

# 基于 DirectX 的 LED 照明仿真系统

陈建新, 陈曦, 史辰, 贺卫利

(北京工业大学 电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

**摘 要:** 针对 LED 光源与传统光源的不同, 对基于 DirectX 的 LED 照明仿真系统进行了研究. 主要探讨了利用 DirectX9 SDK 开发此系统的优势, 结合计算机图形学和光学的基本理论知识, 研究 LED 灯光仿真系统的基本原理和主要组成部分, 提出建模方案和人机交互界面的设计, 并对计算结果进行分析.

**关键词:** LED; DirectX; 仿真; 照明

**中图分类号:** TP 391.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2008)04-0358-03

随着人类物质文明和精神文明的不断提高, 照明已远非一般概念中简单照亮某一空间环境的问题, 而是要根据环保、节能、艺术和文化内涵进行综合考虑. 人们开始把照明提高到“照明文化”或“光文化”的层次进行认知<sup>[1]</sup>.

LED 光源的广泛应用, 是“照明文化”概念逐步深入人心及半导体发光材料技术高速发展的产物. 作为新型高效固态光源 LED, 具有长寿命、节能、安全、绿色环保、色彩丰富和微型化等显著优点, 是人类照明史上继白炽灯、荧光灯之后的又一次革命. LED 光源广泛应用于白光通用照明、装饰照明以及汽车等各类运输工具的照明和背景显示等领域<sup>[2]</sup>. LED 绿色照明工程的整体构架如图 1 所示.

由此可见, 使用软件进行 LED 光环境模拟已成为现代照明工程设计中的一个重要环节. 由于 LED 光源在光照强度、广度和照射面的能量分布等方面与传统光源具有显著差异, 发光强度的空间分布不能等同于传统光源的配光曲线<sup>[3]</sup>, 因此传统的照明模拟软件明显不再适用, 需要重新开发专用软件, 从而对 LED 照明光源进行有效的仿真与控制.

## 1 DirectX 简介

DirectX 是 Microsoft 开发的基于 Windows 平台的一组 API, 用于为高速实时动画渲染、交互式音乐和环境音效等高要求应用开发提供服务. 包含 Direct Graphics(Direct 3D + Direct Draw)、Direct Input、Direct Play、Direct Sound、Direct Show、Direct Setup 和 Direct Media Objects 等多个组件, 并提供一整套的多媒体接口方案, 尤其在 3D 图形方面表现优秀. DirectX 通过“硬件抽象层(HAL)”给予开发人员直接访问硬件的能力, 并且解决了硬件及兼容性问题<sup>[4]</sup>. 目前最盛行的 DirectX 的版本为 DirectX 9.0c, 兼顾运行速度和画面质量, 是 DirectX 发展历程中的重要转折点. 由于 DirectX 由 Microsoft 公司开发, 因此其更适于在 Windows OS 的 VC++ 平台上进行开发.

使用 DirectX9.0C 的另一个优势在于当生成复杂形体三维模型时, 可用专门的设计软件完成建模工作. Direct3D 使用“.x”格式, “.x”格式用于编程环境, 具有相应功能调用, 从而便于开发. “.x”文件按对象划分模型数据, 每个 3D 对象中包含坐标点、面的构成、顶点向量和纹理坐标等几种简单的几何数据类

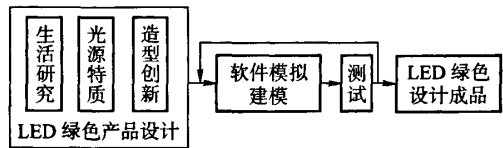


图 1 LED 绿色产品设计的整体研究开发架构

Fig.1 LED Green product design R & D

收稿日期: 2007-04-29.

作者简介: 陈建新(1945-), 男, 山东潍坊人, 教授, 博士生导师.

型,数据读取简单。“.x”文件可存为文本文件,并可以直接修改模型参数。同时在 DirectX SDK 中提供了“conv3ds.exe”程序,可以把“.3ds”文件转换成“.x”文件<sup>[5]</sup>。因此可以首先使用 3DSMAX 软件设计灯具外型,生成“.x”文件,再将“.3ds”文件转换成“.x”文件。

## 2 照明仿真系统的设计

照明仿真系统的设计主要分为 3 部分:LED 灯具的建模、交互界面的设计和计算结果的分析。

### 2.1 LED 灯具的建模

本系统采用半立方体辐射算法建立 LED 光学模型。辐射度算法是一种计算全局照明的方法,其成功地模拟了理想漫反射表面间的多重漫反射效果。辐射度方法基于热辐射工程的能量传递和守恒理论,即在一个封闭的环境中,能量经多重反射之后,最终会达到一种平衡状态<sup>[6]</sup>。

假设周围环境为 1 个封闭系统,则表面上每点  $x$  处的微面元  $dS(x)$  向周围环境辐射的能量由其自身的辐射光能及接受来自环境中其他景物表面向该点辐射后反射的光能组成。 $x$  点处的辐射度  $B(x)$  满足

$$B(x)dA(x) = E(x)dA(x) + \rho(x) \int_s B(x')F(x',x)dA(x')$$

其中, $dA(x)$  为微面元  $dS(x)$  的面积; $E(x)$  为该表面在  $x$  点处的自身辐射度; $\rho$  为反射率; $F$  为形态因子, $F$  为方程求解的关键。又由辐射度定义可知,微面元  $dS(x')$  向四周发出的总能量为  $B(x')dA(x')$ ,故微面元  $dS(x')$  对微面元  $dS(x)$  的形状因子为

$$F(x',x) = (\cos\theta_x \cos\theta_{x'})dA(x')/(\pi r^2)$$

此系统使用 Z-buffer 绘制场景<sup>[7]</sup>。无论视点、视线、光源光照属性、面片漫反射系数发生改变,均无需重新计算形状因子<sup>[8]</sup>。漫射环境下的辐射度方法见图 2。应用辐射度算法建立的 LED 模型得出的光照效果见图 3。

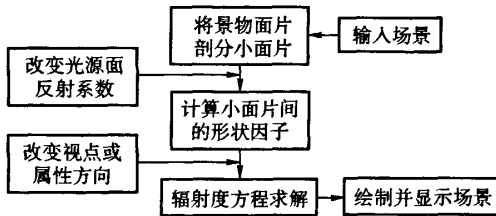


图 2 辐射度方法流程图

Fig.2 The flow chart of radiosity

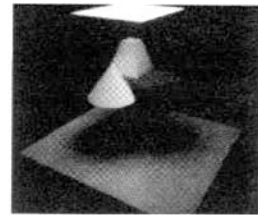


图 3 LED 模型光照效果仿真图

Fig.3 Model of LED illuminating

### 2.2 交互界面的设计

本系统采用图形用户界面。图形用户界面已成为桌面应用软件的标准<sup>[9]</sup>,为用户提供灵活的直观输入输出方式,节省用户时间,并降低误操作机率。由于本系统为三维仿真系统,人机交互中很重要的一个部分就是对三维场景和其中的对象进行操作,但现有的交互设备,无论是输出设备(计算机屏幕),还是输入设备(键盘,鼠标)都是二维交互设备。而其他一些三维设备,例如:三维数据手套,三维扫描仪和三维投影仪,存在着设备成本高,占用空间较大等不足,对于普通用户尚无法普及。本系统运用 DirectX 提供的 SDK,可以简单利用鼠标和键盘实现 3D 交互。DirectX SDK 中 CD3DArcBall 类专门提供鼠标的 3D 操作。界面主体分 3 个部分:控制区,计算区和显示区。控制区用于完成情景初始化任务,即选择基本场景和 LED 灯具等。初始化完成后,在计算区进行计算,计算结果即效果图在显示区中。

### 2.3 计算结果分析

由于本系统采用辐射度算法建模,因此可以保留各点的辐射度值.为方便分析,1个小面片的结构体定义为:

```

struct RxInfo {           //1个面片           };
    float    area;        //面片的面积           struct Spectra{
    float    FF;          //辐射因子           float r;
    Spectra  unshotB;     //剩余的辐射能量     float g;
    Spectra  reflectB;    //反射的辐射能量     float b;
    Spectra  B;           //已积累的辐射能量   }

```

利用递归方法计算辐射度,可得到每个面片的积累辐射能量  $B$ ,由于  $B$  使用 RGB 形式表现,因此整个图像可转化为使用颜色表示能量分布的图像.能量对应的颜色值使用光谱顺序进行定义,红色表示能量高的部分,紫色表示能量低的部分.由此可得到空间中大致的光能分布曲线,使输出结果更为直观.通过对仿真结果的分析,可以方便并清楚地得到重要信息.

### 3 结束语

本文所阐述的 LED 照明仿真系统,其特色是运用 DirectX9 SDK 在 VC++ 6.0 软件平台上开发,并能根据 LED 颜色种类多、可以形成点发光、线发光和面发光的自发光等特性,进行 LED 灯具三维立体建模.采用交互方式,使用户可以只通过键盘和鼠标即可完成特定场景中的灯光布置(包括光源的位置以及数量).通过增添、编辑、计算和显示等步骤,得到 LED 灯具照明的直观效果,同时用户还可对计算结果进行分析,令设计更为直观和灵活.

#### 参考文献:

- [1] 路绍泉. LED 照明——半导体的又一次革命[J]. 灯与照明, 2002, 26(4): 13-16.  
LU Shao-quan. LED lighting—Semiconductor revolution once again[J]. Light & Lighting, 2002, 26(4): 13-16. (in Chinese)
- [2] 柯顿 J R. 光源与照明[M]. 陈大华, 译. 上海: 复旦大学出版社, 2000.
- [3] 中国计量科学研究院. 从 LED 的配光曲线谈起[J]. 中国照明电器, 2004(10): 1-4.  
National Institute of Metrology P. R. China. Speaking from candle power distribution curve of LED[J]. China Light & Lighting, 2004(10): 1-4. (in Chinese)
- [4] 陈卡. DirectX9 3D 图形程序设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.
- [5] 周晓波, 郭顺生. 基于 OpenGL 的灯光仿真系统[J]. 计算机仿真, 2004, 21(1): 93-95.  
ZHOU Xiao-bo, GUO Shun-sheng. Light simulation system developed by OpenGL[J]. Computer Simulation, 2004, 21(1): 93-95. (in Chinese)
- [6] COHEN M F, WALLACE J R. Radiosity and realistic image synthesis[M]. Boston: Academic Press, 1993.
- [7] 杨枝灵. Visual C++ 数字图象获取、处理及实践应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [8] FOLEY J D, DAM A V, FEINER S K, et al. 计算机图形学原理及实践——C 语言描述[M]. 第 2 版. 唐泽圣, 董士海, 李华, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [9] 陈昌龙, 王大鹏, 徐家栋. LED 灯光仿真控制系统的软件设计[J]. 现代显示, 2006, 64: 168-170.  
CHEN Chang-long, WANG Da-peng, XU Jia-dong. Software design of the LED lighting simulation control system[J]. Advanced Display, 2006, 64: 168-170. (in Chinese)

## Temperature Characteristics of AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub> HEMT's Ni/Au Schottky Contact

ZHANG Xiao-ling, XIE Xue-song, LÜ Chang-zhi, LI Zhi-guo

(College of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** The temperature characteristics of AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub> heterostructure's Schottky contact is described by I-V measurement. At room temperature, Schottky barrier height is 0.75 eV, the ideality factor is 2.06. When the temperature rises, Schottky barrier height rises too, but the ideality factor decreases. The main reason is the effect of heterostructure and two dimension electronics gas(2DEG). When the forward current is 1 mA, the forward voltage at room temperature is 1.65 V. The temperature coefficient of the forward voltage between room temperature and 300 °C is -1.6 mV/°C.

**Key words:** Schottky contact; AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub> HEMT; temperature characteristics

(责任编辑 郑筱梅)

(上接第 360 页)

## LED Lighting Simulation System Based on DirectX

CHEN Jian-xin, CHEN Xi, SHI Chen, HE Wei-li

(College of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** In view of the difference from LED source and traditional sources, a new LED lighting simulation system based on DirectX is developed. The paper has investigated the advantages of developing the system by DirectX9 SDK, and combine the basic theoretical knowledge of computer graphics and optics to research the principles and main components of LED simulation system. It presents a LED model solution and a human-computer interactive interface design, and analyzes the simulating results of this system.

**Key words:** LED; DirectX; simulation; lighting

(责任编辑 苗艳玲)