

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610137518.5

H01L 27/32 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

H01L 21/82 (2006.01)

H05B 33/14 (2006.01)

H05B 33/10 (2006.01)

[43] 公开日 2007年3月21日

[11] 公开号 CN 1933173A

[22] 申请日 2006.9.12

[21] 申请号 200610137518.5

[30] 优先权

[32] 2005. 9. 12 [33] JP [31] 263367/05

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 松田英介

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 陶凤波

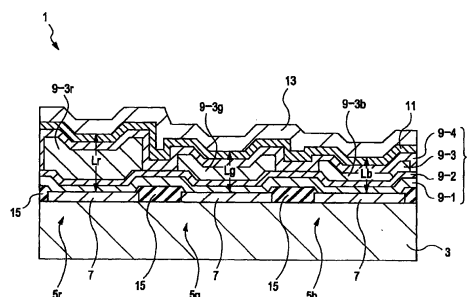
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 4 页

## [54] 发明名称

显示单元及其制造方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种显示单元，其包括多个有机场致发光器件，每个器件包括有机层部分，有机层部分至少包括相互叠加的空穴传输层和发光层，以及夹置有机层部分的两个电极。各个有机场致发光层的发光层具有不同的厚度。每个有机场致发光器件的发光层包含有机材料，该有机材料与构成空穴传输层的空穴传输材料具有大致相同的最高被占用分子轨道(HOMO)能级，有机材料的含量根据发光层的厚度进行设定。



1、一种显示单元，包括多个有机场致发光器件，每个器件包括：  
有机层部分，其至少包括相互叠加的空穴传输层和发光层；和  
两个电极，夹置所述有机层部分，  
其中各个有机场致发光器件的发光层具有不同的厚度；和  
每个有机场致发光器件的发光层包含有机材料，该有机材料与构成空穴传输层的空穴传输材料具有大致相同的最高被占用分子轨道(HOMO)能级，有机材料的含量的设定为随着发光层厚度而增加。

2、如权利要求1所述的显示单元，其中调节每个有机场致发光器件中的有机材料的含量，使得各个有机场致发光器件具有基本上相同的驱动电压。

3、如权利要求1所述的显示单元，其中向每个有机场致发光器件提供由光反射材料构成的反射镜和半透半反射镜以夹置空穴传输层和发光层，所述反射镜和半反射镜之间光距根据发光层的厚度进行调节以便形成谐振结构，在该谐振结构中从发光层发出的具有特定波长的光在反射镜和半反射镜之间进行谐振，并从半反射镜侧提取。

4、如权利要求3所述的显示单元，其中每个有机场致发光器件中的发光层发出蓝色、绿色或红色波长范围的光，且每个有机场致发光器件设计为使得蓝色、绿色或红色波长范围中光的提取达到最大化，反射镜和半反射镜之间的光距随着发出光的波长增加而增加。

5、如权利要求3所述的显示单元，其中所述反射镜和半反射镜用作电极。

6、如权利要求1所述的显示单元，其中在构成有机层部分的多层中，仅通过每个有机场致发光器件的构图而形成发光层，其它层设置为各个有机场致发光器件的共用层。

7、一种包括多个有机场致发光器件的显示单元的制造方法，每个器件包括：

有机层部分，它包括至少相互叠加的空穴传输层和发光层；和夹置有机层部分的两个电极，

其中各个有机场致发光器件的发光层具有不同的厚度；且每个有机场致

发光器件中的发光层包含有机材料，该有机材料与构成空穴传输层的空穴传输材料具有大致相同的最高被占用分子轨道（HOMO）能级，有机材料的含量设定为随着发光层厚度而增加，

该方法包括通过从传输衬底热传输传输层进行构图形成每个发光层的步骤，该传输层包含电荷传输基质材料和发光客体材料，

其中形成至少一些发光层的传输层包含预定数量的有机材料以及基质材料和客体材料。

8、如权利要求 7 所述的显示单元的制造方法，其中包含有机层的传输层具有这样的结构，其中包含基质材料和客体材料的发光材料层和包含有机材料的降阻层被叠加。

## 显示单元及其制造方法

### 技术领域

本发明涉及一种显示单元及其制造方法。特别是，本发明涉及一种在其中分布了能够发出不同颜色光的有机场致发光器件的显示单元，该有机场致发光器件包括发光层，其厚度随颜色的变化而变化。

### 背景技术

作为能够在低压直流驱动下实现高亮度发光的发光器件，使用有机材料进行场致发光的有机场致发光器件已被引起重视，每个有机场致器件包括设置了空穴传输层和发光层的有机层部分，有机层部分设置在底电极和顶电极之间。在包括有机场致发光器件的全色显示单元中，分别发出红色（R）、绿色（G）或蓝色（B）光的有机场致器件分布在衬底上。

在这样的显示单元中，对于每个器件来说，至少由相对应颜色的发光材料组成的发光层是通过构图形成的。而且，通过设计该器件，每个发出红色、绿色或蓝色光的器件具有谐振结构，在该谐振结构中，只有相对应颜色的发出光进行谐振并被提取，可以提高从每个器件提取的发出光的色纯度，并提高发出光的提取效率。在这种有机场致发光器件中，例如，还可用作反射镜的阳极、包括发光层的有机层和还可用作半反射镜（half mirror）的阴极依次设置。通过设定阳极（反射镜）和阴极（半反射镜）之间的距离使其等于允许相对应颜色的发光波长的光进行谐振的光距，只有发光层中产生的发出光中的特征波长从阴极（半反射镜）侧提取。

在使用具有这样的谐振结构的每种颜色的有机场致发光器件制造显示单元时，仅根据发光层的厚度而调节每个器件的光距，其它层可以共同使用，因此能够显著地简化该制造工艺。

作为一种通过构图形成发光层的方法，人们已经提出一种热传输方法。在使用热传输方法时，例如，显示单元按如下步骤进行制造。首先，在显示单元衬底（此下文称之为“器件衬底”）上形成阳极。此外，在另一个衬底（此下文称之为“传输衬底”）上形成发光层，光吸收层在阳极与发光层之

间。器件衬底和传输衬底的放置要使发光层和阳极相互面对，并且通过用激光照射传输衬底而将发光层热传输到器件衬底的阳极上。在此阶段，通过使用激光的光斑照射（spot irradiation）执行扫描，发光层就能以高定位精度仅传输到阳极的预定区域上。

相对于使用热传输方法来说，还提出一种方法，其中在传输衬底的光吸收层上还形成空穴传输层，发光层位于两者之间，然后执行充分的光（激光）照射，以便通过混合到发光材料中的空穴传输材料执行传输。通过使用这种方法，报导说有机场致发光器件（OLED）的效率和稳定性得到了提高。（具体参见日本未经审查的专利申请公开 No.2004-71551，第8-10栏。）

### 发明内容

但是，这种包括具有仅根据发光层的厚度而调节反射镜和半反射镜之间的光距的谐振结构的每种颜色的有机场致发光器件的显示单元存在如下问题。

也就是说，在构成有机场致发光器件的有机层中，与具有主要传输和注入电荷等功能的空穴传输层相比，发光层具有较高的电阻。因此，在光距仅根据发光层的厚度进行调节时，每个器件的发光层之间的厚度差就会增加，导致驱动每个器件的驱动电压之间产生较大的差异。

通常，在显示单元中，电源电压设定为能满足具有最高驱动电压的器件要求。在驱动电路中，提供给各个器件的驱动电压是通过单独降低电源电压而产生的，以满足单个器件所需的驱动电压。因此，在各个器件所需的驱动电压之间存在较大的差异时，驱动电路中的电压下降会增大，因此功率就会浪费功耗。

希望提供一种显示单元以及一种该显示单元的制造方法，其中该显示单元能够使包括不同厚度的发光层的各个有机场致发光器件的驱动电压达到同等能级，从而实现功耗的下降。

根据本发明的一个实施例的显示单元，它包括多个有机场致发光器件，每个器件包括有机层部分，其中至少空穴传输层和发光层堆叠，有机层部分夹在两个电极之间，其中各个有机场致发光层的发光层具有不同的厚度。这样的显示单元的例子就是彩色显示单元，它包括有机场致发光器件，每个器件具有微谐振结构，其中谐振部分的光距通过相对应的发光层厚度进行调

节，以能提取不同波长的光。在根据本发明该实施例的显示单元中，每个器件中的发光层包含有机材料，该有机材料大致具有与构成空穴传输层的空穴传输材料相同的最高被占用分子轨道（HOMO）能级，有机材料的含量随着发光层厚度而增加。

在具有根据本发明该实施例的结构显示单元中，大致具有与构成空穴传输层的空穴传输材料相同的最高被占用分子轨道能级的有机材料包含在每个有机场致发光器件的发光层中。即，在有机场致发光器件中，通过允许发光层包含这样的有机材料，发光层的电阻会降低，因此驱动电压就会下降。所以，通过允许具有较大厚度和较高电阻的发光层包含大量的有机材料，包含不同厚度发光层的各个有机场致发光器件的驱动电压能以较低值达到同等水平。

根据本发明另一个实施例的该显示单元的制造方法包括使用热传输方法通过构图形成发光层的步骤。

如上所述，根据本发明的实施例，能够使包含不同厚度发光层的多个有机场致发光器件的驱动电压达到同等能级。因此，例如，在具有微谐振结构的彩色显示单元中，不必单独地降低提供给显示单元的电源电压就能满足单个器件所需的驱动电压。因此，能够减小电压下降过程中功耗的浪费。

#### 附图说明

图 1 是根据本发明实施例的显示单元的示意性截面图；和

图 2A 至 2H 是根据本发明另一个实施例的显示单元制造方法步骤的示意性截面视图。

#### 具体实施方式

下面将参考附图描述本发明的实施例。在每个实施例中，将描述显示单元，其中分别发出红色（R）、绿色（G）或蓝色（B）光的有机场致发光器件排列在衬底上以进行全色显示。

#### 显示单元

图 1 是根据实施例的显示单元的大致视图。参考图 1，在显示单元 1 中，分别发出红色（R）、绿色（G）或蓝色（B）光的有机场致发光器件 5r，5g，5b，即红色发光器件 5r，绿色发光器件 5g，蓝色发光器件 5b 排列在衬底 3

上，显示单元 1 设计成顶端发射型，其中从每个发光器件 5r, 5g 和 5b 发射出的光从相对于衬底 3 的一侧进行提取。

衬底 3 是 TFT 衬底，其中薄膜晶体管 (TFTs) (未图示) 排列在玻璃基、硅基和塑料基等的表面层上。衬底 3 的表面覆盖有平面化绝缘膜。

在每个发光器件 5r, 5g 和 5b 中，阳极 7、有机层部分 9、电子注入层 11 和阴极 13 依次地设置在衬底 3 上。在每个发光器件 5r, 5g 和 5b 中，阳极 7 是反射镜 (光反射层)，阴极 13 是半反射镜 (半透射层)。设计一种微谐振结构，其中在每个发光器件 5r, 5g 和 5b 中产生的具有特定波长的光进行谐振，并从阴极 (半反射镜) 13 侧提取。

也就是说，在红色发光器件 5r 中，调节谐振部分的光距  $L_r$  使得红色波长范围中的光在阳极 (反射镜) 7 和阴极 (半反射镜) 13 之间的谐振部分中进行谐振以能最大化提取效率。在绿色发光器件 5g 中，调节谐振部分的光距  $L_g$  使得绿色波长范围中的光在阳极 (反射镜) 7 和阴极 (半反射镜) 13 之间的谐振部分中进行谐振以能最大化提取效率。在蓝色发光器件 5b 中，调节谐振部分的光距  $L_b$  使得蓝色波长范围中的光在阳极 (反射镜) 7 和阴极 (半反射镜) 13 之间的谐振部分中进行谐振以能最大化提取效率。因此，从发光器件 5r, 5g 和 5b 中发出的不同颜色光能够以足够的强度进行提取。

这里，光距  $L$  ( $L_r$ ,  $L_g$  或  $L_b$ ) 设定在满足表达式 (1) 的范围内：

$$(2L) / \lambda + \phi / (2\pi) = m$$

其中  $\phi$  表示发光器件 5r, 5g 或 5b 中发出的光在谐振部分两端进行反射时产生的相移 (弧度角)， $L$  是谐振部分的光距， $\lambda$  是希望被提取的光谱的峰值波长， $m$  是整数。

正如下面所述，光距  $L_r$ ,  $L_g$  或  $L_b$  根据有机层部分 9 的厚度进行调节。光距  $L_r$ ,  $L_g$  和  $L_b$  满足这样的关系： $L_r > L_g > L_b$ 。整数  $m$  对于每个光距相同。优选地是， $m = 0$ ，其中光距  $L_r$ ,  $L_g$  和  $L_b$  是最小的正值。

下面描述构成具有微谐振结构的每个光发射器件 5r, 5g 和 5b 的各个层。

阳极 7 通过构图形成以能对应于每个像素，并通过在覆盖 TFT 的层间绝缘膜中形成的接触孔 (未显示) 连接到设置在像素中的 TFT。

阳极 7 通过使用高反射率材料形成为反射镜。阳极 7 由具有高反射率的导电材料组成，如银 (Ag)、铝 (Al)、铬 (Cr)、铁 (Fe)、钴 (Co)、镍 (Ni)、铜 (Cu)、钽 (Ta)、钨 (W)、铂 (Pt)、金 (Au) 或其合金。

阳极 7 可具有阻挡层设置在导电层上的结构。在此情况下,阻挡层由具有大的功函数的材料组成,其厚度大约为 1-200nm。该阻挡层是由允许阳极 7 用作反射镜的材料组成。当导电层由高反射材料组成时,透光材料可用于阻挡层。当导电层具有较低的反射率时,高反射材料可用于阻挡层。

考虑到与导电层的结合,阻挡层的材料例如可适当地从透光材料中进行选择,透光材料至少包含一种从下面的组中所选择的金属,该组包括铟(In)、锡(Sn)、锌(Zn)、镉(Cd)、钛(Ti)、铬(Cr)、镓(Ga)和铝(Al),上述金属的合金,金属氧化物,或金属氮化物。金属合金的例子包括铟锡合金和铟锌合金。金属氧化物的例子包括氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化铟( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、氧化锡( $\text{SnO}_2$ )、氧化锌(ZnO)、氧化镉(CdO)、氧化钛( $\text{TiO}_2$ )和氧化铬( $\text{CrO}_2$ )。金属氮化物的例子包括氮化钛和氮化铬(CrN)。

通过每个像素构图形成的阳极(反射镜)7通过暴露中心的绝缘膜 15 在周边进行覆盖。绝缘膜 15 例如是由有机绝缘材料,如聚酰亚胺或光阻材料,或无机绝缘材料,如氧化硅构成的。

设置在阳极(反射镜)7上的有机层部分 9 包括依次设置的空穴注入层 9-1、空穴传输层 9-2、发光层 9-3 和电子传输层 9-4。在这些层中,只有发光层 9-3 是通过每个发光器件 5r、5g 和 5b 的构图而形成的。其它层设置为发光器件 5r、5g 和 5b 的共用层。

下面从阳极(反射镜)7侧描述组成有机层部分 9 的每个层。

首先,设置空穴注入层 9-1 作为像素的共用层以覆盖阳极 7 和绝缘膜 15。空穴注入层 9-1 由公知的空穴注入材料组成。例如,空穴注入层 9-1 使用 m-MTDATA [4, 4, 4-三(3-甲基苯基苯胺)三苯胺] (1,4,4-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine) 气相沉积 15nm 厚。

接着,在空穴注入层 9-1 上设置空穴传输层 9-2 作为像素的共用层。空穴传输层 9-2 使用公知的空穴传输材料形成,如对二氨基联苯衍生物、苯乙烯胺衍生物、三苯甲烷衍生物或脞衍生物。例如,空穴传输层 9-2 使用  $\alpha$ -NPD [4, 4-双(N-1-萘基-N-苯胺)联苯] (4,4-bis(N-1-naphthyl-N-phenylamino)biphenyl) 气相沉积 10nm 厚。

注意每个空穴注入层 9-1 和空穴传输层 9-2 可具有包括许多分层的层状结构。

的开口中。如上所述, 调节光距  $L_r$ ,  $L_g$  和  $L_b$  使得特定波长的光在阳极(反射镜) 7 和阴极(半反射镜) 13 之间谐振。在本实施例中, 光距  $L_r$ ,  $L_g$  和  $L_b$  通过发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 之间的厚度差进行调节。

因此, 设定每个发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 的光距  $L_t$  以满足这样的关系  $L_t = L - L_f$ , 其中  $L$  是每个发光器件 5r, 5g 和 5b 谐振部分的光距(即,  $L_r$ ,  $L_g$  或  $L_b$ ),  $L_f$  是除了发光层以外的共用功能层的光距。而且, 如上所述, 由于发光器件 5r, 5g 和 5b 谐振部分的光距  $L_r$ ,  $L_g$  和  $L_b$  满足这样的关系  $L_r > L_g > L_b$ , 所以发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 的光距  $L_t$  (厚度) 具有相同的大小关系。

此外, 具有如上所述不同厚度(光距  $L_t$ ) 的每个发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 是由基质材料和发光客体(guest)材料组成。而且, 有助于降低发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 电阻的有机材料以对应于其厚度的量添加到发光层中以使添加量随着厚度的增加而增加。因此, 有机材料的组分满足关系  $9-3r > 9-3g > 9-3b$ 。注意这样的有机材料可以不添加到蓝色发光器件 5b 的发光层 9-3b 中, 该发光层具有最小的厚度。

有机材料由与构成空穴传输层 9-2 的空穴传输材料具有实质相同的 HOMO 能级的材料组成。对于与空穴传输材料实质相同的 HOMO 能级来说, 如果有有机材料和空穴传输材料之间 HOMO 能级的差值为 +0.3eV 或更小, 那么在不影响每个发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 发光的情况下电阻能被充分降低。有机材料的 HOMO 能级优选尽可能接近于空穴传输材料的能级, 因为降低电阻的影响增加。在与空穴传输材料具有实质相同的 HOMO 能级的有机材料用作基质材料时, 该基质材料也可考虑为有机材料, 该有机材料的总含量可以进行调节。

调节有机材料的含量使得形成的发光器件 5r, 5g 和 5b 具有基本相同的驱动电压。

下面将描述发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 的结构。

红色发光器件 5r 的发光层 9-3r 由基质材料、客体材料和降低电阻的有机材料组成。在这些材料中, 作为基质材料, 至少使用空穴传输基质材料、电子传输基质材料和空穴及电子传输基质材料其中之一。例如, 使用葱二萘基(ADN)作为电子传输基质材料。作为客体材料, 使用荧光或磷光红色发

光材料。例如，使用 2,6-双[(4'-甲氧二苯胺)苯乙烯基]-1,5-氰基萘(2,6-bis((4'-methoxydiphenylamino)styryl)-1,5-dicyanonaphthalene, BSN)。客体材料的含量例如大约占基质材料和客体材料总重量的 30%。作为有助于降低发光层 9-3r 电阻的有机材料，使用与组成空穴传输层 9-2 相同的材料，例如， $\alpha$ -NPD。在发光层 9-3r 中，包含按体积来说 50% 含量的有机材料。具有这样结构的发光层 9-3r 的厚度例如为 60nm。

绿色发光器件 5g 的发光层 9-3g 由基质材料、客体材料和降低电阻的有机材料组成。在这些材料中，作为基质材料，使用与红色发光层 9-3r 的基质材料相同的材料，例如，使用葱二萘基(ADN)。作为客体材料，使用荧光或磷光绿色发光材料。例如，使用香豆素 6。例如，客体材料的含量相对于基质材料和客体材料总重量大约占 5%。作为有助于降低发光层 9-3g 电阻的有机材料，使用与组成空穴传输层 9-2 相同的材料，例如， $\alpha$ -NPD。在发光层 9-3g 中，包含按体积来说 33% 含量的有机材料。具有这样结构的发光层 9-3g 的厚度例如为 45nm。

蓝色发光器件 5b 的发光层 9-3b 由基质材料和客体材料组成，不包含用于降低电压的有机材料。在这些材料中，作为基质材料，使用与红色发光层 9-3r 或绿色发光层 9-3g 的基质材料相同的材料，例如，使用葱二萘基(ADN)。作为客体材料，使用荧光或磷光蓝色发光材料。例如，使用 4,4'-双[2-{4-(N,N-二苯胺)苯基}乙烯基]联苯(4,4'-bis(2-(4-(N,N-diphenylamino)phenyl)vinyl)biphenyl, DPAVBi)。例如，客体材料的含量相对于基质材料和客体材料总重量大约占 2.2%。具有这样结构的发光层 9-3b 的厚度例如为 20nm。

设置在发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 上的电子传输层 9-4 作为各个像素的共用层。电子传输层 9-4 由公知的电子传输材料组成。例如，电子传输层 9-4 使用 8-羟基喹啉铝(Alq3)气相沉积大约 20nm 厚度。

空穴注入层 9-1, 空穴传输层 9-2, 发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 以及电子传输层 9-4 组成有机层部分 9。

设置在有机层部分 9 上的电子注入层 11 设置为各个像素的共用层。电子注入层 11 由公知的电子注入材料组成。例如，电子注入层 11 使用 LiF 气相沉积大约 0.3nm 厚度。

设置在电子注入层 11 上的阴极 13 作为各个像素的共用层。阴极 13 由

具有较小功函数的导电材料组成。可以使用的这样导电材料的例子包括活泼金属如 Li, Mg 或 Ca 和金属如 Ag, Al 或 In 的合金, 以及这些金属的叠层。由于阴极 13 用作半反射镜, 其厚度根据所使用的材料进行调节以使反射率介于 0.1%或以上到小于 50%的范围中。作为阴极 13, 例如, 使用厚度为 10nm 的 MgAg。而且, 在与电子注入层 11 的分界面上, 可以插入薄混合层, 该混合层由活泼金属如 Li, Mg 或 Ca 和卤素如氟或溴或氧组成。

在阴极 13 用作上述的各个像素的共用电极时, 可以使用这样的一种结构, 其中辅助电极 (未图示) 形成在与阳极 7 相同的层上, 通过将阴极 13 与辅助电极相连接, 可防止阴极 13 的电压下降。在此情况下, 沉积在辅助电极上的有机层部分在即将形成阴极 13 前通过激光烧蚀等进行去除。

具有上述结构的发光器件 5r,5g 和 5b 覆盖有保护膜 (未图示)。密封衬底用粘合剂粘接于保护膜上以能构成固态的显示单元 1。

设置保护膜的目的是防止湿气进入有机层部分 9, 保护膜用较低透水性和较低吸水性的材料形成足够厚度。在本实施例中, 由于所制造的显示单元 1 是顶端发射型, 保护膜由透射在发光器件 5r,5g 和 5b 中产生的光的材料形成, 可获得例如大约为 80%的透射率。保护膜可由绝缘材料或导电材料构成。在保护膜由绝缘材料构成时, 可适当地使用无机非晶体绝缘材料, 如非晶硅 ( $\alpha$ -Si), 非晶碳化硅 ( $\alpha$ -SiC), 非晶氮化硅 ( $\alpha$ -Si<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>) 或非晶碳 ( $\alpha$ -C)。由于这样的无机非晶绝缘材料不会形成晶粒, 具有较低的透水性, 因此它能够形成满意的保护膜。在保护膜由导电材料形成时, 可使用透明的导电材料, 如 ITO 或 IZO。

作为粘合剂, 例如, 使用 UV 可固化树脂。作为密封衬底, 例如, 使用玻璃衬底。注意粘合剂和密封衬底由光透射材料形成。

而且, 滤色器可设置在阴极 (半反射镜) 13 (在光提取侧) 上面, 滤色器透射在谐振器部中进行谐振和提取的波长范围的光。因此, 可进一步提高从每个发光器件 5r,5g 和 5b 中提取的光的色纯度。

在具有上述结构的显示单元 1 中, 允许具有不同厚度的发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 包含构成空穴传输层 9-2 (用于降低电阻的有机材料) 的空穴传输材料, 其总量由其厚度决定。即, 在发光器件 (有机场致发光器件) 5r,5g 和 5b 中, 通过允许发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 包含这样的有机材料, 每个发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 的电阻可以减小, 因此器件的驱动电压可

以下降。因此。通过允许具有较大厚度和较高电阻的红色发光层 9-3r 和绿色发光层 9-3g 包含大量的有机材料,发光器件 5r,5g 和 5b 的驱动电压就能达到同等水平的较低值。

结果是,不必单独地降低作用于显示单元 1 上的电源电压就能满足单个器件所需的驱动电压。因此,就能够在全色显示单元中方便地设定白色平衡,并提高色彩再现性。还能够在电压下降的过程中减少能耗的浪费,并实现较低的能耗。

而且,在红色发光器件 5r 和绿色发光器件 5g 中,驱动电压下降了,能够延长发光寿命。在包含发光器件 5r,5g 和 5b 的显示单元 1 中,能够实现较长的寿命。

#### 显示单元的制造方法

现在参考图 2A 至 2H 描述具有上述结构的显示单元 1 的制造方法,图 2A 至 2H 是表示制造步骤的示意性截面图。在下面所示的各层中,已经参考图 1 在上面作了描述的各层的重复描述将会被省略。

首先,如图 2A 所示,阳极(反射镜)7 通过构图在衬底 3 上形成,然后绝缘膜 15 通过构图形成以暴露每个阳极(反射镜)7 的中心。随后,空穴注入层 9-1 气相沉积在衬底 3 的整个表面上以覆盖阳极(反射镜)7 和绝缘膜 15,然后通过气相沉积在其上面形成空穴传输层 9-2。

接着,进行使用热传输方法在空穴传输层 9-2 上形成各个颜色发光层的步骤,该步骤是本实施例的关键步骤。

首先,如图 2B 所示,准备传输衬底 30r。传输衬底 30r 包括与制造显示单元用的衬底 3 具有大致相同形状的玻璃基底 31,和传输层(红色传输层)35r,该传输层 35r 用于形成设置在玻璃基底 31 的整个表面上的红色发光层,光吸收层 33 设置在它们之间。

作为光吸收层 33 的材料,优选地使用对于用作后面热传输步骤中的热源的激光波长范围中的光具有较低反射率的材料。例如,在使用固态激光源的波长大约为 800nm 的激光时,优选地使用较低反射率和高熔点的材料,如铬(Cr)或钼(Mo),但是在此不局限于此。这里,例如,Cr 通过溅射沉积 200nm 厚度以形成光吸收层 33。

红色传输层 35r 使用包含在参考图 1 所述的红色发光层(9-3r)中的材料形成。即,红色传输层 35r 由基质材料,发光客体材料和降低电阻的有机

材料形成。

由上述材料形成的红色传输层 35r 具有双层结构，它包括由基质材料和客体材料形成的发光材料层 35r-1，和由降低电阻的有机材料形成的降阻层 35r-2，发光材料层 35r-1 和降阻层 35r-2 依次地设置在光吸收层 33 上。

发光材料层 35r-1 例如由通过将重量占 30% 的 2,6-双[(4'-甲氧二苯胺)苯乙烯基]-1,5-氰基萘(2,6-bis((4'-methoxydiphenylamino)styryl)-1,5-dicyanonaphthalene, BSN)混合到蒽二萘(ADN)中形成的材料组成的，并且气相沉积大约 30nm 厚度，其中 2,6-双[(4'-甲氧二苯胺)苯乙烯基]-1,5-氰基萘(2,6-bis((4'-methoxydiphenylamino)styryl)-1,5-dicyanonaphthalene, BSN)是红色的发光客体材料，蒽二萘(ADN)是电子传输基质材料。

降阻层 35r-2 例如使用空穴传输材料  $\alpha$ -NPD 气相沉积大约 30nm 厚度。

随后，如图 2C 所示，放置具有上述结构的传输衬底 30r 以面对衬底 3，在该衬底 3 上已经形成直到空穴传输层 9-2 的层。在此阶段，设置传输衬底 30r 和衬底 3 使得红色传输层 35r 和空穴传输层 9-2 相互面对。如果绝缘膜 15 具有足够的高度，那么衬底 3 和传输衬底 30r 就可以形成相互紧密接触以使对应于衬底 3 侧上的顶层的空穴传输层 9-2 接触对应于传输衬底 30r 侧上的顶层的红色传输层 35r。即使在此情况下，传输衬底 30r 也会受到衬底 3 侧上的绝缘膜 15 的支撑，传输衬底 30r 不会接触位于阳极 7 上的部分空穴传输层 9-2。

接着，如上所述放置得面对衬底 3 的传输衬底 30r，例如，用 800nm 波长的激光 hr 进行照射。在此阶段，激光 hr 的光斑照射在对应于红色发光器件形成区域的部分上有选择地进行。

因此，光吸收层 33 被允许吸收激光 hr，并通过使用其热量，红色传输层 35r 热传输到衬底 3 侧上。红色发光层 9-3r 是用高定位精度进行热传输的部分红色传输层 35r，它是通过在设置于衬底 3 上的空穴传输层 9-2 上进行构图形成的。

在这样的热传输步骤中，例如，构成传输衬底 30r 侧上的红色传输层 35r 的各个材料的浓度梯度通过激光 hr 的照射能量进行调节。更具体地说，通过设定高水平的照射能量，红色发光层 9-3r 就可形成为混合层，其中构成

红色传输层 35r 的材料大致进行均匀地混合。另一种可选方案是，调节照射能量使得混合构成红色传输层 35r 的材料的混合层设置在红色发光层 9-3r 中。

而且，执行激光 hr 的照射是非常重要的，这样使得从红色发光器件形成区域（像素区）中的绝缘膜 15 暴露的阳极 7 上的部分完全被红色发光层 9-3r 所覆盖。

通过重复上述的热传输步骤，依次形成绿色发光层和蓝色发光层。

即，如图 2D 所示，准备传输衬底 30g，该传输衬底 30g 包括玻璃基底 31 和传输层（绿色传输层）35g，其中玻璃基底 31 具有与形成显示单元的衬底基本相同的形状，传输层 35g 形成位于玻璃基底 31 整个表面上的绿色发光层，光吸收层 33 位于其间。绿色传输层 35g 可具有与参考图 2B 所述的红色传输层 35r 相同的双层结构，除了绿色发光客体材料用作发光客体材料外。

即，发光材料层 35g-1 例如由通过将占 5% 重量的香豆素 6 混合到葱二萘（ADN）中而制备的材料构成，并气相沉积大约 30nm 厚度，其中香豆素 6 是绿色发光客体材料，葱二萘（ADN）是电子传输基质材料。

发光材料层 35g-1 上的降阻层 35g-2 使用  $\alpha$ -NPD 气相沉积大约 15nm 厚度。

随后，如图 2E 所示，放置传输衬底 30g 以面对设有空穴传输层 9-2 的衬底 3，并进行激光 hr 的光斑照射，从传输衬底 30g 侧有选择地在对应于绿色发光器件形成区域的部分上进行。

因此，绿色发光层 9-3g，是有选择地经过热传输的绿色传输层 35g，它通过构图形成在位于衬底 3 上的空穴传输层 9-2 上。在这样的热传输步骤中，与参考图 2C 所述的通过构图形成红色发光层 9-3r 时一样，绿色发光层 9-3g 形成为混合层，其中构成绿色传输层 35g 的材料基本上进行均匀地混合。

而且，如图 2F 所示，制备传输衬底 30b。该传输衬底 30b 包括玻璃基底 31 和传输层（蓝色传输层）35b，其中玻璃基底 31 具有与形成显示单元的衬底基本相同的形状，传输层 35b 用于在玻璃基底 31 整个表面上形成蓝色发光层，光吸收层 33 位于其间。蓝色传输层 35b 具有单层结构，它包括由基质材料和用作发光客体材料的蓝色发光客体材料组成的发光材料层 35b-1。发光材料层 35b-1，例如，是通过将占 2.5% 重量的 4,4'-双[2-

{4-(N,N-二苯胺)苯基}乙烯基]联苯(DPAVBi)混合到ADN中形成的材料组成的,并气相沉积大约20nm厚度,其中4,4'-双[2-{4-(N,N-二苯胺)苯基}乙烯基]联苯(DPAVBi)是蓝色发光客体材料,葱二萘(ADN)是电子传输基质材料。

随后,如图2G所示,传输衬放置底30b以面对设有空穴传输层9-2的衬底3,进行激光hr的光斑照射,从传输衬底30b侧有选择地在对应于蓝色发光器件形成区域的部分上进行。

因此,蓝色发光层9-3b是有选择地经过热传输的蓝色传输层35b,它通过构图形成在位于衬底3上的空穴传输层9-2上。在这样的热传输步骤中,与参考图2C所述的通过构图形成红色发光层9-3r时一样,蓝色发光层9-3b形成为混合层,其中构成蓝色传输层35b的材料基本上进行均匀地混合。

上述参考图2B至2G的热传输步骤的顺序没有受到特别的限制。热传输步骤可以从发光层9-3r,9-3b和9-3g任何一层中执行。

而且,重复进行的热传输步骤可以在空气中执行,但是优选地是在真空中执行。通过在真空中执行热传输,可能使用较低能量的激光执行传输,因此可以消除对将被传输的发光层的热不利影响。而且,通过在真空中执行热传输步骤,衬底之间的粘合性增强了,并提高了传输图案的精确度,这是所希望的。此外,通过在真空中执行全部过程,就能够防止器件受到损坏。

在执行激光hr的光斑照射的步骤中,当激光照射设备的激光头的驱动部件具有精确的校准机构时,合适的光斑直径的激光hr沿着阳极7施加到传输衬底(30r,30g,或30b)上。在此情况下,不需要精确对准衬底3与传输衬底(30r,30g或30b)。另一方面,当激光照射设备的激光头的驱动部件没有精确的校准机构时,就必须形成遮光膜以限定激光hr照射在传输衬底侧上的区域。更具体地说,遮光膜形成在传输衬底31的后表面上,该遮光膜是由反射激光的高反射金属层组成的,并设有开口。低反射金属层也可设置在其上。在此情况下,就必须精确地使衬底3和传输衬底(30r,30g,或30b)对准。

然后,如图2H所示,电子传输层9-4通过气相沉积形成以覆盖设有发光层9-3r,9-3g和9-3b的衬底3的整个表面,电子注入层11和阴极13进一步形成在其上。优选地是,阴极13是通过沉积方法形成的,其中所沉

积的粒子能量比较小以致于不能对低层的有机层部分 9 带来不利的影响, 例如通过气相沉积方法或化学气相沉积 (CVD) 方法。

在有机发光器件 5r, 5g 和 5b 如上所述形成后, 就形成保护膜(未图示)。优选地是, 保护膜在正常温度下形成以防止由于有机层部分 9 的损坏导致亮度的下降, 并在保护膜的应力最小化的条件下形成以防止保护膜的分离。随后, 密封衬底使用粘合剂粘接到保护膜上从而完成显示单元 1 的制造过程。

在上述的制造方法中, 例如, 参考图 2C 所示, 由空穴传输材料与电荷传输基质材料和发光客体材料组成的红色传输层 35r 被热传输, 成为红色发光层 9-3r。因此, 通过热传输形成的红色发光层 9-3r 由三重混合物组成, 其中发光客体材料和空穴传输材料(即, 降低电阻的有机材料)混合在电荷传输基质材料中。在此情况下, 红色发光层 9-3r 的厚度和红色发光层 9-3r 中的空穴传输材料(即, 降低电阻的有机材料)的含量能够通过构成红色传输层 35r 的发光材料层 35r-1 和降阻层 35r-2 的厚度高精度地调节。

因此, 就能够以较高厚度精度和较高组分精度形成各个发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b, 这些发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 被允许包含总量随厚度增加的用于降低电阻的有机材料。

在上述的每个实施例中, 已经描述了显示单元 1 是有源矩阵型的例子。本发明也可适用于无源矩阵型的显示单元。在此情况下, 例如, 条状的阳极 7 和条状的阴极 13 设置得相互相交, 在相交点, 红色发光器件 5r, 绿色发光器件 5g 或蓝色发光器件 5b 设置在插入了包含发光层 9-3r, 9-3g 和 9-3b 的有机层部分 9 的区域中。

在上述的无源矩阵型的显示单元中, 由于每个像素的驱动电路没有设置在衬底 3 侧上, 即使显示单元设计成发出的光从衬底 3 侧提取的底端发射型, 也能保持像素的开口比。

在这种底端发射型的显示单元中, 位于衬底 3 上的阳极 7 形成为半反射镜, 阴极 13 形成为反射镜。因此, 谐振波长通过阳极 7 从衬底 3 侧提取。在此情况下, 为衬底 3, 阳极 7 和阴极 13 选择具有合适光反射和透射特性的材料。而且, 在底端发射型的情况下, 上述实施例中从阳极 7 到阴极 13 的层叠顺序是可以颠倒的。

而且, 根据本发明的另一个实施例, 在有源矩阵型的显示单元中, 上述实施例中从阳极 7 到阴极 13 的层叠顺序是可以颠倒的。在有源矩阵型的显

示单元中，由于每个像素的驱动电路设置在衬底 3 侧，因此从像素的开口比增大的观点来看，将显示单元设计成发出的光从与衬底 3 相对的侧端提取的顶端发射型是有利的。在此情况下，适当地选择材料以使位于衬底 3 侧上的阴极 13 用作反射镜，位于光提取侧上的阳极 7 用作半反射镜。

而且，本发明还可适用于透射型的显示单元，它既可以是有源矩阵也可以是无源矩阵型，即，所发出的光能够从衬底 3 侧和相对的衬底侧进行提取。

在上述的每个实施例中，作为分别包括具有不同厚度的发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 的发光器件 5r,5g 和 5b，已经描述了分别具有谐振结构的发光器件 5r,5g 和 5b。在本发明中，只要发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 具有不同的厚度，该结构不局限于谐振结构。例如，即使在发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 中产生的光被反射一次从而在被提取前产生干涉的结构中，由于发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 具有不同的厚度，因此驱动电压就会产生变化。即使在具有这样结构的显示单元中，通过将降低电阻的有机材料依据厚度添加到发光层中，也可能使驱动电压达到同等水平。

在上述的每个实施例中，已经描述了发光器件的使用，其中谐振部分中的光距仅仅通过发光层进行调节。但是，本发明可广泛地适用于包括发光层具有不同厚度的发光器件的显示单元。例如，本发明适用于包括光距通过发光层的厚度和导电层的厚度一起进行调节的发光器件的显示单元，也能够获得同样的效果。

而且，本发明也适用于具有有机场致发光元件的显示设备，该有机场致发光元件包括具有层叠的发光层（发光单元）的有机层单元，如在日本未经审查的专利申请公开 No.2003-272860 中所揭示的那样，能够获得同样的效果。

## 实例

下面参考图 2A 至 2H 描述根据本发明一个实施例的例子和比较的例子。在每个例子和比较例子中，制造了构成全色显示单元的有机场致发光器件。下面还将描述评估结果。

### 例子 1

构成显示单元的红色发光器件 5r 的制造过程如下。

步骤 1: 首先，在玻璃衬底 3 即制造器件的衬底上，APC (Ag-Pd-Cu) 层，即银合金层，(厚度为 120nm) 形成为阳极（反射镜）7。然后，由氧化

硅构成的绝缘膜 15 通过溅射形成大约  $2\mu\text{m}$  厚度以覆盖阳极 7, 该阳极 7 使用光刻暴露。作为空穴注入层 9-1, m-MTDATA 气相沉积在其上面, 厚度为 15nm。然后, 作为空穴传输层 9-2,  $\alpha$ -NPD 气相沉积在其上面, 厚度为 10nm。

步骤 2: 下面, 制备传输衬底 30r 的过程如下。首先, 在形成在玻璃衬底 31 上的光吸收层 33 上, 通过将由 BSN 构成的占 30% 重量的红色发光客体材料混合到由  $\alpha$ -NPD 构成的基质材料中获得的发光材料层 35r-1 通过真空沉积形成成为 30nm 厚度, 由  $\alpha$ -NPD 构成的降阻层 35r-2 通过真空沉积在其上面形成成为 30nm 厚度。在此情况下, 发光材料层与降阻层的厚度比为 50: 50。

步骤 3: 在步骤 (2) 中制备的传输衬底 30r 放置在制造器件的衬底 3 上以使沉积的有机层相互面对。因为绝缘膜 15 的厚度而在衬底之间保持大约为  $2\mu\text{m}$  的较小空间。在附图中, 绝缘膜 15 的高度低于实际值。在此情况下, 800nm 波长的激光提供到传输衬底 30r 的后侧对应于制造衬底 3 的衬底 3 的红色像素区的位置。因此, 红色传输层 35r 就从传输衬底 30r 进行热传输以形成红色发光层 9-3r。激光的光斑大小为  $300\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 。在垂直于长度方向的方向上执行激光扫描。能量密度为  $2.6\text{E-}3\text{mJ}/\mu\text{m}^2$ 。用于降低红色发光层 9-3r 中电阻的有机材料 ( $\alpha$ -NPD) 的含量按体积来说占 50%。

步骤 4: 在传输红色发光层 9-3r 后, 形成电子传输层 9-4。作为电子传输层 9-4, 8-羟基喹啉铝 (Alq3) 气相沉积大约 20nm 厚度。随后, 作为电子注入层 11, LiF 气相沉积大约 0.3nm 厚度 (气相沉积的速率为 0.01nm/sec)。然后, 作为阴极 (半反射镜), MgAg 气相沉积 10nm 厚度。因此, 获得红色发光器件 5r。

#### 比较例子 1

红色发光器件的制造过程如例子 1 中一样, 除了在步骤 2 中制备传输衬底 30r 外, 仅发光材料层 35r-1 形成 60nm 厚度, 不形成降阻层 35r-2。

#### 例子 2

绿色发光器件 5g 的制造过程如例子 1 中一样, 除了在步骤 2 中制备传输衬底 30r 外, 改变发光材料层的材料以形成传输衬底 30g。

即, 在制备传输衬底 30g 时, 在玻璃基底 31 上形成的光吸收层 33 上, 通过将由香豆素 6 组成的绿色发光客体材料以 5% 的重量混合到由 ADN 组

成的基质材料中获得的发光材料层 35g-1 通过真空沉积形成 30nm 厚度,由  $\alpha$ -NPD 构成的降阻层 35g-2 通过真空沉积形成在其上面,厚度为 15nm。在此情况下,发光材料层 35g-1 与降阻层 35g-2 的厚度比为 30:15。

随后,使用由此制备的传输衬底,与例子 1 中的步骤 3 和 4 一样制造绿色发光器件 5g。注意用于降低绿色发光层 9-3g 中电阻的有机材料( $\alpha$ -NPD)的含量按体积来说占 33%。

#### 比较例子 2

绿色发光器件的制造过程如例子 2 中一样,除了在步骤 2 中制备传输衬底 30g 外,仅发光材料层 35g-1 形成 45nm 厚度,没有形成降阻层 35g-2。

#### 例子 3

蓝色发光器件 5b 的制造过程如例子 1 中一样,除了在步骤 2 中制备传输衬底 30r 外,发光材料层的材料被改变了,在没有形成降阻层 35g-2 的情况下制备传输衬底 30b。

即,在步骤 2 中制备传输衬底 30b 时,在玻璃基底 31 上形成的光吸收层 33 上,通过将由 DPAVBi 构成的蓝色发光客体材料以 2.5% 的重量混合到由 ADN 构成的基质材料中获得的发光材料层 35b-1 通过真空沉积形成 20nm 厚度。

随后,使用由此制备的传输衬底 30b,与例子 1 中的步骤 3 和 4 一样制造蓝色发光器件 5b。注意用于降低蓝色发光层 9-3b 中电阻的有机材料( $\alpha$ -NPD)的含量按体积来说占 0%。

#### 评估结果

就上述制造的各色有机场致发光器件来说,在存在施加的  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  的恒定电流密度的情况下,使用光谱辐射仪测量色度和发光效率。而且,在施加电流的条件下测量驱动电压,从而使用相同发光客体材料制造的器件发出相同亮度的光。而且,执行寿命测试以测量经过 100 小时后相对亮度的减小。其结果如下表 1 所示。

表 1

		降阻的有机材料的含量	CIE 色度	发光效率 [cd/A]	亮度的减小 [%]	驱动电压 [v]
红色发	示例 1	50[%按体积]	0.64,0.32	5.3	15	6.3

光器件	(对比例 1)	-	0.63,0.32	5.5	17	10.5
绿色发	示例 2	33[%按体积]	0.22,0.68	13.0	15	5.9
光器件	(对比例 2)	-	0.22,0.66	15.0	14	9
蓝色发	示例 3	0[%按体积]	0.16,0.21	6.2	11	6.2
光器件						

当把例子 1 和 2 中制造的发光器件的评估结果和比较例 1 和 2 中制造的发光器件的评估结果分别进行比较时,表明例子 1 和 2 的发光器件与比较例子 1 和 2 的发光器件相比具有降低驱动电压的效果,同时基本上保持相同的发光效率和亮度的减少,其中在例子 1 和 2 的发光器件中,包括发光材料层和降阻层的传输层被热传输以形成发光层,该发光层是构成发光材料层和降阻层的材料的混合层。而且,表明例子 1 和 2 的发光器件分别与比较例子 1 和 2 的发光器件具有基本上相同的色度。

特别是,在比较例子 1 中制造的红色发光器件的评估结果与没有包括降阻层的比较例子 1 中制造的红色发光器件的评估结果时,表明通过使用合适量的降阻层形成传输层,在不改变形成的红色发光器件的发出颜色的情况下驱动电压能被适当地降低,亮度的减小小于比较例子中的亮度减小。

就红色发光器件来说,如例子 1 所示,基本上没有观察到由于使用了降阻层而引起的发光效率下降。就绿色发光器件来说,如例子 2 所示,观察到由于使用了降阻层而引起的发光效率轻微下降。产生这种现象的原因就在于与短波长发射,如蓝色或绿色光发射相比,初始低能对于红色光发射来说是足够的,通过加入降阻层对电阻的降低基本不产生影响。

就例子 1, 2 和 3 的发光器件来说,由于降低发光层中电阻的有机材料的含量是根据降阻层的厚度进行适当地调节,(更具体地说,对于发射较长波长的器件含量较高),尽管发光层的厚度随着各个色彩的发光层的发光波长而增加,但是驱动电压基本上处于相同的等级。

正如上述结果表明,通过允许发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 包含对应于其厚度的量的降低电阻的有机材料,即使发光器件 5r, 5g 和 5b 中的发光层 9-3r,9-3g 和 9-3b 由于使用了谐振结构而具有显著不同的厚度,其驱动电压也会达到同等水平。因此,本发明能够减小全色显示单元中的功耗。

而且,可以确定在不降低色度和不降低发光效率或降低亮度的情况下能

够获得这样的效果。

应该明白：本领域的技术人员根据设计要求和其它因素可对本发明作出不同的修改、组合、分组合和变换，这些变化和修改落在所附权利要求或其等效范围中。

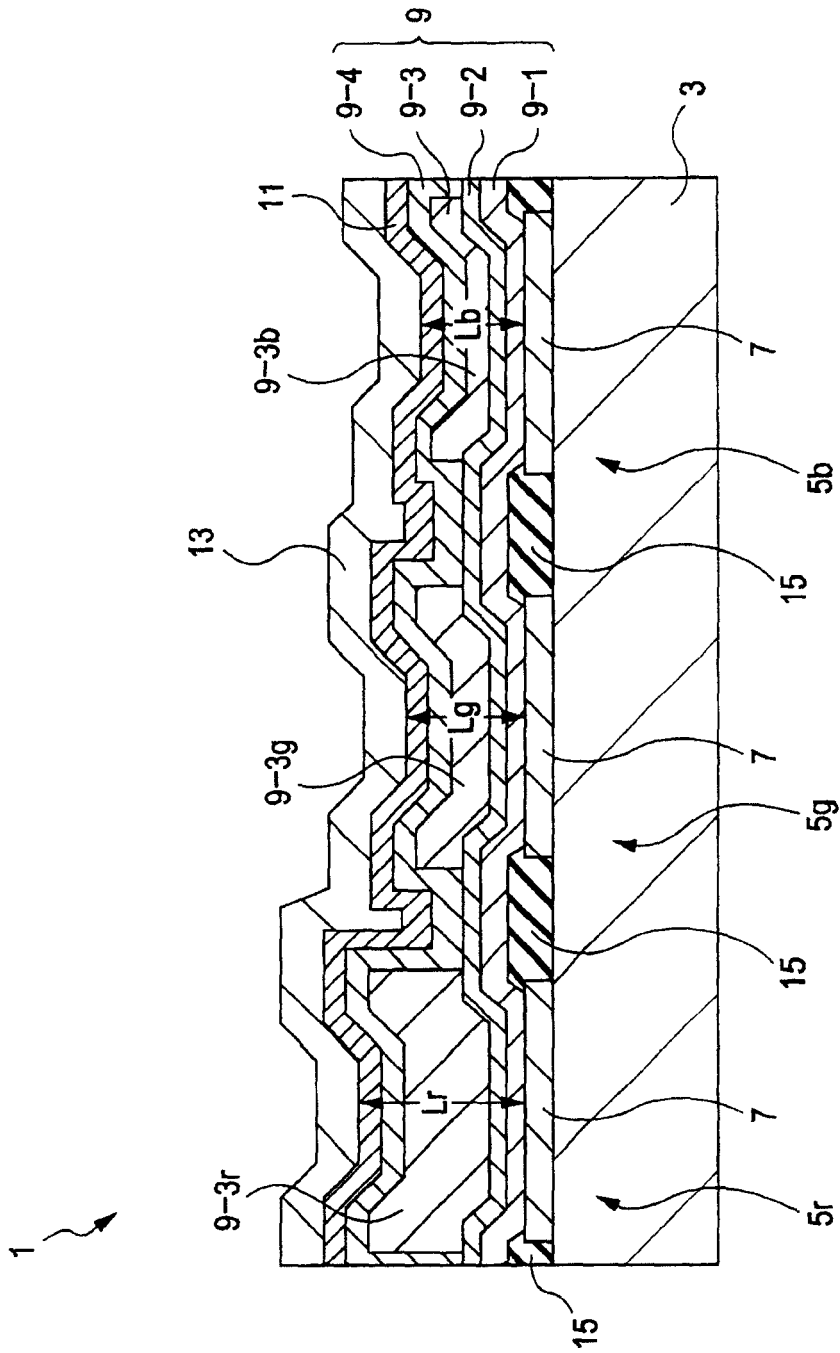


图 1

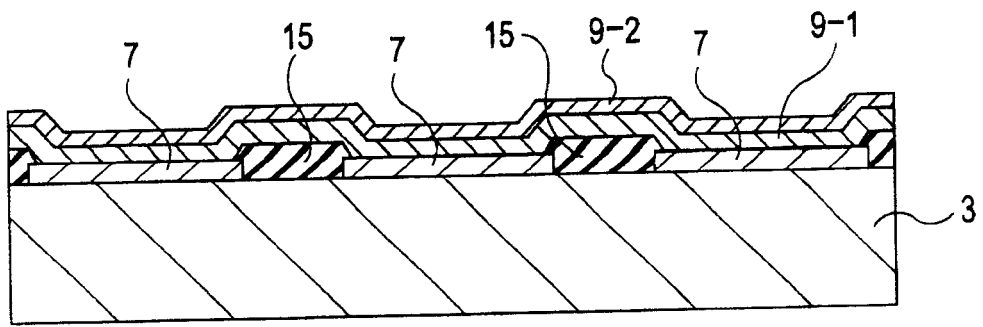


图 2A

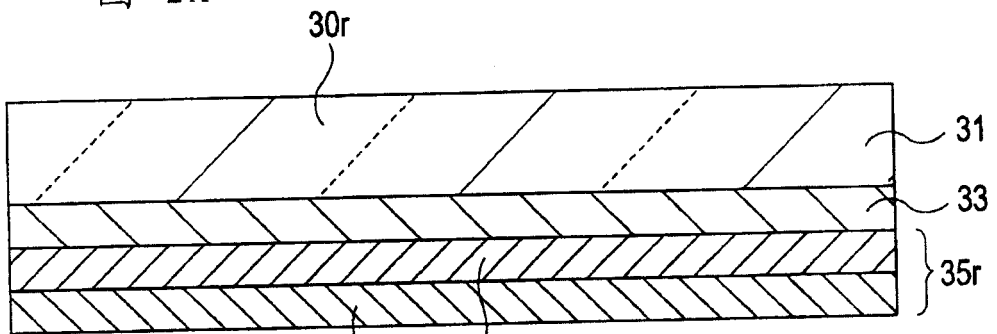


图 2B

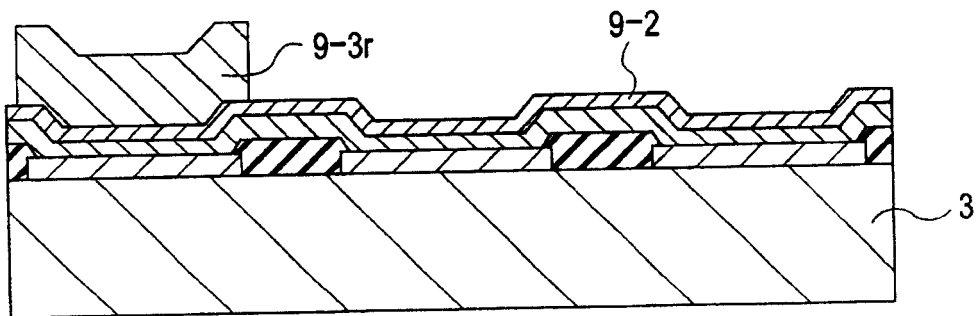
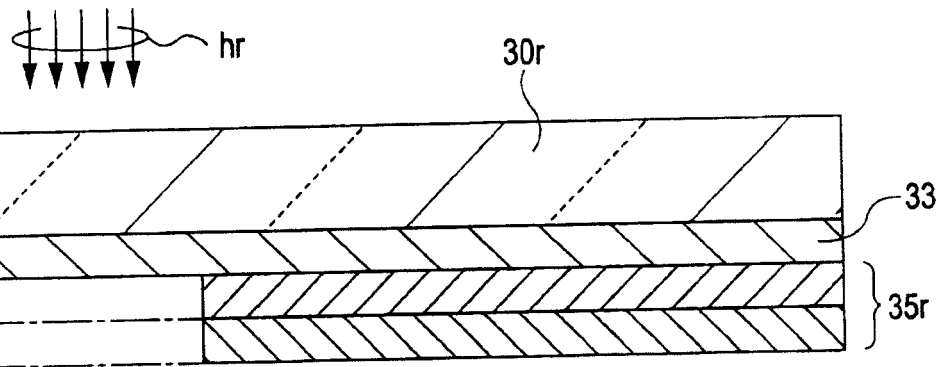


图 2C

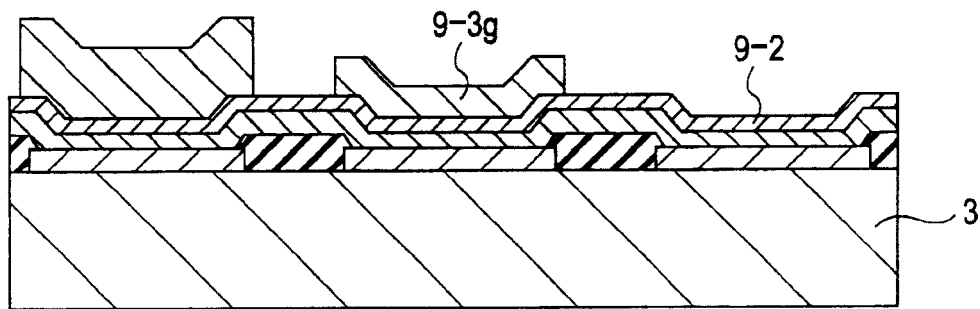
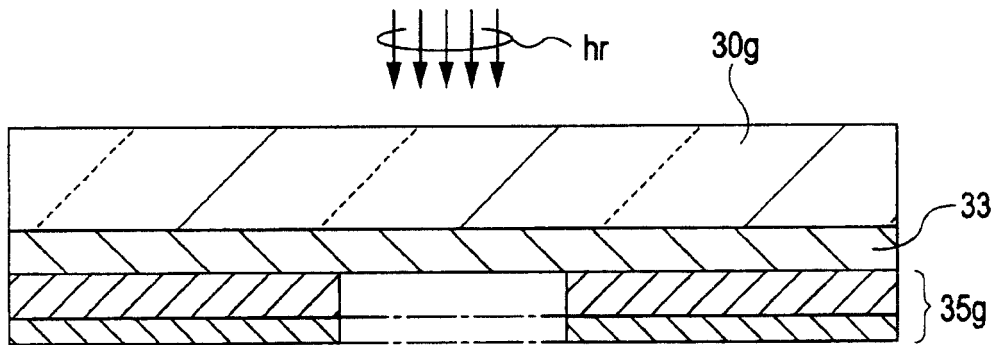
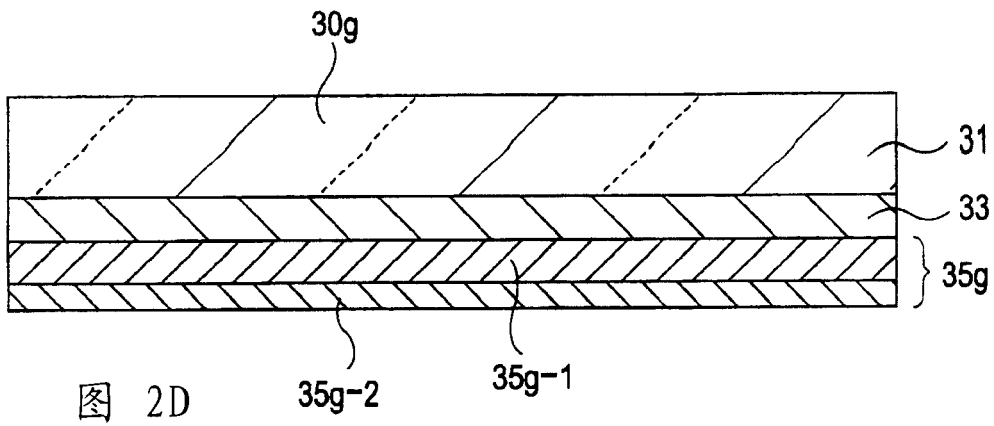


图 2E

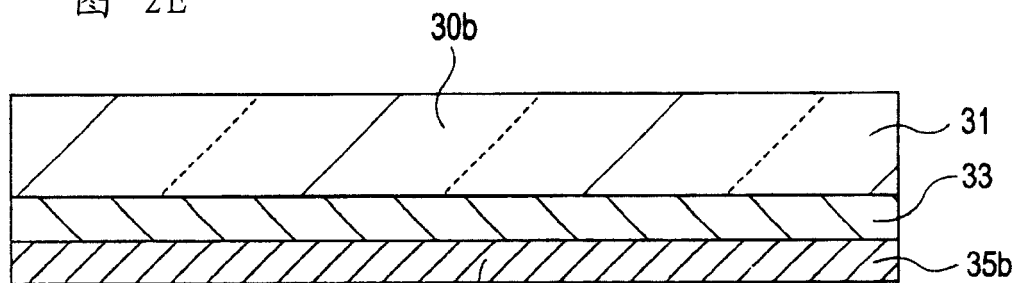


图 2F

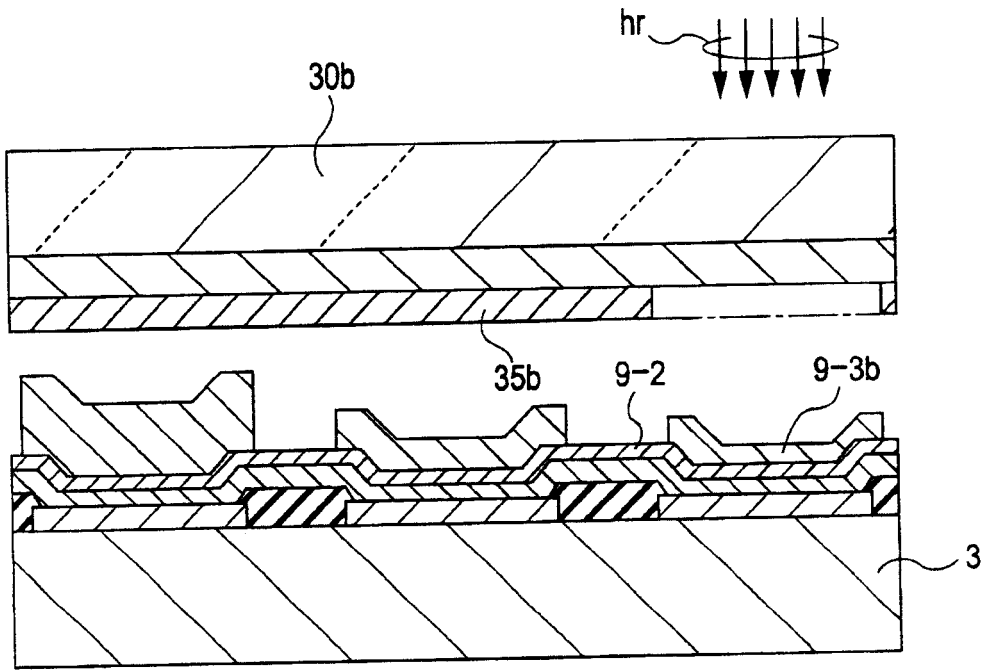


图 2G

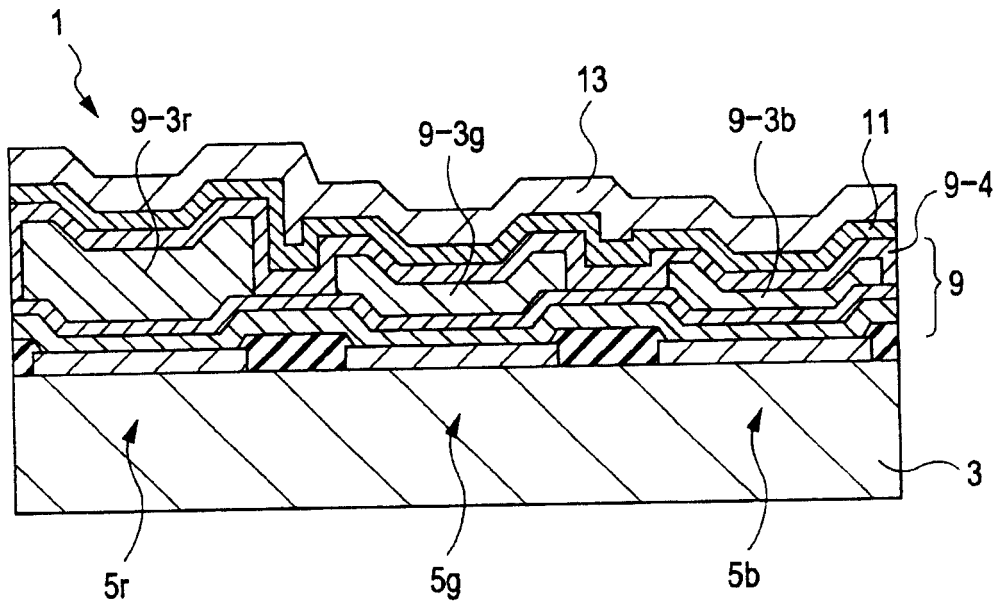


图 2H

专利名称(译)	显示单元及其制造方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN1933173A</a>	公开(公告)日	2007-03-21
申请号	CN200610137518.5	申请日	2006-09-12
[标]申请(专利权)人(译)	索尼公司		
申请(专利权)人(译)	索尼株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	索尼株式会社		
[标]发明人	松田英介		
发明人	松田英介		
IPC分类号	H01L27/32 H01L51/50 H01L21/82 H05B33/14 H05B33/10		
CPC分类号	H01L27/3211 H01L51/0013 H01L51/5265 H01L51/5016		
优先权	2005263367 2005-09-12 JP		
其他公开文献	CN100472799C		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种显示单元，其包括多个有机场致发光器件，每个器件包括有机层部分，有机层部分至少包括相互叠加的空穴传输层和发光层，以及夹置有机层部分两个电极。各个有机场致发光层的发光层具有不同的厚度。每个有机场致发光器件的发光层包含有机材料，该有机材料与构成空穴传输层的空穴传输材料具有大致相同的最高被占用分子轨道(HOMO)能级，有机材料的含量根据发光层的厚度进行设定。

