

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.09.023

蓝光吸收剂在 PC 中的应用探究

孔德玉,申会员,何洋,邵景昌

(公牛集团有限公司,浙江宁波 315311)

摘要:针对白光 LED 光源的富蓝光现象,采用蓝光吸收剂改性聚碳酸酯(PC)基材,利用蓝光吸收剂吸收高能量的蓝光并转化为热能或无害低能辐射释放出来,以消除白光 LED 光谱中的高能蓝光波段。结果表明,蓝光吸收剂改性 PC 材料后,可以有效减少各波长处的蓝光透过率,并且随着蓝光吸收剂添加比例的增加蓝光吸收效果增强;蓝光波段的吸收会造成光谱的缺失,造成光源的显色指数、色温、光通量的下降;不同类型的蓝光吸收剂改性 PC 树脂的蓝光吸收效果存在差异。

关键词: 蓝光吸收剂;改性聚碳酸酯;蓝光透过率;显色指数

中图分类号: TQ32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)09-0111-04

Application and Research of Blue Light Absorber on PC Resin

Kong Deyu, Shen Huiyuan, He Yang, Shao Jingchang

(Gongniu Group Co. Ltd., Ningbo 315311, China)

Abstract : For the blue-rich phenomenon of white LED light source, the blue light was reduced by adding blue light absorbers into the PC resin. High energy blue light could be absorbed and released in the form of heat or harmless low energy radiation by blue light absorbers so as to reduce the high-energy blue light of white LED spectrum. The results show that blue light absorbers reduce the transmittance of blue light effectively and the absorption effect is enhanced with the increase of the blue light absorbers content. In addition, the absorption of blue light will cause the lack of spectrum and decline of color rendering index, color temperature as well as luminous flux. Different types of blue light absorbers bring different absorption effects.

Keywords : blue light absorber ; modified PC ; blue light transmittance ; color rendering index

目前,LED灯生产厂商普遍采用波长为400~480 nm的蓝光激发黄色荧光粉的方法来获得白光^[1-3]。这种白光的光谱结构如图1所示,可以发现LED白光光谱在蓝光波段有一个尖锐的峰,其蓝光占比要远远高于太阳光谱^[4]。这种方式生产的白光LED灯在使用的过程中蓝光波段会使眼睛内的黄斑区毒素量增高,严重威胁眼底健康,甚至诱发致盲眼病,并且如果长期使用这种照明光,将影响人的司辰节律、睡眠,造成生物钟紊乱,从而降低免疫

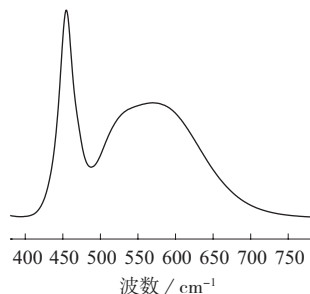


图1 白光LED光谱图

力^[5-7]。基于光生物安全性考虑,蓝光的消减方案在LED中的应用具有重要的意义。

一般照明行业用来解决高蓝光占比的方法主要有两种,第一,通过喷涂蓝光吸收涂层的方法降低蓝光透过率,但喷涂本身污染性较大,且喷涂后的涂层在LED光源的长期使用过程中容易产生龟裂而造成对蓝光的吸收失效。另一种是高显色全光谱法,补齐LED灯白光光谱中相较于太阳光谱缺失部分,使其光谱更连续,更接近太阳可见光^[8-9]。南昌大学的张璟^[10]采用蓝光芯片激发YAG黄色荧光粉并添加红粉和绿粉的方式,制备出蓝光消减高显色指数的白光LED。但是,作为工厂大规模生产,高显色全光谱法将会增加一道工序并且要求更高的封装工艺,势必增加生产成本,从而大大提高白光LED灯的销售价格。

基于成本及工艺的考虑,希望通过在光扩散罩

联系人:孔德玉,硕士,主要研究方向为塑胶材料的改性应用

收稿日期:2017-06-22

中直接添加蓝光吸收剂进行改性来达到消减蓝光的目的。光扩散罩在LED中起到的作用是将光多次折射和反射,使光线均匀散开。目前,光扩散罩主要由透明材料生产,如聚碳酸酯(PC)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA),由于PC具有优异的力学性能和加工性能^[11-15],笔者将选用PC作为光扩散罩基材并共混不同比例、不同类型蓝光吸收剂,并注射成型光扩散罩。通过添加蓝光吸收剂,降低白光LED灯中的蓝光占比,为消费者提供更环保更健康的LED照明产品。

1 实验部分

1.1 原材料

PC: HSX-2X, 厦门宏升兴公司;

蓝光吸收剂: 1227[#], 47[#], 1205[#](型号的差异体现在吸收峰位置的差异), 青岛杰得佳新材料科技有限公司;

单偶氮类黄颜料: Yellow 151, 美利达颜料工业有限公司;

抗氧剂: B900 (20%的Irganox1076抗氧剂和80%的Irganox168抗氧剂的复合物), 宜兴市天使合成化学有限公司;

PMMA光扩散剂: EXM-8, 积水化学工业株式会社。

1.2 仪器与设备

双螺杆挤出机: SHJ-30型, 南京杰恩特机电有限公司;

注塑机: JH600型, 维达利源机械公司;

干燥箱: 841GF-3型, 吴江市亿能烘箱制造有限公司;

可见光光度计: 723C型, 上海欣茂仪器有限公司;

1.5 m积分球测试系统: 杭州创惠仪器有限公司。

1.3 实验步骤

蓝光吸收剂改性PC的工艺流程如图2所示。

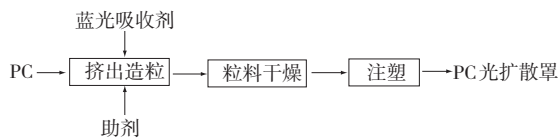


图2 蓝光吸收剂改性PC工艺流程图

PC料先在120℃下干燥6 h, 将蓝光吸收剂和抗氧剂、光扩散剂等助剂按不同比例和顺序加入PC中, 高速搅拌混合均匀后通过双螺杆挤出机造粒,

双螺杆各温度区间设置为200~260℃, 转速为80 r/min, 再将上述蓝光吸收剂改性后的PC粒子于120℃烘烤4 h后注塑得到蓝光吸收剂改性的PC光扩散罩, 注塑机各温度区间设置为240~280℃, 注塑压力40 MPa左右。

1.4 性能测试

改性PC光扩散罩使用可见分光光度计测试蓝光透过率, PC扩散罩安装成整灯后通过1.5 m积分球测试系统测量整灯的光通量、色温、显色指数。

2 结果与讨论

2.1 蓝光吸收剂改性PC对蓝光波段消除的可行性

蓝色发光芯片激发黄色荧光粉获得的典型白光LED光谱中包含紫外及400~480 nm的短波蓝光波段, 偏蓝波段光谱功率较高, 对人体视网膜色素层产生损伤。因此, 通过蓝光吸收剂改性PC粒子注射成型的光扩散罩, 在使用过程中, 扩散罩中的蓝光吸收剂起到吸收蓝光并转化为无害低能辐射从而改善常规白光光谱结构的作用。

1227[#]是一支在340~470 nm具有高效吸收峰的蓝光吸收剂, 具有高效的耐热性, 图3为蓝光吸收剂1227[#]不同添加比例的PC粒子注塑所得的扩散罩安装LED整灯后测得的光谱图。

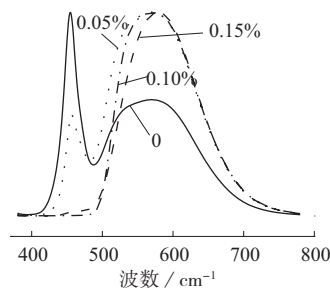


图3 蓝光吸收剂1227[#]不同添加比例时的光谱结构

由图3可以看出, 没有改性的PC与蓝光吸收剂1227[#]改性PC注塑得到成品LED的光谱结构存在明显差异, 没有改性的LED白光光谱在400~480 nm蓝光波段光谱功率较大, 存在明显的尖峰; 蓝光吸收剂1227[#]改性PC后的光谱结构发生明显改变, 蓝光波段范围被有效吸收, 并转化为无害的低能辐射, 功率明显降低。当蓝光吸收剂1227[#]添加比例为0.05%时, 蓝光波段处尖峰强度下降, 但并未消失, 说明通过扩散罩后还存留部分蓝光, 当添加比例增加到0.1%时蓝光基本消失, 只在470 nm附近有轻微蓝光残留; 当添加比例增加到0.15%时, 短波高能段能量基本吸收完全, 说明蓝光吸收剂改性PC对消除蓝光波段是可行的。

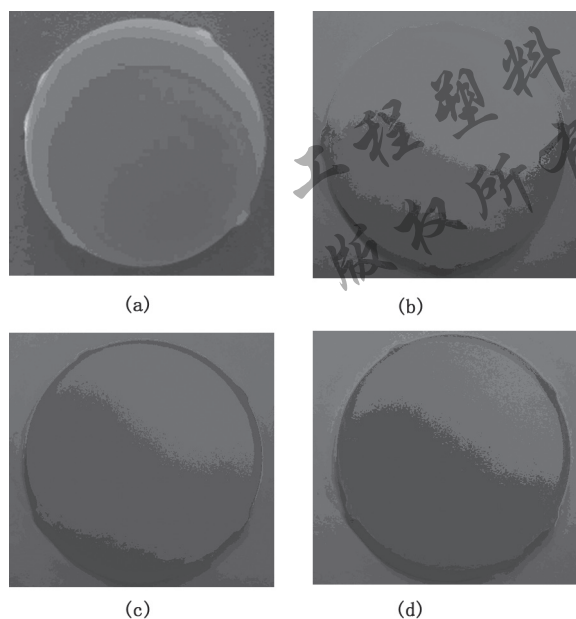
表1为不同含量蓝光吸收剂1227[#]改性PC扩散罩测得的不同波长处蓝光透过率的结果。从表1可以看出,0.15%的添加比例可以有效吸收蓝光,蓝光在410,440,460,480 nm处的透过率均为0,由以上数据可以得出,蓝光吸收剂能有效吸收高能短波并转化为低能辐射,消除LED富蓝化对人眼视网膜的伤害。

表1 不同含量蓝光吸收剂1227[#]改性PC扩散罩的蓝光透过率 %

1227 [#] 含量	蓝光波长 / nm			
	410	440	460	480
0	6.40	6.60	7.90	
0.05	0.20	0.50	1.10	1.50
0.1	0	0	0.1	0.50
0.15	0	0	0	0

2.2 蓝光吸收剂改性PC对LED光学性能的影响

图4为不同含量蓝光吸收剂1227[#]改性PC基材注塑得到的PC光扩散罩照片,可以发现随着蓝光吸收剂1227[#]添加比例的增加,PC光扩散罩的颜色由浅黄绿色变成黄色。



1227[#] 含量: a—0; b—0.05%; c—0.1%; d—0.15%

图4 不同含量蓝光吸收剂1227[#]改性PC光扩散罩的照片

将蓝光吸收剂1227[#]改性的PC光扩散罩安装成LED整灯后,通过1.5 m积分球测试系统测量整灯的光通量、色温、显色指数,研究蓝光吸收剂改性材料后对灯的光学性能的影响,结果见表2。

表2 蓝光吸收剂1227[#]含量对LED灯光学性能的影响

1227 [#] 含量 / %	光通量	色温 / K	显色指数
0	249.04	5572	82.2
0.05	236.55	4065	71.2
0.1	212.43	3077	54.9
0.15	196.6	3256	49.7

由表2可以发现,安装了蓝光吸收剂1227[#]改性PC光扩散罩的LED整灯的光通量、色温、显色指数与常规无蓝光吸收剂的对比,各项参数均发生明显下降。白光光谱中的蓝光波段消减的程度与色温、显色指数呈正相关的关系,由于蓝光波段被蓝光吸收剂吸收,光谱结构不完整导致其光通量明显下降,色温由5000 K下降到4000 K甚至3000 K,同时显色指数也随着蓝光吸收剂含量的增加而降低,而显色指数是评价光源显色性的重要参数指标,显色指数越高越接近可见光。蓝光吸收剂含量的增加虽然可以完全吸收掉400~480 nm处的蓝光,但同时也会造成光谱结构的缺失。

2.3 不同类型蓝光吸收剂的蓝光吸收效果

选取市面上常见的4种不同类型的蓝光吸收剂1227[#],47[#],1205[#]及黄颜料,分别按0.15%的比例改性PC树脂,采用相同的工艺挤出造粒后注塑PC光扩散罩。对安装PC扩散罩的LED整灯进行光谱能量分布和蓝光透过率的测试。

图5为不同蓝光吸收剂改性PC材料后测得的LED整灯的光谱图。从图中可以发现,不添加任何蓝光吸收剂的常规白光LED光谱存在明显的短波蓝光区域,而蓝光吸收剂的加入均可有效吸收蓝光。

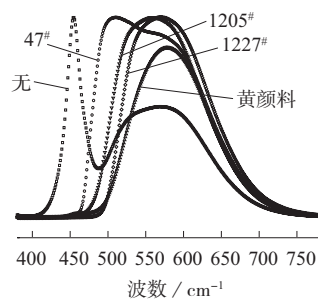


图5 不同蓝光吸收剂对LED灯光谱能量分布的影响

表3为不同蓝光吸收剂改性PC扩散罩测得各波长蓝光透过率值。从表中可知,蓝光吸收剂47[#]可以吸收410,440,460 nm波长高能光,但在480 nm处光吸收效果较差,蓝光透过率高达9.30%;蓝光吸收剂1205[#],1227[#]与黄颜料对四个波段处的蓝光均可吸收,蓝光吸收剂1205[#]仅在

表3 不同类蓝光吸收剂改性PC扩散罩的蓝光透过率 %

蓝光吸收剂型号	蓝光波长 / nm			
	410	440	460	480
空白	6.40	6.60	7.90	
47 [#]	0.10	0.20	0.30	9.30
1205 [#]	0	0	0	0.80
黄颜料	0	0	0	0
1227 [#]	0	0	0	0

480 nm 处残留微量蓝光透过,黄颜料和 1227[#] 都可以保证 410~480 nm 的蓝光零透过率。

分别将不同蓝光吸收剂改性后的光扩散罩安装成整灯,通过 1.5 m 积分球测试系统测量整灯的光通量、色温、显色指数,结果见表 4。

表 4 不同类型蓝光吸收剂改性 PC 对光学性能的影响

蓝光吸收剂型号	光通量	色温 / K	显色指数
空白	249.04	5572	82.2
47 [#]	238.55	4437	61.5
1205 [#]	226.43	3487	55.3
黄颜料	173.1	3135	45.5
1227 [#]	196.6	3256	49.7

由表 4 可以看出,蓝光吸收效果偏弱的 47[#] 和 1205[#] 对 LED 灯的光学性能影响较小,蓝光吸收效果较好的黄颜料和 1227[#] 蓝光吸收剂对 LED 灯的光学性能影响较大。黄颜料和 1227[#] 相比两者都能将 400~480 nm 处的蓝光完全吸收,但 1227[#] 相对来讲对 LED 灯的光学性能影响偏小。以上数据可以得出 1227[#] 蓝光吸收剂相比于其他几种蓝光吸收剂在改性 PC 光扩散罩时的蓝光吸收效果更佳。

3 结论

(1) 蓝光吸收剂改性 PC 基材产品能有效吸收并转化蓝光,各波段蓝光透过率明显降低,低能高波段光强增加,四种蓝光吸收剂的蓝光吸收效果中,1227[#] 和黄颜料吸收效果最好,基本完全吸收,1205[#] 吸收效果次之,47[#] 吸收效果最差。

(2) 蓝光吸收剂改性后的 PC 材料虽然有效吸收了蓝光波段,但由于光谱结构的缺失导致 PC 光扩散罩的颜色偏黄色,其 LED 整灯的光通量、色温、显色指数明显降低。因此在选择合适的蓝光吸收剂时可以降低蓝光吸收剂的添加比例,在吸收蓝光的同时可以兼顾保持优异光学性能。

(3) 蓝光吸收剂改性 PC 后能有效吸收蓝光,降低蓝光对人眼视网膜的潜在损害,但同时又不能完全将蓝光吸收,否则将影响整灯的光学性能,可以选择蓝光吸收效果较好且对光学性能影响较小的 1227[#] 蓝光吸收剂改性 PC 材料。

参考文献

- [1] Steranka F M, Bhat J, Collins D, et al. High power LEDs-technology status and market applications[J]. Phys Stat Sol, 2002, 194(2):380-388.
- [2] 倪泽成,倪孟麟,郭姝蓉. LED 蓝光危害的防治[J]. 照明工程学报, 2013, 24:40-44.
- [3] Bueeler M, Spoerl E, Seiler T. UV collagen cross-linking of the cornea-Safety aspects and design of a UV illumination system[C]. Proc of SPIE, 2008, 6844:doi: 10.1117/12.764769.
- [4] 周李兵,朱瑜,吴浪,等. 家用光源有害蓝光的测试[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(10):33-35.
- [5] 黄婷,郭震宁,林介本. 基于高显色指数白光 LED 的混色研究[J]. 照明工程学报, 2016, 27(5):94-99.
- [6] Steranka F M, Bhat J, Collins D, et al. High power LEDs-technology status and market applications[J]. Physica Status Solidi, 2002, 194(2):380-388.
- [7] 赵介军,乔波,过峰. LED 蓝光危害研究[J]. 照明工程学报, 2015, 26(1):84-87.
- [8] 郝宏刚,王文梁,罗元,等. 基于光学薄膜的 LED 光谱调制技术[J]. 光子学报, 2012, 41(9):1081-1085.
- [9] 申崇渝,徐征,赵漫玲,等. LED 蓝光泄露安全性研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(2):316-321.
- [10] 张璟. 低色温高显色性白光 LED 的制备及性能研究[D]. 南昌:南昌大学, 2012.
- [11] Tayama S, Inoue M. Light-scattering plastic sheets:JP, 4328148A[P]. 1992-11-17.
- [12] 杨华军,张秀菊,沈俊才,等. LED 照明用聚碳酸酯基光散射材料的研究[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(1):44-47.

Ni Zecheng, Ni Menglin, Guo Shurong. Prevention of LED blue

(下转第 124 页)

- Plastics Application, 2014, 42(7):6-10.
- [4] 杨波,李永华,庞承焕,等. 车用聚丙烯内饰材料耐划伤性能研究[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(9):55-58.
- Yang Bo, Li Yonghua, Pang Chenghuan, et al. Study of scratch resistance property of polypropylene interior material for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(9):55-58.
- [5] 傅轶,唐昌伟,彭志宏,等. 耐刮擦、软触感聚丙烯的制备与表征[J]. 合成材料老化与应用, 2015, 44(4):22-25.
- Fu Yi, Tang Changwei, Peng Zhihong, et al. Preparation and characterization of scratch resistant, soft tactile polypropylene[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2015, 44(4):22-25.
- [6] 蒋晗,张建伟. 车用高分子材料耐刮擦性能研究与改善[C]. 2011 汽车车身内外饰产品及新材料应用国际研讨会论文集, 2011:96-98.
- Jiang Han, Zhang Jianwei. Study and improvement of scratch resistance of automotive polymer material[C]. The 2011 Car Interior Products and Application of New Materials in International Seminar, 2011:96-98.
- [7] 陈延安,杨波,周英辉,等. 耐划伤车用聚丙烯材料的研制及应用[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(12):52-54.
- Chen Yanan, Yang Bo, Zhou Yinghui, et al. Development and application of scratch resistant polypropylene for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(12):52-54.
- [8] 张立娟,戴婷,张超. 车用塑料耐刮擦测试方法概述[J]. 广州化学, 2014, 39(3):68-72.
- Zhang Lijuan, Dai Ting, Zhang Chao. Summarize scratch resistance methods of plastic for automobile[J]. Guangzhou Chemistry, 2014, 39(3):68-72.
- [9] 李永华,程冬霞,谢耀文,等. 滑石粉填充共聚聚丙烯划痕形变特性研究[J]. 塑料工业, 2011, 39(9):49-56.
- Li Yonghua, Cheng Dongxia, Xie Yaowen, et al. Study of scratch deformation characteristics of talc filled polypropylene copolymer[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(9):49-56.
- [10] 李永华,杨波,杨燕,等. 车用聚丙烯复合材料耐划伤性能及黏滑现象[J]. 塑料工业, 2010, 38(8):79-81.
- Li Yonghua, Yang Bo, Yang Yan, et al. Scratch resistance and stick-slip phenomena of polypropylene composite for automobile[J]. China Plastics Industry, 2010, 38(8):79-81.
- [11] 胡宝山,金滢,丁树岩,等. 聚丙烯耐划伤性的研究进展[J]. 合成树脂及塑料, 2006, 23(1):63-65.
- Hu Baoshan, Jin Yan, Ding Shuyan, et al. Progress in studies on scratch resistance of PP[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2006, 23(1):63-65.
- [12] 黄晓明,孟成铭,范潇潇,等. 耐刮擦聚丙烯共混物的制备和性能研究[J]. 塑料工业, 2011, 39(11):101-103.
- Huang Xiaoming, Meng Chengming, Fan Xiaoxiao, et al. Preparation and performance research on scratch resistant PP blend[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11):101-103.
- [13] 宋浩,刘辉,秦书浩,等. 尼龙 6 对聚丙烯复合材料耐刮擦性能的影响[J]. 塑料工业, 2011, 39(6):21-23.
- Song Jie, Liu Hui, Qin Shuhao, et al. Effect of PA6 on the scratch resistance of PP composites[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(6):21-23.
- [14] 李永华,杨波,罗忠富. 汽车用聚丙烯耐划伤性能研究[J]. 塑料工业, 2009, 37(s1):39-41.
- Li Yonghua, Yang Bo, Luo Zhongfu. Study of scratch resistance of polypropylene blend for automobile[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(s1):39-41.
- [15] 杨波,李永华,庞承焕,等. 硅酮耐划伤剂对车用聚丙烯内饰材料性能的影响[J]. 塑料工业, 2011, 39(11):111-114.
- Yang Bo, Li Yonghua, Pang Chenghuan, et al. Effect of silicone anti-scratch agent on PP interior performance for automobile[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11):111-114.

(上接第 114 页)

- Yang Huajun, Zhang Xiuju, Shen Juncai, et al. Study on light scattering materials based on polycarbonate used in LED illumination[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(1):44-47.
- [13] Vol N. CIE S 009 / E:2002 Photobiological safety of lamps and lamp systems[J]. Color Research & Application, 2010, 27(6):451-457.
- [14] 欧阳星,陈大柱,汤皎宁. LED 照明用光扩散 PC 的制备[J]. 合成树脂及塑料, 2012, 29(4):21-25.
- Ouyang Xing, Chen Dazhu, Tang Jiaoning. Preparation of light diffusing polycarbonate used in LED illumination[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2012, 29(4):21-25.
- [15] 陈超,夏明飞,杨鸿儒,等. InGaN 基白光 LED 光谱特征和结温相关性研究[J]. 应用光学, 2011, 32(5):1 032-1 036.
- Chen Chao, Xia Mingfei, Yang Hongru, et al. Dependence of InGaN-based white LEDs spectral characteristics on junction temperature[J]. Journal of Applied Optics, 2011, 32(5):1 032-1 036.