



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104638200 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201510099284. 9

(22) 申请日 2015. 03. 06

(71) 申请人 友达光电股份有限公司

地址 中国台湾新竹科学工业园区新竹市力行二路 1 号

(72) 发明人 宋大豪 杨介宏 萧如正 李孟庭

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国

(51) Int. Cl.

H01L 51/52(2006. 01)

H01L 51/56(2006. 01)

H01L 27/32(2006. 01)

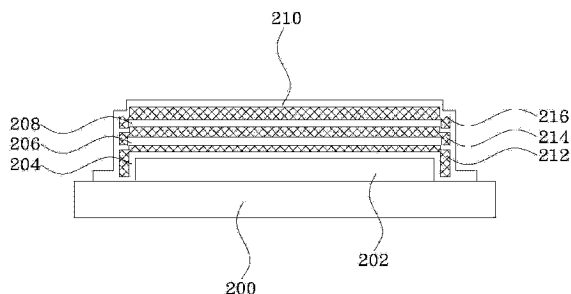
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器

(57) 摘要

一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器。薄膜封装结构包括：有机发光二极管；第一无机薄膜层，具有第一杨氏模量，该第一无机薄膜层位于有机发光二极管的上方且覆盖该有机发光二极管；有机薄膜层，堆叠于第一无机薄膜层的上方；以及第二无机薄膜层，具有第二杨氏模量，该第二无机薄膜层位于有机薄膜层的上方，其中第一杨氏模量大于第二杨氏模量。相比于现有技术，本发明藉由靠近有机发光二极管的一无机薄膜层的杨氏模量高于远离有机发光二极管的另一无机薄膜层的杨氏模量，可解决无机薄膜层致密度的定量化标准，从而确保有机发光二极管不被上层的水气或有机物伤害。此外，该薄膜封装结构还可减少制程电浆对有机物反应所造成的不发光黑点。



1. 一种有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述薄膜封装结构包括:
一有机发光二极管;
一第一无机薄膜层,具有一第一杨氏模量,所述第一无机薄膜层位于所述有机发光二极管的上方且用以覆盖所述有机发光二极管;
一有机薄膜层,堆叠于所述第一无机薄膜层的上方;以及
一第二无机薄膜层,具有一第二杨氏模量,所述第二无机薄膜层位于所述有机薄膜层的上方,

其中,所述第一杨氏模量大于所述第二杨氏模量。

2. 根据权利要求1所述的有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述第一无机薄膜层具有一第一体积模量,且所述第一杨氏模量与所述第一体积模量的比值大于或等于60%,所述第二无机薄膜层具有一第二体积模量,且所述第二杨氏模量与所述第一体积模量的比值小于60%。

3. 根据权利要求2所述的有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述第一无机薄膜层为氧化铝材质,所述第一体积模量为250GPa且所述第一杨氏模量大于或等于150GPa。

4. 根据权利要求3所述的有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述第二杨氏模量小于150GPa。

5. 根据权利要求1所述的有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述第一无机薄膜层采用反应式溅镀方式制作而成。

6. 根据权利要求1所述的有机发光二极管的薄膜封装结构,其特征在于,所述第一无机薄膜层采用原子层沉积方式制作而成。

7. 一种有机发光二极管显示器,其特征在于,所述有机发光二极管显示器包括:
一第一玻璃基板;
一薄膜封装结构,包括:一有机发光二极管,设置于所述第一玻璃基板的上方;一第一无机薄膜层,具有一第一杨氏模量,所述第一无机薄膜层位于所述有机发光二极管的上方且用以覆盖所述有机发光二极管;一有机薄膜层,堆叠于所述第一无机薄膜层的上方;以及一第二无机薄膜层,具有一第二杨氏模量,所述第二无机薄膜层位于所述有机薄膜层的上方,其中,所述第一杨氏模量大于所述第二杨氏模量;

一第二玻璃基板,位于所述薄膜封装结构的上方;以及
一封装层,设置于所述第一玻璃基板与所述第二玻璃基板之间,以便形成所述第一玻璃基板、所述第二玻璃基板和所述封装层构成的密闭空间,所述薄膜封装结构位于所述密闭空间内。

8. 根据权利要求7所述的有机发光二极管显示器,其特征在于,所述第一无机薄膜层具有一第一体积模量,且所述第一杨氏模量与所述第一体积模量的比值大于或等于60%,所述第二无机薄膜层具有一第二体积模量,且所述第二杨氏模量与所述第一体积模量的比值小于60%。

9. 根据权利要求8所述的有机发光二极管显示器,其特征在于,所述第一无机薄膜层为氧化铝材质,所述第一体积模量为250GPa且所述第一杨氏模量大于或等于150GPa。

10. 根据权利要求8所述的有机发光二极管显示器,其特征在于,所述第一无机薄膜层

采用反应式溅镀方式或原子层沉积方式制作而成。

一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种有机发光二极管的封装技术,尤其涉及一种用于该有机发光二极管的薄膜封装结构以及包含该薄膜封装结构的有机发光二极管显示器。

背景技术

[0002] 在现有的平板显示器中,有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diode, OLED) 显示器可提供宽视角、良好的对比度和有快速的响应速度,且相比无机发光显示器具有更高的亮度、更低的驱动电压,因此逐渐受到人们的广泛关注和青睐。当前,软性 AMOLED (Active Matrix OLED) 显示器为国内外的各大厂商与研究单位研发的重点之一。相较于一般的显示器,软性 AMOLED 具备重量轻、可挠曲、易收藏、便于携带等特性。

[0003] 概括地说,软性 AMOLED 主要包含软性基板 (Flexible substrate)、缓冲层 (buffer layer)、薄膜晶体管 (Thin Film Transistor, TFT)、有机发光二极管与薄膜封装层 (Thin Film Encapsulation)。其中,水氧阻隔技术 / 薄膜封装技术为其关键之一。这是因为,有机发光二极管接触水、氧后,会与其产生电化学反应,破坏组件内部电极与有机材料,造成发光区的暗点,并降低了组件效率与使用寿命。现有的一种解决方案是在于,以胶材贴合 OLED 玻璃基板与盖板玻璃,达到阻隔水气的效果。然而,贴合盖板玻璃将增加整个组件的厚度;另一种解决方案是利用阻水薄膜作封装,采用无机薄膜层 / 有机薄膜层的多层堆栈方式,不仅无机薄膜层的阻水性较佳,而且可平整化有机薄膜层,增加 OLED 封装的可靠性。但是,如果第一层无机薄膜层不够致密、第一层有机薄膜层材料本身含有的微量水 (约为 300ppm) 容易穿过第一层无机薄膜层的脆弱结构 (诸如孔洞) 从而产生微小黑点。

[0004] 此外,无机薄膜层通常使用反应式溅镀 (Reactive sputter)、原子层沉积 (Atomic Layer Deposition, ALD)、化学气相沉积 (Chemical Vapor Deposition, CVD) 等制程,这些制程所镀的无机物膜质往往因各制程特性、参数条件、靶材 / 原料衰变、真空 / 机况不同而造成镀膜质量不一。再者,常见的定量化镀膜质量仅就镀膜均匀度及膜厚做监控,无法反映出无机薄膜层的致密度与阻水性膜质,而且无法优化、监控镀膜质量,造成合格率降低、阻水力下降,致使水氧与其它有机物易穿过无机薄膜层攻击 OLED 造成不发光的黑点。

[0005] 有鉴于此,如何设计一种用于有机发光二极管的薄膜封装结构,以改善或消除现有技术中的上述缺陷,是业内相关技术人员亟待解决的一项课题。

发明内容

[0006] 针对现有技术的有机发光二极管显示器在薄膜封装制程上所存在的上述缺陷,本发明提供了一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器。

[0007] 依据本发明的一个方面,提供了一种有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diode, OLED) 的薄膜封装结构,包括:

[0008] 一有机发光二极管;

[0009] 一第一无机薄膜层,具有一第一杨氏模量 (Young's modulus),所述第一无机薄膜

层位于所述有机发光二极管的上方且用以覆盖所述有机发光二极管；

[0010] 一有机薄膜层，堆叠于所述第一无机薄膜层的上方；以及

[0011] 一第二无机薄膜层，具有一第二杨氏模量，所述第二无机薄膜层位于所述有机薄膜层的上方，

[0012] 其中，所述第一杨氏模量大于所述第二杨氏模量。

[0013] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层具有一第一体积模量 (Bulk modulus)，且所述第一杨氏模量与所述第一体积模量的比值大于或等于 60%，所述第二无机薄膜层具有一第二体积模量，且所述第二杨氏模量与所述第一体积模量的比值小于 60%。

[0014] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层为氧化铝材质，所述第一体积模量为 250GPa 且所述第一杨氏模量大于或等于 150GPa。

[0015] 在其中的一实施例，所述第二杨氏模量小于 150GPa。

[0016] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层采用反应式溅镀 (Reactive Sputter) 方式制作而成。

[0017] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层采用原子层沉积 (Atomic Layer Deposition, ALD) 方式制作而成。

[0018] 依据本发明的另一个方面，提供一种有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diode, OLED) 显示器，包括：

[0019] 一第一玻璃基板；

[0020] 一薄膜封装结构，包括：一有机发光二极管，设置于所述第一玻璃基板的上方；一第一无机薄膜层，具有一第一杨氏模量 (Young's modulus)，所述第一无机薄膜层位于所述有机发光二极管的上方且用以覆盖所述有机发光二极管；一有机薄膜层，堆叠于所述第一无机薄膜层的上方；以及一第二无机薄膜层，具有一第二杨氏模量，所述第二无机薄膜层位于所述有机薄膜层的上方，其中，所述第一杨氏模量大于所述第二杨氏模量；

[0021] 一第二玻璃基板，位于所述薄膜封装结构的上方；以及

[0022] 一封装层，设置于所述第一玻璃基板与所述第二玻璃基板之间，以便形成所述第一玻璃基板、所述第二玻璃基板和所述封装层构成的密闭空间，所述薄膜封装结构位于所述密闭空间内。

[0023] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层具有一第一体积模量 (Bulk modulus)，且所述第一杨氏模量与所述第一体积模量的比值大于或等于 60%，所述第二无机薄膜层具有一第二体积模量，且所述第二杨氏模量与所述第一体积模量的比值小于 60%。

[0024] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层为氧化铝材质，所述第一体积模量为 250GPa 且所述第一杨氏模量大于或等于 150GPa。

[0025] 在其中的一实施例，所述第一无机薄膜层采用反应式溅镀 (Reactive Sputter) 方式或原子层沉积 (Atomic Layer Deposition, ALD) 方式制作而成。

[0026] 采用本发明的薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器，其第一无机薄膜层具有一第一杨氏模量且位于有机发光二极管的上方，有机薄膜层堆叠于第一无机薄膜层的上方，第二无机薄膜层具有一第二杨氏模量且位于有机薄膜层的上方，第一杨氏模量大于第二杨氏模量。相比于现有技术，本发明藉由靠近有机发光二极管的一无机薄膜层的杨氏模量高于远离有机发光二极管的另一无机薄膜层的杨氏模量，可解决无机薄膜层致密度的定

量化标准,从而确保有机发光二极管不被上层的水气或有机物伤害。此外,该薄膜封装结构还可减少制程电浆对有机物反应所造成的不发光黑点。

附图说明

[0027] 读者在参照附图阅读了本发明的具体实施方式以后,将会更清楚地了解本发明的各个方面。其中,

[0028] 图 1A 示出现有技术的一种基于胶材贴合方式的有机发光二极管的封装结构的示意图;

[0029] 图 1B 示出现有技术的一种基于阻水薄膜方式的有机发光二极管的封装结构的示意图;

[0030] 图 2A 示出现有技术中的有机发光二极管的薄膜封装结构的水气路径示意图;

[0031] 图 2B 示出图 2A 的薄膜封装结构中的水气依次进入有机薄膜层和无机薄膜层从而造成 OLED 黑点的状态示意图;

[0032] 图 3A 示出依据本发明的一实施方式,采用不同杨氏模量的多个无机薄膜层的有机发光二极管的薄膜封装结构的示意图;

[0033] 图 3B 示出图 3A 的薄膜封装结构中的水气被高致密度的无机薄膜层阻挡的状态示意图;

[0034] 图 4A 示出图 2A 的薄膜封装结构中的第一无机薄膜层在杨氏模量小于 150GPa 测试条件下的状态示意图;

[0035] 图 4B 示出图 3A 的薄膜封装结构的第一无机薄膜层在杨氏模量等于 150GPa、采用反应式溅镀测试条件下的状态示意图;以及

[0036] 图 4C 示出图 3A 的薄膜封装结构的第一无机薄膜层在杨氏模量大于 150GPa、采用原子层沉积测试条件下的状态示意图。

具体实施方式

[0037] 为了使本申请所揭示的技术内容更加详尽与完备,可参照附图以及本发明的下述各种具体实施例,附图中相同的标记代表相同或相似的组件。然而,本领域的普通技术人员应当理解,下文中所提供的实施例并非用来限制本发明所涵盖的范围。此外,附图仅仅用于示意性地加以说明,并未依照其原尺寸进行绘制。

[0038] 图 1A 示出现有技术的一种基于胶材贴合方式的有机发光二极管的封装结构的示意图。

[0039] 参照图 1A,现有的有机发光二极管显示器包括第一玻璃基板 (first glass substrate) 100、一有机发光二极管 102、一封装层 (sealant) 104 和一第二玻璃基板 (second glass substrate) 106。在此,第二玻璃基板 106 也可称为盖板玻璃 (cover glass)。

[0040] 有机发光二极管 102 设置于第一玻璃基板 100 的上方。第二玻璃基板 106 与第一玻璃基板 100 相对设置,并且藉由封装层 104 构成一密闭空间,用以容置该有机发光二极管 102。如此一来,透过封装层 104 的胶材贴合第一玻璃基板 100 与第二玻璃基板 106,达到阻隔水气的效果。然而,因需贴合第二玻璃基板 106,封装层 104 的高度将增加整个组件的厚

度。此外,该胶材贴合技术无法使用在可挠式有机发光二极管显示器上。

[0041] 图 1B 示出现有技术的一种基于阻水薄膜方式的有机发光二极管的封装结构的示意图。

[0042] 相比于图 1A,图 1B 的现有封装结构采用阻水薄膜封装技术,该技术不仅无机薄膜层的阻水性较佳,而且可平整化有机薄膜层,增加 OLED 封装的可靠性。其包括第一玻璃基板 100、一有机发光二极管 102 和一阻水薄膜 108。由于该封装结构并未使用封装层,因而并不会增加整个组件的厚度。但是,一旦第一无机薄膜层(亦即,最靠近有机发光二极管的无机薄膜层),不够致密、结构松散且孔洞密度大,则靠近该第一无机薄膜层的有机薄膜层材料本身含有的微量水(约为 300ppm)很容易穿过第一无机薄膜层的孔洞结构从而在有机发光二极管上产生多个微小黑点。

[0043] 图 2A 示出现有技术中的有机发光二极管的薄膜封装结构的水气路径示意图,图 2B 示出图 2A 的薄膜封装结构中的水气依次进入有机薄膜层和无机薄膜层从而造成 OLED 黑点的状态示意图。

[0044] 参照图 2A 和图 2B,现有的封装结构包括第一玻璃基板 200、一有机发光二极管 202 以及交错堆叠的无机薄膜层和有机薄膜层。具体来说,第一无机薄膜层 204 位于有机发光二极管 202 的上方,第一有机薄膜层 212 位于第一无机薄膜层 204 的上方,如图 2A 的网格线所示。第二无机薄膜层 206 位于第一有机薄膜层 212 的上方,第二有机薄膜层 214 位于第二无机薄膜层 206 的上方,第三无机薄膜层 208 位于第二有机薄膜层 214 的上方,第四无机薄膜层 210 位于第三有机薄膜层 216 的上方,即,无机薄膜层和有机薄膜层交错堆叠设置。然而,如前所述,有机薄膜层材料本身含有微量水,约为 300ppm,若无机薄膜层尤其是第一无机薄膜层 204 致密度不够,则水气容易穿过第一无机薄膜层 204 的脆弱结构(诸如孔洞)从而产生微小黑点。

[0045] 一般来说,无机非晶材料的孔洞密度越大,杨氏模量(Young's modulus)越小;孔洞密度越小,杨氏模量越大。换句话说,杨氏模量越小的无机非晶材料,其内部的孔洞越多,越容易形成水氧或小分子有机物通过的通道;杨氏模量越大的无机非晶材料,其内部的孔洞越小,越容易阻止水氧或小分子有机物通过。如图 2B 所示,由于第一无机薄膜层 204 的致密度不够,孔洞较多,来自有机薄膜层内部的微量水会通过第一无机薄膜层 204 内部的孔洞到达有机发光二极管 202 表面,进而形成多个微小黑点 P,影响画面品质。

[0046] 为了改善或消除现有技术中的上述问题,本发明提供了一种有机发光二极管的薄膜封装结构。图 3A 示出依据本发明的一实施方式,采用不同杨氏模量的多个无机薄膜层的有机发光二极管的薄膜封装结构的示意图,图 3B 示出图 3A 的薄膜封装结构中的水气被高致密度的无机薄膜层阻挡的状态示意图。

[0047] 将图 3A 与图 2A 进行比较,其主要区别是在于,图 3A 的薄膜封装结构对于不同层的无机薄膜层的杨氏模量大小进行了限制。具体而言,第一无机薄膜层 204 具有第一杨氏模量,第二无机薄膜层(例如,无机薄膜层 206、208)具有第二杨氏模量,且第一杨氏模量大于第二杨氏模量。如图 3B 所示,由于第一无机薄膜层 204 的杨氏模量较大,孔洞密度较小,来自有机薄膜层 212 内部的微量水很难通过第一无机薄膜层 204 到达有机发光二极管 202 表面,因而不会在有机发光二极管 202 出现黑点。

[0048] 在一具体实施例,第一无机薄膜层 204 具有一第一体积模量(Bulk modulus),其

第一杨氏模量与第一体积模量的比值大于或等于 60%，第二无机薄膜层 206 具有一第二体积模量，其第二杨氏模量与第一体积模量的比值小于 60%。较佳地，第一无机薄膜层 204 为氧化铝材质，第一体积模量为 250GPa，则该第一无机薄膜层 204 的第一杨氏模量必须大于或等于 150GPa。此外，第二杨氏模量须小于 150GPa。

[0049] 在一具体实施例，该第一无机薄膜层 204 可以采用反应式溅镀 (Reactive Sputter) 方式制作而成。或者，该第一无机薄膜层 204 采用原子层沉积 (Atomic Layer Deposition, ALD) 方式制作而成。简要说，作为一种表面控制的、自限制性的化学气相沉积方法，ALD 既可以在大面积平面衬底表面，也可以在复杂的纳米尺度衬底表面（如超高深宽比沟槽与复杂弯曲的多孔材料）上进行 100% 均匀性、保形性、无缺陷、裂痕与针孔的薄膜生长。生长的薄膜种类繁多，除氧化物、氮化物、硫化物、氟化物以及纯金属单质薄膜外，还包括纳米叠层、梯度层、复合氧化物和掺杂薄膜等。

[0050] 本领域的技术人员应当理解，图 3A 还可揭示一种新颖的有机发光二极管显示器，除了包括第一玻璃基板、第二玻璃基板和封装层之外，还包括上述的薄膜封装结构。其中，第一玻璃基板、第二玻璃基板和封装层构成密闭空间，且上述薄膜封装结构位于该密闭空间内。

[0051] 图 4A 示出图 2A 的薄膜封装结构中的第一无机薄膜层在杨氏模量小于 150GPa 测试条件下的状态示意图，图 4B 示出图 3A 的薄膜封装结构的第一无机薄膜层在杨氏模量等于 150GPa、采用反应式溅镀测试条件下的状态示意图，图 4C 示出图 3A 的薄膜封装结构的第一无机薄膜层在杨氏模量大于 150GPa、采用原子层沉积测试条件下的状态示意图。

[0052] 参照图 4A，该 OLED 显示器包括第一玻璃基板 300、有机发光二极管 302、第一无机薄膜层 308、第一有机薄膜层 310、第二无机薄膜层 312、第二玻璃基板 306 和封装层 304。当采用反应式溅镀制程形成第一无机薄膜层 308，诸如氧化铝 (Al_2O_3) 时，若第一无机薄膜层 308 的杨氏模量小于 150GPa，经实验测试后会在 OLED 表面出现黑点。

[0053] 相比之下，参照图 4B，当采用反应式溅镀制程形成第一无机薄膜层 308，诸如氧化铝 (Al_2O_3) 时，若第一无机薄膜层 308 的杨氏模量等于 150GPa，该薄膜封装结构在氮气手套箱内加热至 60 度并经过 400 小时的实验测试后，OLED 表面并无黑点。这是因为，第一无机薄膜层的杨氏模量较大，孔洞密度较小，来自上方的有机薄膜层内部的微量水很难通过第一无机薄膜层到达有机发光二极管表面，因而不会在有机发光二极管出现黑点。

[0054] 参照图 4C，与图 4A 和图 4B 不同，图 4C 采用原子层沉积制程形成第一无机薄膜层 308，且第一无机薄膜层 308 的杨氏模量大于 150GPa，该薄膜封装结构经过 700 小时的温度测试后，OLED 表面也不会出现黑点。

[0055] 此外，第二无机薄膜层 312 的杨氏模量须小于 150GPa。在上述相同条件下，经实验测试表明，若第二无机薄膜层 312 采用等于或大于 150GPa 的杨氏模量，则 OLED 表面仍然会出现黑点；若采用小于 150GPa 的杨氏模量，则 OLED 表面才不会出现黑点，进而确保 OLED 不会被上层水气或有机物伤害。

[0056] 采用本发明的薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器，其第一无机薄膜层具有一第一杨氏模量且位于有机发光二极管的上方，有机薄膜层堆叠于第一无机薄膜层的上方，第二无机薄膜层具有一第二杨氏模量且位于有机薄膜层的上方，第一杨氏模量大于第二杨氏模量。相比于现有技术，本发明藉由靠近有机发光二极管的一无机薄膜层的杨氏模

量高于远离有机发光二极管的另一无机薄膜层的杨氏模量,可解决无机薄膜层致密度的定量化标准,从而确保有机发光二极管不被上层的水气或有机物伤害。此外,该薄膜封装结构还可减少制程电浆对有机物反应所造成的不发光黑点。

[0057] 上文中,参照附图描述了本发明的具体实施方式。但是,本领域中的普通技术人员能够理解,在不偏离本发明的精神和范围的情况下,还可以对本发明的具体实施方式作各种变更和替换。这些变更和替换都落在本发明权利要求书所限定的范围内。

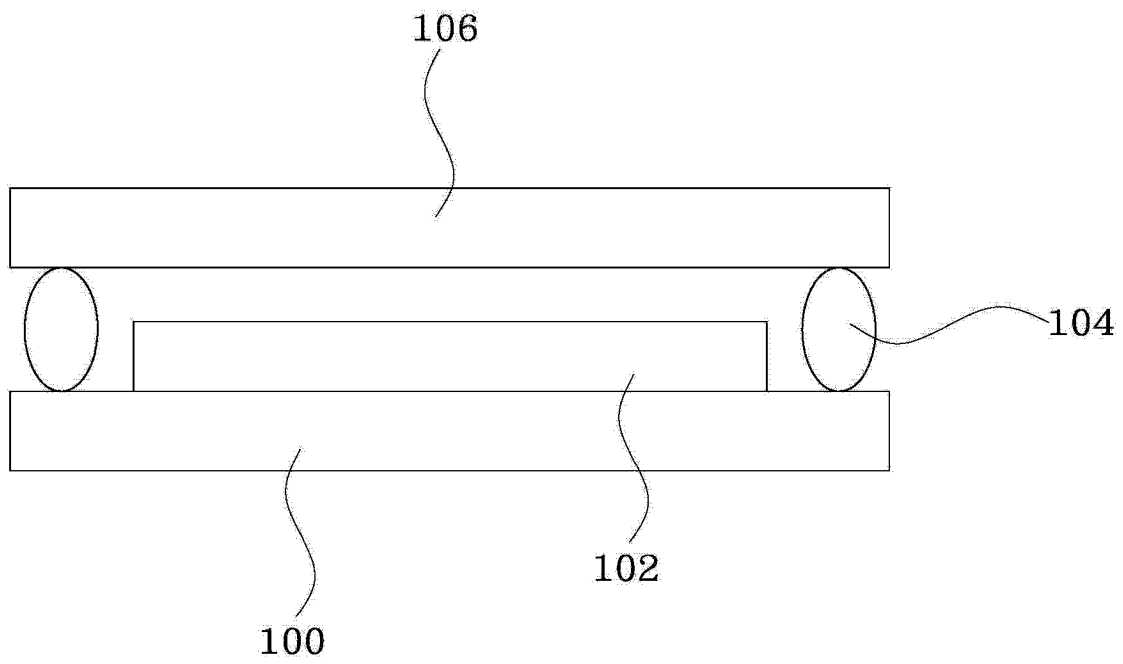


图 1A

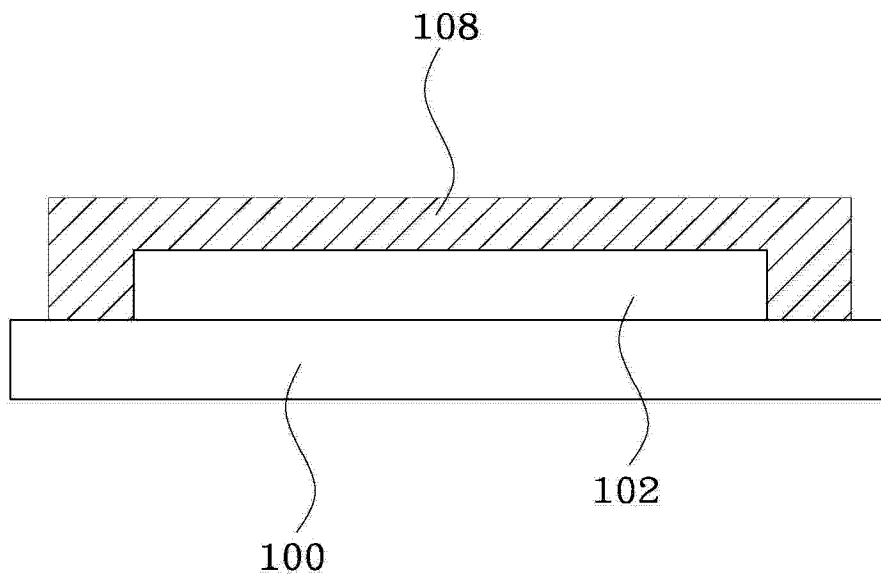


图 1B

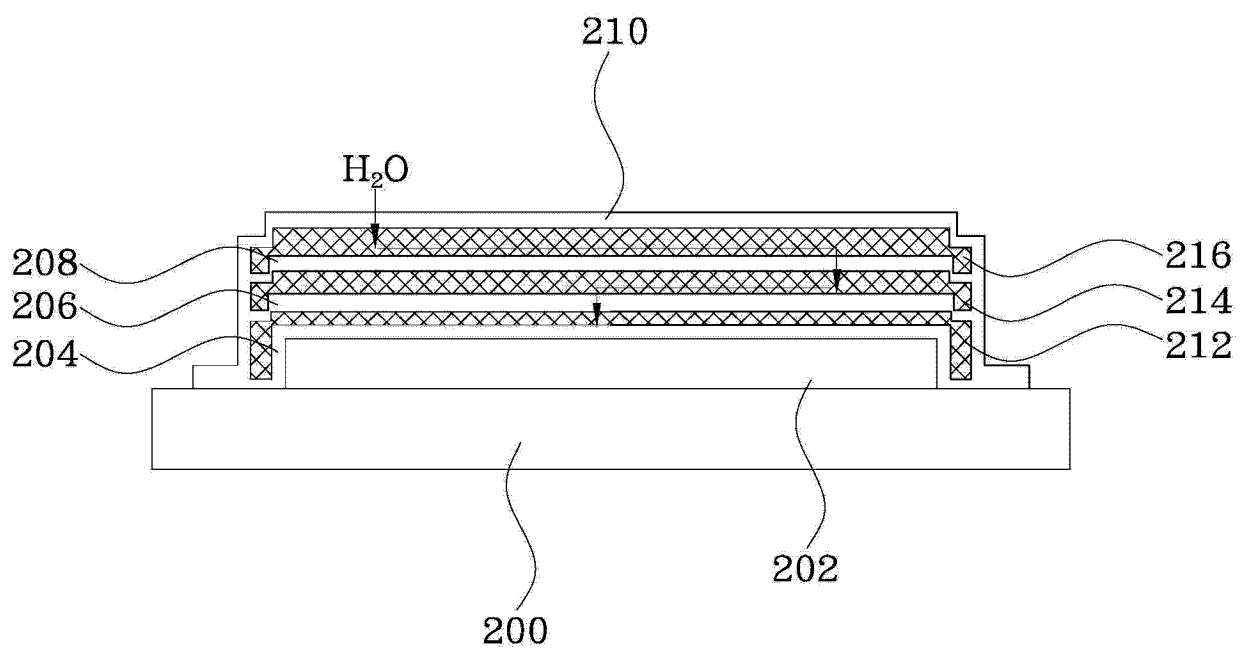


图 2A

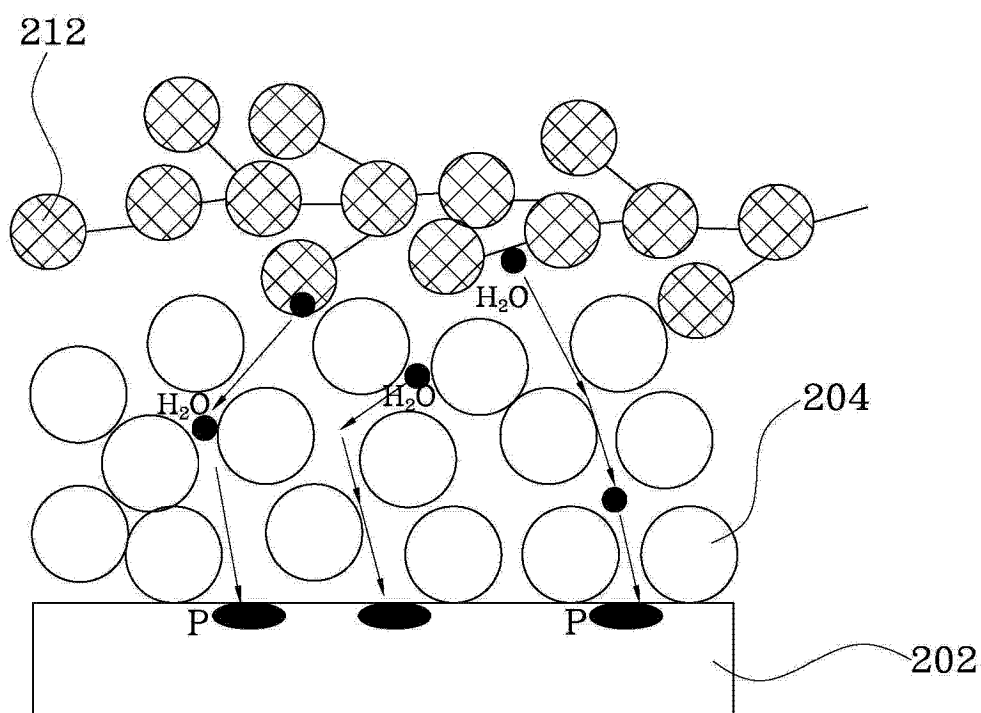


图 2B

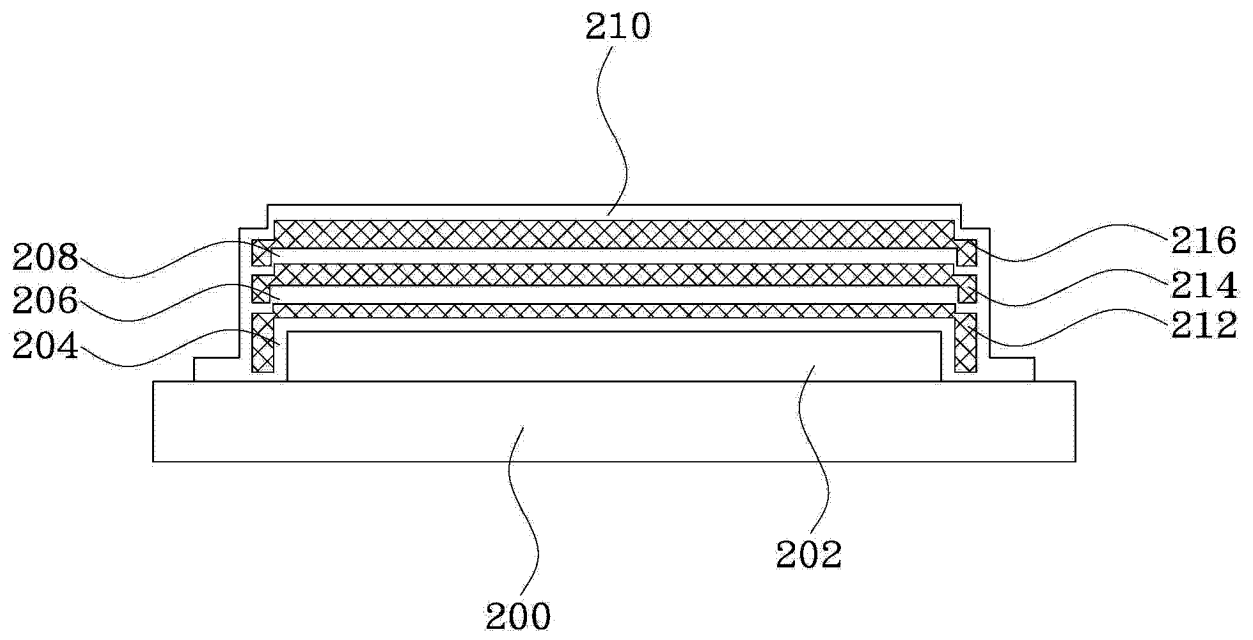


图 3A

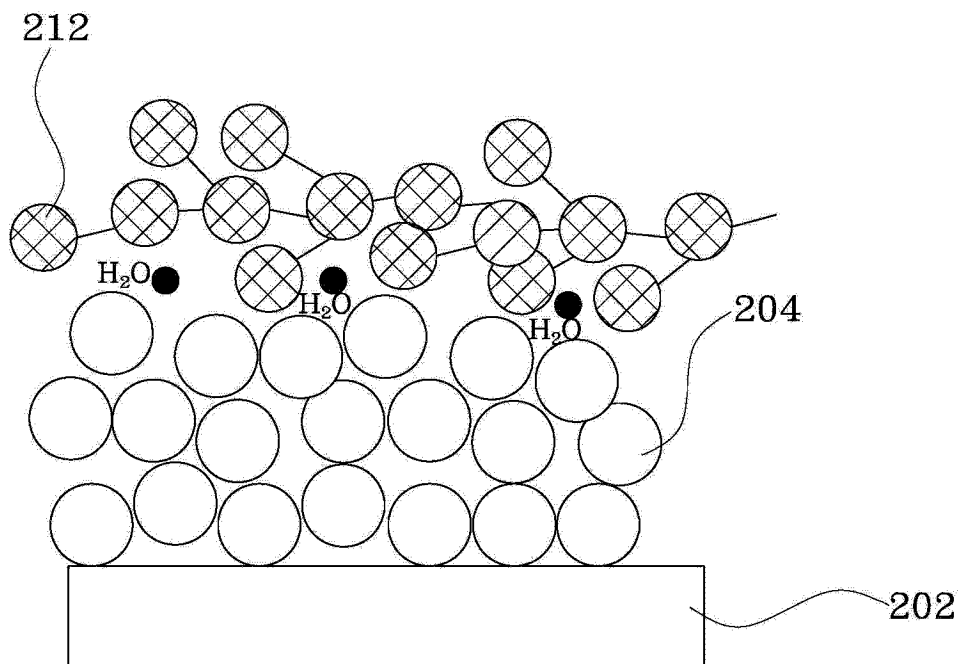
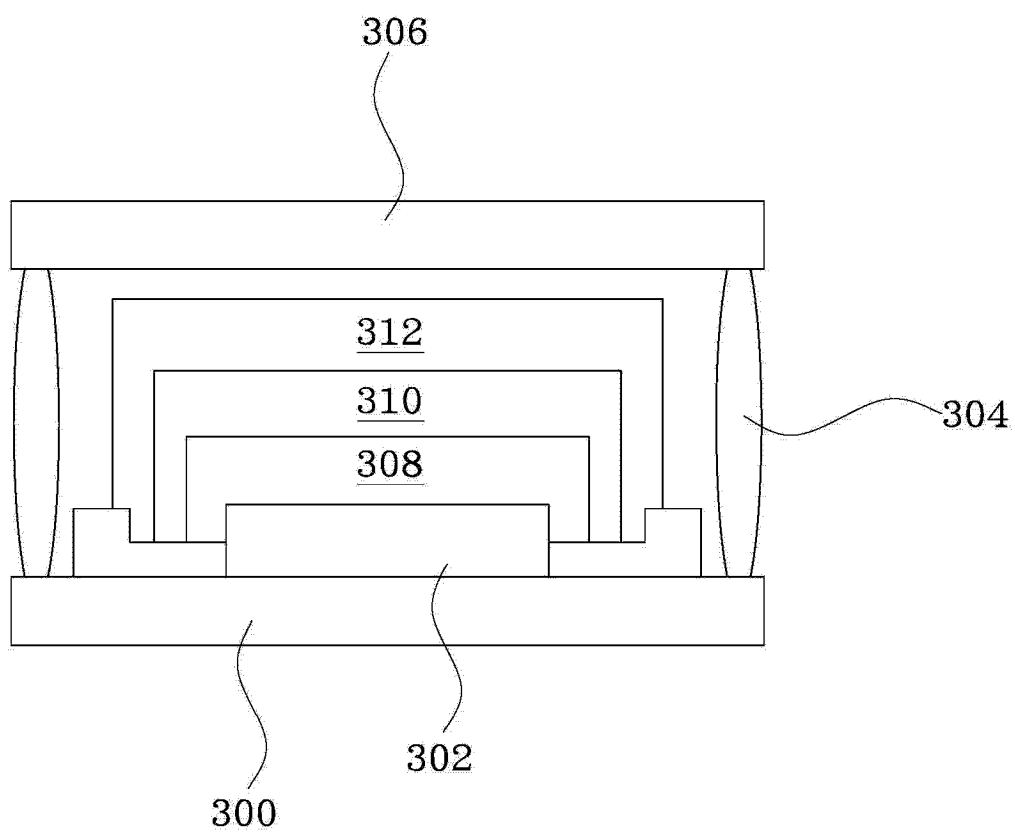


图 3B



($E < 150\text{GPa}$)

图 4A

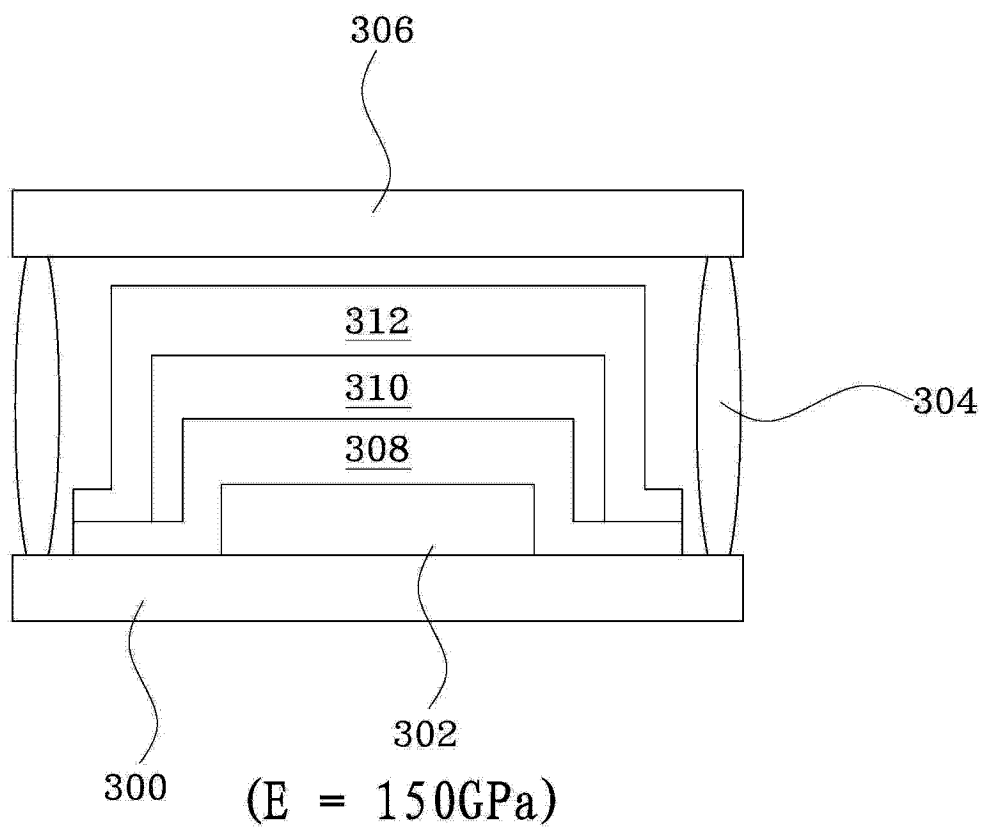


图 4B

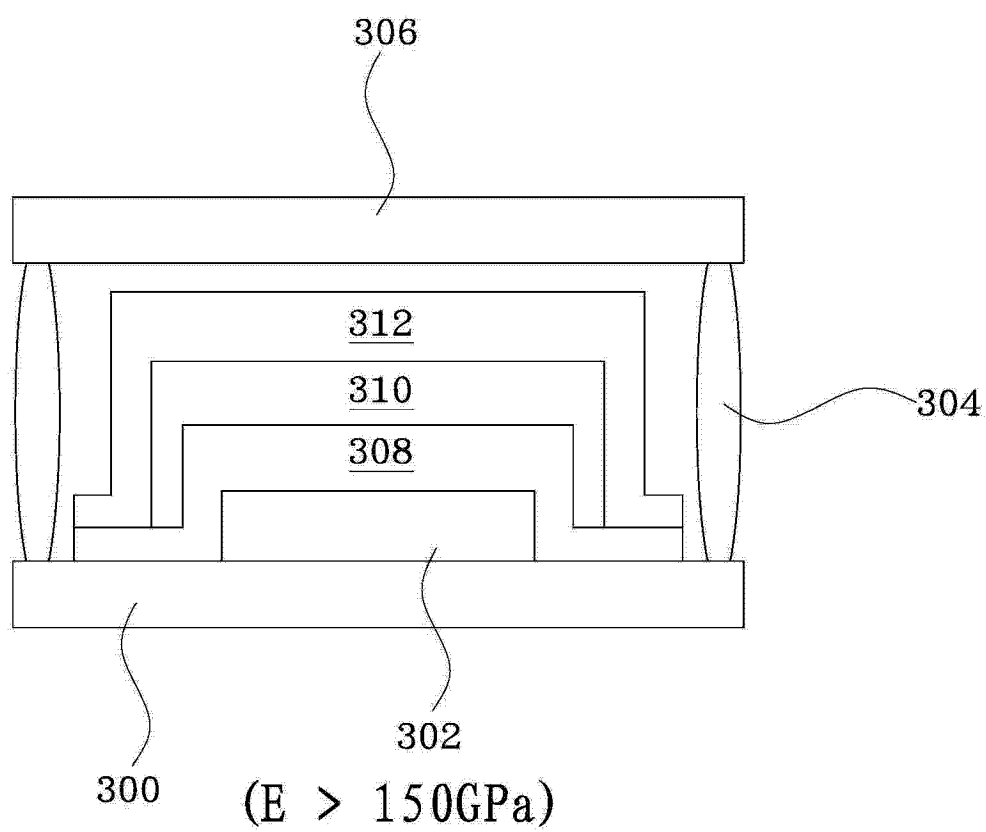


图 4C

专利名称(译)	一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器		
公开(公告)号	CN104638200A	公开(公告)日	2015-05-20
申请号	CN201510099284.9	申请日	2015-03-06
[标]申请(专利权)人(译)	友达光电股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	友达光电股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	友达光电股份有限公司		
[标]发明人	宋大豪 杨介宏 萧如正 李孟庭		
发明人	宋大豪 杨介宏 萧如正 李孟庭		
IPC分类号	H01L51/52 H01L51/56 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5237 H01L27/3244 H01L51/56 H01L2251/5338		
代理人(译)	徐金国		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种薄膜封装结构及其有机发光二极管显示器。薄膜封装结构包括：有机发光二极管；第一无机薄膜层，具有第一杨氏模量，该第一无机薄膜层位于有机发光二极管的上方且覆盖该有机发光二极管；有机薄膜层，堆叠于第一无机薄膜层的上方；以及第二无机薄膜层，具有第二杨氏模量，该第二无机薄膜层位于有机薄膜层的上方，其中第一杨氏模量大于第二杨氏模量。相比于现有技术，本发明藉由靠近有机发光二极管的一无机薄膜层的杨氏模量高于远离有机发光二极管的另一无机薄膜层的杨氏模量，可解决无机薄膜层致密度的定量化标准，从而确保有机发光二极管不被上层的水气或有机物伤害。此外，该薄膜封装结构还可减少制程电浆对有机物反应所造成的不发光黑点。

