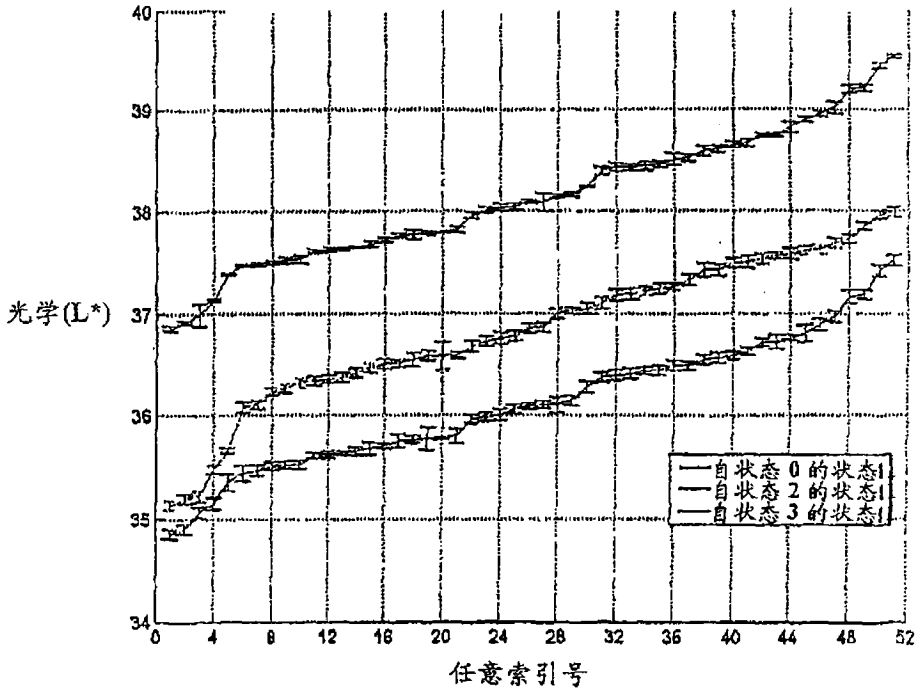

光学(L*)
任意索引号
—自状态 0 的状态1
—自状态 2 的状态1
—自状态 3 的状态1
40
39
38
37
36
35
34
0
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
44
48
52

图 11

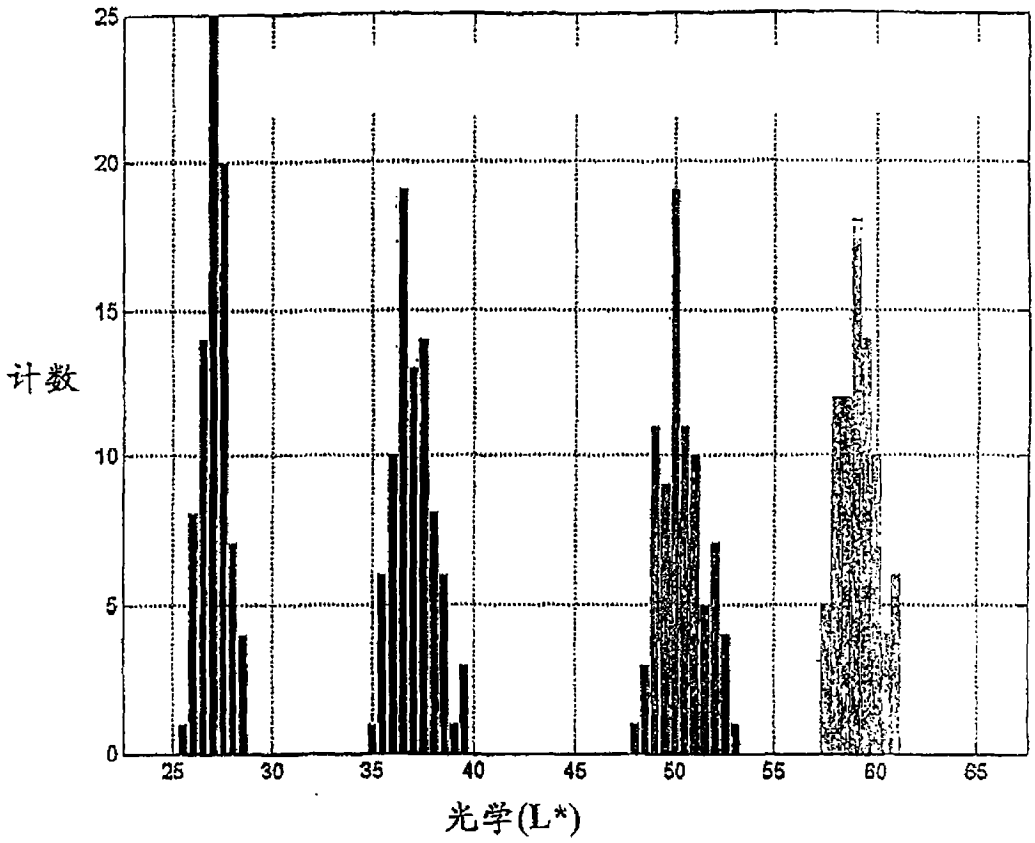


图 12

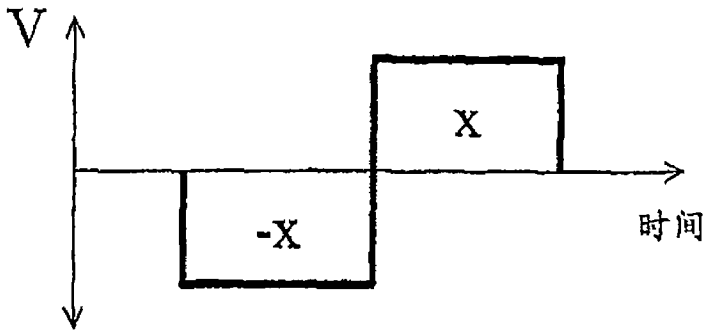


图 13

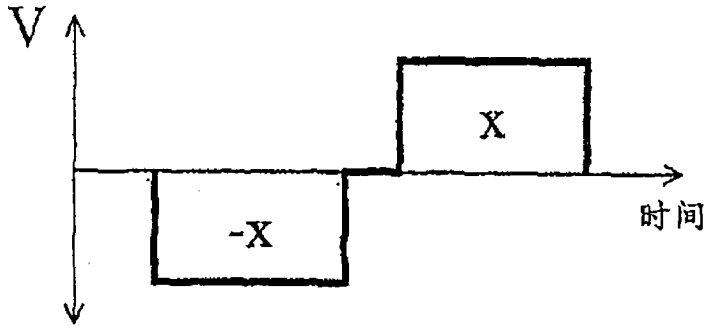


图 14

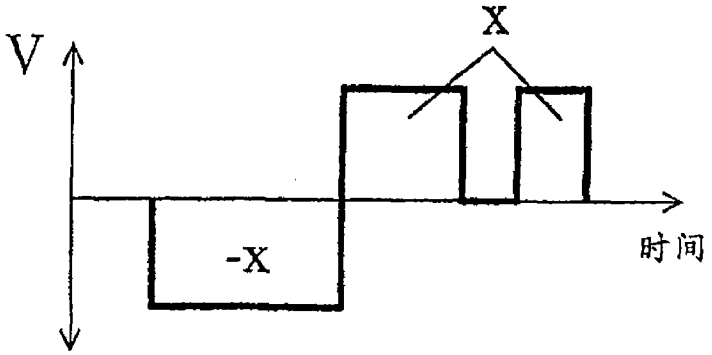


图 15

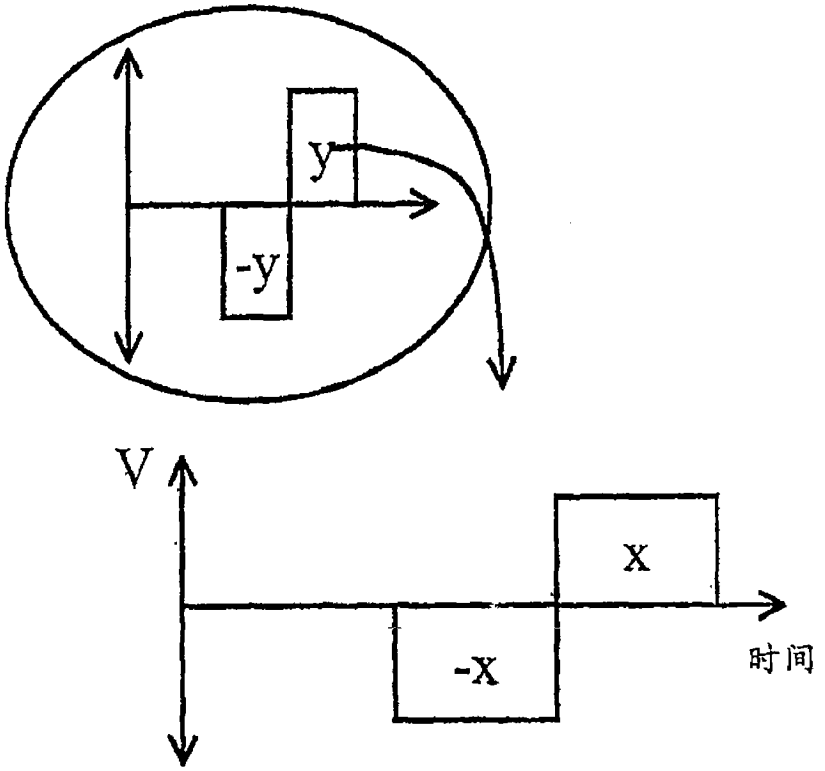


图 16

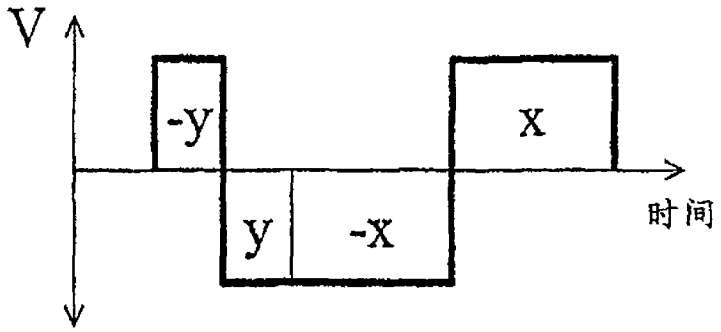


图 17

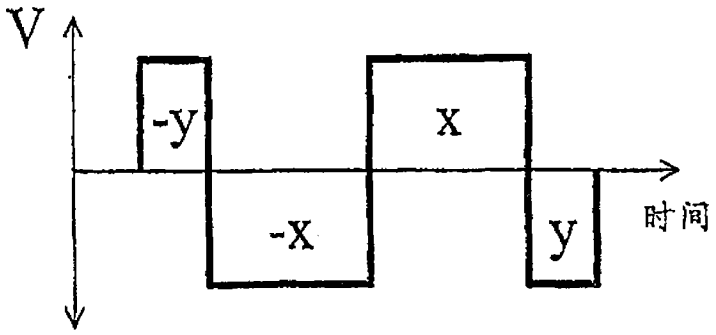


图 18

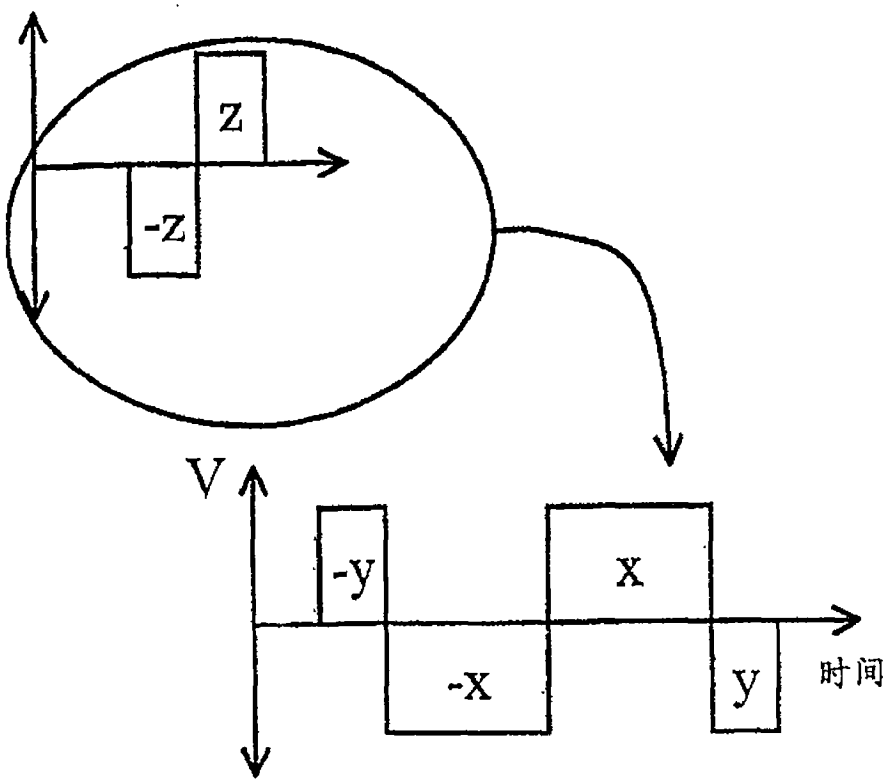


图 19

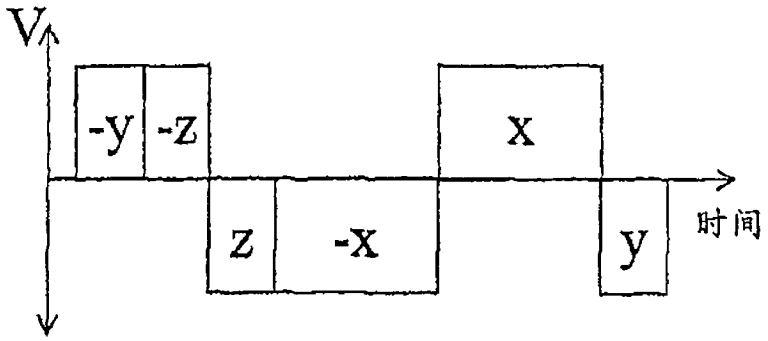

V
-y
-z
x
z
-x
y
时间

图 20

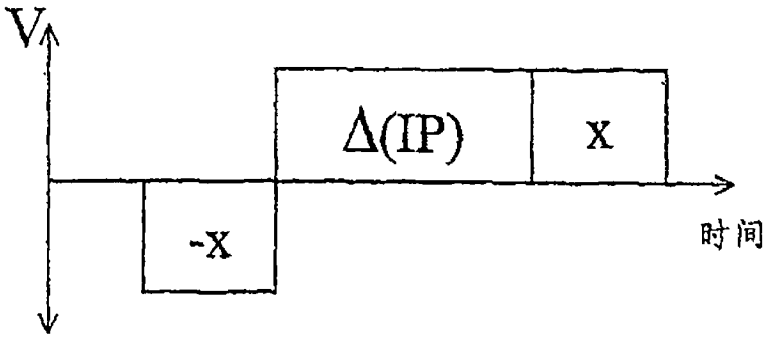

V
Δ(IP)
x
-x
时间

图 21

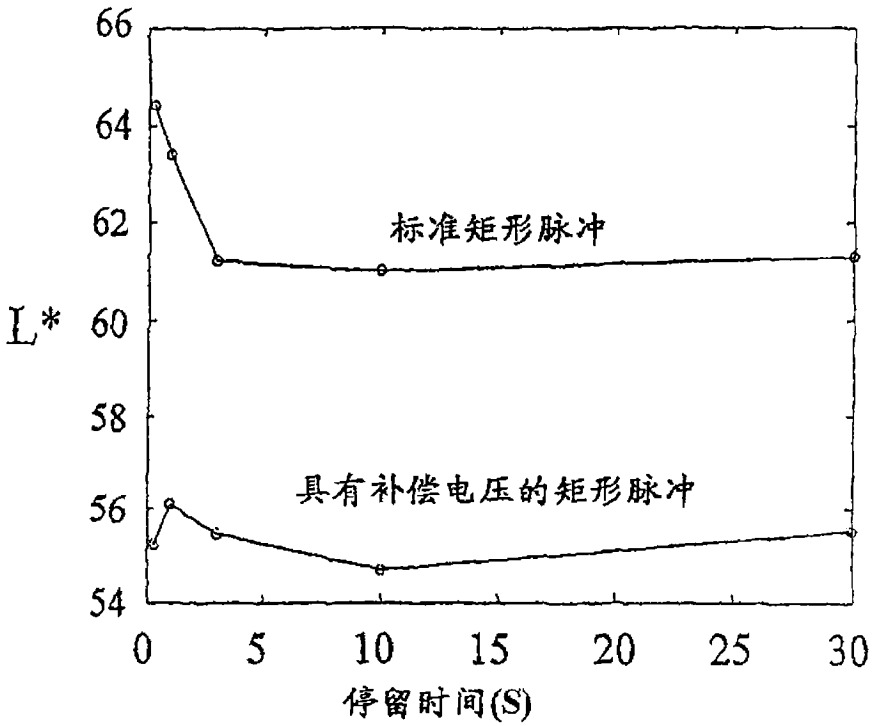

66
64
62
60
58
56
54
L*
标准矩形脉冲
具有补偿电压的矩形脉冲
0
5
10
15
20
25
30
停留时间(S)

图 22

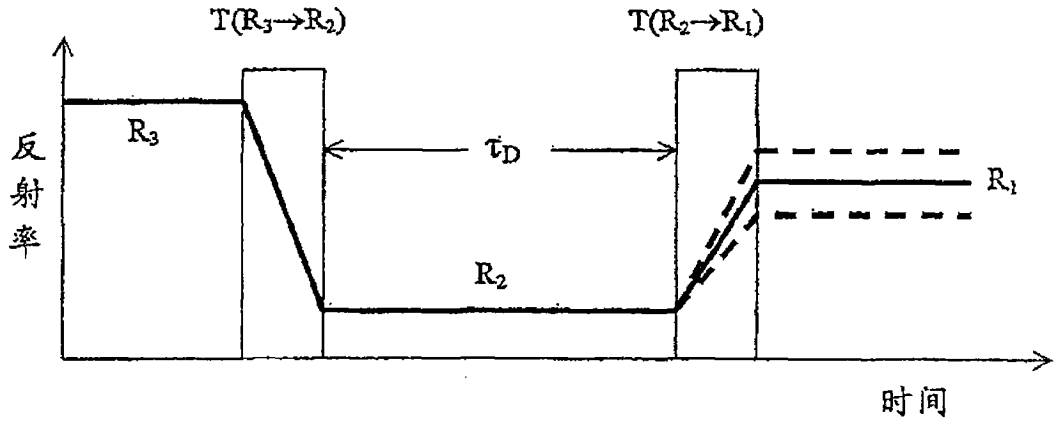


图 23