

基于 MATLAB 的 LED 阵列仿真

吴淑梅¹, 霍彦明¹, 谭俊廷¹, 封丽华²

(1. 河北科技大学 电气信息学院, 河北 石家庄 050081, E-mail: hbwufan@163.com;

2. 河北银行学校, 河北 石家庄 050081)

摘要: 研究了应用于照明光源的 LED 阵列分布方式并基于 MATLAB 软件进行了仿真。首先对 2 种 LED 阵列的照度叠加进行了计算, 根据叠加公式对阵列分布进行了仿真。通过对 2 种 LED 阵列仿真结果的分析, 得出了不同阵列的分布特点并对其进行比较, 最后分析了 2 种不同阵列分布的产品适用性, 为 LED 灯具设计提供了可靠依据。

关键词: 半导体照明; LED 阵列; 照度; 仿真

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A

1 引言

自 1960 年世界上第一颗 GaP 红色发光二极管(LED)面世以来, LED 已在科研和生产领域得到了广泛的应用。尤其是近年来高光效、高亮度的白光 LED 的开发成功, 使得 LED 在照明领域的应用成为可能。人们普遍认为, LED 在不久的将来将代替传统的白炽灯、荧光灯和高强度气体放电灯, 成为一种新型的照明光源, 带来一场照明领域的革命^[1]。

全固态工作的半导体照明光源原理上具有发光效率高、寿命长、体积小、响应速度快、耐震抗冲击、绿色环保, 使用安全等潜在优势^[2]。作为照明光源, 要求在照明区域内具有较均匀的光通量和较高的照度。但是单颗 LED 的功率很小, 所以在光源设计中需要采用多颗 LED 的阵列形式, 加大其发光亮度和发光面积, 改善光照的均匀性^[3]。本文对 LED 阵列分布进行了仿真, 根据仿真结果分析得出了各种阵列的特点, 为 LED 灯具设计提供了精确的参考依据。

2 LED 阵列照度计算及其分布研究

2.1 LED 阵列照度的计算

通常 LED 所照射的目标距离比 LED 本身大

得多。在这种情况下, 可将 LED 发光管简化为一个有一定空间光强分布的点光源^[4,5]。点光源的特点是能以 4π 立体角向周围空间发出相同发光强度的光辐射。假设面元 dS 接受 LED 点光源 S 的光照, 设点光源 S 至面元 dS 的距离为 r , 并且点光源发出的元光束的光轴与面元的法线 N 之间的夹角为 θ , 则面元上的照度为^[6,7]:

$$E = \frac{d\phi}{dS} = \frac{I \cos \theta}{r^2}$$

LED 的光强分布不是一个理想的余弦分布, 该分布可以表示为:

$$I(\theta) = I_0 \cos^m \theta$$

当 LED 照射到与其光轴方向垂直的平面时, 在该平面上的光照度分布为:

$$E(r, \theta) = E_0(r) \cos^m \theta$$

变换坐标得:

$$E(x, y, z) = \frac{z^m I_0}{[(x-X)^2 + (y-Y)^2 + z^2]^{\frac{m+2}{2}}}$$

以上公式为下面 LED 阵列照度仿真的依据公式。

2.2 LED 阵列研究

2.2.1 LED 阵列中 LED 间距的分析

由于 LED 是一种非相干光源, 因此两个 LED 对平面上某一区域的光照度为其单个的叠加(多个 LED 同理叠加), 则有:

$$E(x, y, z) = z^m I_0 \left\{ \left[\left(x - \frac{d}{2} \right)^2 + y^2 + z^2 \right]^{-\frac{m+2}{2}} + \left[\left(x + \frac{d}{2} \right)^2 + y^2 + z^2 \right]^{-\frac{m+2}{2}} \right\}$$

令 $\frac{d^2E}{dx^2}=0$,且 $x=0,y=0$,得出:

$$d_{\max}=\sqrt{\frac{4}{m+3}}\cdot z$$

取 $z=0.1\text{ m}$ 得:

$$d_{\max}=0.0218\text{ m}$$

式中 d 为两个 LED 之间的距离。 d 增加到 0.021 8 时,原点附近的区域仍可保持较高光照度,可认为此时的 d 值为合适距离。通过仿真验证计算结果,如图 1 所示,当 $d=0.021\ 8\text{ m}$ 时,原点附近照度较均匀。

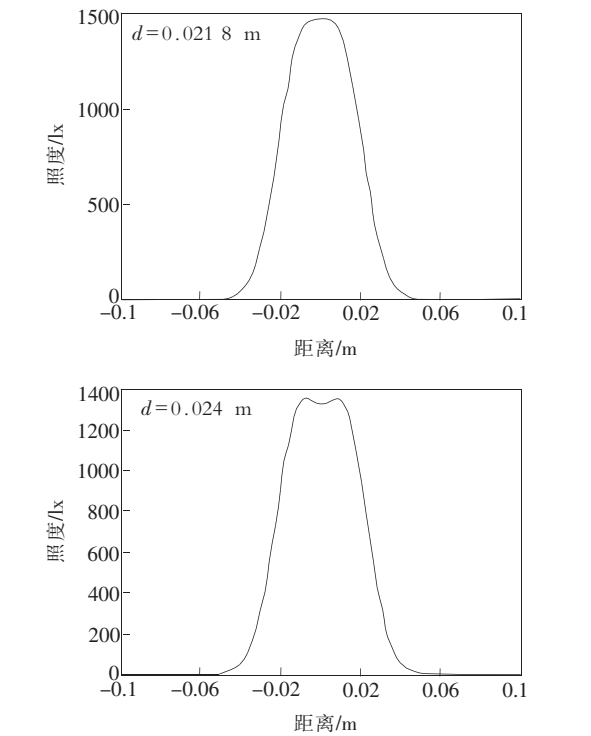


图 1 不同间距的两个 LED 照度仿真

Fig. 1 Illuminance simulation of two LED with different distances

2.2.2 LED 阵列分布研究

LED 阵列分布主要研究的是 LED 阵列分布方式,根据阵列分布方式不同,可以分为面排列方式和立体排列方式。

面排列方式又分为平面排列与曲面排列。平面排列配光就是将多颗 LED 以均匀布置,轴线方向的夹角为零,安装在平面的基板上,形成具有一定面积的面发光光源。其特点是:光照面积小、光输出集中、发光均匀、光照度高。根据使用的功能

要求,具体所形成的发光面形状包含矩形、圆形、椭圆等。曲面排列主要包括柱面排列、球面排列、不规则排列等^[8]。

立体排列方式主要包括球体和柱体。

本文以平面排列中的椭圆形和曲面排列中的球表面排列作为代表对 LED 的面排列方式进行分析,立体排列其实是曲面排列的特例(不只分析底面光照,而是各个面的光照),不再做具体分析。

(1)LED 在平面上的均匀分布。以椭圆形为例分析。

拟采用 135 个 LED 的阵列进行分析,如图 2 所示。

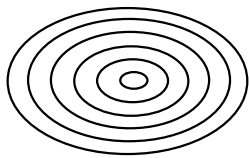


图 2 椭圆形阵列模型

Fig. 2 Oval shape model of LED array

(2)LED 在曲面上的均匀分布。以球表面为例分析。

拟采用 135 个 LED 的阵列进行分析,如图 3 所示。

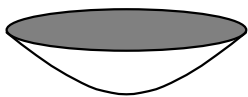


图 3 LED 阵列球表面排列模型

Fig. 3 Global surface arrangement model of LED array

3 LED 阵列仿真及分析

LED 阵列用 Matlab 软件进行仿真^[9]。

3.1 椭圆面的仿真结果及分析

图 4 为 135 个 LED 的阵列椭圆面上的仿真结果。本次仿真取阵列距离照射面为 6 m。

从图 4 的仿真结果可以看出,135 个 LED 的阵列的中心最大照度约为 44 lx,位于超过最大照度的一半即 22 lx 的区域为距中心约 0.8 m 的范围内。通过以上数据可知,椭圆面阵列的照射范围比较集中,此类阵列分布的灯具适用于照射面较小且比较集中的照射领域。

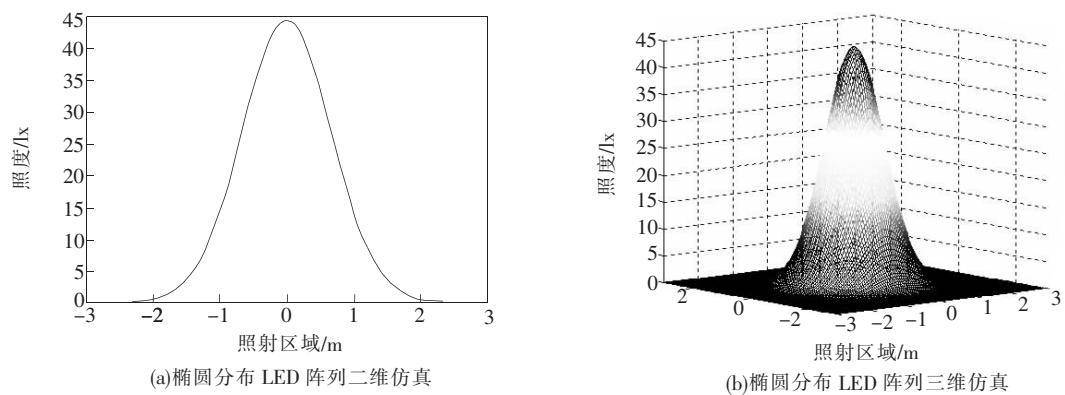


图 4 椭圆面上 135 个 LED 的阵列仿真图形
Fig. 4 Simulating result of oval shape 135 LED array

3.2 球表面的仿真结果及分析

图 5 为部分球表面上均匀分布 135 个 LED 的阵列仿真结果。本次仿真取阵列距离照射面为 6 m。

从图 5 的仿真结果可以看出,135 个 LED 的阵列的中心最大照度约为 3.2 lx,在超过最大照

度的一半即 1.6 lx 的区域为距中心约 3.7 m 的范围内。通过以上数据可知,球表面上的阵列的照射分布成范围比较广的圆面,此类阵列分布的灯具适用于照射面较大但照度要求不是很高的照射区域。

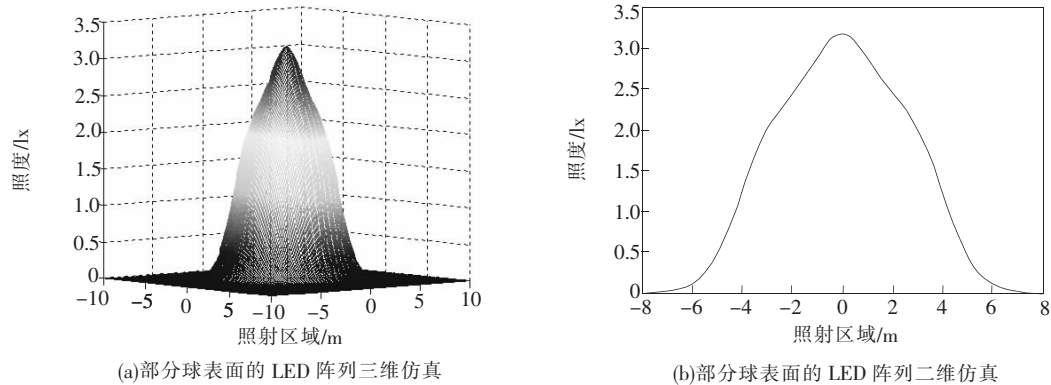


图 5 球部分表面 LED 阵列仿真图形
Fig. 5 Simulating result of global surface LED array

3.3 阵列分布在平面与曲面上的比较

对于两种阵列,所用 LED 及数目均相同,但是根据仿真结果我们可以看出,在照度大小、照射区域等方面存在很大的区别。代表平面的椭圆面阵列的中心照度比较大,达到了 44 lx,但是其照射区域比较小,22 lx 内仅有约 0.8 m 的范围;而分布在球表面的阵列中心照度比较小,仅为 3.2 lx,但照射区域比较大,照度值超过最大照度值 50%的区域半径达到了 3.7 m。

由比较可以得出,代表平面的椭圆面阵列比较适合照度值要求比较大、照射范围较集中的灯具,如台灯、矿灯等;代表曲面的球表面阵列比较

适合照射范围较大、照度要求不高但较均匀的灯具,如广场灯等。本文是假设分析,如果涉及到具体应用则需根据具体要求增加或减少 LED 数量。

4 结 论

目前,LED 在照明领域的应用备受瞩目,但是 LED 灯具完全代替传统灯具还需要一段时间,因为有许多问题还有待解决,如本文中提及的 LED 阵列排列分布问题。本文给出了两种 LED 排列分布的仿真与分析结果,通过仿真分析得出了 LED 不同阵列分布的合理应用方向,为实际设计提供了参考依据。

参 考 文 献:

[1] 徐国芳, 饶海波, 余心梅, 等. 白光 LED 光斑均匀性的改进 [J]. 发光学报, 2008, 29(4): 707-712.

[2] 屠大维, 吴仍茂, 杨恒亮, 等. LED 封装光学结构对光强分布的影响 [J]. 光学精密工程, 2008, 16(5): 832-838.

[3] 陈 风, 袁银麟, 郑小兵, 等. LED 的光谱分布可调光源的设计 [J]. 光学精密工程, 2008, 16(11): 2060-2064.

[4] 蒋金波, 杜雪, 李荣彬. 自由曲面的 LED 路灯透镜的设计 [J]. 液晶与显示, 2008, 23(5): 589-594.

[5] 汪继凡. 半导体照明光源的组装与测试 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.

[6] 胡海蕾. LED 照明光学系统的设计及其阵列光照度分布研究 [D]. 福州: 福建师范大学, 2005.

[7] 王乐. LED 应用于照明的计算和仿真 [J]. 照明工程学报, 2007, (1): 25-30.

[8] 杨光. 照明灯具中白光 LED 阵列的排列及配光 [J]. 灯与照明 , 2008, (1): 1-4.

[9] 张平. MATLAB 基础与应用简明教程 [M]. 北京: 北京航天航空大学出版社, 2002.

LED Arrays Simulation by Using MATLAB

WU Shu-mei¹, HUO Yan-ming¹, TAN Jun-ting¹, FENG Li-hua²

(1. Hebei University of Science & Technology, Shijiazhuang 050018, China, E-mail: hbwufan@163.com;
2. Hebei Banking School, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract

LED has inherent characteristics, such as vibration resistant, energy saving, no pollution, with luminous efficiency improving, LED application is constantly expanding, in particular, which has broad prospects in lighting. As the power of a single LED is very small, but in lighting, the uniform flux and illuminance in a certain region are required, so it is necessary to use LED array for increasing the brightness and luminous area and improving the uniformity of illuminance. The text firstly calculates LED array illuminance, and then according to formula, it makes simulation to the LED array and analyzes simulation results, which obtains the distributed characteristic of the different arrays and compares two kinds of arrays the characteristics. Finally it finds the suitable arrays to the different kinds of lamps and provides accurate reference for designing LED lamps.

Key words: semiconductor light source; LED arrays; illuminance; simulation

作者简介: 吴淑梅(1980—), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向: 检测技术及自动化装置。