



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96106137.5

[43]公开日 1997年9月24日

[11] 公开号 CN 1160218A

[22]申请日 96.4.18

[30]优先权

[32]95.4.18 [33]US[31]08 / 424,021

[71]申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国得克萨斯州

[72]发明人 拉里·霍恩贝克

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

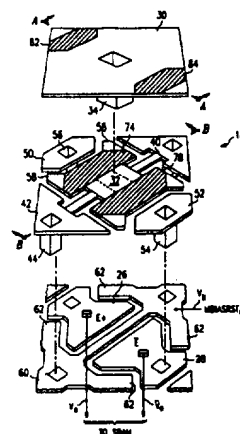
代理人 傅 远

权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 具有活动铰形件和隐藏扭铰件的数字式空间音光调制器

[57]摘要

一种性能改进的 DMD 型空间光调制器 (10)，像素镜 (30) 安装在铰形件 (32) 上，由此在多个结构之间产生静电吸引力 (70, 76, 80, 82)，第一，在举起的微镜 (30) 与举起的寻址电极 (50, 52) 之间，其次，在铰形件 (32) 与其下的寻址电极 (26, 28) 之间。像素 (30) 实现了大的寻址力矩、大的捕获力矩、大的复位力矩和比以前器件更大的寻址余量。基板寻址电极 (26, 28) 上铰形件 (32) 的靠近实现了大的吸引力，由此像素不受寻址变换的影响，只需低的复位电压，且获得更快的切换速度。



权 利 要 求 书

1. 一种空间光调制器,其特征在于,包括:

a)基板;

b)寻址电路组,包含靠近所述基板的第一部分和在所述基板上举起的第二部分;

c)轭形件,支撑在所述寻址电路组第一部分上;

d)至少一个扭铰件,与所述轭形件相连并支撑所述轭形件,使得所述轭形件可以偏转;以及

e)一个象素,由所述轭形件举起和支撑,所述象素位于所述举起的寻址电路第二部分上。

2. 如权利要求1所限定的空间光调制器,其特征在于,包括一对所述扭铰件,沿轭形件轴向支撑所述轭形件。

3. 如权利要求1所述的空间光调制器,其特征在于,所述轭形件的宽度小于所述象素和所述象素叠盖所述轭形件的宽度。

4. 如权利要求2所述的空间光调制器,其特征在于,所述轭形件在所述轭形件轴线的每一侧有一对末端部。

5. 如权利要求4所述的空间光调制器,其特征在于,所述轭形件呈蝶形。

6. 如权利要求1所述的空间光调制器,其特征在于,在所述轭形件与所述寻址电路组第一部分之间形成第一间隔,在所述象素与所述寻址电路组第二部分之间形成第二间隔,所述第一间隔小于所述第二间隔。

7. 如权利要求1所述的空间光调制器,其特征在于,所述轭形件实质上处于与所述寻址电路组第二部分同一平面。

8. 如权利要求2所述的空间光调制器,其特征在于,在所述轭

形件与所述寻址电路组第一部之间形成第一对相对面,在所述象素与所述寻址电路组第二部分之间形成第二对相对面,所述第二对相对面自所述轭形件轴线横向伸出的距离要大于所述第一对相应面自所述轭形件轴线横向伸出的距离。

9. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,进一步包括在所述基板上构成的偏置/复位总线,并电连接至所述象素。

10. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,所述轭形件与所述扭铰件实质上在同一平面。

11. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,进一步包括连接到所述寻址电路组的控制电路组,所述控制电路组向所述寻址电路组第一部分和第二部分提供寻址数据,使所述象素偏转。

12. 如权利要求 2 的空间光调制器,其特征在于,进一步包括连接到所述寻址电路组的控制电路,所述控制电路组向所述寻址电路组第一部分之一提供寻址数据,使所述轭形件向所述被寻址的第一部分偏转。

13. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,进一步包括一个连接到并支撑所述扭铰件的支撑柱。

14. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,所述寻址电路组第一部分和所述第二部分彼此电连接。

15. 如权利要求 1 所述的空间光调制器,其特征在于,所述象素是一微镜。

16. 如权利要求 15 所述的空间光调制器,其特征在于,所述微镜呈矩形。

17. 如权利要求 16 所述的空间光调制器,其特征在于,所述微镜相对所述轭形件取向为 45° 。

18. 一种空间光调制器,其特征在于,包括:

a) 基板;

b)寻址电路组,包括一个靠近所述基板的第一部分,以及一个位于所述第一部分所处平面之上的第二部分;

c)一个轭形件,支撑在所述寻址电路组第一部分上;

d)至少一个扭铰件,与所述轭形件相连并支撑所述轭形件,使得所述轭形件可以偏转;以及

e)一个像素,由所述轭形件举起并支撑,所述像素位于所述举起的寻址电路组第二部分上。

说明书

具有活动铰形件和隐藏扭铰件的 数字式空间光调制器

这里列出引为参考的共同待批专利申请：

申请号	名 称	申请日
08/171,303	改进的多层数字式微镜器件	12-21-93
08/239,497	用于微机械器件的 PFPE 涂层	05-09-94
08/373,692	单片可编程格式象素阵列	01-17-95
08/382,566	带有埋藏的无源电荷存储单元 阵列的空间光调制器	02-02-95
08/300,356	空间光调制器的象素控制电路 组	09-02-94
TI18138 (代理人案号)	超结构光屏蔽空间光调制器	03-31-95
08/389,673	数字式微镜器件显示阵列的单 位线个别复位存储单元	02-16-95
08/396,024	用铝的硬掩膜形成数字式微镜 器件的方法	02-27-95

本发明涉及用于对入射光进行调制以形成光图象的空间光调制器,尤其是,涉及一种带有制作在寻址电路组上的双态微镜阵列的数字微镜器件(DMD)。

空间光调制器(SLM_s)广泛用于光学信息处理、投影显示、视频和图形监视器、电视和电子照相印刷术。SLM_s是这样一种器件,它

以一种空间模式调制的入射光,形成对应于电或光的输入的光学图象。入射光可按其相位、光强、偏振或方向来调制,光的调制可由具有各种电—光或磁—光效应的材料来实现,以及通过表面形变调制光的材料来实现。

一个 SLM 典型地由可寻址图象元素(像素)的面阵或线阵组成。首先用通常是在 SLM 外部的有关控制电路规定源像素数据,然后一次对像素阵列写入一帧,可用一组规则把像素数据写入像素阵列,即,依次从顶向底每次一行像素,隔行依次从顶至底寻址一行像素,例如奇数行像素,然后返回,寻址偶数行像素等,在阴极射线管(CTRs)领域中,这一数据写入技术称为光栅化,即高能电子枪从左至右扫描荧光屏上的像素元素,每次一行,这种像素编址数据写入方案同样可用于液晶显示(LCDs)等。

德克萨斯仪器股份有限公司最近的一项新发明是数字微镜器件,即可变形镜器件(DMD)。DMD 是一种电/机械/光学 SLM,适用于显示、投影和硬拷贝印刷,DMD 是一种单片集成电路 SLM,由高密度排列的 16 微米见方可动微镜组成,中心间距 17 微米,这些微镜制作在寻址电路组上,包括 SRAM 单元和寻址电极的阵列。每一微镜形成 DMD 阵列的一个像素,并且是双态的,也就是说,稳定在两种位置之一,这样,投射在微镜阵列上的入射光将被反射到两个方向之一。在微镜位置“通”的状态下,入射光被反射到投射透镜,并会聚在显示屏上或印刷机的光敏元件上,在另一“断”的微镜位置,投射到微镜上的光线将被偏转到一个光吸收器。这一阵列中的每一微镜被单独控制为将入射光反射到投射镜或者光吸收器。最后,投射透镜将像素镜来的调制光聚集和放大在一个显示屏上,产生显示图象。若 DMD 阵列中每一像素镜都在“通”位置,显示出的图象就会是明亮像素的阵列。

关于 DMD 器件及其用途的更详细讨论,可参见 Hornbeck 的美

国专利 5,061,049,题为“空间光调制器和方法”,DeMond 等的美国专利 5,079,544,题为“标准独立数字化视频系统”,以及 Nelson 的美国专利 5,105,369,题为“照相系统曝光模板校直方法和制造装置”。所有这些专利都转让给了本发明的受让人,这里列出这些文献作为参考。形成图象的像素的灰阶用微镜的脉宽调制技术来实现,例如美国专利 5,278,652,题为“用在脉宽调制显示系统中的 DMD 结构和定时”,转让给本发明的同一受让人,这里也结合作为参考。

DMD 的出现是一种突破性的改进,因为它是真正的数字显示器件和集成电路解决方案。DMD 的发展和变化可通过阅读一些有关专利来了解。“第一代”DMD 空间光调制器采用可偏转的光线,其中微镜和梁是同一的,即,在微镜和下面的寻址电极间产生静电力,由此引起偏转,这些微镜的偏转是可变的,以模拟方式工作,可以由一束弹性梁和悬臂梁组成,如下列专利中所讨论的,Hornbeck 的美国专利 4,662,746,题为“空间光调制器和方法”,Hornbeck 的美国专利 4,956,619,题为“空间光调制器”,以及 Hornbeck 的美国专利 5,172,262,题为“空间空调制器和方法”。这些文献这里引为参考。

第一代 DMD 可以是一种数字的或双态的器件,杆(微镜)包括一个由扭铰件安装的微镜,在两个方向上可转动 10 度,直至微镜末端在一着陆点上着陆。这种例子在 Hornbeck 的美国专利 5,061,049 中作了叙述,题为“空间光调制器和方法”。为了限制微镜末端与着陆点之间的范德韦斯(Van der Waals)力,着陆点上可形成一层极化的单分子层,由此使其钝化。这层单分子层减小了范德韦斯力,并防止微镜停留在电极上,该技术在 Hornbeck 的美国专利 5,331,454 中得到叙述,题为“DMD 的低复位电压工艺”,这里作为参考。

“第二代”DMD 在美国专利 5,083,857 中实现。题为“多级可变形微镜器件”,以及共同待批专利申请 08/171,303,题为“改进的多

级数字式微镜器件”，1993年12月21日提交。在这种第二代器件中，微镜由一个轭形件举起，该轭形件由一对扭铰件悬在寻址电路组上，如该申请的图3C中所示，在举起的微镜和举起的电极之间产生静电力，当转动时，轭形件与着陆电极接触，这样微镜末端就不会与任何物件接触。轭形件的较短力矩臂约为微镜的50%，这样微镜末端可自由移动，使得能量可更有效地由复位脉冲加到微镜上。在美国专利5,096,279题为“空间光调制器和方法”以及美国专利5,233,456题为“共振微镜和制造方法”中揭示了对微镜加共振复位脉冲解除着陆电极的扭铰结构，然而，与第一代器件相比，牺牲了一些微镜和举起的寻址电极之间产生的寻址力矩，因为这一轭形件略略减小了寻址电极的表面面积。

因此，希望有一种改进的DMD，具有更有效的复位动作，更大的寻址转矩，捕获转矩，以及寻址保持转矩，这种改进的器件最好是采用基线制作工艺做成的。

本发明实现了DMD空间光调制器的技术优点，将轭形件沿平行扭铰件方向横向延伸，轭形件跨越了第一对寻址电极的一大部分，第二对举起的寻址电极在轭形件侧面，位于由轭形件托起的微镜之下，寻址转矩作用于第一对寻址电极与轭形件之间、以及举起的第二对寻址电极与举起的微镜之间，轭形件与其下的寻址电极空开比微镜的位置相对举起的寻址电极更近。由于相对着的元件之间的每单位面积上的作用力与距离的平方成反比，轭形件与其下的第一对寻址电极之间单位面积上的作用力比微镜与举起的第二对寻址电极之间单位面积上的力要大四倍以上。与前几代相比，本发明有着大的寻址力矩、捕获力矩寻址保持力矩和复位力而工艺流程无需改变。

本发明的空间光调制器有着一个基板，寻址电路组包括一个靠近基板的第一部分，以及从基板上举起的第二部分。轭形件由寻址电路组第一部分的上端支持，至少有一个扭铰件与轭形件连接并支撑

其扭铰件使得轭形件可在寻址电路板第一部分上端偏转。轭形件托起并支撑着一个象素,该象素的位置在举起的寻址电路组第二部分之上。寻址电路组的第一、第二部分彼此电气连接,加到第一、第二部分的电势在两处产生静电力,第一,在轭形件与寻址电路组第一部分之间产生静电力,第二,在举起的象素与举起的第二部分之间产生静电力。

轭形件与第一部分之间的距离约为象素与举起的第二部分之间距离的一半,轭形件与寻址电路组第一部分相对表面积上的寻址力矩达到了举起的象素与举起的第二电极之间产生的寻址力矩的四倍以上,净寻址力矩是迭加的,比前几代 DMD 器件的寻址力矩要大得多。

轭形件最好是蝶形的,在轭形件轴线每一侧两边有一对末端部,转动时,一对末端在着陆片上着陆,这样,被举起和支撑着的象素镜仍然无需任何结构,而复位脉冲可加到微镜,最好是以微镜的谐振频率,以实现良好的复位动作,轭形件最好实际上是与扭铰件在同一平面上,可用单蚀刻工艺制作,以使扭铰件形成精确的准直和平衡。

空间光调制器进一步包括连接到寻址电路组的控制电路组,后者向寻址电路组的第一和第二部分提供寻址数据,使得象素偏转。最好是,带有接点的寻址电路组第一部分在象素转轴的每一边,分开的寻址电路组第二部分则在轭形件轴每边的象素下,控制电路组向这些寻址部件的组件中任一组送去寻址数据,使轭形件和微镜向被寻址的第一和第二部分偏转。最好是,象素为微镜,呈矩形,相对扭铰件取向 45° ,使象素边沿产生的衍射项减到最小,这些衍射项在暗场中会被觉察到。

这种轭形件悬在一对寻址电极上、并支撑和举起延伸至第二对寻址电极上的微镜的 DMD 器件,明显地增大了寻址电极与扭轴结构即轭形件和微镜之间的吸引面积。基板上处于下层的寻址电极,包

括金属物 3,经过仔细设计以使吸引面积最大,同时允许轭形件末端以与微镜和轭形件同样的电势在着陆电极上着陆。与第 2 代器件相比,微镜的举起的寻址电极已经作了修改,以适应本发明延伸的轭形件,同时保持微镜与举起的电极之间能够产生的大部分力矩。由于减小举起的电极面积损失的任何力矩由横跨寻址电极的轭形件延伸来弥补,这些寻址电极位于到轭形件距离的一半。微镜在举起的电极上。与第二代器件相比,可产生的净寻矩力矩约是一个大于 2 的因子。本发明还实现了更大的抓获力矩和寻址保持力矩。

图 1 是按照本发明最佳实施例的一种空间光调制器的方框图,包括用于控制含微镜的象素阵列的行地址和列数据写入电路组;

图 2 是图 1 中所示阵列的一个 DMD 象素的分解透视图,包括制作在可偏转的轭形件上的举起的微镜,轭形件由一对扭轴支持,阴影区域表示举起的微镜和举起的寻址电极之间的静电吸引区,以及轭形件和下面基板上包括金属 3 的寻址电极之间的静电吸引区;

图 3 表示微镜和举起的寻址电极之间的静电吸引力,以及轭形件和下面的寻址电极之间的静电吸引力,轭形件和微镜连接到一条偏置/复位总线,有着同样的电压偏置;

图 4 是图 1 中阵列一个局部的 3×3 象素阵列,一些轭形件,举起的寻址电极和扭铰件被移去以图示确定基板水平寻址电极和基板水平偏置/复位图的金属 3 层,同时一些举起的微镜被移去,以画出举起的轭形件,其横跨下面的基板水平寻址电极的一部分;

图 5 表示图 4 中象素微镜的两个稳定的偏转状态,用于使入射光偏转到两个方向之一;

图 6 是图 1 中 DMD 阵列的一个象素的横截面,沿扭转轴作出以表示举起的微镜寻址电极和支撑在一对基板寻址电极上的轭形件;

图 7 也是类似于图 6 的横截面,而轭形件和其上的微镜转至另

一稳定状态,此时铤形件末端在一对对应的着陆点上着陆,而举起的微镜停留在接近但与举起的微镜寻址电极空开的位置;

图 8~13 依次表示用传统的增强半导体工艺技术进行加工以制作图 2 像素的各层半导体材料;

图 14 是本发明另一最佳实施例的分解透视图,铤形件只在扭轴每一边有一个着陆点;

图 15 是本发明又一个实施例的分解透视图,在扭轴每一边铤形件有一个着陆点,铤形件平行于扭轴延伸,越过下面的基板寻址电极。

现在参见图 1,一种包括数字式微镜器件(DMD)的空间光调制制器如 10 所示,DMD10 是一单片集成电路,其中可见包括一 864×576 微镜阵列 12。阵列 12 整体制作在一个 864×36 存储器单元阵列 16 上,组成存储器单元阵列 16 的 36 行存储器单元(MR0~MR35)中每一存储单元与指定的一组 16 个像素 18(如图 2 所示)相连并对其进行控制。每一存储单元包括一个 1 位主静态随机存取存储器(SRAM)单元,以及一个由主单元存入的 1 位副 SRAM 单元。864 条位线 BL0~BL863 连接到 864 列存储单元的每一列,列像素数据经相连的位线 BL0~BL863 加到被寻址的主存储单元行 MR_n,通过激活有关的行写入允许线或读允许线,分别用 WD_n 和 RD_n 表示,来寻址主存储器,WD_n 连接到行 MR_n 中每一主单元的允许输入端,通过激活总控制线 MXFRB 将像素数据从主单元送入对应的副单元,该 MXFRB 线连接到阵列 16 所有副单元的允许输入端。副存储单元实际上用作后台寄存器,这样数据可从主存储单元装入副存储单元,主存储单元就可重新装入新的像素数据而不影响副存储单元的内容。关于这一后台寄存技术的讨论,可参见美国共同待批专利申请 08/389,673,题为“具有单位线双寄存器单元的空间光调制器”,1995 年 2 月 26 日申请,这里引为参考。控制电路组的更详细讨论,包括行

地址和列数据写入电路组,以及 DMD₁₀的试验控制功能,可参见共同待批专利申请 08/378,692,题为“单片可编程格式象素阵列”,1995 年 1 月 17 日申请,这里作为参考。

参见图 2,其中表示微镜阵列 12 的一个象素 18。副存储单元的数据提供给一对辅助寻址电极线,每一条电极线依次连接到两地址电极 26 和 28 之一,后者制作在阵列 12 的每一象素 18 下并与之相关。象素 18 可见包括一矩形微镜 30,由一支撑柱 34 安装在轭形件 32 上并被其举起,支撑柱 34 从微镜中心向下伸出,如图所示,沿其扭转轴到达轭形件 32 中心,使微镜 30 的质量中心在轭形件 32 上保持平衡。轭形件 32 呈蝶形,将在后面仔细讨论。轭形件 32 由一对扭铰件 40 沿其中心轴作轴向支撑,扭铰件 40 另一端伸至一个支撑柱头 42 并安装在其上,支撑柱头 42 则是在相应的支撑柱 44 顶端形成。一对抬起的微镜寻址电极 50 和 52 由对应的寻址支撑柱 54 和 56 支撑。

寻址支撑柱 54 和 56、支撑柱 44 支撑着寻址电极 50 和 52、扭铰件 40,轭形件 32 离开并处于偏置/复位总线 60 和一对基板层寻址电极片 26 和 28 之上。当微镜 30 和轭形件 32 一起绕轭形件由扭铰件 40 所限定的扭转轴转动时,轭形件 32 侧边口的一对末端部 58 被倾斜和落到偏置/复位总线 60 上,在着陆点 62 与之接触。

现在参见图 2 及图 3,将详细讨论本发明最佳实施例的象素 18 的技术优点,微镜 30 和轭形件 32 的转动可在两个方向中之一上实现,以达双稳态和调制入射光,如图 5 所示,将在下面讨论。寻址电压施加在两寻址电极片 26 或 28 之一,并经相联的电极支撑柱 54 和 56 加到相应的举起的微镜寻址电极 50 或 52 之一。这一寻址电压可以是与 CMOS 逻辑电路兼容的 5 伏,但需要的话也可以是其它电平。同时,正 15 伏偏置电压加到偏置/复位总线 60 上,并经支撑柱 44、支撑柱头 42 和扭铰件 40 加到轭形件 32 上,以及经支撑件 34 加到

微镜 30 上。本发明的技术优点在于将静电力加到图 2 阴影区域所示两个位置的相对面之间,这些静电吸引力也表示在图 3 中,如 70、76、80 和 82。

举例说,若要微镜 30 和轭形件 32 反时针转向地址线 V_a ,此时在辅助地址线 V_b 上加正 5 伏,此后,偏置线 V_b 上正 15 伏的电压加到偏置/复位总线 60 上,在轭形件 32 和微镜 30 上加上正 15 伏的电压,在寻址电极 26 和基板寻址电极上面的轭形件 32 之间产生 20 伏的电势差的力如 70 所示,轭形件 32 悬在被寻址的电极 26 上的对应部分如阴影部分 74 所示。相反,若要微镜顺时针方向转动,辅助寻址电极 28 上电势为 0,产生的吸引力如 76 所示,轭形件 32 悬在寻址电极 28 上方的对应部分如阴影区域 78 所示。

当在轭形件 32 一半和其下的寻址电极 26 之产生吸引力 70 时,在举起的寻址电极 50 和微镜 30 之间也产生一静电吸引力,如图 3 中 80 所示,该静电吸引力由微镜 30 上标为 82 的该部分与举起的寻址电极 50 之间形成,微镜 30 悬在寻址电极 52 上的部分标为 84。所以,通过寻址一个电极 26 或 28,就在举起的对应寻址电极 50 或 52 上产生寻址电压,在两处产生静电吸引力,如 70 和 80 所示,或 76 或 82 所示。有选择地将 0 伏寻址电压加到两寻址电极 26 或 28 之一,可决定一旦正 15 伏电压加到偏置总线 60 以及轭形件 32 和微镜 30 上时微镜 30 和轭形件朝哪个方向转动。

参见图 3,可见举起的寻址电极 50 和 52 与轭形件 32 处于同一平面,均在寻址电极 26 和 28 上方,空开约 1 微米距离,微镜 30 在举起的寻址电极 50 和 52 上方空开的间隔约为其两倍,即 2 微米。由于相对面之间吸引力的改变与相对面之间距离的平方或正比,轭形件 32 与寻址电极 26 和 28 之间单位面积上产生的静电吸引力是微镜 30 与对应举起的寻址电极 50 和 52 之间吸引力的四倍,产生在扭转轴两边的力是迭加的,一起使微镜 30 和轭形件 32 向寻址电极方向

转动。

在另一实施例中,可省去举起的电极 50、52 和相应的支撑柱,在这一例子中,轭形件 32 上微镜 30 的高度仅约 1 微米,以获得与下面端部凸出的圆片电极 26 和 28 之间大的吸引力。在倾斜时,微镜 30 将转向对应的圆形寻址电极 26 和 28,但不与之接触。在该例子中,包括柱 44、轭形件 32 和微镜 30 的举起的结构都处于同样的电势,避免了短路的危险。由此,可不限于一组举起的电极。

寻址力矩(T_a)是仅由轭形件 32 和微镜的寻址电压产生的力矩,就同样的寻址电压和偏置电压而言,该寻址力矩比上一代 DMD 器件要大得多,因此,本发明有着更大的寻址余量,该余量是寻址电压 V_a 与加上偏置电压时确保微镜转向正确方向所需电压之差。

本发明的象素还有更大的捕获力矩(T_1), T_1 衡量寻址电压存在时由偏置电压产生的使微镜转向相反状态或复位的捕获力矩。本发明另一引人注目的性能参数提高在于增大了寻址保持力矩(T_n),它是复位后无偏置电压时寻址电压保持微镜在其着陆状态的能力的度量。本发明又一改进点是增大了复位力(F_r),它衡量单个脉冲复位和扭铰件末端产生的恢复力的结合所产生的末端反作用力。

由于轭形件 32 的设计,与其下的寻址电极产生静电吸引力,同时在举起的微镜与举起的寻址电极之间也产生静电吸引力,本发明比以前的 DMD 器件显著地改进了所有四项性能参数,由于可转动的轭形件靠近寻址电极,并有着相当大的相对表面积,所有上面提到的性能参数都得到了明显的提高,结果增加了 DMD 器件的电-机效率。尤其是,无需改变扭铰件的力度,就可获得为以前器件 1.8 倍以上的寻址力矩,捕获力矩比以前增大到 2.6 倍,复位力矩增大到 8.8 倍。在提高所有性能参数的同时,制作本发明的工艺,如下面将要讲到的那样,几乎与以前的器件一样,这就比以前的器件多出了“无中生有”的好处。

本发明的 DMD 器件的意义还在于更大的寻址余量,如所讨论的那样,很少发生寻址错误,只需更小的复位电压,以及更快的开关速度,而这对空间光调制器的工作是决定性的。按本发明的方案,甚至可采用非线性的扭铰件和更硬的扭铰件,只要是希望的话,因为寻址余量和捕获余量都得到了增大。

为了减小由于范德韦斯力而滞留的可能性,可对着陆电极 60 进行钝化,尤其是对应于铈形件 32 末端 58 接触点的区域 62,对着陆电极钝化后,铈形件 32 停留或滞留的倾向可被减小。滞留是一种阻碍力,造成需要更大的复位电压来使微镜复位到平坦状态或切换到相反偏置的双稳态。钝化着陆电极的方法在 Hornbeck 的美国专利 5,331,454 中已经叙述,题为“DMD 的低复位电压工艺”,以及美国共同待批申请专利 08/239,497,题为“微机械器件的 PFPE 涂层”,1994 年 5 月 9 日提交,这里作为参考。为了实现微镜的复位,以及使微镜向另一双稳态偏置,可在偏置/复位线上加上频率相应于微镜谐振频率的电压脉冲,典型值为 5MHz,如美国专利 5,096,279 中所述,题为“空间光调制器和方法”,这里作为参考。

现在来看图 4,其中表示阵列 12 一个 3×3 局部阵列的立体剖面图,以说明硅基板上金属层 3 的制作,金属层 3 在硅基板上形成寻址电极和偏置/复位总线。图中还表示出举起的微镜寻址电极、支撑柱头,以及扭铰件将铈形件 32 安装在金属层 3 上,也可看见铈形件沿像素扭转轴支撑对应的微镜支撑柱。

现在来看图 5,表示一个光路图,其中可见入射光被调制和偏转到两个方向之一,取决于微镜是“通”还是“断”状态。若微镜 30 在通状态,入射光反射到光路中,包括一个投射镜,如果是屏幕前或屏幕后投射镜的话,最终会聚在一个显示屏上,如果是电子照相印刷机的话,则会聚在一个光敏表面上。若微镜 30 在断位置,入射光被反射到光吸收器,从暗场光路中消失。微镜 30 两个稳定状态之间有 20° 的转

动,这使被反射的入射光有 40° 的摆幅。由此,本发明实现了一种高对比度的空间光图象,而这对本发明的空间光调制器所针对的暗场光学系统中的使用是十分重要的。

在参见图 6 和图 7,图中表示沿图 2 A-A 线作出的象素 18 的横截面,但未画出支撑柱。如图 6 所示,轭形件 32 和微镜 30 处于未偏转的位置,轭形件 32 与举起的寻址电极 50 和 52 处于一个平面,在包括寻址电极 26、28 和复位/偏置总线 60 的金属 3 层上方约 1 微米处,微镜 30 被举高到在一对举起的寻址电极 50 和 52 上方约 2 微米处,这大约是轭形件与基板 64 之间分开距离的两倍。

参见图 7,此时轭形件 32 和微镜 30 被寻址,朝顺时针方向转动,如图所示。轭形件被寻址的那一半的一对着陆末端 58 在复位/偏置总线 60 的部件 62 上着陆,但是,举起的微镜 30,尽管已转动,但仍在对应的寻址电极 52 上方并与之空开。如图所示,轭形件 32 关于扭铰轴的矩臂约为微镜 30 矩臂的一半,着陆的轭形件 32 与微镜 30 相比较短的尺寸减小了复位微镜所需的力矩,而太短的着陆轭形件会引起扭铰件附加的应力。要更好地了解这些力可参见美国共同待批专利 08/171,303,题为“多层数字式微镜器件”,1993 年 12 月 21 日提交,这里引为参考。既然轭形件 32 着陆在一对正对着的末端 58 上,并且对称设计的,在轭形件 32 下就可形成大面积的寻址电极 26 和 28,如图 2 所示。此外,还观察到轭形件与着陆电极部件 62 之间的滞留力得以减小,这样在改变或复位微镜状态时就只需较低的复位电压。

现在参见图 8~13,将讨论用于制作一个象素 18 的半导体制作工艺。图中的截面都是沿图 2 B-B 线作出的,考虑到清楚和示意起见,未按比例画出。

首先参见图 8,对硅基板 64 进行处理以形成包括存储器单元 16 阵列的下层寻址电路组、行寻址电路组 20 和列数据写入电路组 30。

此后基板 64 被覆盖一层保护性的氧化层 102。随后,第三层金属化层,通常称为 M3,喷射沉积到部分处理过的晶片,表示为 104,对这一金属化的第三层制作图形和进行蚀刻,以形成图 2 和图 4 所示寻址电极和 26 和 28,以及偏置/复位总线 60。接着,在寻址电路组上旋转沉积一层扭铰件隔离层 106,最好由一层厚度 1 微米的光致抗蚀剂形成,在光致抗蚀剂层 106 中开一对通孔 110,以便形成扭铰件支撑柱,然后在高温中对光致抗蚀剂层 106 进行深度 UV 硬化,以防止在以后的处理步骤中流动和冒泡。

参见图 9,一层金属化的扭铰薄层 112 喷射沉积到光致抗蚀剂层 106 并进入通道 110,如图中所示。扭铰层 112 最好是厚度为约 500 埃,以及由铝、铝合金、钨钛和其他适用于本发明的导电材料组成。扭铰件支撑柱 44 在这一步骤中形成,并与偏置/复位总线 60 电学连接。尽管未画出,在这一步骤中还形成了一对电极支撑柱 54 和 56,这里,层 112 先喷射沉积在光致抗蚀剂 106 中形成的一对对应通道中,当通道 110 被开通后,这些通道 106 是在前一步骤中形成的。这样,电极支撑柱和扭铰件支撑柱是差不多的。光致抗蚀剂隔离层 106 的厚度决定了扭铰件气隙厚度,也根据轭形件 32 接触到着陆电极的角自由度决定了微镜旋转角。

参见图 10。用等离子沉积法形成第一氧化物掩膜层,并制成扭铰件 40 的图案。然后,沉积一铝合金的厚金属层,典型值为约 300 埃。用等离子沉积形成第二氧化物掩膜层,做成轭形件 32 举起的电极 54、56 和扭铰件支撑头 42 的图形,然后蚀刻扭铰件薄层 112 和金属厚层,形成寻址电极 50、52 和扭铰件支撑头 42、以及扭铰件 40,如图中所示,用一次等离子蚀刻来形成这些结构,两氧化层用作蚀刻阻挡层,保护其下的金属层。等离子蚀刻工艺完成后,从较薄的金属扭铰件、较厚的金属支撑头 42、电极 50、54 和扭铰件 40 上除去氧化物蚀刻阻挡层,如图 10 所示。

参见图 11,在扭铰件、电极和扭铰件支撑头上旋转沉积一微镜分隔厚层 122,最好由厚约 2 微米的正光致抗蚀剂形成。在该光致抗蚀剂 122 中开一通道 124,在轭形件 32 上形成一开口,如图所示,然后,使光致抗蚀剂层 122 深度 UV 硬化。

参见图 12,喷射沉积一层金属微镜层,由具反射特性的铝合金形成,厚度约 4000 埃。这一层形成微镜支撑柱 34 和微镜 30。然后在微镜层上等离子沉积一氧化物掩膜层,制成矩形微镜的图形,随后对金属微镜层进行等离子蚀刻以形成微镜 30 和支撑柱 34,如图所示,通常留下氧化物掩膜层,随后对晶片进行处理和剥离,以得到芯片,参见图 13,芯片被置于等离子蚀刻室内,在比用等离子蚀刻法除去氧化物掩膜层和分隔层 106、122,留下扭铰件 40 隙和轭形件 32 下的气隙,以及举起的微镜 30 下的气隙 134。

现在参见图 14,本发明另一实施例的分解透视图表示为 200。象素 200 看上去与图 1~13 讨论的象素 18 非常相似。这里,类似的编号表示类似的元件。但是,象素 200 的轭形件 202 略微作了修改,在扭转轴每一侧只有单个着陆端 204,如图中所示,当转动时,轭形件 202 的一端 204 会转动到在对应的着陆电极 208 上接触到和着陆为止。轭形件 202 基本上覆盖了基板上金属 3 层形成的一对寻址电极片 210 和 202。相对面上产生静电吸引力的对应区域在图中用阴影区表示,如 214、216、218 和 220。扭铰件 222 用扭铰件支撑柱 224 支撑轭形件 202,举起的寻址电极 228 和 230 与轭形件 202 在同一平面上。

现在参见图 15,本发明的另一实施例由 300 表示。象素 300 非常类似于图 14 中 200 所示的实施例,以及图 1~13 中象素 18 的例子,类似的数字表示类似的元件。如图中所示,象素 300 在扭转轴每一侧也只有单个着陆端,这与图 64 的例子相似。轭形件 302 基本上平行于扭转轴延伸,越过下面的寻址电极,一对寻址电极 304 和 306

在轭形件 302 一侧的下面,另一对寻址电极 310 和 312 在偏置/复位总线 320 的另一侧,而总线 320 呈如图所示的 X 型。两寻址电极 304 和 306 彼此电学连接,另一对寻址电极 310 和 312 也同样连在一起。两对寻址电极经对应的支撑柱 336 电连接到举起的微镜寻址电极 330 和 332。静电吸引区由阴影区 350、352、354、356、358 和 360 表示。扭铰件 362 由柱 364 支撑轭形件 302。在该例子中,偏置/复位总线 320 呈 X 型,使一对寻址电极分为两枝。由这一 X 形状,偏置/复位总线易于互联到该硅基板上金属 3 层中相邻的象素,这样可获得用共用偏置/复位总线控制多行象素所希望的布局,并便于采用分别复位技术,如美国专利申请 08/300,356 中所揭示的,题为“空间光调制器用象素控制电路组”,1995 年 2 月 16 日提交,这里作为参考。轭形件端部的着陆点沿偏置/复位总线设置,如 340 所示。

简而言之,这里揭示了一种 DMD 型空间光调制器,在两处产生静电力,引起象素微镜偏转。第一,在轭形件与其下的基板寻址电极之间产生吸引力,第二,在举起的微镜与举起的寻址电极之间也产生静电力,这些静电力是彼此迭加的,实现了比以前的 DMD 更好的性能。由于轭形件在基板寻址电极上离开距离等于微镜与举起的寻址电极间距的一半,所以获得了为微镜与举起的电极之间作用力四倍以上的单位面积吸引力。本发明的设计实现了更大的寻址力矩,更大的捕获力矩,更大的复位力矩,以及更大的寻址余量。象素很少受寻址变换的影响,只需较低的复位脉冲,可免除要求谐振复位脉冲和多重复位脉冲。可获得更快的切换速度。由于性能参数的提高,还可采用非线性和更硬的扭铰件。几乎不改变基线工艺就可制作象素阵列,这样,由本发明的空间光调制器对以前的改进所获得的性能参数提高是一种在旧技术上“无中生有”的设计。

尽管是按照具体的最佳实施例叙述了本发明,但读过本发明后本领域的技术人员显然可作出许多变化和修改,所以权利要求应被

尽可能宽地按目前的技术水平解释以包括所有这些变化和修改。

说明书附图

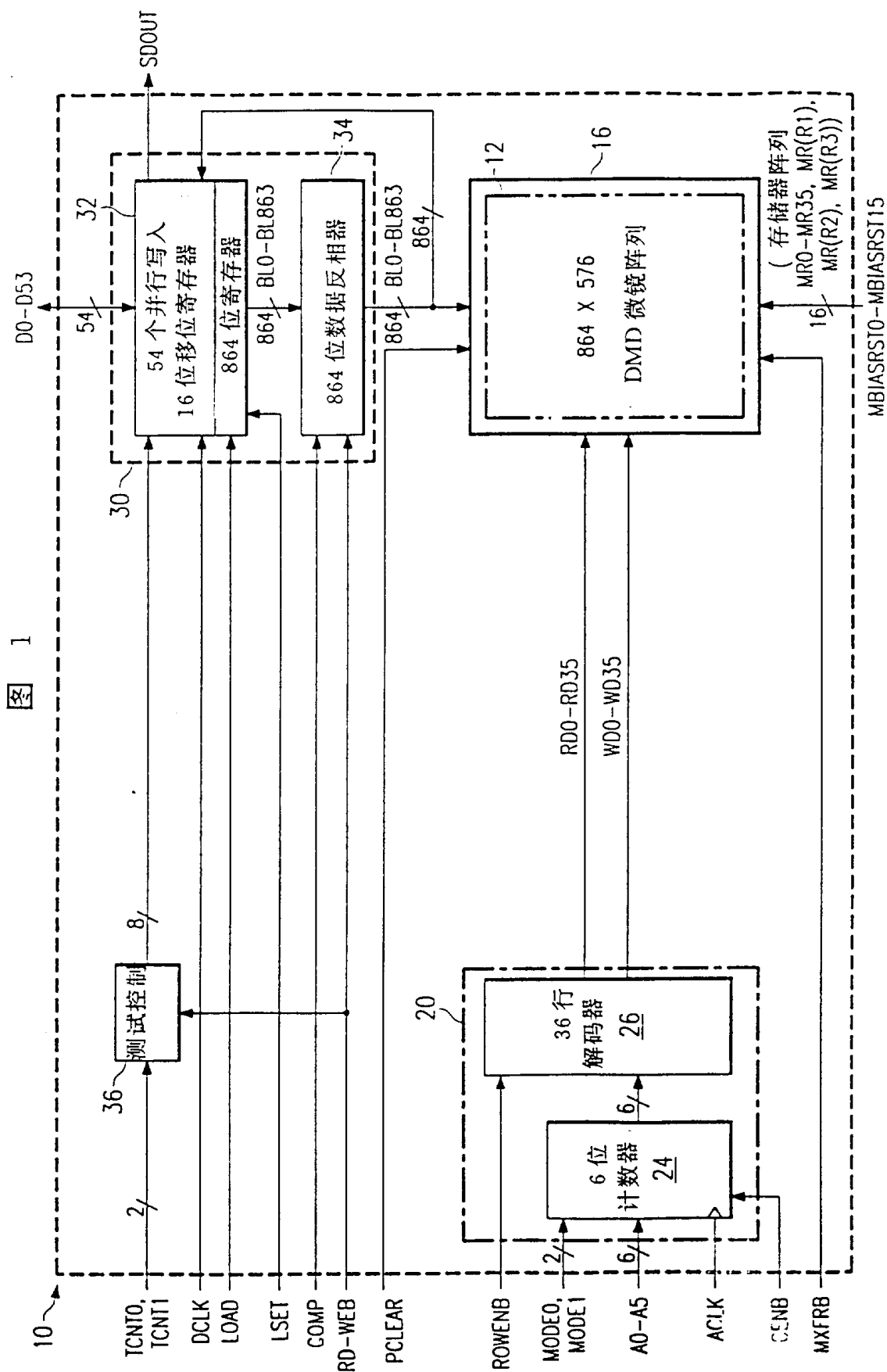


图 1

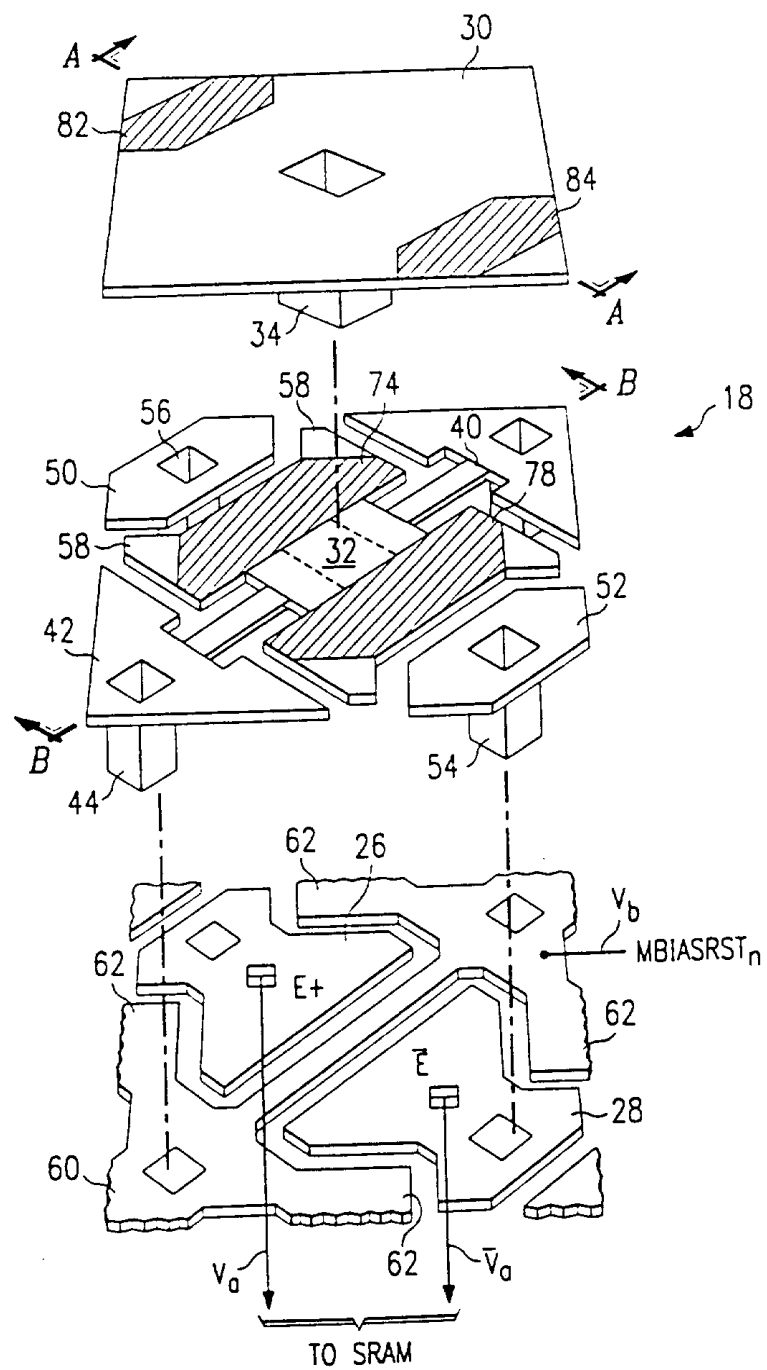


图 2

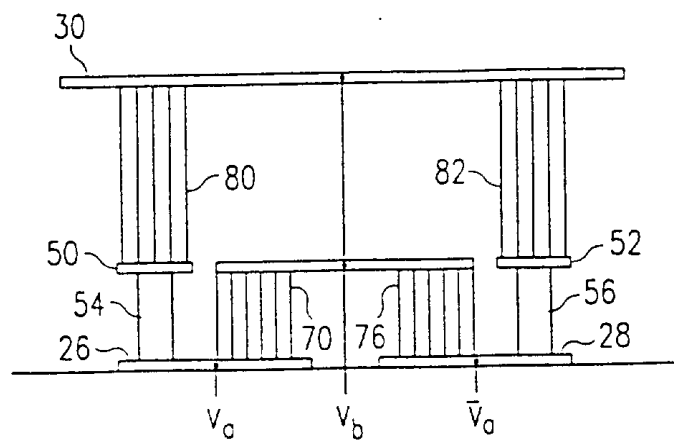


图 3

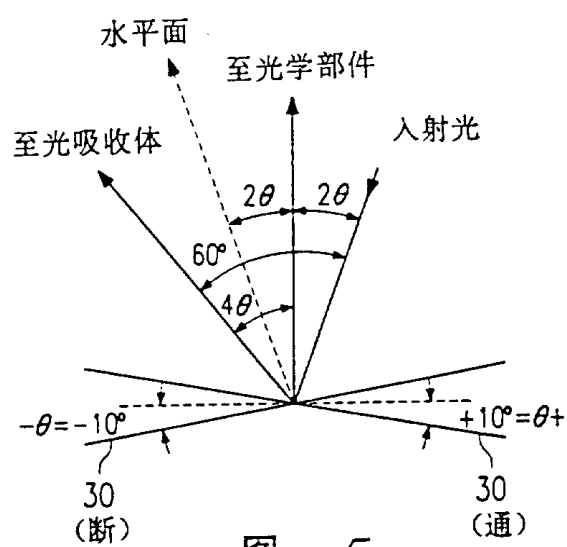


图 5

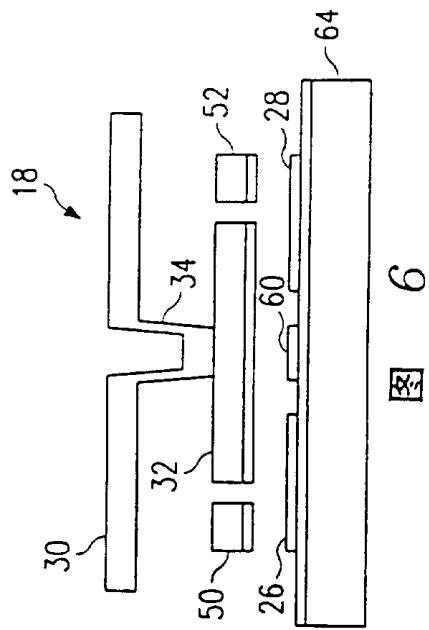


图 6

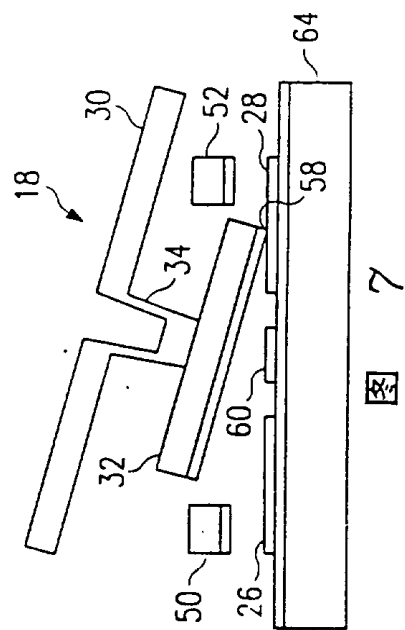


图 7

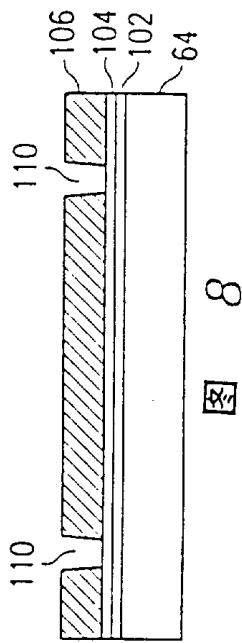


图 8

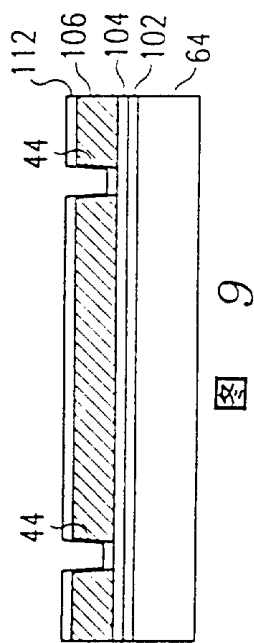


图 9

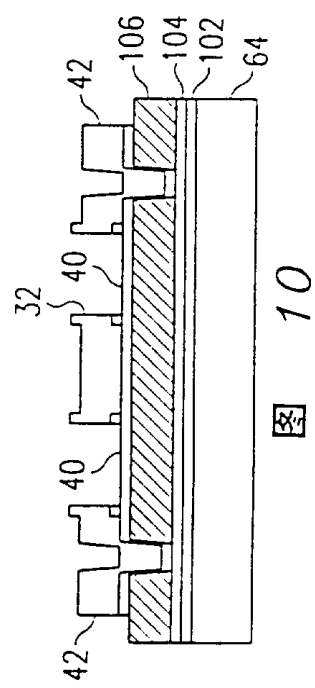


图 10

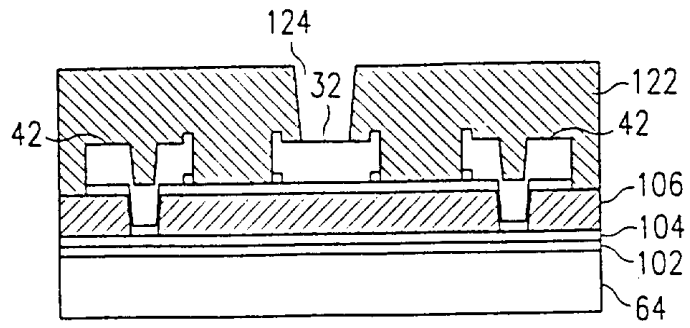


图 11

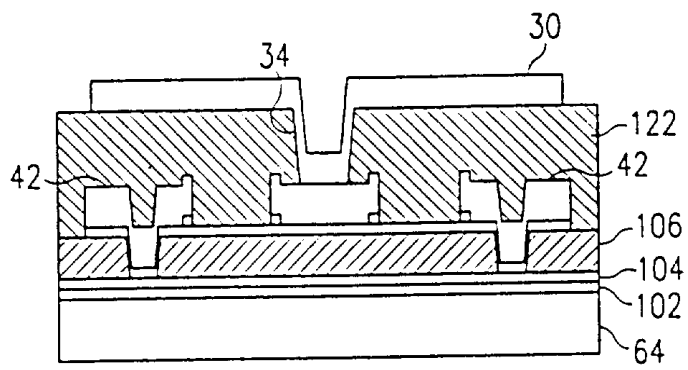


图 12

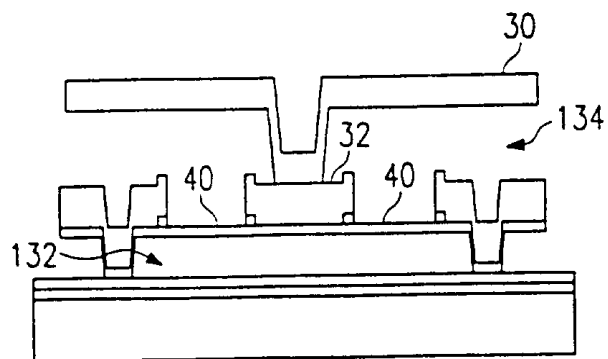


图 13

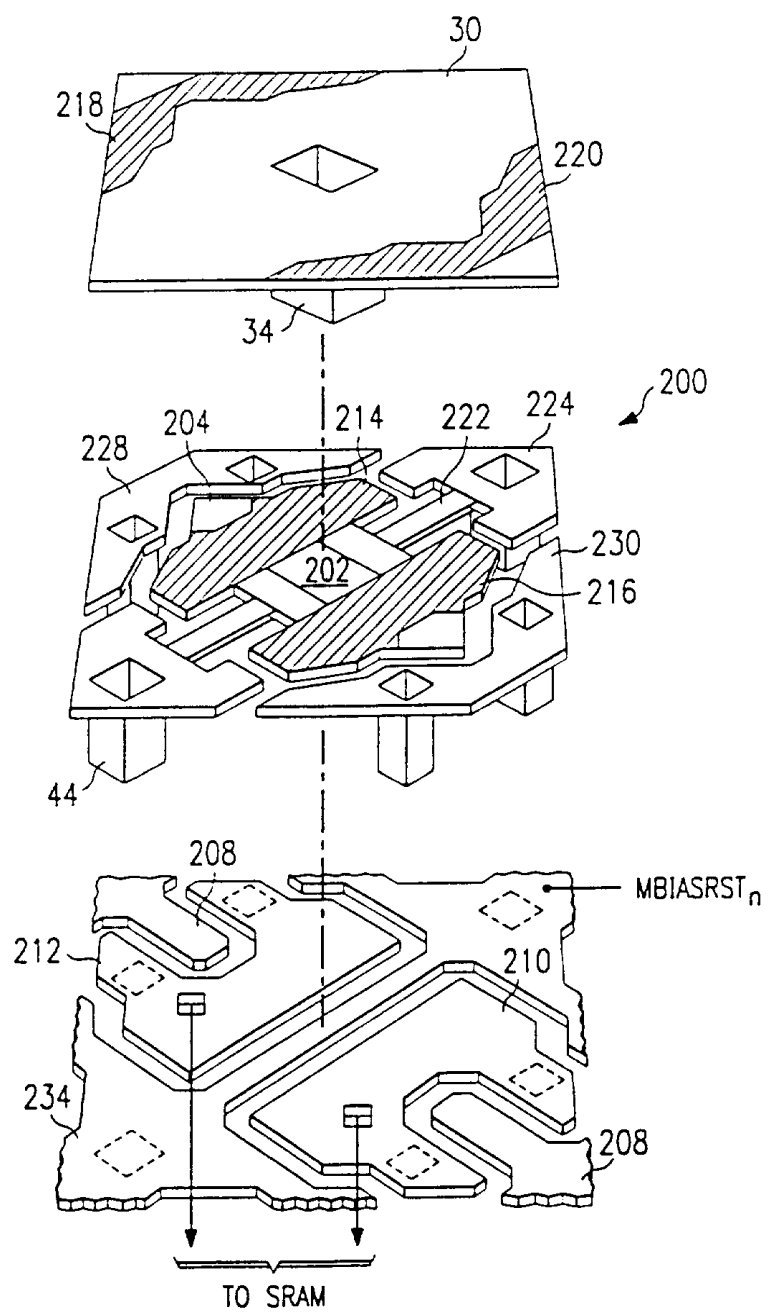


图 14

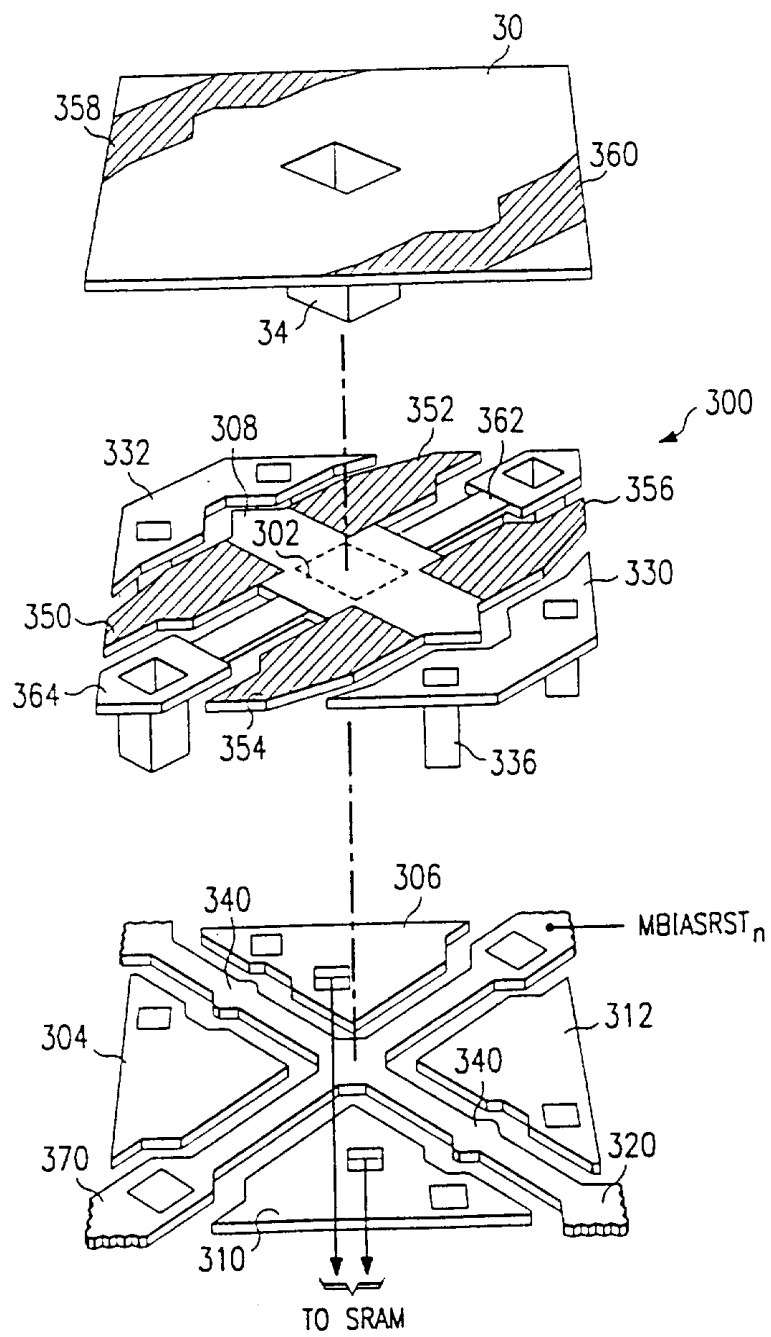


图 15