



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105849626 B

(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201480070797.0

(22)申请日 2014.12.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105849626 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(30)优先权数据
1322917.4 2013.12.23 GB
1417974.1 2014.10.10 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.06.23

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/GB2014/053825 2014.12.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/097468 EN 2015.07.02

(73)专利权人 牛津大学科技创新有限公司
地址 英国牛津

(72)发明人 哈里什·巴斯卡兰 培曼·胡赛尼

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 李雪 姚开丽

(51)Int.Cl.
G02F 1/01(2006.01)
G02F 1/19(2019.01)
G02B 27/22(2006.01)

(56)对比文件
US 8456514 B2, 2013.06.04,
US 5272359 A, 1993.12.21,
US 5347377 A, 1994.09.13,
US 7262899 B2, 2007.08.28,
CN 102103274 A, 2011.06.22,
US 5764317 A, 1998.06.09,
US 6819469 B1, 2004.11.16,
US 2007125997 A1, 2007.06.07,
US 2007125997 A1, 2007.06.07,

审查员 全宇军

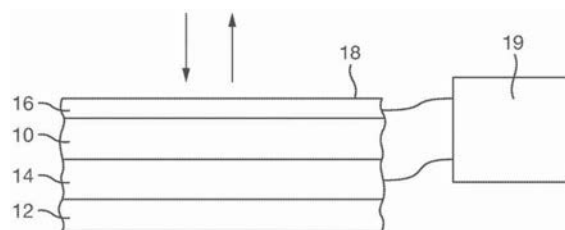
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

基于相变材料的显示器件

(57)摘要

一种显示器件,所述显示器件包括多个像素,每个像素具有固态相变材料的部分(10),诸如锗-锑-碲(GST)或二氧化钒的部分,其中,该相变材料可逆地进入非晶态或晶态并且具有可逆电控制的折射率。设置多个电极(14、16),这些电极中的至少两个与材料的所述部分(10)接触。设置控制器(19),该控制器适用于将至少一个电压经由所述电极(14、16)施加至所述材料(10)以改变所述折射率。这种材料的部分的阵列可布置用于制备像素化显示器,例如,容积式立体显示器。



1. 一种显示器件,包括:

多个电极;

相变材料层,所述相变材料层包括固态相变材料的部分,所述固态相变材料具有通过将电压施加至所述电极而能够可逆控制的折射率;

控制器,所述控制器用于经由所述电极施加至少一个电压以改变所述材料的所述折射率;

观视表面;和

分隔层,所述分隔层能够透射光并且设置在所述相变材料层的与所述观视表面相反的一侧上;并且

或者,所述显示器件进一步包括反射器,并且,1)当所述反射器和所述观视表面之间设置有单个相变材料层时,所述分隔层设置在所述反射器和所述相变材料层之间;2)当所述反射器和所述观视表面之间设置有多于一个相变材料层时,设置相应的多个分隔层从而形成相变材料层和分隔层的交替多层叠体,其中,上述多个分隔层之一设置在所述反射器和最靠近所述反射器的相变材料层之间;

或者,所述显示器件进一步包括透明或至少部分透射的基板,并且所述分隔层设置在所述透明或至少部分透射的基板和所述固态相变材料的部分之间。

2. 根据权利要求1所述的器件,其中,各相变材料层的材料包括选自以下各组合的清单中的元素组合的化合物或合金:GeSbTe、VO_x、NbO_x、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe和AlSb。

3. 根据权利要求2所述的器件,其中,所述材料包括所述清单中的元素组合的化合物或合金的混合物。

4. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,所述材料进一步包括至少一种掺杂剂。

5. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,各相变材料层的材料包括Ge₂Sb₂Te₅。

6. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,各相变材料层小于100nm厚。

7. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,至少一个所述电极能够透射光。

8. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,至少一个所述电极包括氧化铟锡或银。

9. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,各分隔层具有10nm至250nm的厚度。

10. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,所述分隔层包括一个所述电极,或者当设置有多于一个分隔层时,分隔层之一包括一个所述电极。

11. 根据权利要求2或3所述的器件,其中,所述电极设置为使电流通过所述相变材料层的材料和/或使电流通过与所述材料相邻的加热器以控制所述材料的折射率。

12. 根据权利要求1至3中任一项所述的器件,所述器件包括设置为阵列的多个所述固态材料的部分,其中,每个材料的部分的折射率是独立可控的。

13. 一种3D显示器,包括多个根据权利要求12所述的显示器件,其中,每个显示器件包括2D阵列,并且所述显示器件彼此平行地设置并且能够以垂直于它们的2D阵列的方向置换。

基于相变材料的显示器件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种显示器件。

背景技术

[0002] 例如在便携计算和通信装置的领域中,显示器技术已经取得了相当大的进展。一些显示器技术,诸如背光彩色显示器具有相对高的能量消耗并且其制备是复杂的。不同的技术提供了非背光黑白显示器,但是具有较慢的转换速度,从而不能显示录像,并且当然缺乏彩色。其它技术需要不便于生成的高驱动电压,并且趋向于具有高能量消耗。对于所有的这些技术,还存在生产高分辨率显示器的问题。

发明内容

[0003] 鉴于上述问题,提出了本发明。

[0004] 因此,本发明提供了一种显示器件,包括:

[0005] 多个电极;

[0006] 固态材料的部分,其中,所述材料具有通过将电压施加至所述电极而能够可逆控制的折射率;以及

[0007] 控制器,所述控制器用于经由所述电极施加至少一个电压以改变所述材料的所述折射率。

[0008] 在从属权利要求中限定了本发明的进一步可选的特征。

[0009] 本发明使得能够制造高速运行并且提供彩色的显示器件。本发明提供了能够简单制造且能够赋予高分辨率显示的显示器件。本发明的实施方式的显示器件与其它现有商用电子和工业技术兼容,并且能够在包括柔性基板的多种基板上制造。

附图说明

[0010] 参照所附附图,现将仅通过示例的方法来描述本发明的实施方式,其中:

[0011] 图1为根据本发明的实施方式的显示器件的一部分的横截面示意图。

[0012] 图2为本发明的实施方式中使用的相变材料的电流-电压特性图。

[0013] 图3(a)至图3(b)为对于根据本发明的实施方式的显示元件的数个不同厚度的透射分隔层,反射率相对于波长的图示;图3(a)为相变材料处于晶相;以及图3(b)为相变材料处于非晶相。

[0014] 图4为示出了对于一系列不同厚度的分隔层以及固态相变材料的非晶相和晶相,根据本发明的实施方式的显示元件的颜色的CIE颜色空间的图。

[0015] 图5为对于数个不同分隔层厚度,根据本发明的显示元件的元件中,光反射率相对于波长的变化百分比的图。

[0016] 图6为根据本发明的实施方式的显示器件的像素阵列的电极布置的平面示意图。

[0017] 图7为根据本发明的另一实施方式的显示器的一部分的横截面示意图。

[0018] 图8为根据本发明的又一实施方式的显示器的一部分的横截面示意图。

[0019] 图9为根据本发明的再一实施方式的显示器的一部分的横截面示意图。

[0020] 图10(a)至图10(e)为根据本发明的又另一实施方式的显示器的透射滤光器的一部分的横截面示意图。

[0021] 图11示出了用于显示器的像素的驱动电路的一个实施方式;以及

[0022] 图12示出了根据本发明的实施方式的3D显示器的实施例。

具体实施方式

[0023] 将参照图1来描述显示器件的实施方式,其在横截面中显示出层状结构。固态材料的部分10以层的形式设置。该层的材料具有通过施加适当的电压而能够永久且可逆变化的折射率。当在非晶相和晶相之间转换时,这种已知被称为相变材料(PCM)的材料实折射率和虚(imaginary)折射率均产生巨大的变化。在优选的实施方式中,该材料为 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)。

[0024] 材料的部分10设置在反射器12上,其中,在该实施方式中,反射器12为金属(诸如铂或铝)的层。分隔层14夹在材料10和反射器12之间。覆盖层16设置在材料层10的顶部。在该具体实施方式中,覆盖层16的上表面18构成显示器件的观视表面,并且反射器12为背反射器。如图1中的箭头所示,光通过观视表面18进入和离开。然而,由于依赖于材料层10的折射率和分隔层14的厚度的干涉效应,反射率随着光的波长显著变动,这将在下文中进一步说明。

[0025] 分隔层14和覆盖层16均是能透光的,并且理想上尽可能地透明。在该实施方式中,分隔层14和覆盖层16还具有双重功能:作为电极以用于将电压施加至夹在这些电极之间的材料层10。因此,分隔层14和覆盖层16由透明的导电材料,诸如氧化铟锡(ITO)制成。

[0026] 图1示出的整个结构可设置在基板(未示出),诸如半导体晶片(SiO_2)或柔性基板(诸如聚合物膜)上。这些层可利用溅射来沉积,该溅射可在100摄氏度的相对低温下进行。也可根据需要利用已知的常规光刻技术或其它技术(例如印刷)对这些层进行图案化。按照所需也可为器件设置额外的层。

[0027] 在优选的实施方式中,由GST构成的材料层10小于100nm厚,并且优选小于10nm厚,诸如6nm厚或7nm厚。如下所讨论,根据所需的色彩和光学性质,使分隔层14生长为通常在10nm至250nm范围内的厚度。覆盖层6为例如20nm厚。

[0028] 在该实施方式中,层10的材料GST能够发生电诱导可逆相变。其以非晶态沉积。图2示出了该材料膜的电特性。图2中的下曲线对应于非晶态,其具有相对高的电阻。当施加的电压达到约3.5V的阈值电压时,发生电子跃迁,这允许高得多的电流流动,使材料变热和结晶。(在图2的实施例中,将最大电流限制为120毫安以使器件在阈值之后,免受电流激增的损坏。)当随后降低电压时,电流特性遵循图2中的上曲线,该线的斜率表明晶相的导电率为非晶相的导电率的约350倍。在室温条件下,该材料处于晶相时是无限稳定的。为了转换回非晶态,施加较高的电压,诸如5V以使该材料熔化,并且如果足够快速地去电压,则该材料冷冻回非晶相。

[0029] 如前所解释,当上述材料在非晶相和晶相之间转换时,折射率发生实质性变化。该材料在任一状态下均是稳定的。这就意味着,当显示器处于稳态(不进行转换)时,能够完全

去除电压,从而该器件的能量消耗较低。该转换能够有效地进行无限次。转换速度也非常快,通常小于300ns,并且当然比人眼所能感知的要快若干个数量级。

[0030] 控制器19(如图1示意性示出)设置用于以必要的持续时间施加所需的电压以使图1的器件的材料层10在具有不同的特定折射率的非晶相和晶相之间转换,并且,反之亦然。该控制器可包括由微处理器驱动的特定电子电路。控制器的一些或所有的电路可集成在图1的具有光学层的基板上,或可作为独立的专用电路来设置。

[0031] 图3(a)和图3(b)示出了图1的器件的光学响应。对于具体厚度的分隔层14,图3(a)和图3(b)示出了晶态和非晶态之间的转换如何随着入射光的波长来改变反射率。图3(a)和图3(b)还示出了利用不同厚度的分隔层14如何随着波长函数来影响反射率的波峰和波谷的位置。

[0032] 因此,从图1的器件来看,其呈现特定的颜色,并且通过选择分隔层14的厚度能够容易地得到各种颜色。器件的表观颜色可通过使材料层10在非晶态和晶态之间的转换来改变。

[0033] 图4示出了呈现出这些结果的其它方式。图4示出了CIE颜色空间的一部分并且标出器件的表观颜色的xy颜色坐标,其中,颜色空间对应于双度观测器和D50照明器。通过图4右手侧符号表中的符号示出了分隔层14的各个制造厚度。对于每个符号,在颜色空间中用两个点来描绘,对应于处于晶相的材料层10(通过相邻于符号的#来表示),以及处于非晶相的材料层10(没有#的符号)。由此可以看出,根据分隔层14的选定厚度,能够产生宽范围的颜色。同样,在多数情况下,通过材料层10的两个相之间的转换能够实现感知颜色的显著变化。

[0034] 图5示出了层10的晶态和非晶态之间光学反射率的变化百分比, $(R_{cry}-R_{amo}) \times 100/R_{amo}$,其中, R_{cry} 和 R_{amo} 为当材料层10分别处于晶态和非晶态时器件的反射率。图示为光谱图并且表明了数个不同厚度的分隔层14的响应。由此可以看出,在特定波长下,通过选择分隔层14的厚度能够选择性地在大范围内调整反射率。

[0035] 以这种方式,可使图1的显示器件呈现出均匀的颜色,随后通过改变反射率来将其转换为呈现对比颜色,或呈现出深得多或浅得多的颜色。在一种形式的显示器件中,许多诸如图1所示的结构可被彼此相邻地制造在阵列中,其中,每个结构能够独立地进行电控制并且构成整个显示器的像素。在另一变型中,每个像素可包括若干彼此相邻的诸如图1结构的集簇,但是集簇中的每个结构具有不同厚度的分隔层14。以这种方式,集簇中的每个结构能够在不同的颜色之间转换,并且包括该集簇的像素能够呈现出在颜色空间内的宽范围的不同颜色,而不仅仅是在两个颜色坐标之间转换。包括像素的集簇内的不同厚度的个体结构的数目可为3个或甚至更多。控制器可设置有转变器以在一组颜色坐标(诸如RGB)和形成像素的集簇内结构的必须转换状态之间映射,从而能够容易地显示出颜色图像。

[0036] 进一步改进的实施方式为层10的材料不必在全晶态和全非晶态之间简单地转换。可获得相的混合物,诸如,20%的晶态,40%的晶态等。部分晶体化通过在转换期间简单地限制所允许的最大电流来实现(例如,利用与连接至器件的一个电极串联的可变电阻器)。根据部分晶体化的程度,所得到的材料的有效折射率为在全晶态和全非晶态的两个极值之间的某值。典型地,能够获得4至8个不同的混合相,但是通过适当的控制,能够获得更多,诸如128个值,并且能够有效地获得连续的折射率值,对应于示踪整个颜色空间的路径。

[0037] 图6以平面图的形式示出了根据本发明的实施方式的显示器件的电极布置。设置有基板20,在该基板中或该基板上,设置有助于每个像素的反射器。接下来,装配多个水平电极24.1、24.2、...、24.n。这些电极还构成了分隔层14。沉积并图案化固态相变材料层。随后,装配一系列的垂直电极26.1、26.1、...、26.n。对反射器和相变材料层进行图案化,从而它们仅存在于水平电极和垂直电极的每个交叉点处。所有的装配、沉积和图案化可利用熟知的光刻技术来进行。

[0038] 水平电极和垂直电极的每个交叉点现构成了如图1所示的堆叠状结构,其包括能够独立电控制的像素。在装配期间,(通过光刻)可独立地限定分隔层/水平(底)电极的厚度,从而每个像素控制特定范围的颜色,如参照图3至图5所进行的解释。通过在水平电极和垂直电极之间施加合适的电压分布,能够按照所需转换在交叉点处的像素的材料的相。然而,并不影响阵列中的其它像素,从而对像素的访问(addressing)是简单的。

[0039] 可实施器件的其它实施方式,其中,其它电子组件以集成的方式装配至每个像素,以提供本领域已知的有源矩阵。

[0040] 现将参照图7至图9来描述显示器件的其它实施方式。相同的附图标记用于表示与图1的实施方式中相对应的部件,为避免重复,将省略对这些材料组分和功能的描述。

[0041] 图7示出了透射式显示器,其中,分隔层14、相变材料层10和覆盖层16设置在透明或至少部分透射的基板30上。合适基板的实例包括:石英(SiO_2)和柔性聚合物基板(诸如聚酯薄膜)。在该情况下,显示器件可以透射模式使用,并且能够设置在诸如玻璃、窗口或透明显示面板的物件上。

[0042] 图8示出了图1和图7的有效结合的显示器件的实施方式。其具有通常的正向层16、10和14以及背反射器12加上透明层30。当从观视表面18看时,以与图1实施方式相同的方式,其可用作非背光彩色显示器。然而,其也可以背光式显示模式使用。在该实施方式中,可设置额外的层32,其包括背光照射源,诸如多个LED。光源不必以层的形式并入到叠体中,只要存在合适的手段来将光引入到透明层30以背部照明显示器即可。

[0043] 图9示出了用于提供能够用于前述任一实施方式中的电极的替代布置。在该实施方式中,分隔层14和覆盖层16是透光的,但并不导电。相反地,电极40、42被装配至材料部分10的两侧,并且与相变材料部分10电接触,从而转换能够通过电极40、42之间施加合适的电压来实现。

[0044] 尽管一些实施方式使用ITO作为用于透明电极的优选材料,但是这仅仅是一实例,并且还可使用其它合适的材料,诸如碳纳米管、或金属(诸如银)的薄层。还应理解的是,当采用诸如图9的结构时,电极不必是透明的,在该情况下,电极40、42可由导电材料,诸如钨或钛来制造。

[0045] 前述实施方式参照GST($\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$)作为层10的相变材料进行了描述,但是对于本发明,这并不是必须的,并且许多其它合适的材料可单独或以组合的方式来使用,这些材料包括选自以下清单中的元素组合的化合物或合金: GeSbTe 、 GeTe 、 GeSb 、 GaSb 、 AgInSbTe 、 InSb 、 InSbTe 、 InSe 、 SbTe 、 TeGeSbS 、 AgSbSe 、 SbSe 、 GeSbMnSn 、 AgSbTe 、 AuSbTe 和 AlSb 。还应当理解的是,这些材料的多种化学计量形式是可以的,例如 $\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$;并且另一合适的材料为 $\text{Ag}_3\text{In}_4\text{Sb}_{76}\text{Te}_{17}$ (也被称为AIST)。此外,上述材料可包括一种或多种掺杂剂,诸如C或N。

[0046] 尽管本文中所述的实施方式提及了材料层在两种状态,诸如晶相和非晶相之间转

换,但是该变换可在任何两种固相之间进行,包括但不限于晶相至另一晶相或准晶相或反之亦然;非晶相至晶相或准晶相/半有序相或反之亦然;以及在这之间的所有形式。实施方式也不仅限于两种状态。

[0047] 转换的机理并不限于施加的电脉冲诱导的加热,也可为任何电磁场诱导的加热,例如来自激光或其它源的光脉冲,或可为热导加热,例如利用与相变材料热接触的相邻层的电阻加热。

[0048] 在光学器件的另一实施方式中,将一层或多层额外的相变材料层10和分隔层14提供至前述结构以产生多层叠体。如在该实施方式中,通过重复交替层,能够使光谱响应峰的宽度降低,从而使其更加具有波长(颜色)特定性。然而,吸收损耗随着多个层的增加而增加,因此相变材料层的最大数目典型地为2或3。

[0049] 在多层叠体光学器件中,可彼此独立地选择每个层的厚度以设计所需的光学性质。例如,每个相变材料层10的厚度决定了在光谱中材料10的不同状态或相之间的对比度。通过独立地转换/选择每个材料层的相能够得到多种颜色组合(光谱)。例如,在两个相变材料层的情况下,通过以下组合能够得到四种不同的表观颜色:Am-Am;Cry-Am;Am-Cry和Cry-Cry(其中,符号Am=非晶相,以及Cry=晶相,并且每对符号对对应于两个层)。当提供合适的相应电极时,多个层中的每层可独立地转换。

[0050] 本发明的另一实施方式类似于图7,用于提供透射式显示器。如图10(a)所示,该器件包括夹在两个薄光学透射层52、54之间的相变材料的层50用于形成透射模式的滤光器,也被称为分色滤光器或薄膜滤光器。滤光器可设置在基板(诸如图7中所示的基板30)上或可封装在另一顶层和底层(未示出)之间,诸如SiO₂。该相变材料层50可在状态之间转换以提供色彩对比度。该转换可通过对材料进行局部加热来以热的方式实现;该加热可通过电学方法或光学(例如,IR照射)方法来完成。在一种情形中,图案化或像素化的电极允许与一个或多个层电接触以能够进行加热和转换。如图10(a)所示,其可通过将电压施加在上层52和下层54之间以使电流垂直通过层50而引起欧姆加热。可替代地,如图10(b)所示,电流可侧向地通过层50。加热可通过设置邻近相变材料层50的加热器来完成。如图10(c)、图10(d)和图10(e)所示,该加热器可为透明导电层56,诸如ITO,设置在层状结构的任一表面或两个表面上。图10的图示仅仅是示意性的并且仅示出了单个可转换像素,实际的显示器可具有数百万的像素。除具有颜色的半透明显示器之外,该器件可用作可调谐滤光器用于光电子器件(例如,LCD)或用于智能首饰或装饰性的物件(如地板)或其它领域。

[0051] 在图10的优选实施方式中,相变材料层50为二氧化钒(VO₂)或更常见的VO_x(取决于化学计量学),并且夹层52、54为银(Ag)或任何透明层或半透明层。VO₂本质上是单稳态的:在65C以下的温度,其处于第一晶态(单斜晶体);当加热至65C以上时,其转变为第二晶态(金红石),但是只要移除热源其即刻回复至第一状态。这两种状态之间大的颜色对比度可通过一定范围内的层厚来实现。例如,VO_x可在20nm至40nm厚的范围内,并且每个Ag层可在8nm至10nm厚的范围内。

[0052] VO_x化合物仅仅是用于这些其它实施方式的合适相变材料的一个实例。任何被称为“莫特忆阻器”(在一些特定温度下,进行金属至绝缘体转变的材料,MIT)的材料都是合适的,例如NbO_x。这些化合物当然可用于本文从图1开始的任一前述实施方式中。

[0053] 需要驱动电路来控制由单稳态材料(诸如,如上所述的VO₂)组成的每个像素的转

换。相变是温度依赖性的,但是对每个像素设置热电偶和温度控制反馈系统是不切实际的;然而,同样重要的是,精细地控制所提供的电流以防止过热和不必要的能量消耗。驱动电路的一个合适形式是自激振荡电路,诸如皮尔森-安森振荡器,如图11所示。这需要非常少的组件,并且能够为每个像素提供被动控制。当像素转换为“开始”(通过开关SW从dc源V1施加驱动电压)时,振荡的时间常数(通过电阻器R1和电容器C1来设定)可具有MHz的频率,从而被人类观察者感知为连续的。电阻器R1值还控制振荡的工作周期,并且与像素的相变材料串联的另一电阻器R2设定最大电流。从而,通过改变这些电阻器R1、R2的值,能够容易地改变转换的像素的感知亮度和颜色,从而确保在纳米级像素上进行有效的自控灰度调节。

[0054] 任意前述实施方式的进一步的变型包括在层状显示结构的正表面或背表面的任一面上的液晶透射式显示器(未示出)。该液晶显示器可用于对进入和/或离开显示器件的光的偏振提供额外的控制。

[0055] 可生产采用本发明的显示器件,其具有低能量消耗,但提供高分辨率、颜色显示(分辨率仅受限于光刻技术)。显示器件可以高速地转换,从而能够显示录像,并且具有宽视角。该器件可利用标准技术来进行装配,并且可被制得非常薄,并且如果需要还可以是柔性的。

[0056] 本发明的前述实施方式提供了二维(2D)显示器。尽管,显示面板可为柔性和/或可设置在曲面上,其仍然基本上是2D。然而,所期望的是提供物体能以三维(3D)形式可视的显示器。如前所提及的,图7或图10的布置提供了透射式显示器。如图12所示,通过提供彼此平行优选地彼此隔开的且处于叠体中的若干这种透射式2D显示面板,可产生物体的3D图像。控制箱60访问每个2D显示面板并且为每个面板提供物体的切片(slice)的图像数据。该图像可实时地改变,从而能够显示3D电影。

[0057] 该实施方式的3D显示器尤其适用于利用断层摄影术的任何领域,诸如常见的医学成像,因为这些数据是作为被成像的物体的切片来内在地获得的。控制箱60为每个2D显示面板提供物件的相应切片的图像数据,并且使用者能够绕3D显示器移动以从不同的角度观看物体。

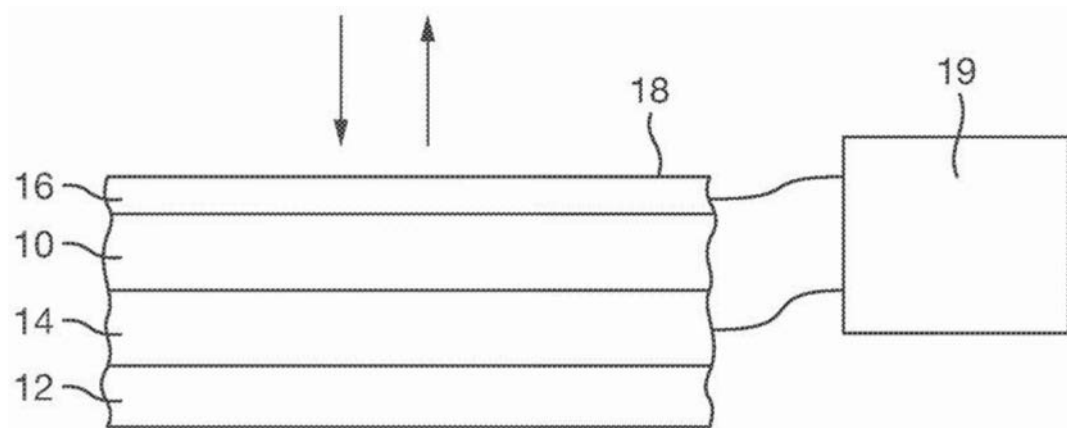


图1

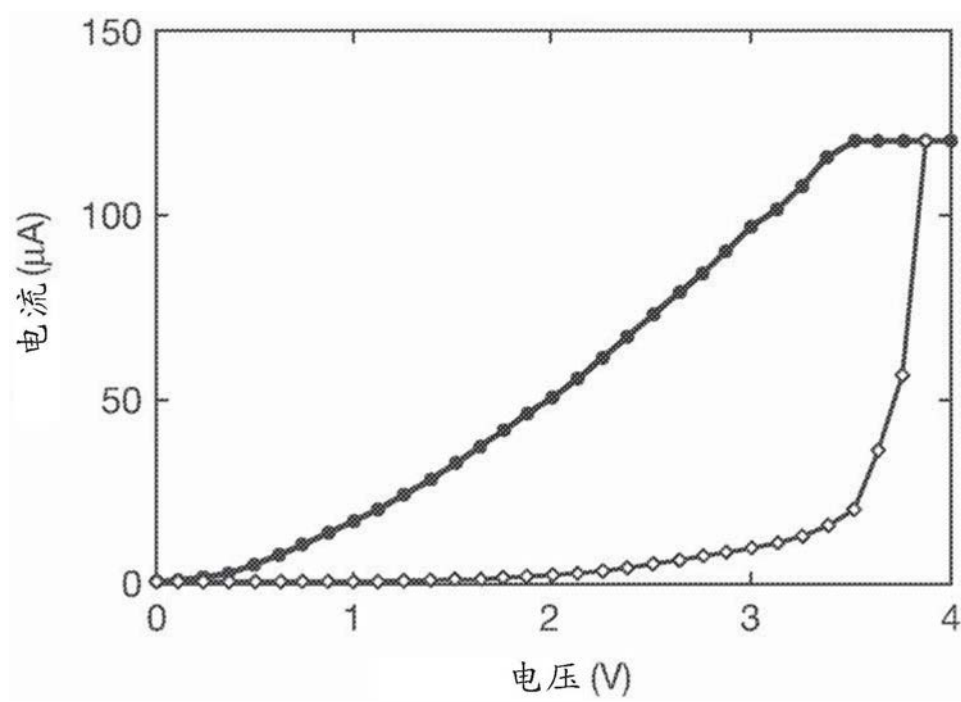


图2

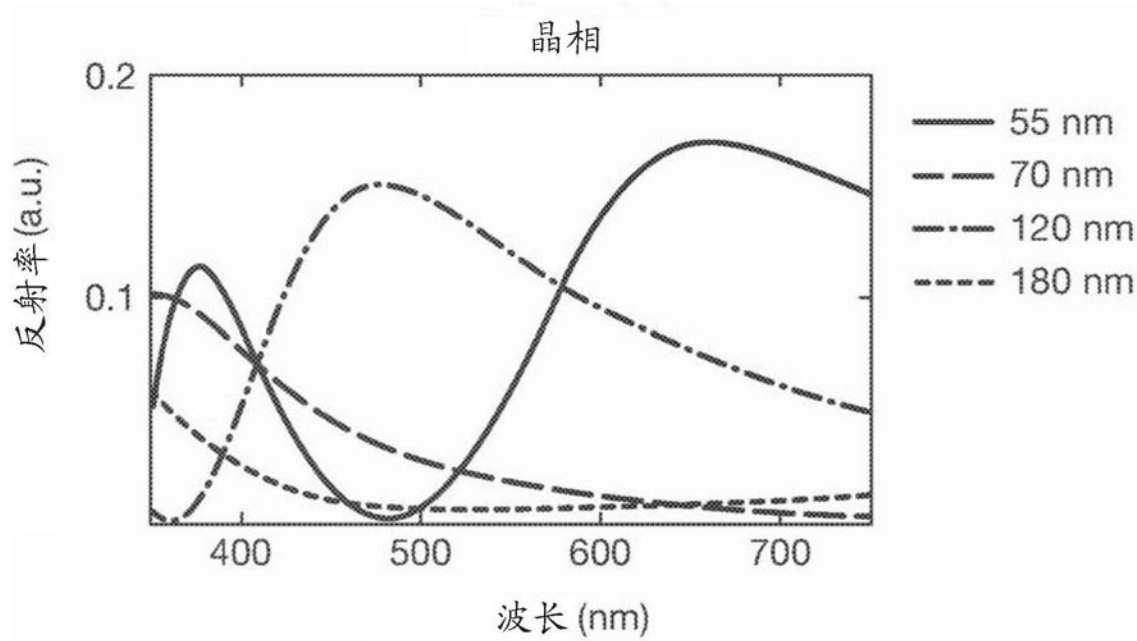


图3 (a)

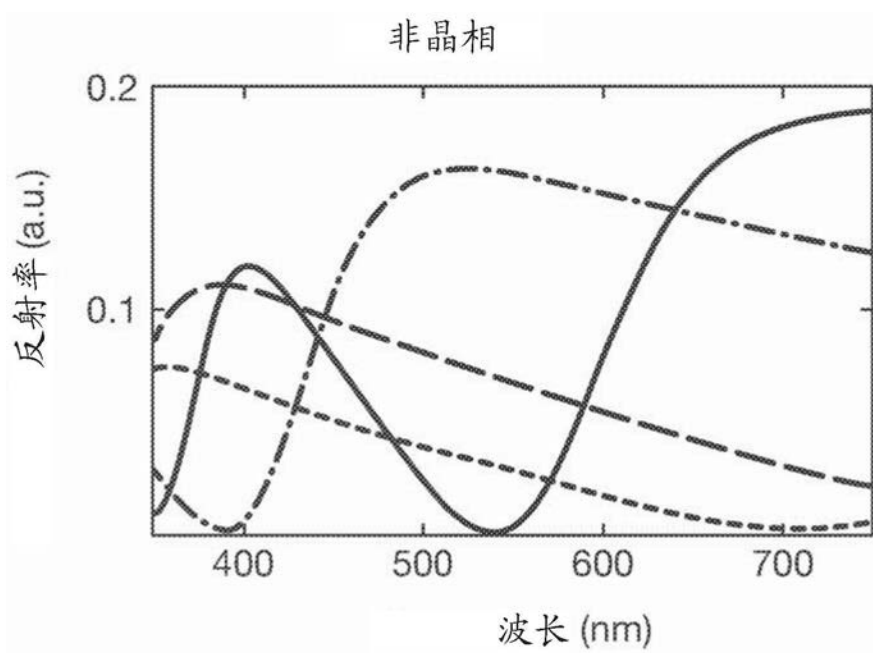


图3 (b)

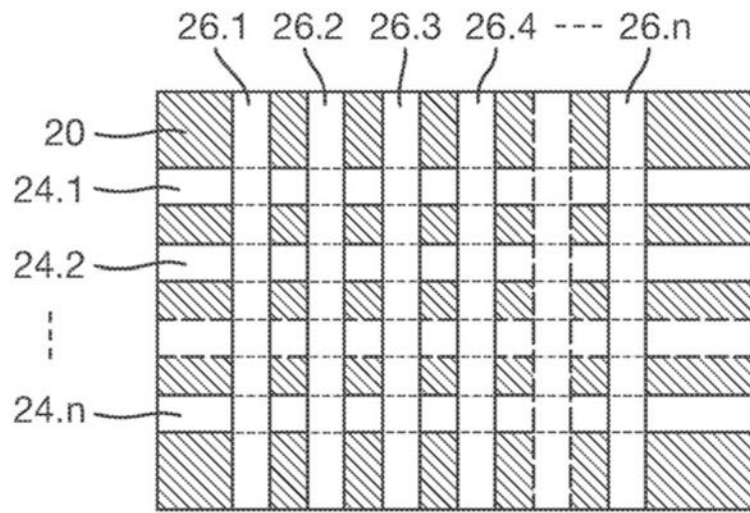


图6

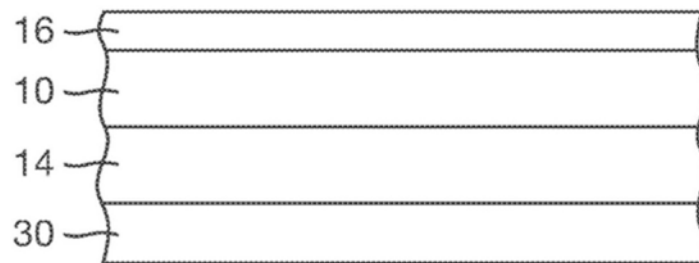


图7

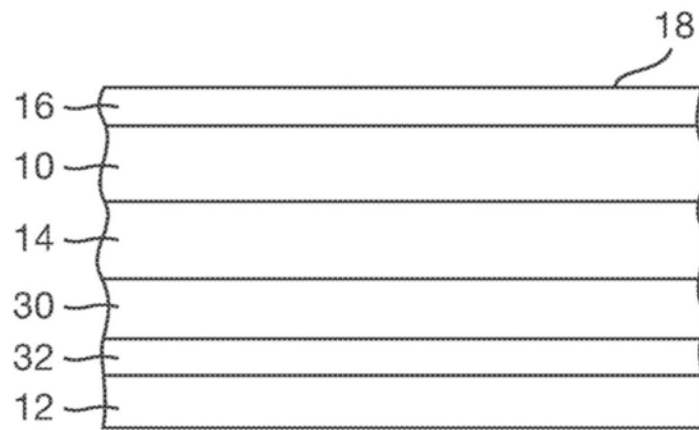


图8

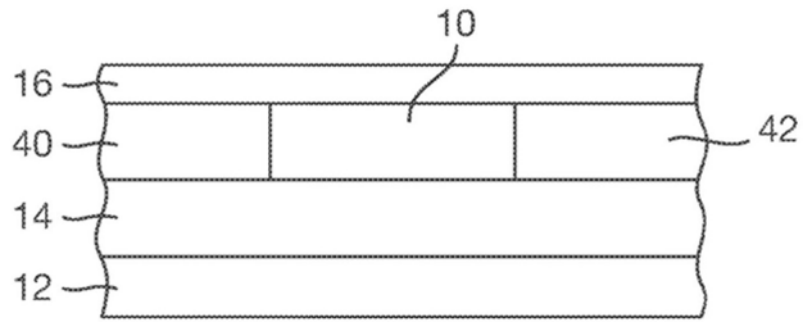


图9

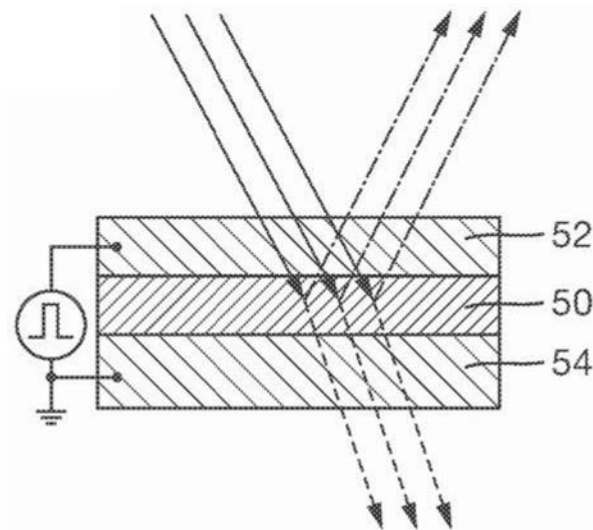


图10 (a)

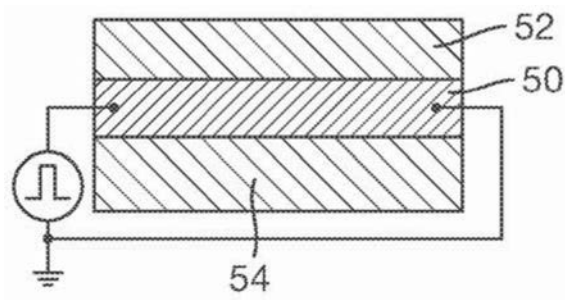


图10 (b)

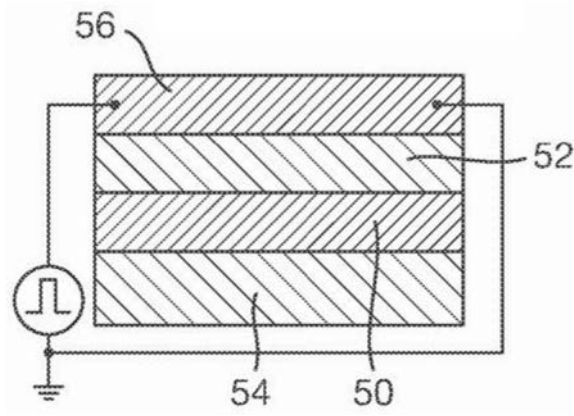


图10(c)

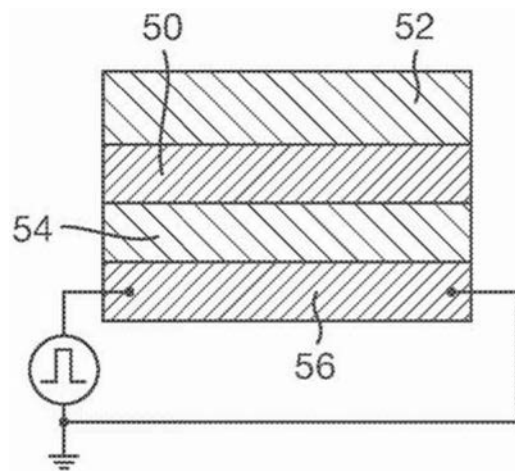


图10(d)

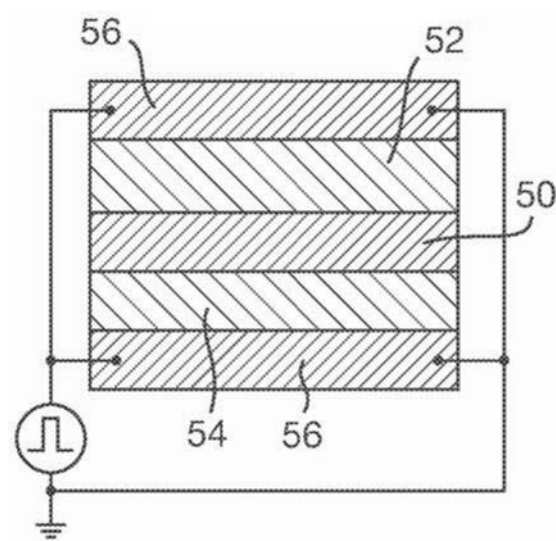


图10(e)

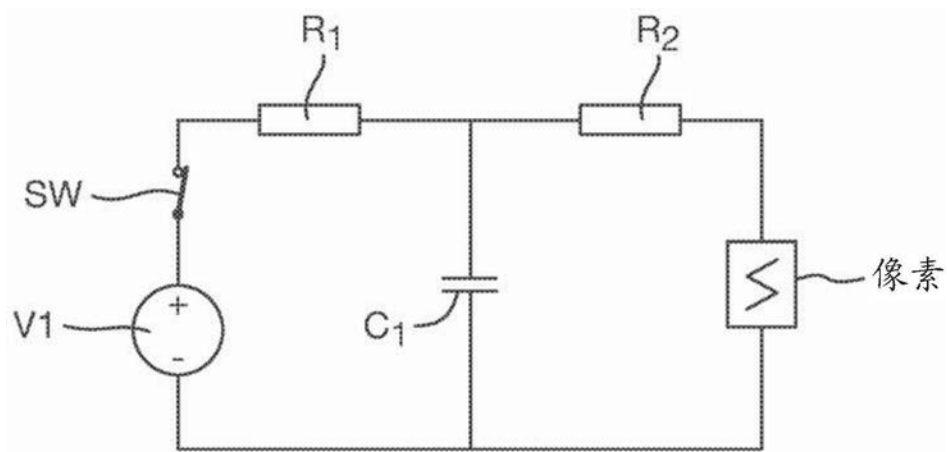


图11

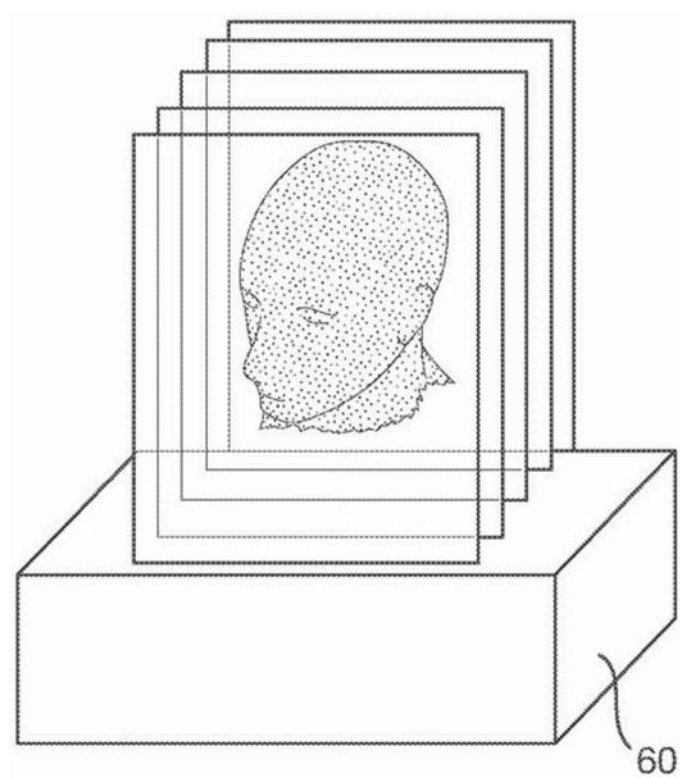


图12