(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 107148683 B
(45)授权公告日 2019.08.30

(21)申请号 201480072787.0

(22)申请日 2014.12.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107148683 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(30)优先权数据
61/915,268 2013.12.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.07.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/069479 2014.12.10

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/089145 EN 2015.06.18

(73)专利权人 内诺光学有限公司
地址 美国佛罗里达州

(72)发明人 杨艺兴 亚历山大·蒂托夫
杰克·伊沃宁 郑英 钱磊
保罗·H·霍洛韦

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事务所(普通合伙) 11413
代理人 谢攀 刘继富

(51)Int.Cl.
H01L 33/04(2006.01)

(56)对比文件
WO 2013/157495 A1,2013.10.24,
CN 103102075 A,2013.05.15,

审查员 刘辉

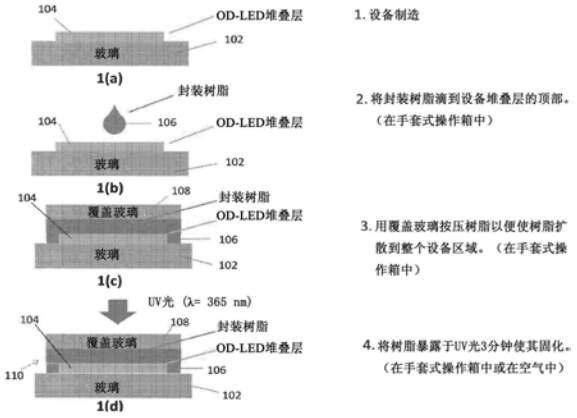
权利要求书3页 说明书8页 附图17页

(54)发明名称

提升量子点发光二极管的正老化效应和稳定性的方法和结构

(57)摘要

一种用于通过提供玻璃衬底合成量子点发光二极管的方法。在玻璃衬底上形成QD-LED堆叠层。该QD-LED堆叠层扩散有活性试剂。用可固化树脂封装该QD-LED堆叠层。用UV光使该可固化树脂固化。



CN 107148683 B

1.一种用于制造高效且稳定的QD-LED的方法,包括下列步骤:

提供玻璃衬底;

在所述玻璃衬底上形成QD-LED堆叠层;

将活性试剂掺入可固化树脂中;

将所述QD-LED堆叠层封装在所述可固化树脂中;以及

用UV光使所述可固化树脂固化以得到QD-LED;

其中,所述QD-LED显示出正老化效应。

2.如权利要求1所述的方法,其中,所述可固化树脂是通过将所述活性试剂混入可固化树脂而形成的。

3.如权利要求1所述的方法,其中,所述活性试剂包括丙烯酸、苯甲酸、甲基丙烯酸、3-丁烯酸、巴豆酸和其它不饱和羧酸衍生物中的至少一种。

4.如权利要求1所述的方法,其中,所述活性试剂包括乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸和其它饱和羧酸衍生物中的至少一种。

5.如权利要求2所述的方法,其中,所述可固化树脂包含按重量计为1%至99%的活性试剂。

6.如权利要求1所述的方法,其中,利用覆盖玻璃将所述可固化树脂按压在所述QD-LED堆叠层上。

7.如权利要求1所述的方法,其中,将得到的QD-LED烘烤预定时间段。

8.如权利要求7所述的方法,其中,在至少50℃的温度烘烤所述QD-LED。

9.如权利要求7所述的方法,其中,在不超过90℃的温度烘烤所述QD-LED。

10.如权利要求7所述的方法,其中,所述预定时间段为至少4小时。

11.如权利要求7所述的方法,其中,所述预定时间段不超过48小时。

12.一种用于合成制造高效且稳定的QD-LED的方法,包括下列步骤:

提供玻璃衬底;

在所述玻璃衬底上形成QD-LED堆叠层;

将活性试剂掺入所述QD-LED堆叠层中;

将所述QD-LED堆叠层封装在可固化树脂中;以及

用UV光使所述可固化树脂固化以得到QD-LED;

其中,所述QD-LED显示出正老化效应。

13.如权利要求12所述的方法,其中,通过将所述QD-LED暴露于包含活性试剂的周围环境而将所述活性试剂掺入所述QD-LED堆叠层中。

14.如权利要求13所述的方法,其中,所述活性试剂包括丙烯酸、甲基丙烯酸、3-丁烯酸、巴豆酸和其它不饱和羧酸衍生物中的至少一种。

15.如权利要求13所述的方法,其中,所述活性试剂包括乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸和其它饱和羧酸衍生物中的至少一种。

16.如权利要求13所述的方法,其中,所述周围环境包含其量构成1%至90%的饱和蒸气压的活性试剂。

17.如权利要求12所述的方法,其中,利用覆盖玻璃将所述可固化树脂按压在所述QD-LED堆叠层上。

18.如权利要求13所述的方法，其中，将得到的QD-LED烘烤预定时间段。

19.如权利要求18所述的方法，其中，在至少50℃的温度烘烤所述QD-LED。

20.如权利要求18所述的方法，其中，在不超过90℃的温度烘烤所述QD-LED。

21.如权利要求18所述的方法，其中，所述预定时间段为至少4小时。

22.如权利要求18所述的方法，其中，所述预定时间段不超过48小时。

23.如权利要求12所述的方法，其中，通过用包含所述活性试剂的溶液清洗所述QD-LED堆叠层而将所述活性试剂掺入所述QD-LED堆叠层中。

24.如权利要求23所述的方法，其中，所述溶液包含按重量计为0.1％至90％的活性试剂。

25.如权利要求12所述的方法，其中，通过暴露于UV辐射而使所述可固化树脂固化。

26.一种QD-LED，其通过下列步骤形成：

提供玻璃衬底；

在所述玻璃衬底上形成QD-LED堆叠层；

将活性试剂掺入到所述QD-LED堆叠层中；

将所述QD-LED堆叠层封装在可固化树脂中；以及

用UV光使所述可固化树脂固化以得到QD-LED；

其中，所述QD-LED显示出正老化效应。

27.如权利要求26所述的QD-LED，其通过用所述活性试剂掺杂所述可固化树脂而形成。

28.如权利要求27所述的QD-LED，其通过用丙烯酸、苯甲酸、甲基丙烯酸、3-丁烯酸、巴豆酸和其它不饱和羧酸衍生物中的至少一种掺杂所述可固化树脂而形成。

29.如权利要求26所述的QD-LED，其通过使用乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸和其它饱和羧酸衍生物中的至少一种掺杂所述可固化树脂而形成。

30.如权利要求26所述的QD-LED，其中，利用覆盖玻璃将所述可固化树脂按压在所述QD-LED堆叠层上。

31.如权利要求28所述的QD-LED，其中，用按重量计为小于30％的丙烯酸掺杂所述可固化树脂。

32.如权利要求27所述的QD-LED，其中，将得到的QD-LED烘烤预定时间段。

33.如权利要求32所述的QD-LED，其中，在至少50℃的温度烘烤所述QD-LED。

34.如权利要求32所述的QD-LED，其中，在不超过90℃的温度烘烤所述QD-LED。

35.如权利要求32所述的QD-LED，其中，所述预定时间段为至少4小时。

36.如权利要求32所述的QD-LED，其中，所述预定时间段不超过48小时。

37.如权利要求26所述的QD-LED，其中，通过将所述QD-LED暴露于具有所述活性试剂的周围环境而将所述活性试剂掺入所述QD-LED堆叠层中。

38.如权利要求26所述的QD-LED，其中，通过用包含所述活性试剂的溶液清洗所述QD-LED堆叠层而将所述活性试剂掺入所述QD-LED堆叠层中。

39.一种QD-LED，包括：

玻璃衬底；

形成于所述玻璃衬底上的QD-LED堆叠层，所述QD-LED堆叠层扩散有活性试剂；

封装所述QD-LED堆叠层的封装层，所述封装层为可固化树脂；

其中，所述QD-LED显示出正老化效应。

40.如权利要求39所述的QD-LED，其中，所述活性试剂包括丙烯酸、苯甲酸、甲基丙烯酸、3-丁烯酸、巴豆酸和其它不饱和羧酸衍生物中的至少一种。

41.如权利要求39所述的QD-LED，其中，所述活性试剂包括乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸和其它饱和羧酸衍生物中的至少一种。

42.如权利要求40所述的QD-LED，其中，所述酸为丙烯酸。

43.如权利要求42所述的QD-LED，其中，所述封装层具有按重量计为至少7.5％的丙烯酸。

44.如权利要求42所述的QD-LED，其中，所述封装层具有按重量计为少于30％的丙烯酸。

45.如权利要求39所述的QD-LED，所述封装层包含丙烯酸，所述QD-LED包括空穴注入层、布置在所述空穴注入层上的空穴传输层、布置在所述空穴传输层上的量子点发射层、布置在所述量子点发射层上的电子传输层、以及布置在所述电子传输层上的阴极，并且丙烯酸从所述封装层扩散到所述QD-LED堆叠层中。

提升量子点发光二极管的正老化效应和稳定性的方法和结构

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于2013年12月12日提交的美国临时专利申请第61/915268号的权益和优先权，故通过引用的方式将其全部内容并入本文。

背景技术

[0003] 本发明针对一种封装的量子点发光二极管(QD-LED)，并且具体地，针对提升量子点发光二极管中的有益的老化效应的封装结构和制造方法。

[0004] 量子点发光二极管在本领域是公知的。底部发射设备的基本结构是玻璃衬底和包括量子点发射层和纳米粒子层等的QD-LED堆叠层。QD-LED堆叠层由敏感材料制成，并且因此需要保护其免受环境之害。如本领域中已知的，保护性封装层作为保护覆层而布置在敏感材料之上。这种封装采取了可固化树脂的形式。

[0005] 已使用乐泰(Loctite)349可固化树脂来封装有机LED(OLED)。乐泰349仅是用于封装OLED的多种可固化树脂中的一种，并且尚未使用它来封装由无机材料或无机材料与有机材料的组合物制成的QD-LED。一些QD-LED显示出“正老化效应”，其中各种效率(电流、功率或外量子效率)随时间而提升。正老化效应能够与QD-LED向较低的亮度和较低的效率的退化(有时候这被称为负老化效应)。然而，在使用乐泰349的OLED中尚未观察到这样的正老化效应。

[0006] 因为现有技术的结构无法提升如上所限定的正老化效应，所以需要一种进一步提升老化效应的结构和/或制造方法。

发明内容

[0007] 通过提供玻璃衬底来制造QD-LED。在该衬底上形成QD-LED堆叠层。将诸如酸之类的活性试剂掺入(扩散)到QD-LED堆叠层中。将足以封装QD-LED堆叠层的可固化树脂滴到QD-LED堆叠层上，并且然后用玻璃盖板对其进行按压。之后，用紫外光固化该可固化树脂大约三分钟。

[0008] 在一个实施例中，所述酸为包含在可固化树脂中的丙烯酸。在另一个实施例中，以大约50℃或更高的温度烘烤QD-LED大约4小时或者更长的时间，以达到更高的并且稳定的效率。

附图说明

[0009] 通过参照附图/视图阅读说明书可更好的理解本发明，其中，附图标记表示贯穿附图所涉及的元素的相似结构，其中：

[0010] 图1示出了根据本发明的QD-LED的形成的步骤；

[0011] 图2为根据本发明而构造的QD-LED的示意图，图示了根据本发明的丙烯酸的扩散；

[0012] 图3a和3b为示出了针对根据本发明的具有掺杂有丙烯酸的可固化树脂的QD-LED(图3a)，以及根据现有技术的具有未掺杂有丙烯酸的可固化树脂的QD-LED(图3b)，电流效

率作为亮度的函数的图表；

[0013] 图4为根据本发明而构造的QD-LED与现有技术的QD-LED的对比；

[0014] 图5为针对根据本发明而构造的红色和蓝色QD-LED，电流效率作为亮度的函数的图表表示；

[0015] 图6a至6c示出了针对使用根据本发明的具有不同浓度的丙烯酸的封装可固化树脂的红色QD-LED的正老化效应；

[0016] 图7a至7b示出了针对根据本发明的封装在掺杂有异丁烯酸甲酯的可固化树脂中的QD-LED(图8a)和封装在掺杂有聚丙烯酸的封装可固化性树脂中的QD-LED(图8B)，电流效率作为亮度的函数的对比；

[0017] 图8a至8c示出了针对根据本发明而构造的QD-LED，电流效率作为亮度的函数随时间的变化；

[0018] 图9a至9b为示出了针对根据本发明而构造的QD-LED，在两个时间点处的电流效率的图表，其中在该QD-LED中，根据本发明，封装可固化树脂具有按重量计7.5％的丙烯酸；

[0019] 图10a至10b为示出了针对根据本发明而构造的QD-LED，在两个时间点处的电流效率的图表，其中在该QD-LED中，根据本发明，封装可固化树脂具有按重量计15％的丙烯酸；

[0020] 图11a至11b为示出了针对根据本发明而构造的QD-LED，在两个时间点处的电流效率的图表，其中在该QD-LED中，根据本发明，封装可固化树脂具有按重量计23％的丙烯酸；

[0021] 图12a至12b示出了针对根据本发明而形成的、具有多种丙烯酸浓度并且暴露于高温一段时间的多个QD-LED，电流效率与亮度的函数关系；

[0022] 图13a至13b示出了针对根据本发明而形成的、具有多种丙烯酸浓度并且在70℃下加热的多个QD-LED，电流效率与亮度的函数关系；

[0023] 图14a至14b示出了针对根据本发明而形成的、具有多种丙烯酸浓度并且在90℃下加热的多个QD-LED而言，电流效率与亮度的函数关系；和

[0024] 图15a至15b为示出了针对在其中封装可固化树脂掺杂有多种添加剂作为对照的QD-LED，电流效率作为亮度的函数的图表。

具体实施方式

[0025] 发明人已经创建了一种用于建立封装QD-LED并且生成提升QD-LED中期望的正老化效应的结构的方法。申请人发现，通过非限制性举例的方式，将诸如酸之类的反应试剂扩散到QD-LED堆叠层中促进了该QD-LED的正老化效应。输送酸的优选方法是将酸(优选但不限于丙烯酸)掺杂到封装层。通过将根据本发明而构造的QD-LED暴露于高温，可以使正老化效应加速并稳定。

[0026] 更具体地说，如图1所示，在步骤1(a)中，如本领域中已知的，提供玻璃衬底102并且将QD-LED堆叠层104沉积于其上。如本领域中已知的，QD-LED堆叠层通常包括：阴极、电子传输层、量子点发射层、空穴传输层、空穴注入层和阳极。在步骤1(b)中，将封装可固化树脂106沉积在QD-LED堆叠层上以封装该QD-LED堆叠层104。在优选的但非限制性的实施例中，该可固化树脂掺杂有例如非限制性的实例的、浓度为按重量计约7.5％或更多的丙烯酸。在步骤1(c)中，用覆盖玻璃108按压可固化树脂液滴106，以使其散布到整个QD-LED堆叠层104。步骤1(b)和图1(c)是在手套式操作箱中执行的。在步骤1(d)中，如本领域中已知的，将

QD-LED暴露于波长为大约365nm的紫外光，在手套式操作箱中暴露大约三分钟，或者在空气中暴露足以使封装QD-LED 110的可固化树脂固化的时间。

[0027] 现在参照图2，其中提供了根据本发明而构造的QD-LED的示意性剖视图。如本领域中已知的，QD-LED 110包括玻璃衬底102，并且阳极122布置在玻璃衬底102上。如上所述，QD-LED堆叠层104装配在阳极122上，并且如本领域中已知的，QD-LED堆叠层104包括由电子传输层116支撑的阴极114，电子传输层116又布置在量子点发射层118之上，该量子点发射层118又布置在空穴传输层120之上，而该空穴传输层120又布置在位于阳极124之上的空穴注入层122上。通过可固化树脂106来封装QD-LED堆叠层104。如本领域中已知的，至少量子点发射层118由无机材料形成。可固化树脂掺杂有的丙烯酸分子130，丙烯酸分子130的量为按重量计从0.1％到99％，但是优选地为按重量计从7.5％到30％。在封装可固化树脂106上提供玻璃盖板108，以促进可固化树脂106围绕QD-LED堆叠层104的流动，以便将QD-LED堆叠层104布置在两个玻璃层之间。

[0028] 在上述实施例中，丙烯酸是由掺杂的封装层106输送的。然而，还可以通过气相退火、使溶液掺杂活性试剂、或者在封装之前用活性试剂溶液清洗QD-LED堆叠层104来使活性试剂扩散。

[0029] 如下面将要说明的，申请人已发现，与OLED不同，使用掺杂有丙烯酸的封装树脂提升了QD-LED中的正老化效应。正如为了便于说明而简单示出的，丙烯酸分子130被认为是通过例如非限制性实例的、图2中的箭头A和B扩散到QD-LED堆叠层104中。认为，丙烯酸分子130通过扩散穿过QD-LED堆叠层104的设备层的顶部和侧部而与设备层以及层之间的界面相互作用。认为，正是此过程提升了QD-LED中的正老化效应，而在OLED中中未发现这样的效应。

[0030] 发明人创建了如图2中所示的绿色QD-LED和现有技术中已知的QD-LED(在可固化树脂中没有丙烯酸)，并且比较了两种QD-LED的作为亮度的函数的电流效率。如图3a中所示，根据图1使用具有按重量计的大约7.5％的丙烯酸的封装树脂106(例如由Henkel公司制造的乐泰349)形成绿色QD-LED。连续四天每天测试亮度，并且连续四天每天测定电流效率。

[0031] 在图3b中，使用其中不具有丙烯酸的封装可固化树脂(例如非限制性的实例的、由Expoxy技术公司制造的OG142)来构造绿色QD-LED。再一次地，每天测定亮度和电流效率。正如能够看到的，对于由掺杂有丙烯酸的封装可固化树脂106形成的绿色QD-LED，电流效率显著改善。对于根据本发明而构建的QD-LED(图3a)，在第四天，在10000cd/m^2的发光强度，其电流效率超过对于使用现有技术封装树脂(不具有丙烯酸)而类似地构建的绿色QD-LED(图3b)的电流效率三倍。

[0032] 此外，如在图4中可见的，发明人还发现，针对构造具有掺杂有丙烯酸的封装可固化树脂层106的QD-LED的T50寿命(负老化效应)显著大于针对具有未掺杂有丙烯酸的封装层的QD-LED的T50寿命。掺杂丙烯酸的QD-LED具有大约320小时的T50寿命。与此相比，具有未掺杂丙烯酸的封装层的设备的T50寿命小于100小时。

[0033] 如在图3a和3b中可见的，在设备制造后的三到四天期间，电流效率每天都提高。这是具有掺杂丙烯酸的封装层的QD-LED中的正老化效应的表现。绿色QD-LED的效率从测试的第一天的大约20cd/A提高到测试的第三天的55cd/A。与此相比，根据现有技术构造的绿色QD-LED从未达到大于20cd/A的最大效率。

[0034] 构造具有掺杂丙烯酸的封装层106的QD-LED和现有技术的设备之间的初始对比是利用绿色QD-LED进行的。然而，如在图5中可见的，在构造具有掺杂丙烯酸的封装树脂的红色和蓝色QD-LED中也可以提升正老化效应。然而，红色QD-LED的正老化效应与绿色QD-LED相比较，表现为较小的程度。蓝色QD-LED中的正老化效应也不如绿色QD-LED显著。这归因于已知的发生在蓝色的QD-LED中的相对快速的效率退化，其抵消了由正老化效应所引起的任何效率提高。

[0035] 研究了不同配方的基于丙烯酸的封装可固化树脂的效果，以证实丙烯酸是提升QD-LED中的正老化效应的主要贡献因素。虽然相比于现有技术的封装树脂(OG142)，已知根据本发明而构造的QD-LED的被测试可固化树脂包含丙烯酸，但是要进行一系列的研究以证实并且确定提升QD-LED的正老化效应的贡献因素。因此，如在图6a至图6c中可见的，通过分别使用已知的7.5％、15％、23％的丙烯酸树脂的多种配方构造红色QD-LED。如在图6a至图6c中可见的，即使利用不同的配方，每个QD-LED中的正老化效应在自制造起的三天里依然经历了不同程度的变化。换言之，对于被测试的所有丙烯酸配方而言，作为亮度的函数的电流效率在封装后的第三天显著提高。

[0036] 为了证实什么因素提升了正老化效应，发明人进一步研究了配方。发明人发现，在正老化效应提升的配方和现有技术的封装材料(OG142)的配方之间的至少一个区别是：OG142树脂不包括丙烯酸或异丁烯酸甲酯(MMA)。因此，如在图7a和7b中可见的，将具有掺杂MMA的封装层的绿色QD-LED(图7a)与具有掺杂丙烯酸的封装层的绿色QD-LED进行比较。如当将图7a对比于图7b时可见的，具有掺杂丙烯酸的封装层的QD-LED显示出提高的电流效率，其比由具有掺杂MMA的封装层的相同绿色QD-LED结构所表现出的电流效率大十倍。这证实，将丙烯酸添加到封装层提升了正老化效应。

[0037] 在证实了掺杂丙烯酸的封装层提升正老化效应之后，对配方进行测试。发明人创建了具有包含按重量计为7.5％的丙烯酸的封装层的QD-LED，具有包括按重量计为15％的丙烯酸的封装层的第二QD-LED，具有包含按重量计为23％的丙烯酸的封装层的第三QD-LED，以及具有包含按重量计为30％的丙烯酸的封装层的第四QD-LED，以及如图1中所述的根据本发明形成的、掺杂有按重量计为23％的丙烯酸并且额外地在50℃下烘烤18小时的第五QD-LED。

[0038] 如在图8a至8c中可见的，其分别描绘了在第一天、第三天和第四天分别测试的电流效率，正老化效应发生在具有掺杂7.5％、15％和23％的丙烯酸的封装层的那些QD-LED中。它们都达到大致相同的最大电流效率。然而，具有掺杂按重量计为30％的丙烯酸的封装层的QD-LED事实上并未显示出正老化效应。最大效率是降低的。此外，如在图8a中可见的，烘烤QD-LED使在其中实现正老化效应的时间段加速。烘烤的QD-LED在第一天达到了其最大效率，而其余的QD-LED需要三到四天以达到它们的最大电流效率。结果的总结示出于下表1中，其中t1.1表示老化一天，t2.3表示老化2至3天，且t3.4表示老化3至4天。

[0039] 表1

[0040]

添加剂	CE t1.1 (cd/A)	CE t2.3 (cd/A)	CE t3.4 (cd/A)
对照	29.6	56.3	60.4
15% AA	25.2	55.3	58.0
23% AA	22.4	50.9	62.1
23%的AA烘烤18小时	52.0	54.4	56.7
30% AA	16.5	28.5	38.8

[0041] 为证实在制造时进行烘烤(随时间加热QD-LED)提升正老化因素，在构造QD-LED时，向封装层掺杂不同量的丙烯酸，并且然后在任意地点烘烤其一个半小时到四个小时，并与未烘烤的对照QD-LED做对比。参照图9a和9b，其中随时间示出了对于包括具有按重量计为7.5％的丙烯酸的封装层的QD-LED而言，在烘烤之后的正老化效应。电流效率的显著提高在第二天产生，尤其是对于烘烤了四个小时的QD-LED而言。当将对照设备(烘烤0小时)与烘烤半小时、一小时或者两小时的设备做对比时，看到很小的差异。类似地，如在图10a和10b中可见的，对于具有按重量计为15％的丙烯酸的封装层的QD-LED而言，烘烤四个小时可使电流效率在第一天显著提高。这同样适用于如在图11a和11b中可见的、具有掺杂按重量计为23％的丙烯酸的封装层的QD-LED。如图11a所示，那些烘烤最长时间的QD-LED显示出正老化效应的最快表现。表2至表4将结果总结如下：

[0042]

表 2

添加剂	CE t1.1 (cd/A)	CE t2.2 (cd/A)
7.5% AA	30.8	58.8
7.5% AA 0.5小时	31.0	59.0
7.5% AA 1小时	33.3	60.2
7.5% AA 2小时	32.5	55.9
7.5% AA 4小时	39.6	57.4

表 3

添加剂	CE t1.1 (cd/A)	CE t2.2 (cd/A)
15% AA	24.0	46.6
15% AA 0.5小时	24.0	46.1
15% AA 1小时	24.3	46.4
15% AA 2小时	26.4	47.8
15% AA 4小时	32.3	49.8

[0043] 表4

[0044]

添加剂	CE t1.1(cd/A)	CE t2.2(cd/A)
23％AA	22.1	45.9
23％AA0.5小时	22.7	46.6
33％AA1小时	25.9	45.4
23％AA2小时	26.6	45.6
23％AA4小时	30.5	50.6

[0045] 已经确定烘烤能够加速老化过程，发明人进行了研究以确定烘烤温度是否会进一步影响老化过程的加速。在制造时，烘烤具有包含按重量计为7.5％、15％和23％的丙烯酸的封装层的QD-LED 0小时、24小时和48小时。一个实例是在50℃下烘烤达上述时间段，一个

是在70℃下烘烤达上述时间段，以及一个是在90℃下烘烤达上述时间段。结果证实，在优选的但非限制性的实施例中，应当在50℃下烘烤QD-LED 24小时，以便在促进QD-LED中的加速老化过程时使QD-LED的生产量最大化。如图12a和12b中可见的，在第二天测试时，与烘烤24小时相比较，对于烘烤48小时的QD-LED，电流效率最大化。然而，对于烘烤额外的24小时而言，增量几乎不再像将烘烤24小时比较于烘烤0小时时电流效率的增加那般显著。在每个实例中，在50℃下烘烤前24小时导致电流效率增加超过50％，而额外烘烤24小时仅导致电流效率额外增加10％至20％。在表5中将结果总结如下。

[0046] 表5

[0047]

封装剂和烘烤时间	CE t1.2 (cd/A)	CE t2.3 (cd/A)
乐泰349 0小时	25.4	42.5
乐泰349 24小时50℃	41.7	52.7
乐泰349 48小时50℃	48.2	57.3
乐泰352 0小时	26.6	44.6
乐泰352 24小时50℃	42.5	53.3
乐泰352 48小时50℃	42.6	48.4
乐泰366 0小时	31.4	44.5
乐泰366 24小时50℃	48.9	47.0
乐泰366 48小时50℃	52.1	39.9

[0048] 当温度升高到70℃并在第三和第四天取样时，正老化效应得到了提升，但其与在50℃下烘烤的、将烘烤0小时与烘烤初始的24小时相比而可见的正老化效应的提升程度不同，两者都如下示出于表6中，并且与如在图5中所示的，对于相同测试而言的50℃的结果做了比较。

[0049] 表6

[0050]

封装剂和烘烤时间	CE t1.3 (cd/A)	CE t2.4 (cd/A)
乐泰349 0小时	30.7	43.5
乐泰349 24小时70℃	46.0	53.2
乐泰349 48小时70℃	46.4	51.2
乐泰352 0小时	30.2	45.2
乐泰352 24小时70℃	41.2	44.4
乐泰352 48小时70℃	43.8	46.8
乐泰366 0小时	36.4	50.2
乐泰366 24小时70℃	39.8	39.4
乐泰366 48小时70℃	41.8	39.6

[0051] 类似地，如图14a和14b中可见的，并且于下表7中所总结出的，在90℃下烘烤QD-LED与在70℃下烘烤相比未显示出显著的提高。此外，烘烤至少24小时的增加显著；而额外的24小时(总量为48小时)未显示出正老化效应中的同等显著的增加，并且当与以更节能的50℃下的烘烤相比时，未显示出正老化效应的显著可观的提升。在表7中将在90℃下烘烤QD-LED的结果总结如下。

[0052] 表7

[0053]

封装剂和烘烤时间	CE t1.3 (cd/A)	CE t2.4 (cd/A)
乐泰349 0小时	32.0	47.4
乐泰349 24小时90℃	45.2	50.9
乐泰349 48小时90℃	44.1	51.8
乐泰352 0小时	30.8	49.8
乐泰352 24小时90℃	44.3	43.7
乐泰352 48小时90℃	45.9	44.8
乐泰366 0小时	37.5	51.0
乐泰366 24小时90℃	48.3	42.5
乐泰366 48小时90℃	45.1	39.9

[0054] 在优选的非限制性实施例中，为了使生产量和能耗成本最佳化，优化的烘烤条件是在50℃下烘烤24小时。

[0055] 为了测试丙烯酸在促进正老化效应方面是否是唯一的，发明人用苯甲酸(BA)和不同类型的BA衍生物掺杂到可固化树脂。利用图1的方法在不进行烘烤的情况下形成QD-LED。然而，与掺杂有丙烯酸的封装可固化树脂不同，将现有技术的无丙烯酸树脂用作对照，并且

使用各种苯甲酸衍生物掺杂封装可固化树脂。如图14a和14b中可见的，在第二天，样品BA的电流效率比对照样品的电流效率大60％，而对于每个实施例而言，在第一天和第二天，所有其他样品的电流效率都约等于或者小于对照样品的电流效率。这些数据表明，用除了丙烯酸以外的酸掺杂能够导致正老化效应。然而，如图3a、图14a和图14b所示的使用丙烯酸的本发明的实施例提供最大的提高。在表8中将使用各种酸的结果总结如下。

[0056] 表8

[0057]

添加剂	CE t1.1(cd/A)	CE t2.3(cd/A)
对照	6.9	10.9
BA-CF_3	3.9	10.3
BA-CN	4.3	7.5
BA-SH	2.9	6.7
BA	7.1	16.8
BA-CH_3	6.0	7.0
BA-OCH_3	5.5	7.8

[0058] 因此，通过在其中具有活性试剂的封装层形成QD-LED提升了正老化效应。换言之，获得了相较于先前所已知的电流效率大得多的电流效率。此外，通过自制造起在大约50℃或更高的温度下烘烤QD-LED达48小时可以使老化过程加速并稳定，同时正如所示出的，丙烯酸和苯甲酸提升有益的老化效应，在其他实施例中，活性试剂可以包括甲基丙烯酸，3-丁烯酸，巴豆酸和其他不饱和羧酸衍生物中的一种或更多种；乙酸，丙酸，丁酸，异丁酸和其它饱和羧酸衍生物。

[0059] 虽然已经示出、描述并指出如应用于本发明优选实施例的本发明新颖性特征，但是应当理解，所公开的本发明中预期可以由本领域的技术人员在不背离本发明的原理和范围的情况下做出各种意见以及对形式和细节作出替换和改变。因此其旨在仅当由所附的权利要求的范围对其指出时才是限制性的。还应当理解，所附权利要求旨在涵盖本文中所描述的发明的所有上位和下位特征以及由于语言问题可能会落在其中的本发明范围的所有陈述。

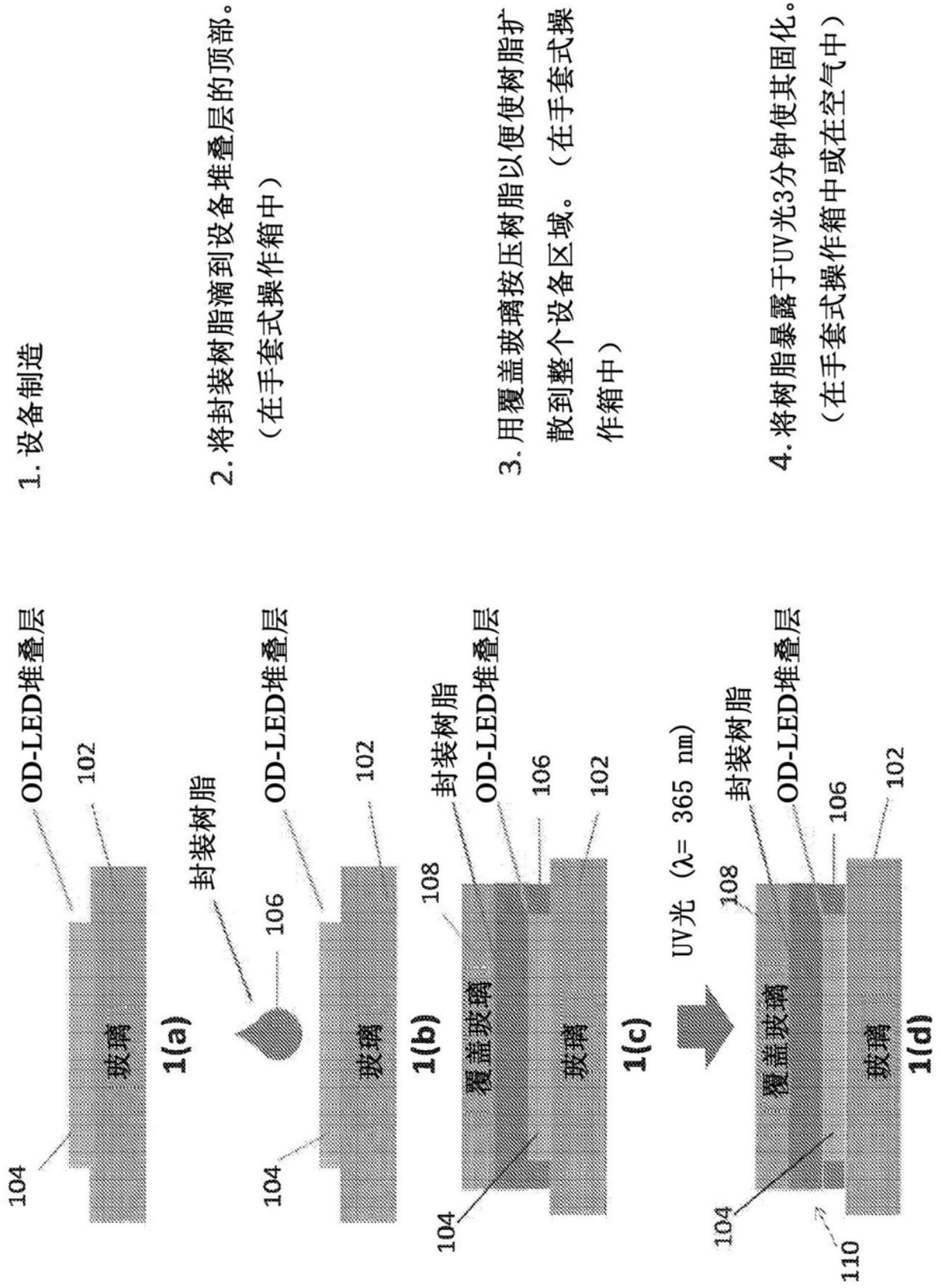

1. 设备制造
2. 将封装树脂滴到设备堆叠层的顶部。（在手套式操作箱中）
3. 用覆盖玻璃按压树脂以便使树脂扩散到整个设备区域。（在手套式操作箱中）
4. 将树脂暴露于UV光3分钟使其固化。（在手套式操作箱中或在空气中）
OD-LED堆叠层
102
104
玻璃
1(a)
封装树脂
106
1(b)
108
覆盖玻璃
1(c)
UV光（λ= 365 nm）
110
1(d)

图1

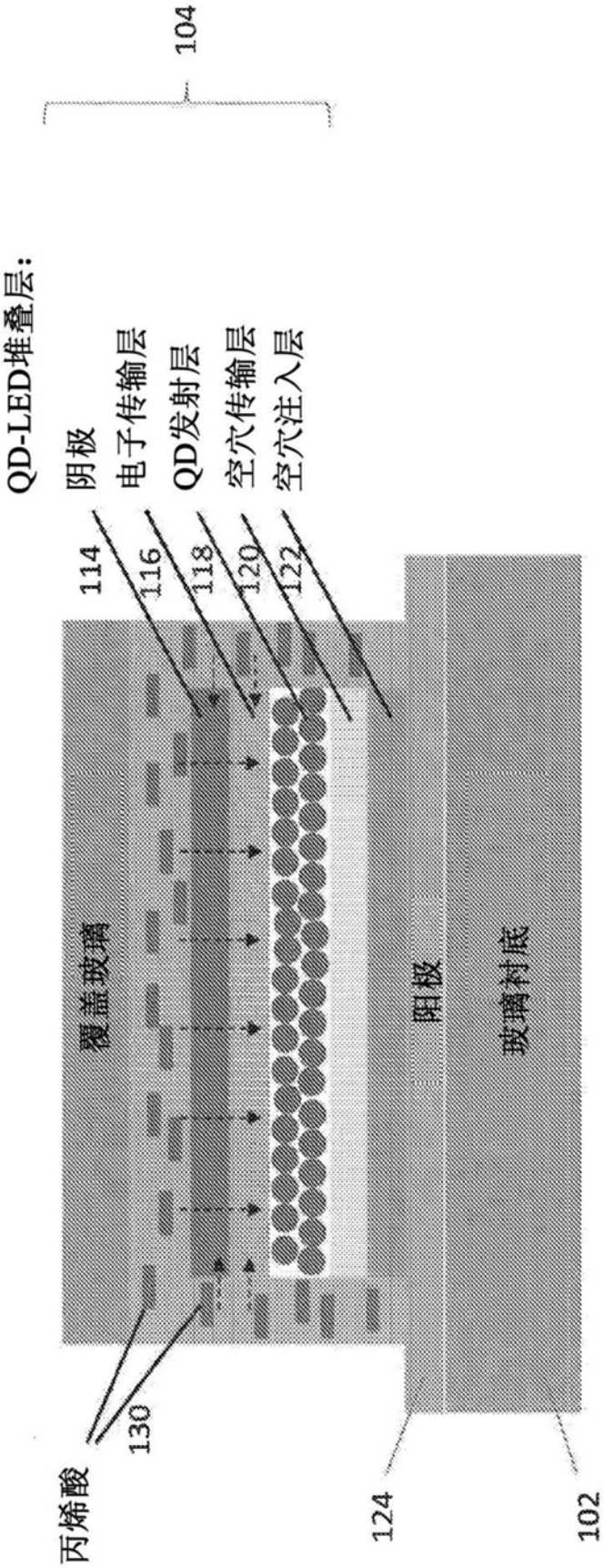

104
QD-LED堆叠层：
阴极
电子传输层
QD发射层
空穴传输层
空穴注入层
114
116
118
120
122
覆盖玻璃
阳极
玻璃衬底
丙烯酸
130
124
102

图2

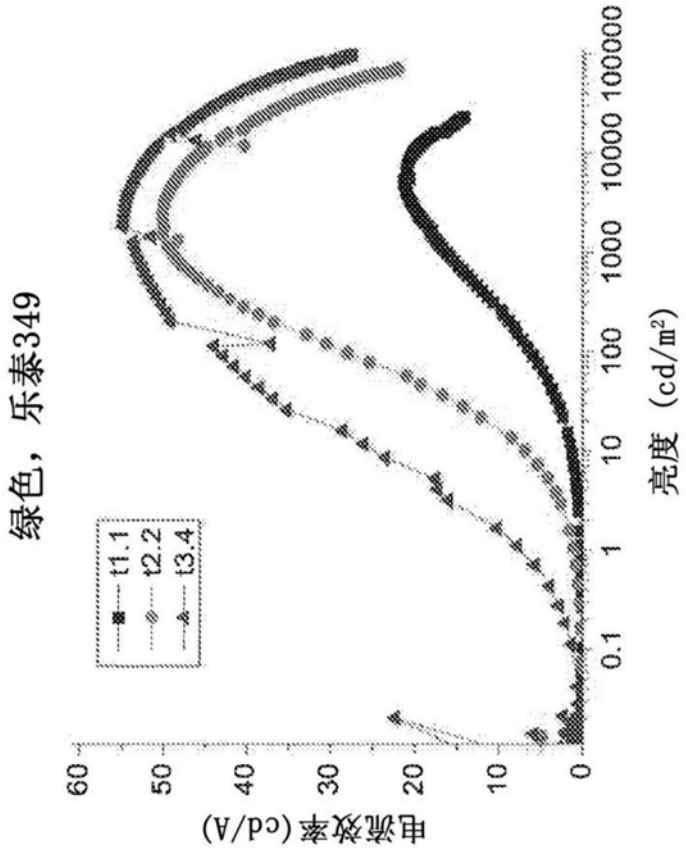

绿色，乐泰349
t1.1
t2.2
t3.4
电流效率 (cd/A)
60
50
40
30
20
10
0
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
亮度 (cd/m²)

图3a

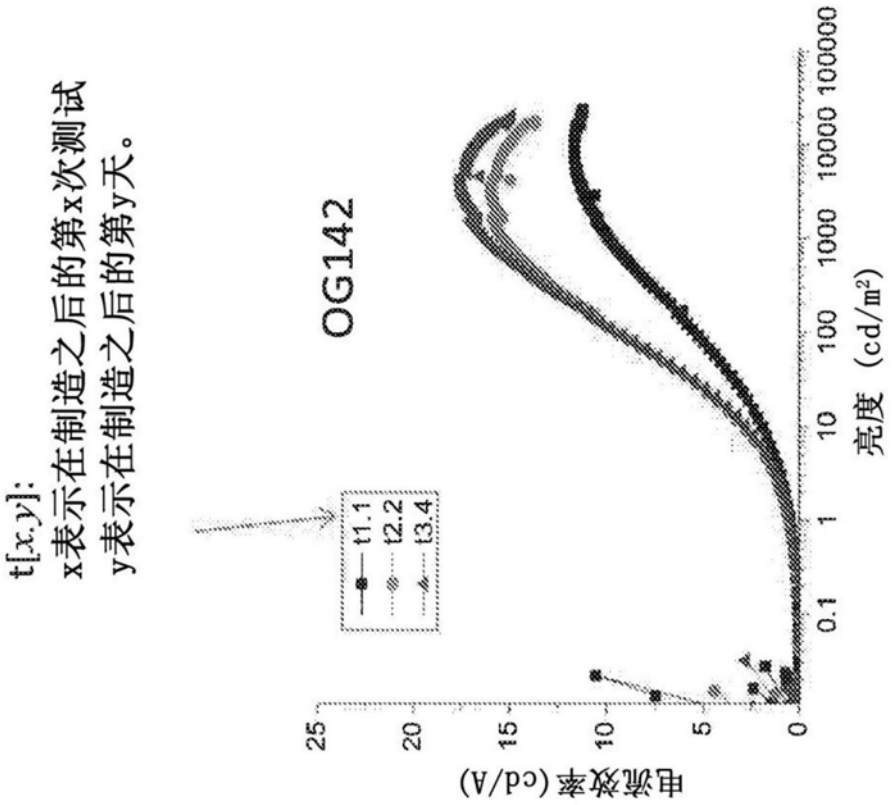

t[x,y]:
x表示在制造之后的第x次测试
y表示在制造之后的第y天。
OG142
t1.1
t2.2
t3.4
电流效率 (cd/A)
25
20
15
10
5
0
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
亮度 (cd/m²)

图3b

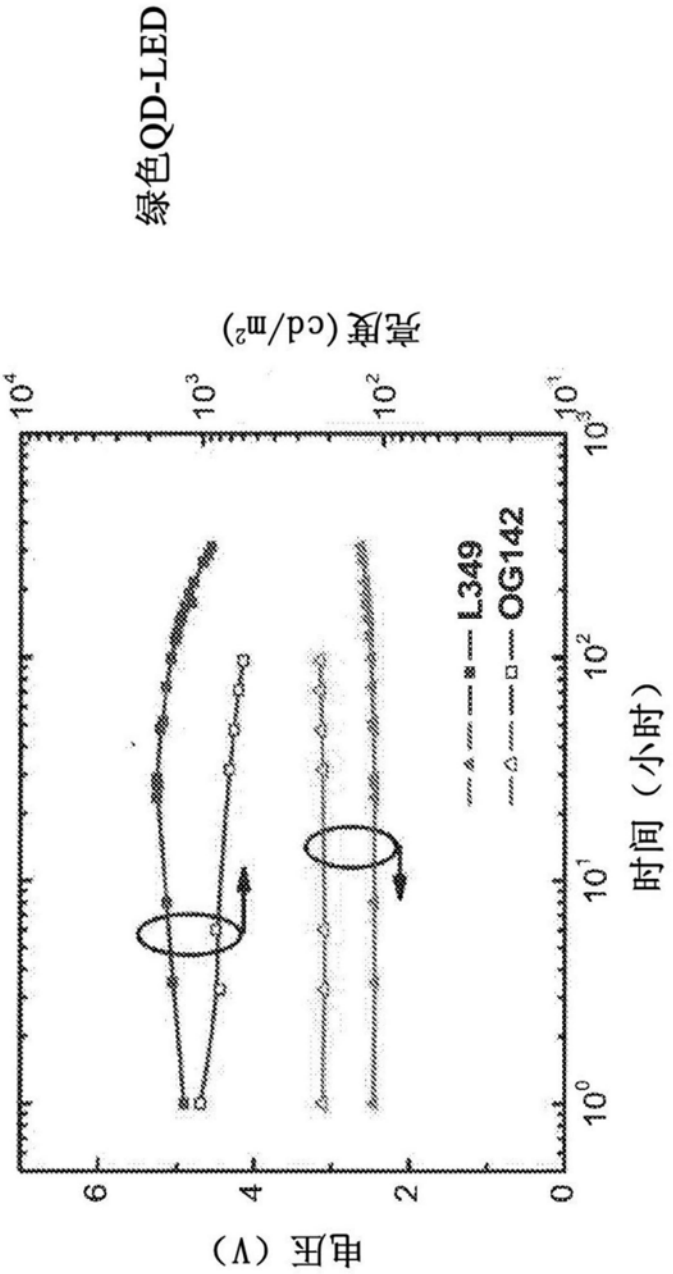

绿色QD-LED
亮度(cd/m²)
电压（V）
时间（小时）
L349
OG142
对于由乐泰349封装的设备的T50寿命：~320小时
对于由OG142封装的设备的T50寿命：<100小时

图4

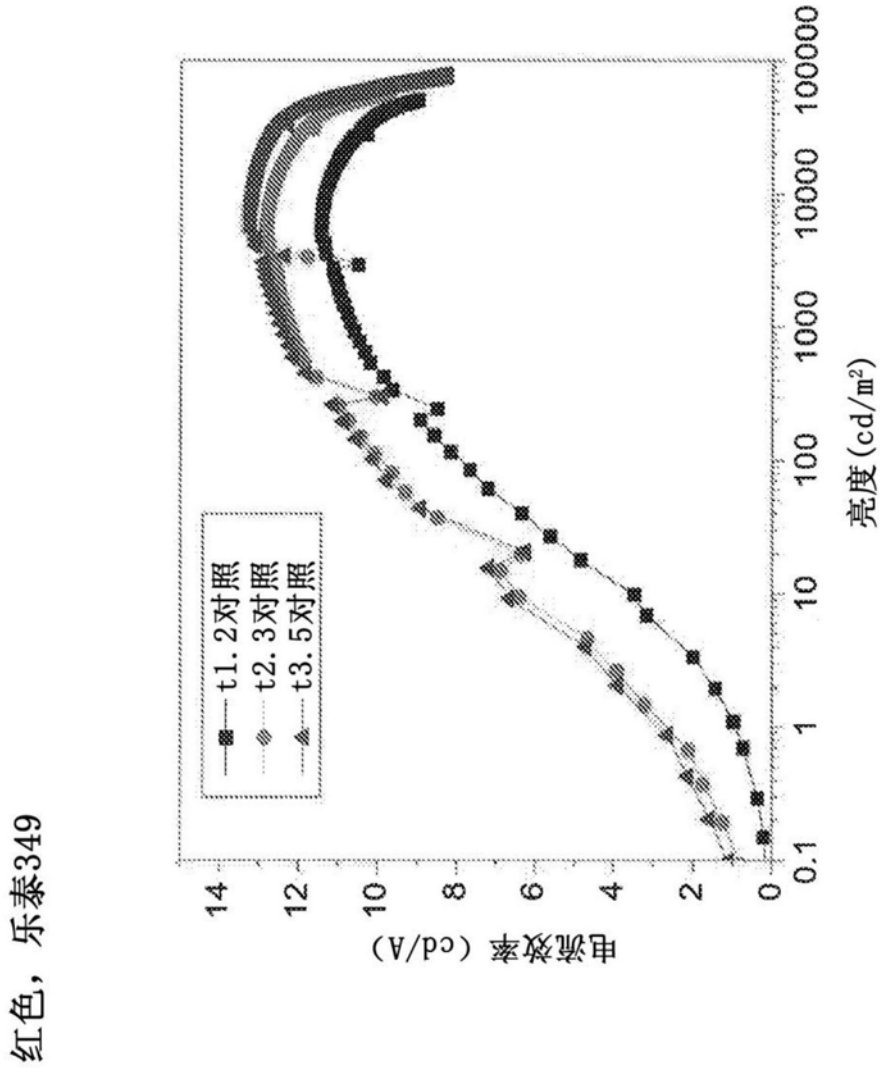

红色，乐泰349
电流效率 (cd/A)
14
12
10
8
6
4
2
0
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
亮度(cd/m²)
t1.2对照
t2.3对照
t3.5对照

图5

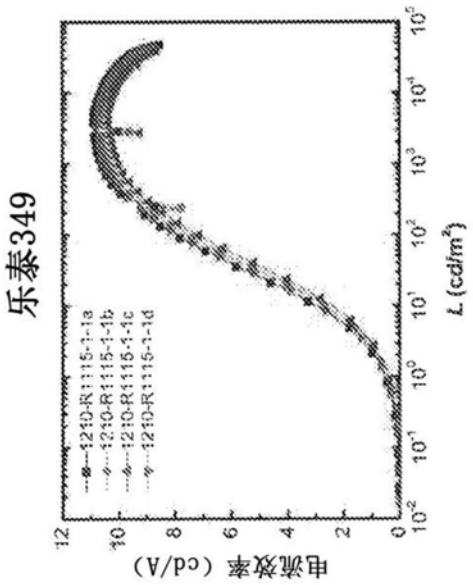

乐泰349
电流效率 (cd/A)
L (cd/m²)
1210-R1115-1-1a
1210-R1115-1-1b
1210-R1115-1-1c
1210-R1115-1-1d

图6a

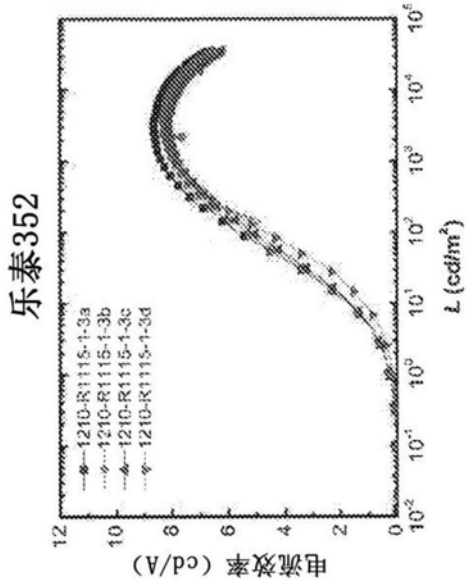

乐泰352
电流效率 (cd/A)
L (cd/m²)
1210-R1115-1-3a
1210-R1115-1-3b
1210-R1115-1-3c
1210-R1115-1-3d

图6b

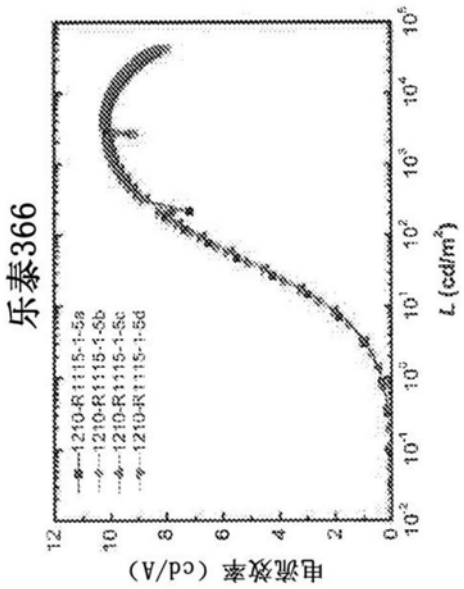

乐泰366
1210-R1115-1-5a
1210-R1115-1-5b
1210-R1115-1-5c
1210-R1115-1-5d
电流效率 (cd/A)
L (cd/m²)

图6c

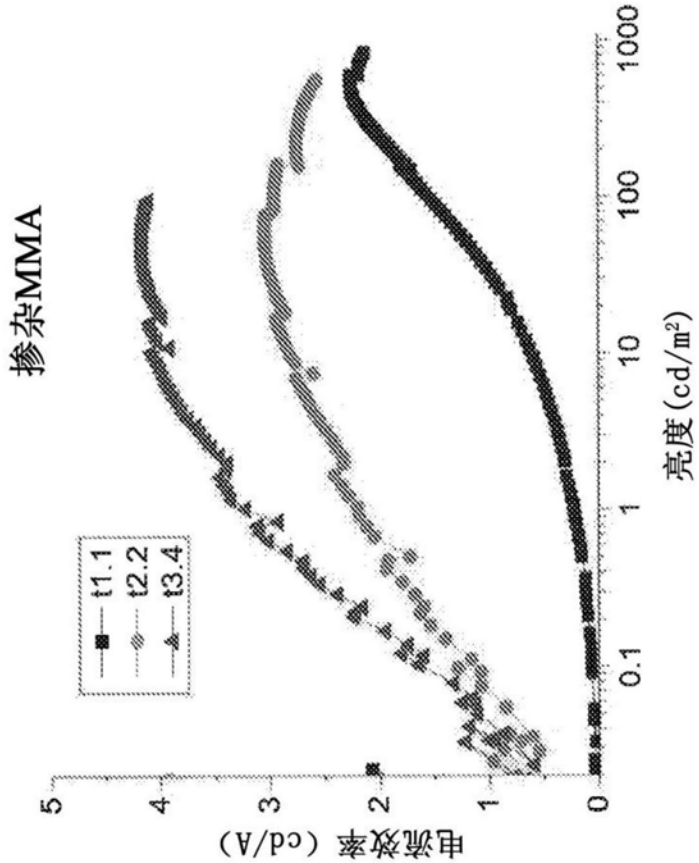

掺杂MMA
t1.1
t2.2
t3.4
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)

图7a

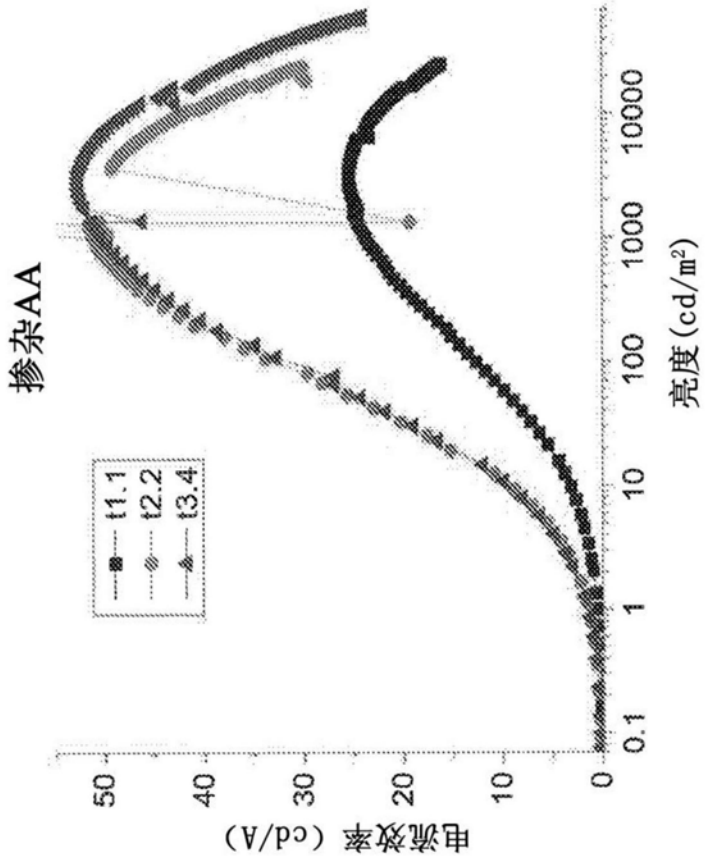

掺杂AA
t1.1
t2.2
t3.4
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
10
20
30
40
50
0.1
1
10
100
1000
10000

图7b

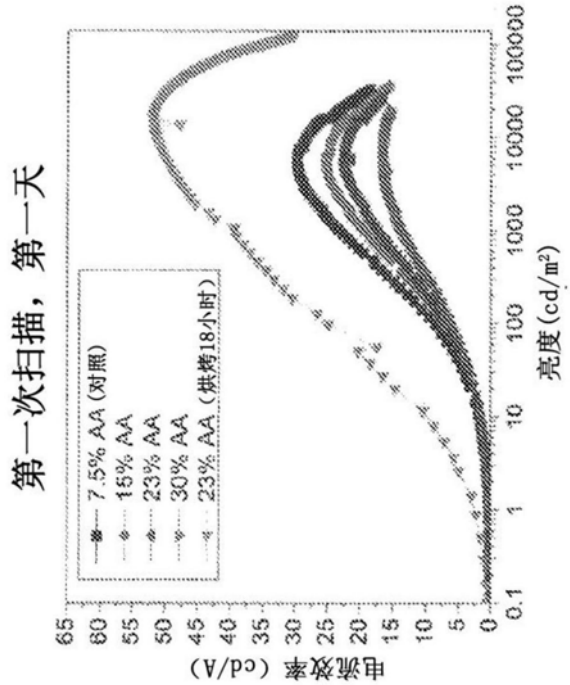

第一次扫描，第一天
7.5% AA (对照)
15% AA
23% AA
30% AA
23% AA（烘烤18小时）
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图8a

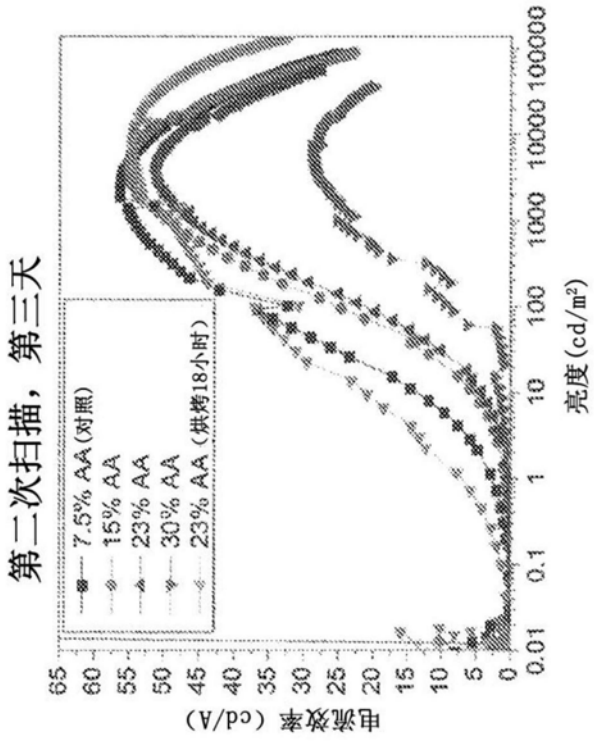

第二次扫描，第三天
7.5% AA (对照)
15% AA
23% AA
30% AA
23% AA (烘烤18小时)
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图8b

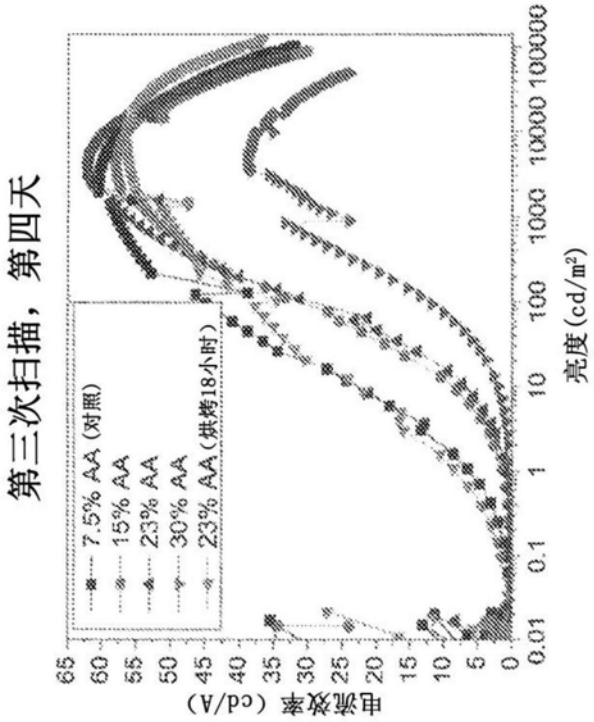

第三次扫描，第四天
7.5% AA (对照)
15% AA
23% AA
30% AA
23% AA (烘烤18小时)
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图8c

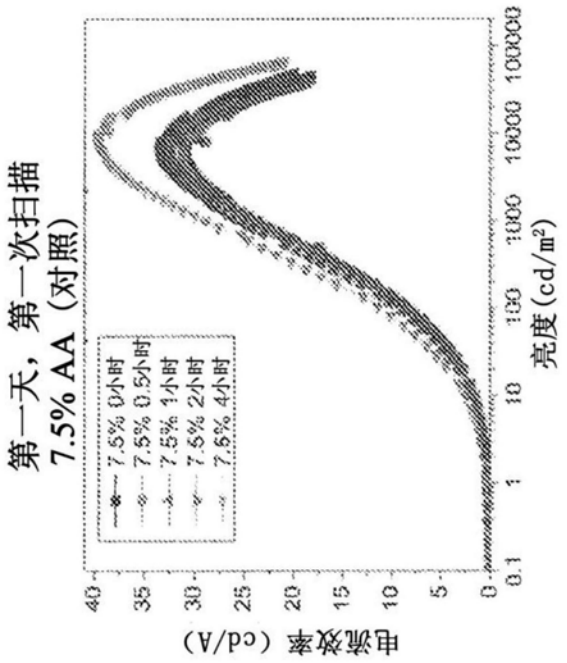

第一天，第一次扫描
7.5% AA（对照）
7.5% 0小时
7.5% 0.5小时
7.5% 1小时
7.5% 2小时
7.5% 4小时
电流效率（cd/A）
亮度（cd/m²）
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图9a

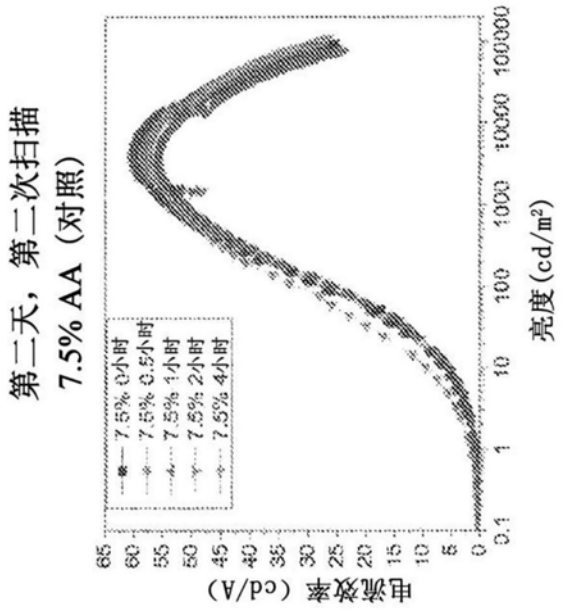

第二天，第二次扫描
7.5% AA（对照）
7.5% 0小时
7.5% 0.5小时
7.5% 1小时
7.5% 2小时
7.5% 4小时
电流效率（cd/A）
亮度（cd/m²）
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图9b

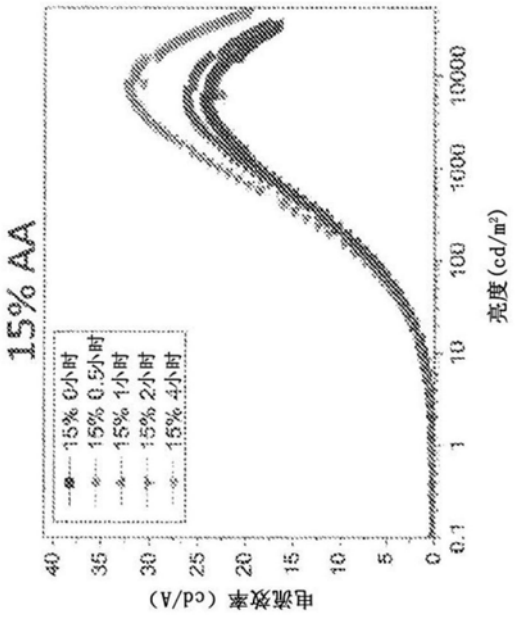

15% AA
15% 0小时
15% 0.5小时
15% 1小时
15% 2小时
15% 4小时
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0.1
1
10
100
1000
10000

图10a

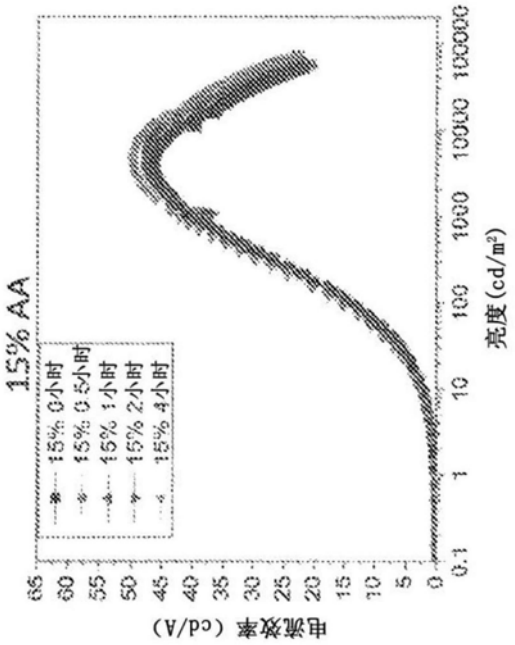

15% AA
15% 0小时
15% 0.5小时
15% 1小时
15% 2小时
15% 4小时
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图10b

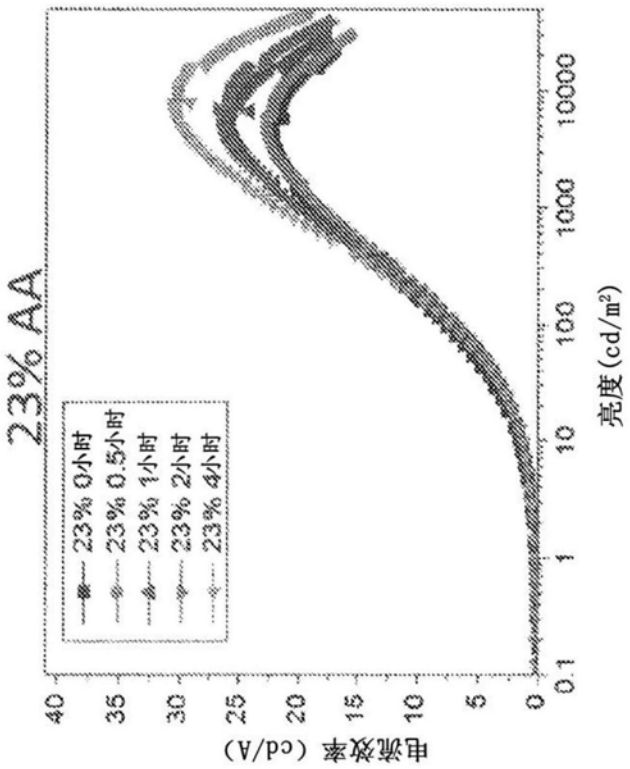

23% AA
23% 0小时
23% 0.5小时
23% 1小时
23% 2小时
23% 4小时
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0.1
1
10
100
1000
10000

图11a

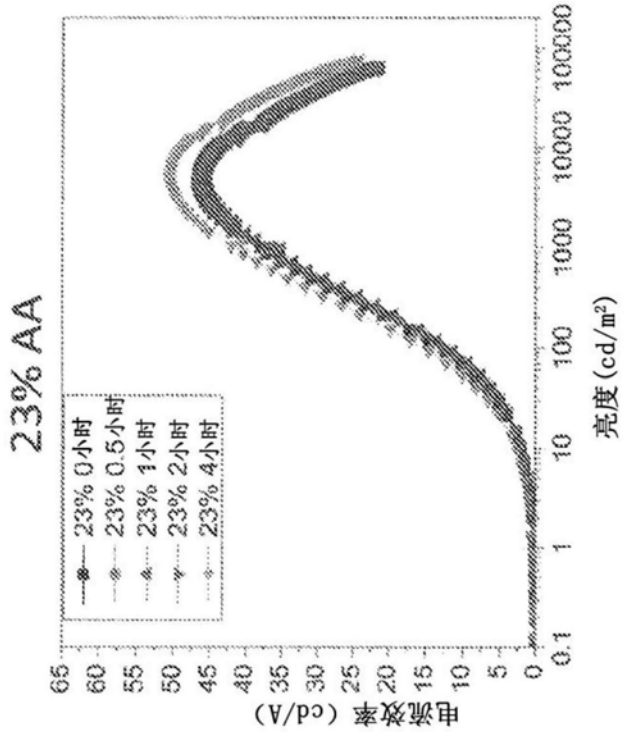

23% AA
23% 0小时
23% 0.5小时
23% 1小时
23% 2小时
23% 4小时
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图11b

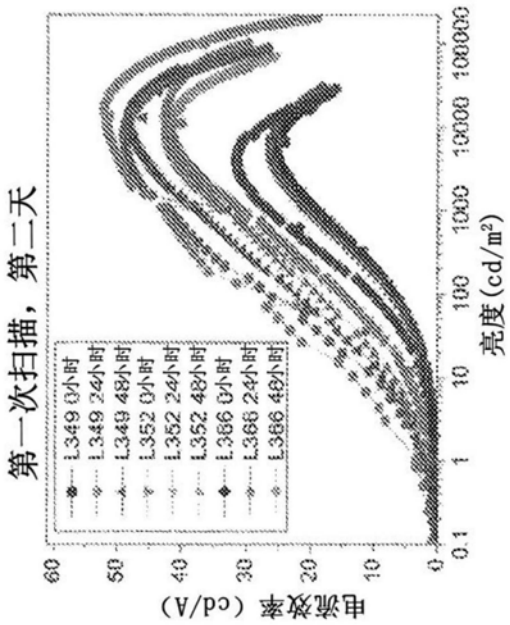

第一次扫描，第二天
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时

图12a

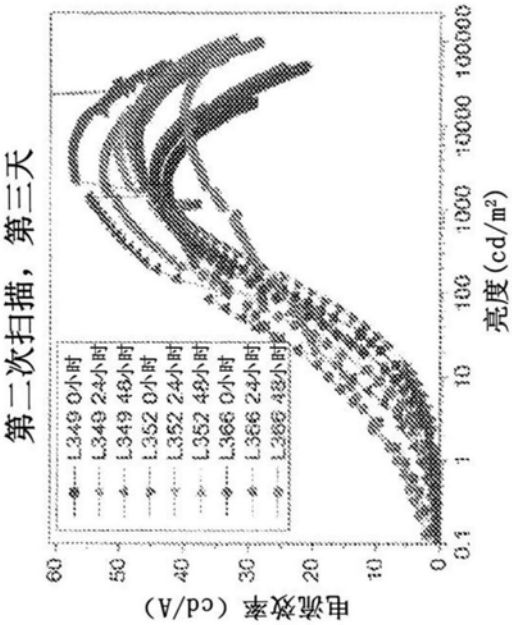

第二次扫描，第三天
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时

图12b

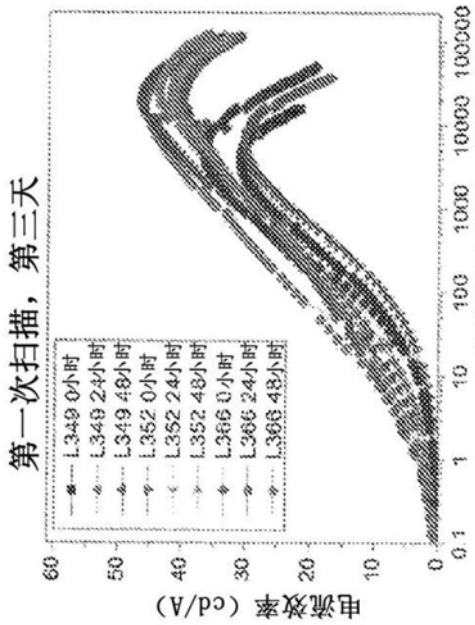

第一次扫描，第三天
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图13a

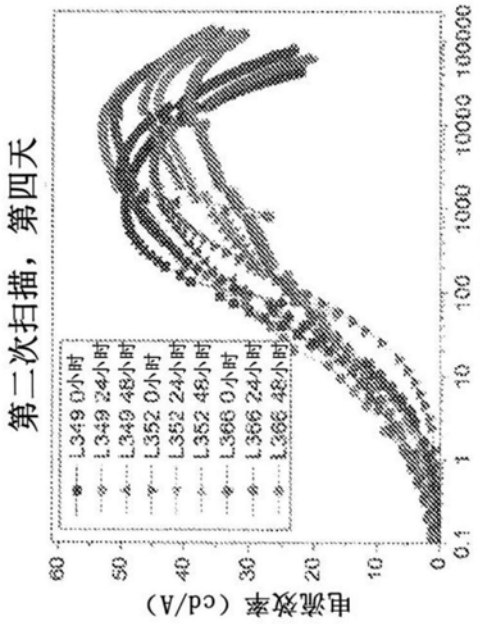

第二次扫描，第四天
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000

图13b

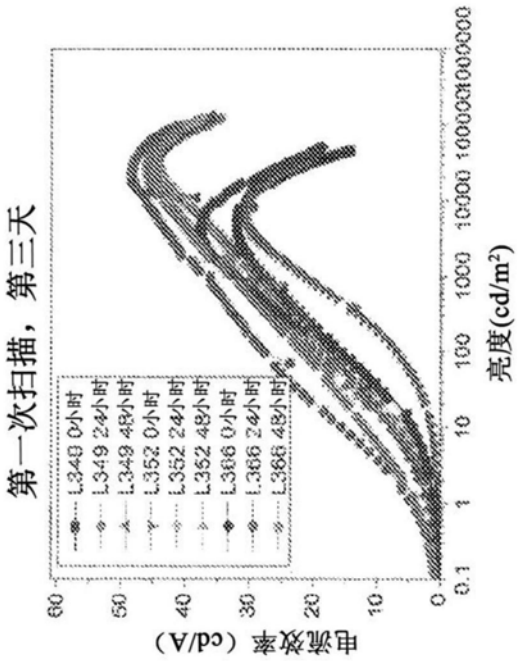

第一次扫描，第三天
电流效率（cd/A）
亮度(cd/m²)
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
1000000

图14a

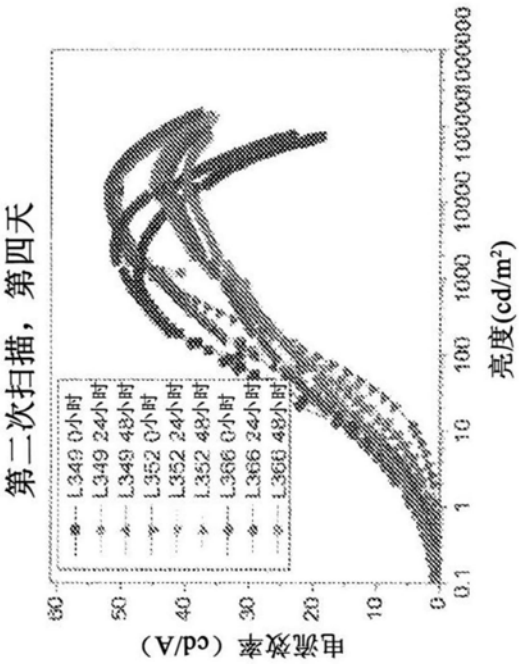

第二次扫描，第四天
电流效率（cd/A）
亮度(cd/m²)
L349 0小时
L349 24小时
L349 48小时
L352 0小时
L352 24小时
L352 48小时
L366 0小时
L366 24小时
L366 48小时
0
10
20
30
40
50
60
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
1000000

图14b

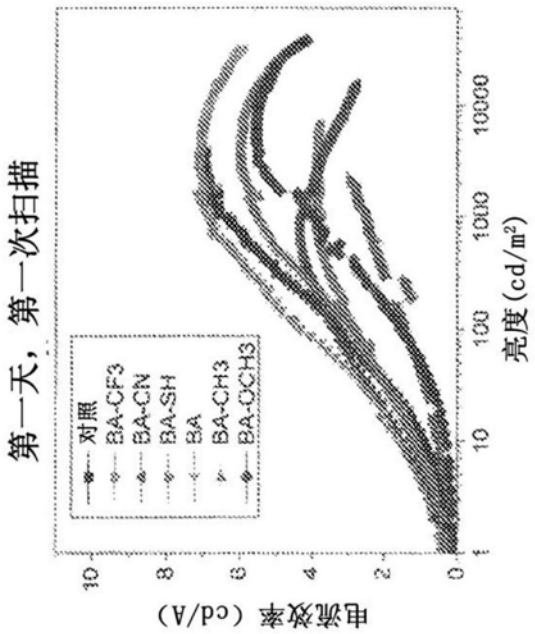

第一天，第一次扫描
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
对照
BA-CF3
BA-CN
BA-SH
BA
BA-CH3
BA-OCH3
0
2
4
6
8
10
1
10
100
1000
10000

图15a

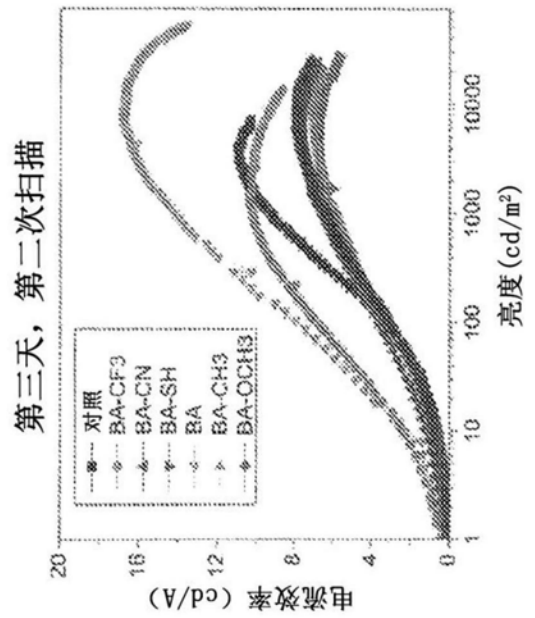

第三天，第二次扫描
电流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
对照
BA-CF3
BA-CN
BA-SH
BA
BA-CH3
BA-OCH3
0
4
8
12
16
20
1
10
100
1000
10000

图15b