

# 水汽处理对量子点发光二极管的性能影响研究

郑旭刚<sup>1,2</sup>, 宋丹丹<sup>1,2</sup>, 赵谡玲<sup>1,2</sup>, 乔泊<sup>1,2</sup>, 申崇渝<sup>3</sup>, 徐征<sup>1,2\*</sup>

1. 北京交通大学发光与光信息技术教育部重点实验室, 北京 100044
2. 北京交通大学光电子技术研究所, 北京 100044
3. 易美芯光(北京)科技有限公司, 北京 100176

**摘要** 在量子点电致发光二极管(quantum-dot light-emitting diodes, QLEDs)的研究中, 外界空气尤其是水氧一直是影响器件性能的主要因素。而有研究表明水是导致 QLED 器件固定电流下亮度提升的原因之一, 因此通过水汽处理的方式对这一效果进行提升有利于进一步优化器件性能。主要基于水对量子点表面缺陷态的钝化作用来研究水汽处理量子点发光层对电致发光器件整体性能的影响, 并探索最佳处理时间。首先利用全溶液法制备了一系列 QLED 器件, 并在制备过程中对量子点膜层进行水汽处理, 通过保持湿度不变改变处理时长的方式改变水汽处理程度。然后对各个器件进行电致发光光谱的表征, 结果表明经过水汽处理的 QLED 器件的电致发光光谱相对未处理器件有一定程度的蓝移, 并且随着处理时间的延长蓝移程度增大, 分析发现这是水分子氧化量子点引起表面钝化从而减少带边缺陷态发光的结果。此外, 通过测量各个器件的电流密度-电压-亮度( $J$ - $V$ - $L$ )曲线对比不同水汽处理时长下器件的电流密度和发光强度大小, 并通过计算得到各器件的电流效率曲线。结果表明随着处理时间的延长, QLED 器件的亮度和电流效率都取得较大幅度的提升, 处理时长为 3 min 时亮度提升 10%, 电流效率提升 50%。最后, 利用寿命测试设备对器件进行老化, 得到不同处理时长器件在相同固定电流密度下亮度随时间变化的曲线。结果表明各个器件亮度均表现出先提升后下降的过程, 亮度初始提升幅度约为 50%~70%, 并且提升到最大值所用时长随处理时间的增大而减小, 说明水汽处理对器件亮度提升更有效。通过寿命公式计算器件的寿命并进行对比, 发现经水汽处理器件寿命相对未处理器件最高提升了 70%。总之, 水汽处理对 QLED 器件的性能在一定程度上起优化作用, 这对于 QLED 器件效率和寿命的提升以及封装工艺的简化是十分有益的。

**关键词** 量子点发光二极管; 水汽处理; 钝化作用; 电致发光; 寿命

**中图分类号:** TN383<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)04-1034-06

## 引言

量子点作为一种独特的发光材料, 具有发光波长可随量子点尺寸大小调节, 色域宽, 发光效率高, 光稳定性和热稳定性高且容易溶解等优点, 近年来已经被广泛应用于发光二极管的器件研究中<sup>[1-4]</sup>。在过去的二十几年的研究中, QLED 器件的性能已经取得了较大的提高。器件结构也由全有机结构向有机无机杂化混合结构转变, 同时为了提升器件稳定性也有较多全无机结构的器件。在 QLED 器件结构优化的过程中, 器件的亮度及寿命已经取得了很大的提高<sup>[5-7]</sup>, 而器件

稳定性的研究得到了越来越多的关注<sup>[8-11]</sup>。

在电致发光器件的效率和稳定性的研究中, 外界环境中的水汽是一个关键影响因素。而与 OLED 器件中水汽的负面影响不同的是, QLED 器件中水汽对器件可能有一定的提升作用。例如, Qian 等在测试 QLED 器件寿命过程中发现, 器件亮度在老化初始时会有一定程度的提升, 他们将此提升归因于水氧导致量子点表面缺陷态钝化的结果<sup>[12]</sup>。在量子点材料的发光性能研究方面上, Melvin 课题组的研究人员研究了不同湿度情况下 CdSe/ZnS 核壳结构量子点的光致荧光增强效应(photoinduced fluorescence enhancement, PFE), 发现量子点的光致发光强度在很大程度上取决于环境湿度, 他们

收稿日期: 2019-04-09, 修订日期: 2019-08-12

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFB0401302), 国家自然科学基金项目(61775013), 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2017JBZ105)资助

作者简介: 郑旭刚, 1994 年生, 北京交通大学光电子技术研究所硕士研究生 e-mail: 16121693@bjtu.edu.cn

\* 通讯联系人 e-mail: zhengxu@bjtu.edu.cn

将此解释为湿气对量子点表面缺陷的钝化,减少了缺陷态对激子及其辐射复合产生的猝灭<sup>[13]</sup>。基于这些研究可以发现,水汽对量子点的光致发光性能的影响明显,并且可能对 QLED 器件中的量子点也发生作用。因而,通过调控 QLED 制备过程中的水汽环境有可能提升器件性能,这部分的研究尚未见报道。

因此,本文提出在 QLED 器件制备过程中引入水汽,研究水汽处理对器件效率和寿命的作用,分析其机理并探索最佳优化条件。通过对比未处理及不同时间水汽处理的器件的电光特性发现,经过水汽处理的器件具有更高的亮度和电流效率,其中最大电流效率提升幅度最高达到 50%。另外,器件老化测试证明了水汽处理对初始亮度的提高具有促进作用,从而使器件具有更高的寿命,处理时长为 1 min 时器件寿命提升幅度最大,为未处理器件的 1.7 倍。结果表明,短时间对量子点层进行水汽处理可以有效地提高器件的效率及寿命。

## 1 实验部分

利用全溶液法制备了 QLED 器件,器件结构为:ITO/PEDOT:PSS/TFB/QD/ZnO/Al。器件整体制备于氧化锡铟(indium tin oxides, ITO)玻璃衬底上,首先对 ITO 基片进行超声清洗处理,并在制备薄膜之前进行紫外臭氧处理以提高 ITO 表面功函数<sup>[3]</sup>。然后开始各个功能层的薄膜制备,初始在外界空气中使用匀胶凝胶机旋涂空穴注入层 PEDOT:PSS,并将其放置于加热平台上进行后退火处理 15 min,退火温度为 140 °C;随后将基片转移至氮气手套箱中旋涂空穴传输层,所用材料为 TFB,以 10 mg·mL<sup>-1</sup>的浓度溶解于氯苯中,旋涂转速和退火温度分别为 3 000 r·min<sup>-1</sup>和 110 °C;发光层材料为 CdZnSeS/ZnS 核壳结构量子点,以 15 mg·mL<sup>-1</sup>的浓度溶于辛烷中,旋涂转速为 3 000 r·min<sup>-1</sup>,退火温度和时间分别为 70 °C 和 30 min。随后对量子点层进行水

汽处理。水汽处理系统为将氩气通入装有去离子水的鼓泡器中,后接入带有湿度计的密闭容器中,通过调节鼓泡器中水的深度将容器中湿度调整至 80%。通过调节固定湿度下的处理时长来控制水汽处理的程度,处理时将器件置于密闭容器中,处理时长分别为 1/2/3 min。电子传输层所用材料为 ZnO 前驱液,其经空气中热退火可形成 ZnO 膜层。最后在真空度为  $4 \times 10^{-6}$  Torr 的真空镀膜机中蒸镀 Al 电极,蒸镀速率为  $2 \text{ \AA} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最终厚度为 100 nm。

器件的 *J-V-L* 特性曲线及电致发光光谱由 Spectroradiometer CR-250 亮度计及分光光谱仪在大气环境下测得,源输出为 Keithley 2410 直流电源。器件的寿命是由多路 OLED 老化测试系统测得的,器件由紫外固化树脂进行了封装,并在波长为 256 nm 的紫外线下照射 15 min。

## 2 结果与讨论

本文所采用的器件结构为 ITO/PEDOT:PSS/TFB/QD/ZnO/Al,器件结构及能级图如图 1(a)所示。首先研究了 QLED 器件在空气环境中的老化情况,以分析空气中的水汽对老化性能的影响。将在相同条件下制备的四组器件分别在空气中放置 0/20/40/60 min 后,在大小为  $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$  的外加电流下进行寿命测试,各器件的亮度随时间变化如表 1 所示。器件在老化初始阶段亮度(效率)均出现提升,这与文献报道类似<sup>[12]</sup>。同时,根据在空气中放置一段时间后器件性能的提升现象,推测空气的水汽或氧气对器件性能有一定的积极作用。基于水汽对量子点的钝化及光致发光增强的作用等研究,QLED 在老化中性能的提升可能与空气中的水汽有关,并且这一效应在电场作用下得到增强。因此,本文通过在 QLED 制备过程中将量子点发光层置于水汽环境中进行处理,研究水汽这一因素对 QLEDs 性能的影响并优化 QLED 性能。

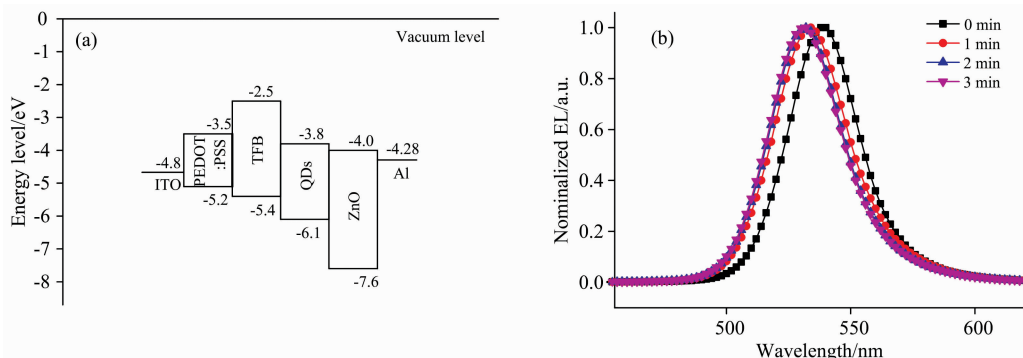


图 1 (a) 器件结构及其能级图; (b) 经过不同时间水汽处理后器件的电致发光光谱图  
Fig. 1 (a) Device structure and the energy diagram of the QLEDs; (b) The EL spectra of the four devices after water vapor treatment

处理过程在氩气惰性环境中进行以避免空气中其他因素对器件的影响,并通过改变水汽处理时长调控水汽的作用程度,水汽处理时间分别为 1, 2 和 3 min。首先测量了未处理

器件及在 80%湿度环境下分别处理 1, 2 和 3 min 器件的电致发光光谱,如图 1(b)所示。标准器件即未经过湿度处理的器件发光峰位置为 539 nm,半峰全宽大小为 33 nm。而水汽

表 1 不同放置时长(0/20/40/60 min)下器件老化过程中亮度随时间的变化(外加电流大小均为  $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ , 初始亮度依次为  $3\ 581$ ,  $3\ 524$ ,  $3\ 376$  和  $3\ 260 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Table 1 The luminance at different times of all devices with different processing time (0/20/40/60 min) and the initial luminance are  $3\ 581$ ,  $3\ 524$ ,  $3\ 376$  and  $3\ 260 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$

时间/min	0	20	40	60	80	100	120
放置 0 min	3 581	6 675	7 215	7 533	7 705	7 705	7 835
放置 20 min		3 599	6 650	7 224	7 469	7 587	7 634
放置 40 min			4 168	6 945	7 413	7 644	7 761
放置 60 min				4 400	8 303	8 333	8 229

处理后器件的发光光谱则产生了一定的蓝移, 发光峰位置依次为  $534$ ,  $532$  和  $531 \text{ nm}$ , 说明器件发光光谱的蓝移幅度随着水汽处理时间的增大而更大。说明发光光谱的变化是处理过程中水汽对量子点作用的结果, 而水汽对量子点的作用主要是水分子对其表面缺陷态(一些表面悬挂键和外部吸附原子)的溶剂化作用, 从而形成水合结构, 这个过程将直接减少由缺陷态引起的带边发光, 从而导致量子点发光的蓝移。另外, 这个稳定的溶剂化缺陷状态同样导致更高的激子产

率, 这有利于量子点的发光强度的提升。

器件的电流-电压-亮度( $J$ - $V$ - $L$ )特性曲线如图 2(a)所示。发光层经水汽处理的器件在相同的电压下具有更高的亮度, 当电压为  $8 \text{ V}$  时处理时长为  $3 \text{ min}$  的器件亮度为  $97\ 000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ , 较同电压下未处理器件高  $10\ 000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。其中亮度的提高主要是量子点表面缺陷态减少的结果, 从而使缺陷引发的激子猝灭减少, 电子空穴对能更好地进行辐射复合并发光。因此随着处理时间的延长, 器件亮度也逐渐提高, 处理后的器件亮度最高为  $130\ 000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。另外, 处理时间延长至  $2 \text{ min}$  后器件亮度的提高幅度逐渐减小, 这主要是由于水分子在钝化缺陷态的同时会产生新的缺陷态, 这些缺陷态成为新的发光猝灭中心, 从而使水汽对器件亮度的提升效果减弱<sup>[14]</sup>。电流密度曲线表明, 经水汽处理的器件与未处理器件相比在相同的外加电压下具有更小的电流密度, 在电压较小时电流降低幅度最大, 为未处理器件电流密度大小的  $50\%$ 。电流密度的减小可能由于量子点层表面由于水分子的钝化作用产生了硫酸盐等化合物, 一定程度上减小了电子的注入<sup>[12, 15]</sup>。图 2(b)为器件的发光效率曲线, 低电流密度下器件的效率提升了 2 倍以上, 并且整体随处理时间的延长而呈现增大的趋势。

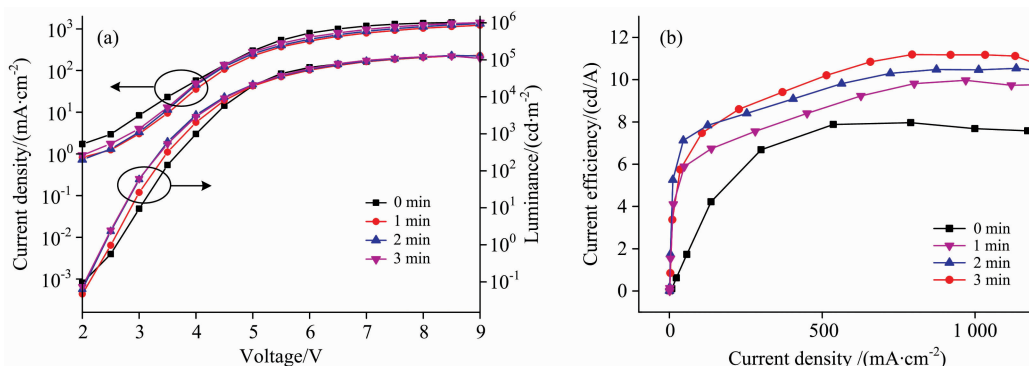


图 2 经过不同时间水汽处理后器件的性能对比图

(a):  $J$ - $V$ - $L$  曲线; (b): 电流效率曲线

Fig. 2 Performance comparison of the four devices after water vapor treatment at different times

(a):  $J$ - $V$ - $L$ ; (b): Current efficiency

我们进而研究了水汽处理对 QLED 器件稳定性的影响, 器件的稳定性通过测量固定电流密度下的亮度衰减曲线进行表征, 如图 3(a)所示。在寿命测试初始时器件亮度会有短时间的上升, 升幅约为初始亮度的  $75\%$  左右, 增大至一定值后开始衰减。这个现象与空气中放置的器件老化过程中亮度提升一致, 器件老化初始过程亮度的提升一方面是由于吸附的水分子对量子点表面的缺陷态产生钝化作用, 这些缺陷态的减少降低了器件的无辐射复合, 另一方面是电场对这一过程的促进作用。因而, 相对于标准器件而言, 经过水处理的器件具有更高的初始提升幅度, 并且提升至最大亮度所用时长更短, 如表 2 所示。水处理量子点  $3 \text{ min}$  后初始亮度提升至最大值所用时长由  $1.28 \text{ h}$  减少至  $0.77 \text{ h}$ , 提升所需时长的减小表明对发光层的处理过程对亮度提升更有效。

从图 3(a)中还可以发现, 随着水汽处理时间的增大, 初

始亮度提升的幅度逐渐减小,  $T_1$  (器件初始亮度  $L_{\text{initial}}$  提升至最大值  $L_{\text{max}}$  所用时长) 和  $T_2$  (器件由亮度最大值  $M_{\text{max}}$  衰减至  $50\%$  所用时长) 阶段对应的初始亮度及亮度最大值如表 3 所示。经  $1 \text{ min}$  处理的器件最高亮度达到  $14\ 530 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ , 随着处理时间延长至  $3 \text{ min}$ , 器件所提升的最高亮度仅为  $13\ 970 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。另外, 随着处理时间的延长, 器件后阶段亮度衰减的速率更大。图 3(b)为将老化曲线按器件最高亮度归一化所成的曲线图, 发现经过水汽处理后器件的衰减均有所减缓, 当处理时长为  $1 \text{ min}$  时衰减最慢, 而当处理时间进一步增大后衰减加快, 说明一定时长的水汽处理对减缓器件的老化是有利的。而当处理时间过长时, 一方面新的缺陷态的产生减小了器件亮度的提升效果, 另一方面是由于正型器件的结构使水处理的过程中影响到下层的有机空穴传输材料, 导致有机材料的降解, 最终反而对器件的寿命提升产生

负面作用<sup>[16]</sup>。而在水汽处理时长为 1 min 时器件初始亮度提高幅度最高并且衰减最慢说明水汽对量子点层发光特性的提升作用和对器件的负面影响之间达到平衡, 这表明此时器件

稳定性提升最为有效, 并且对有机层影响最小, 从而使器件的衰减幅度最小。

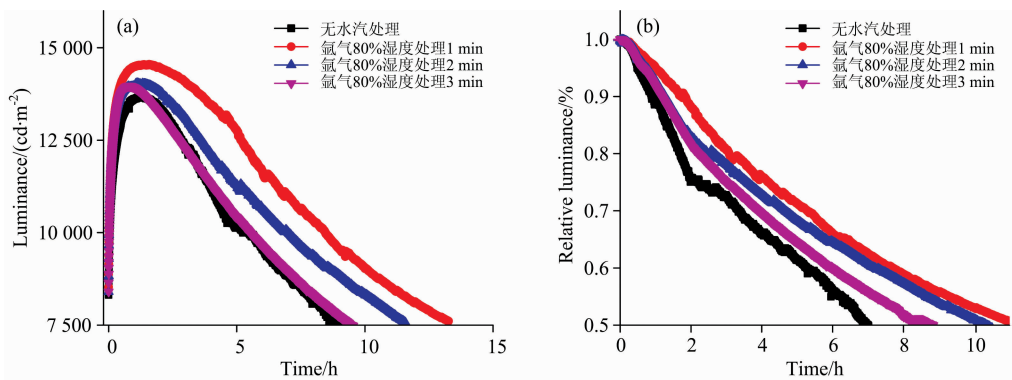


图 3 (a) 经过不同时间水汽处理的器件寿命曲线; (b) 按最高亮度归一化寿命曲线

Fig. 3 (a) Lifetime curves of the four devices after water vapor treatment at different times; (b) Normalized lifetime curves

表 2 不同水汽处理时长下器件亮度提升及衰减至最大值的 50% 所用的时间, 其中  $T_1$  为不同处理时长器件初始亮度  $L_{\text{initial}}$  提升至最大值  $L_{\text{max}}$  所用时长;  $T_2$  为器件由亮度最大值  $L_{\text{max}}$  衰减至 50% 所用时长

Table 2 The time that luminance of all QLEDs increased from initial value ( $L_{\text{initial}}$ ) to maximum ( $L_{\text{max}}$ ) and then decreased to the half of the maximum luminance of all QLEDs.  $T_1$  is the time spent in the increasing stage and  $T_2$  is the time spent in decreasing stage

处理时长/min	$T_1$	$T_2$
0	1.28	9.60
1	1.21	14.26
2	1.08	12.90
3	0.77	10.73

表 3 不同处理时长器件在固定电流下的初始亮度、最大亮度及器件寿命

Table 3 The initial luminance, maximum luminance and lifetime of all QLEDs with different processing time

处理时长/min	$L_{\text{initial}}$ / ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )	$L_{\text{max}}$ / ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Lifetime /h
0	8 310	13 670	13 297
1	8 528	14 530	22 856
2	8 400	14 040	19 663
3	8 400	13 970	16 445

最后, 根据寿命计算公式将器件所测得寿命数值转换为固定亮度下器件的老化寿命以对比各个器件的稳定性。目前实验研究中通常应用 T50 (初始寿命为  $100 \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  时器件亮

度衰减到 50% 所需要的时间), 计算公式为:  $L \cdot t_{50\%} = \text{常数}$ , 其中  $L$  代表器件初始亮度,  $t_{50\%}$  为在此初始亮度时衰减到 50% 所用时间<sup>[17]</sup>。由于量子点与磷光材料具有较为相似的发光特性, 如接近 100% 的光致发光量子产率, 并且为了数据更为有效, 因此老化系数取最小值 1.5<sup>[18-19]</sup>。如表 3 所示, 最终所得器件寿命为器件在初始亮度为  $100 \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  下衰减至 50% 所需时间。通过对比发现, 经过水处理的器件寿命均高于标准器件, 其中处理时长为 1 min 的器件寿命最长, 约为未处理器件寿命的 1.7 倍, 说明在适当时间以内利用水汽处理量子点发光层可以在提升初始亮度的基础上有效地提升 QLED 器件的寿命。

### 3 结 论

通过对量子点发光层进行水汽处理, 研究了水对量子点材料发光性能的影响在器件中的提升作用。结果证明, 水汽处理对量子点层的发光性能有显著的提升作用, 包括器件亮度、效率以及寿命。由于水对量子点表面的缺陷产生了一定的钝化作用, 减少了器件运行过程中激子在发光层中的猝灭, 从而使器件的性能得到一定的提升, 并且电场对这一提升效应有促进作用。而水汽对器件处理时间过长则会在量子点层产生新的缺陷态并且可能使水分子进入到空穴传输层从而渗透进有机聚合物材料, 从而对器件产生负面作用, 说明只有一定时长的水汽处理才对器件的性能有提升作用。总而言之, 本文利用固定电流下亮度的提升提出一种新的方式来提升 QLED 器件的性能, 不仅对器件效率及寿命的提升具有借鉴意义, 同时可以应用于器件封装的研究中。

### References

[1] Dai X, Deng Y, Peng X, et al. Advanced Materials, 2017, 29(14): 1607022.

- [ 2 ] LIU Ting, WANG Wen-qi, LIU Zhi-qun, et al(刘 婷, 王文琪, 刘志群, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2018, 38(6): 1944.
- [ 3 ] SUN Li-zhi, ZHAO Su-ling, XU Zheng, et al(孙立志, 赵 谟玲, 徐 征, 等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2016, 65(6): 067301.
- [ 4 ] Yin H, Zhao S, Xu Z, et al. Chinese Physics Letters, 2016, 33(3): 037301.
- [ 5 ] Li Z. Vacuum, 2017, 137: 38.
- [ 6 ] Kathirgamanathan P, Kumaravel M, Bramananthan N, et al. Journal of Materials Chemistry C, 2018, 6(43): 11622.
- [ 7 ] Zhang H, Feng Y, Chen S. ACS Applied Materials & Interfaces, 2016, 8(40): 26982.
- [ 8 ] Pan J, Chen J, Zhao D, et al. Optics Express, 2016, 24(2): A33.
- [ 9 ] Yang X, Ma Y, Mutlugun E, et al. ACS Applied Materials & Interfaces, 2014, 6(1): 495.
- [10] Yang X, Mutlugun E, Zhao Y, et al. Small, 2014, 10(2): 247.
- [11] Ji W, Jing P, Zhao J, et al. Nanoscale, 2013, 5(8): 3474.
- [12] Qian L, Zheng Y, Xue J, et al. Nature Photonics, 2011, 5(9): 543.
- [13] Pechstedt K, Whittle T, Baumberg J, et al. Journal of Physical Chemistry C, 2010, 114(28): 12069.
- [14] Cordero S R, Carson P J, Estabrook R A, et al. Journal of Physical Chemistry B, 2000, 104(51): 12137.
- [15] Manders J R, Qian L, Titov A, et al. Journal of the Society for Information Display, 2015, 23(11): 523.
- [16] Ding K, Chen H, Fan L, et al. ACS Applied Materials & Interfaces, 2017, 9(23): 20231.
- [17] Wellmann P, Hofmann M, Zeika O, et al. Journal of the Society for Information Display, 2005, 13(5): 393.
- [18] Zhang H, Sui N, Chi X, et al. ACS Applied Materials & Interfaces, 2016, 8(45): 31385.
- [19] Dai X, Zhang Z, Jin Y, et al. Nature, 2014, 515(7525): 96.

## Effect of Water Vapor Treatment on the Performance of Quantum Dot Light-Emitting Diodes

ZHENG Xu-gang<sup>1, 2</sup>, SONG Dan-dan<sup>1, 2</sup>, ZHAO Su-ling<sup>1, 2</sup>, QIAO Bo<sup>1, 2</sup>, SHEN Chong-yu<sup>3</sup>, XU Zheng<sup>1, 2\*</sup>

1. Key Laboratory of Luminescence and Optical Information, Beijing Jiaotong University, Ministry of Education, Beijing 100044, China
2. Institute of Optoelectronic Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China
3. Shineon (Beijing) Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China

**Abstract** In the study of Quantum-Dot Light-Emitting Diodes (QLEDs), the ambient air, especially water and oxygen, has been a major factor affecting device performance. However, some phenomena have shown that water is one of the causes of the increase of luminance under the certain current of QLEDs. Therefore, this effect can be improved by water vapor treatment to optimize device performance greatly. This work aims to study the effect of water vapor treatment to the performance of Quantum-Dot Light-Emitting Diodes (QLED) based on the passivation of the surface states of the quantum dots by water and explore the best processing time. Firstly, The QLEDs were fabricated through solution processes, and after the fabrication of the emission layer, the QLEDs were placed in the argon atmosphere with a certain humidity. In this progress, the degree of water vapor treatment was depended by the different processing time, and the effect of air was isolated by the argon atmosphere. Secondly, the electroluminescence spectra of each device were characterized. The results show that the spectrum of treated QLEDs has a slight blue shift and the shift increases with the increase processing time. The reason for the blue shift is that the particle sizes of QDs decrease due to the oxidation of the surface states of the quantum dots by water. In addition, the current density-voltage-luminance ( $J$ - $V$ - $L$ ) curves were characterized. The luminance and current intensity of each device was compared, and the current efficiency-current intensity (CE- $J$ ) curves were obtained. The results show that the luminance and CE of QLEDs with water vapor treatment were greatly improved with the extension of the processing time. (The luminance is increased by 10%, and the CE is increased by 50% when the processing time is 3 mins) In the end, the luminance of all QLEDs in the certain current were tested and the luminance-time curves were obtained. The aging curves show that the luminance of each QLEDs increased before the deterioration of each device. The initial luminance of devices was improved by 50% to 70% and the time taken to increase to the maximum value decreased with the extension of processing time. The results indicate that the water vapor treatment is effective to optimize the performance of QLEDs. The lifetime of all devices was calculated by the life formula, and the comparison of each devices shows that the treated devices have a longer life than others. (The lifetime is about 1.7 times of the untreated device) As the processing time increases, the decrease of the maximum luminance and the intensified deterioration are attributed to the

negative effects on the organic materials of water and the new defect states generated during the oxidation of the quantum dots by the water molecules. In summary, the water vapor treatment optimizes the performance of QLEDs, which is beneficial for the research of the aging mechanism of the QLEDs and the simplification of the packaging process.

**Keywords** QLED; Water vapor treatment; Passivation; EL; Lifetime

(Received Apr. 9, 2019; accepted Aug. 12, 2019)

\* Corresponding author

## 《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约,自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters 旗下的 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统。

- ScholarOne Manuscripts, 该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。
- 全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 ScholarOne Manuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。
- ScholarOne Manuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。
- ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理工作流程系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用“全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts”,势必对 2010 年 11 月 30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共同努力,不断改进和完善起来。

《光谱学与光谱分析》期刊社

2010 年 12 月 1 日