

金星. 基于LED光源的多光谱诱虫灯研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 476-478.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.148

基于LED光源的多光谱诱虫灯研究

金星

(遵义师范学院物理与机电工程学院, 贵州遵义 563002)

摘要:以LED(发光二极管)作为发光源,将PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯)板材通过热成型工艺加工成导光筒,将LED点光源转换成360°面光源,制作出导光式多光谱诱虫灯。该诱虫灯具有光色可变、节能环保、使用寿命长的特点。同时,利用LightTools等光学仿真软件建立了基于LED光源的导光筒模型,并对导光筒表面照度和均匀度仿真,获得了导光筒三维网点的最佳参数。

关键词:LED(发光二极管);多光谱;诱虫灯;导光板;趋光性;光学仿真

中图分类号: S475⁺.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0476-03

利用害虫对光和色的趋性来诱杀害虫是一种较为理想的无公害防治方法^[1]。昆虫具有趋光和趋色特性。昆虫对光的感应多偏于波长为253~700 nm的短波光,即相当于光谱中的紫外光至红外光内线部分的区域,也就是说它们不仅能识别色彩光,还能看到人眼不能视觉到的短波光^[2]。农业上常利用昆虫的趋光特性,选用能避天敌习性而对植食性害虫有极强诱杀力的光源、波长、波段来诱杀害虫,或者诱集害虫用于害虫的虫情测报^[3]。诱虫灯的种类很多,目前使用较多的有日光灯、黑光灯、高压汞灯、节能灯、双光灯、频振灯等^[4],这些诱虫灯多采用单一波长的光源制作成发光体,存在光色单一、诱集害虫的种类少、耗电量较大、发光效率和电光转换率较低等缺陷。本研究以LED(light-emitting diode, 发光二极管)作为发光源,用光学级PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯)通过热成型工艺加工成圆筒状导光板(以下简称“导光筒”),将LED点光源转换成360°面光源设计诱虫灯。该诱

虫灯节能环保,可以根据田间需求调节发光颜色、发光强度、发光时间;不仅可以在诱虫灯上安装高压电网杀灭害虫,还可以在诱虫灯上覆盖黏虫胶诱捕害虫。

1 总体设计

1.1 设计原理

本诱虫灯以LED作为发光源,发光源由多个LED发光单元排列而成。根据RGB三基色叠加原理,由R-LED(红光LED)、G-LED(绿光LED)、B-LED(蓝光LED)按“品”字形排列组成一个多光谱LED发光单元,通过PWM(脉冲宽度调制)方式对每个基色的发光灰度进行控制,RGB三基色就可以合成1 600万种颜色(全彩色)。由于LED发出的是散射光,为每个发光单元加装反光膜和聚光透镜以增强光源指向性和改变光源发散角度。发光单元发出的光采用顶部入光的方式耦合进入导光筒,当光射到导光筒内表面的散射网点时,向各个方向发生反射,经过反光膜反射和扩散膜散射后,在导光筒的出光面形成亮度均匀、色度稳定的二次面光源^[5]。所以,可通过对LED灰度级别的控制实现对诱虫灯发光色调的控制,从而利用昆虫的趋光、趋色特性对害虫进行诱捕。

1.2 总体设计

本诱虫灯主要由LED光源、导光筒、扩散膜、反光膜、驱动电路和框架等构成。

收稿日期:2014-10-05

基金项目:贵州省科学技术基金(编号:黔科合J字LKZS[2014]11号);贵州省省级重点学科项目(编号:黔学位办[2013]18号);贵州省教育厅产学研基地项目(编号:黔教合KY字[2013]127号)。
作者简介:金星(1979—),男,贵州遵义人,硕士,副教授,主要从事自动测控、传感器与检测技术等领域的科研和教学工作。
E-mail: jinxingpl@163.com。

5 结论

计算机辅助设计为现在的产品研发极大地降低了成本,同时缩短了研发周期。通过三维软件的建模,使实际产品虚拟化;再通过虚拟装配技术,将各个零件装配在一起;最后采用仿真技术,设置与现实工作状况相似的条件,并测试其重要参数条件,并与设计参数进行对比;反复调试模型参数,达到合理的成品。为实际生产活动提供了一种可靠性高、成本低的有效研发途径。

参考文献:

[1] 吴庆波. 联合收割机行业发展动态及安全质量状况分析[J]. 农

机推广与安全, 2006(7): 44-45.

[2] 吴雪梅, 张富贵, 吕敬堂, 等. 收获机械中摆环机构运动学分析[J]. 农机化研究, 2010, 32(4): 58-59, 64.

[3] 李建平, 刘俊峰, 杨欣, 等. 摆环机构特征造型及运动仿真[J]. 农机化研究, 2008, 30(6): 31-33.

[4] 吴守一. 农业机械学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987: 11-42.

[5] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 387-421.

[6] 李增刚. ADAMS入门详解与实例[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006: 56-79.

[7] 陈志. 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 912-920.

导光筒用光学级 PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯) 通过热成型工艺加工而成 (几何尺寸为内径 90 mm、外径 100 mm、高 210 mm、壁厚 5 mm)。导光筒外表面是发光区域, 发光区域分布着起导光作用的三维网点结构 (图 1)。将 LED 光源安装在导光筒顶部, LED 光源发出的光线由顶部入光的方式进入导光筒内部, 在导光筒内表面安装有保护面板和反光膜, 内表面不发光; 导光筒的外表面是出光面, 安装有保护面板和扩散膜, 可以发出亮度均匀的光源诱虫 (图 2)。在框架内安装 LED 光源和驱动电路, 通过导线与外部电源连接, 框架对内部器件起保护和固定作用。

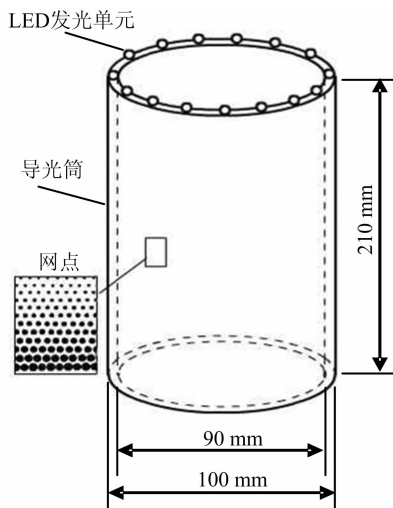


图1 导光筒及 LED 分布结构

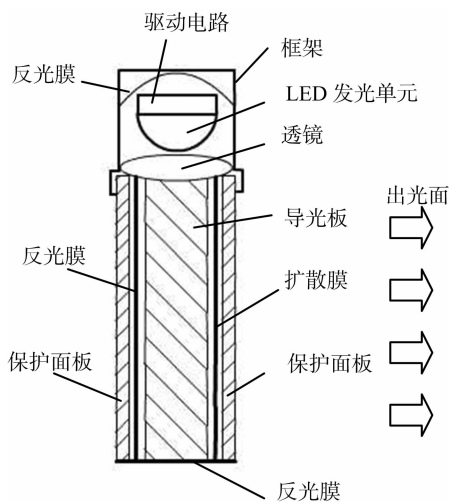


图2 导光筒轴向截面结构

LED 光源可以看作是自身光谱曲线和光型曲线的点光源, 它的发光强度在三维空间内是不同的^[6]。LED 发出的光线其光强在沿导光筒高度方向和垂直于导光筒高度方向都是不同的, 因此, 通过调整网点的半径能够达到导光筒外表面均匀出光的目的。利用具有光学精度的交互式三维实体建模软件 LightTools, 辅助进行导光筒的光学设计。

首先, 在 LightTools 中建立 LED 发光单元的光学模型, 设定 R-LED、G-LED、B-LED 这 3 种 LED 光谱的波长、光通量、发光角度、功率和 LED 的排列方式和数量, 并进行仿真分析, 将仿真结果与预期要求进行对比并不断调试, 直到得到满

意的效果。然后, 在 LightTools 中建立导光筒模型, 导光筒材料选用 PMMA, 尺寸为内径 90 mm × 外径 100 mm × 高 210 mm × 壁厚 5 mm。本设计采用具有极高反射率的三维散射网点, 网点形状为圆形, 网点采用只改变网点大小不改变网点距离的设计思想, 设计原则是靠近光源部分的网点尺寸要小一些、稀疏一些, 远离光源的地方网点尺寸大一些、密一些^[7]。将导光筒外表面划分为若干网格, 对每个网格中网点的大小、数量、密度进行反复调整, 从而设计出整个导光筒的三维散射网点。把 LED 光源发出的光从顶部耦合进入导光筒, 采用 1×10^5 条光线进行光线模拟, 并对每个网格进行 MC (Monte Carlo, 蒙特卡洛) 光线追迹, 获得导光筒的出射光照度分布图形和参数。为了避免导光筒的内表面和底部漏光, 在导光筒的内表面和底部加了 1 层反光膜, 大大提高了光的利用率。最后, 采用曲线拟合法对每个网格的光照参数进行优化, 得到导光筒的三维网点参数 (网点半径 0.05 ~ 1.00 mm 渐变, 沿导光筒轴向的相邻 2 个网点间距 0.55 mm, 网点深度 0.5 mm)。

2 关键部件设计

2.1 LED 光源

本诱虫灯的核心部分是 LED 光源。LED 光源选用 SMD_5050RGB_LED 全彩 LED, 型号 TJ-S50RGBYZ-A02, 将 1 个 R-LED 管芯、1 个 G-LED 管芯、1 个 B-LED 管芯以“品”字形分布封装在一起组成 1 个多光谱发光灯珠, 以 4 个多光谱发光灯珠作为 1 个发光单元, 采用硅树脂封装, 具有导热好、封装面不易受外力损伤的优点, 适合长时间户外工作。该 LED 发光单元在额定电流 20 mA 时的电气和光学参数如表 1 所示。为了增强光源指向性和改变光源发散角度, 为每个发光单元加装反光膜和聚光透镜, 将 R、G、B 这 3 种光线进行叠加处理配光。

表 1 SMD_5050RGB_LED 全彩 LED 电气和光学参数

项目名称	光线	参数值	单位
功耗		200	mW
额定电流		20	mA
峰值电流		100	mA
工作温度		-40 ~ 85	°C
正向电压	R	1.9 ~ 2.1	V
	G	3.0 ~ 3.2	V
	B	3.0 ~ 3.2	V
主波长	R	620 ~ 625	nm
	G	518 ~ 521	nm
	B	465 ~ 468	nm
发光强度	R	700 ~ 800	mcd
	G	1 800 ~ 2 000	mcd
	B	400 ~ 500	mcd

2.2 导光筒

导光筒的设计是本诱虫灯的关键技术之一, 其作用是将 LED 点光源转换成 360° 面光源, 射出光的均匀性和亮度是其最重要的评测指标。导光筒的网点排布、形状及材料决定了导光板的表面照度、均匀性及出光效率^[8]。采用透光性良好的光学级的 PMMA (poly methyl methacrylate, 聚甲基丙烯酸甲酯) 板材料 (厚度 5 mm, 透光率 92% ~ 93%, 折射率 1.482 ~

1.521)通过热成型工艺加工成导光筒。试验表明,散射网点的形状对光散射影响不大,而网点的排布规律则很大程度上影响着输出光的均匀度和亮度^[8]。使用基于CAD软件的BLdots导光板网点布点软件对整个导光筒的散射网点进行设计,通过不断调整和优化,得到网点分布图如图3所示。

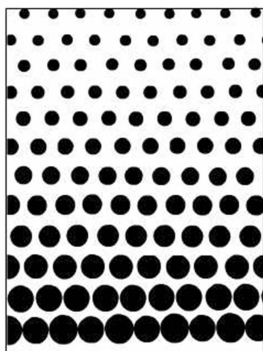


图3 导光筒网点分布示意

采用Tracepro软件进行导光筒表面照度和均匀度仿真。在Tracepro软件中打开导光筒网点分布图,将导光筒材料属性设置为“PMMA”;为了将导光筒内表面和底面的漏光反射回导光筒内部,设置导光筒内表面和底面属性为“mirror(镜面)”;在导光筒入光面沿圆周等距设置LED发光单元模型,在出光面(外表面)建立观察视窗,利用“照度分析”选项中的“剖面曲线”进行照度分析,采用9点测量法对导光筒均匀度进行测量,仿真所得的照度和均匀度均优于商用导光板的要求。

最后,为实现导光筒的制作,用BLdots软件生成导光筒三维网点的数字图纸,并将数字图纸导入CAD软件,激光雕刻机接收CAD软件导出图纸数据,进行导光筒三维网点的雕刻。

3 试验方法与结果

茶叶含有丰富的蛋白质、氨基酸、糖类、维生素、磷、钾、钙等多种有机物和无机物,这些成分的特有比例构成了茶的特定品质和品味,一旦茶树遭受虫害,这些成分的比例就会遭到破坏,影响茶叶的品质^[9]。常见的茶树害虫主要有茶小地老虎、茶尺蠖、茶灰地老虎等趋嫩性害虫,以及茶黑刺粉虱、茶小绿叶蝉、茶蚜等刺吸式害虫,这些害虫会直接嚼食茶树芽叶,降低茶叶的嫩度;刺吸芽叶内糖类、氨基酸等营养成分,破坏茶叶内各种成分的比例,进而影响整个茶叶的品质。相关研究表明,这些害虫具有趋色性和趋光性,因此,可以利用这些害虫对光和色的趋性对其进行诱杀。

3.1 试验方法

试验在贵州省遵义市湄潭县境内某茶场进行,该茶场面积467 hm²以上,地势平坦。为避免外界光源对诱虫效果的影响,场地的选择需远离外界光源。主要试验器材:基于LED光源的广谱诱虫灯(额定功率200 mW × 15 = 3 000 mW = 3 W,电网电压2 500 V,以下简称“广谱诱虫灯”)1台,购买市场上比较普及、杀虫效果较好的某品牌频振式杀虫灯(额定功率35 W,电网电压2 300 V,以下简称“频振杀虫灯”)1台。2灯距离为200 m,灯的底座距离地面高度1 m。试验时间为每天19:00接通2台杀虫灯电源,次日07:00断开2台杀虫灯电源并进行杀虫量统计,连续进行4次。第1次,调整

广谱诱虫灯发出黄色光(波长577 ~ 597 nm),统计其杀虫量;第2次,调整广谱诱虫灯发出蓝色光(波长435 ~ 450 nm),统计其杀虫量;第3次,调整广谱诱虫灯发出白色光(波长390 ~ 760 nm),统计其杀虫量;第4次,调整广谱诱虫灯间隔30 min交替发出黄色光(波长577 ~ 597 nm)、蓝色光(波长435 ~ 450 nm)和白色光(波长390 ~ 760 nm),统计其杀虫量。

3.2 试验结果

如表2所示,从4次试验结果看出频振杀虫灯的杀虫量比较均衡,没有太大变化,平均为280头左右。广谱诱虫灯在发出白色光时杀虫量仅为199头,远不及频振杀虫灯;在发出蓝色光和交替发光的情况下,杀虫量均超过频振杀虫灯;广谱诱虫灯杀虫量平均值只比频振杀虫灯的杀虫量平均值略低。

试验结果表明,广谱诱虫灯的杀虫量比频振杀虫灯的杀虫量还有一定的差距,但是,广谱诱虫灯仅3 W的功耗比频振杀虫灯35 W的功耗低得多;LED灯具寿命普遍超过10万h,远超频振杀虫灯设计寿命5年(43 800 h),因此,广谱诱虫灯杀虫效果好,节能效果显著,寿命长,使用成本低廉,性价比高。

表2 2种杀虫灯杀虫量结果对比

名称	杀虫量(头)				
	第1次	第2次	第3次	第4次	平均值
频振杀虫灯	293	199	317	322	282.75
广谱诱虫灯	289	216	199	336	260.00

4 讨论

本研究根据害虫的趋色、趋光特性设计基于LED光源的广谱诱虫灯,能按田间需要发出不同颜色、不同强度的光诱杀害虫。下一步将研究利用LED作为发光源,通过控制LED的亮灭,寻找LED最佳诱虫闪光频率,进一步提高诱虫效率。随着我国“无公害食品行动计划”的深入进行,开展对农林作物病虫害的物理防治技术研究,具有很强的现实意义和非常广泛的应用前景。

参考文献:

- [1]穆洪雁. 食用菌害虫优势种物理防治和生物防治技术的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2012:1-12.
- [2]张纯青. 害虫对色彩的趋性及其应用技术发展[J]. 温州农业科技,2007(2):1-4.
- [3]钟小荣. 茶叶病虫害无公害防治技术[J]. 现代农业科技,2011(18):203,209.
- [4]胡成志,赵进春,Hao H M. 杀虫灯在我国害虫防治中的应用进展[J]. 中国植保导刊,2008,28(8):11-13.
- [5]李天华,熊飞桥. 基于LED光源的导光式诱虫板的研究[J]. 农机化研究,2013,35(9):108-111.
- [6]Chang S I, Yoon J B, Kim H, et al. Microlens array diffuser for a light-emitting diode backlight system[J]. Optics Letters, 2006, 31(20):3016-3018.
- [7]导光板超薄灯箱的设计和工作原理[EB/OL]. (2014-03-21) [2014-06-28]. <http://www.fzlanqi.com/jshufenxiang/152.html>.
- [8]智佳军,梁铭泉,陈俄振,等. LED单边侧入式导光板的网点设计[J]. 照明工程学报,2012,23(3):60-63.
- [9]高旭晖. 试析茶树病虫害与茶叶品质的关系[J]. 中国茶叶加工,1998(4):12-13.