



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106932853 B

(45) 授权公告日 2021.02.09

(21) 申请号 201611055699.7

(22) 申请日 2016.11.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106932853 A

(43) 申请公布日 2017.07.07

(73) 专利权人 上海三思电子工程有限公司
地址 201100 上海市闵行区疏影路1280号
专利权人 上海三思科技发展有限公司
嘉善三思光电技术有限公司

(72) 发明人 周士康 陈春根 杜金 缪路平

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所(普通合伙) 31219

代理人 高彦

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 2588387 Y, 2003.11.26

CN 102901053 A, 2013.01.30

审查员 张小丽

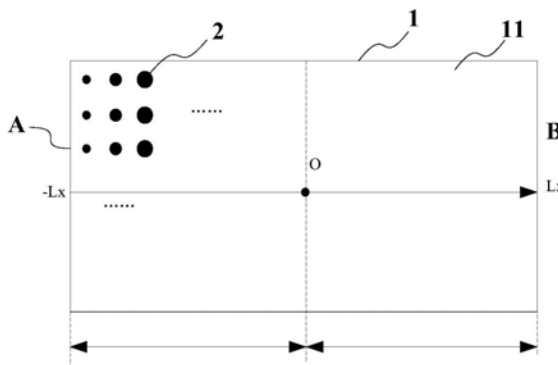
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

导光板设计方法及导光板、网点分布方法及照明器具

(57) 摘要

本发明提供的导光板设计方法及导光板、网点分布方法及照明器具,在设计方法中,通过该得到导光板位置与网点参数之间的关系公式;设定导光板任意两个位置及其对应的网点参数的值,将网点参数和导光板位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示,得到导光板的网点分布,这使得在各种情况下都有了网点半径分布的实用数学表达式,这就给导光板的设计工作带来了极大的方便。



1. 一种侧入式导光板设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

得到导光板位置与网点参数之间的关系公式;

设定导光板任意两个位置及其对应的网点参数的值,将网点参数和导光板位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示,得到导光板的网点分布;

所述侧入式导光板设计方法得到的网点分布结果应用于导光板中的网点的分布,所述导光板的一面为出光面;所述出光面邻接的各侧面中的相对的两个为进光侧,各网点的半径值的分布函数表示为:

$$r_x(x, r_1, r_2, L_x, a_x) = r_1 \cdot \exp(-|x/L_x|^{a_x} (\ln(r_1/r_2))) ;$$

其中,以进光侧至其另一进光侧的垂直方向为x坐标轴,且以所述坐标轴在所述两个进光侧间的中心点为原点,x为网点的坐标, $x \in [-L_x, L_x]$; L_x 为导光板的两个进光侧至原点的距离; $a_x \leq 2$; r_1 及 r_2 分别为位于预定区域中最靠近所述进光侧的网点及所述中心点处网点的半径值。

2. 根据权利要求1所述的侧入式导光板设计方法,其特征在于,所述得到导光板位置与网点参数之间的关系公式的方法包括:利用光学原理进行公式推导或设置试探函数进行仿真验证的方式。

3. 根据权利要求2所述的侧入式导光板设计方法,其特征在于,所述网点参数为网点尺寸或网点间距。

4. 根据权利要求2所述的侧入式导光板设计方法,其特征在于,对边进光或周边进光的导光板的试探函数为改型高斯函数。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的侧入式导光板设计方法,其特征在于,还包括,对网点分布进行随机化的步骤。

6. 一种导光板网点分布随机化的方法,其特征在于,包括以下步骤:

得到导光板网点分布的公式,其以网点在导光板的位置坐标为变量;

利用随机函数对每个网点的位置坐标生成网点间距值以内的随机数,依此对每个网点坐标进行位移,得到分布随机化后的网点分布;

所述侧入式导光板设计方法得到的网点分布结果应用于导光板中的网点的分布,所述导光板的一面为出光面,所述出光面邻接的各侧面中的相对的两个为进光侧,各网点的半径值的分布函数表示为:

$$r_x(x, r_1, r_2, L_x, a_x) = r_1 \cdot \exp(-|x/L_x|^{a_x} (\ln(r_1/r_2))) ;$$

其中,以进光侧至其另一进光侧的垂直方向为x坐标轴,且以所述坐标轴在所述两个进光侧间的中心点为原点,x为网点的坐标, $x \in [-L_x, L_x]$; L_x 为导光板的两个进光侧至原点的距离; $a_x \leq 2$; r_1 及 r_2 分别为位于预定区域中最靠近所述进光侧的网点及所述中心点处网点的半径值。

7. 根据权利要求6所述的导光板网点分布随机化的方法,其特征在于,对每个网点坐标进行位移的位移量为:网点间距与每一处网点尺寸之差的一半,与所述随机数的乘积。

8. 根据权利要求7所述的导光板网点分布随机化的方法,其特征在于,所述随机数的范围为-1到+1。

9. 一种侧入式导光板,为厚度均匀的板状结构,其一面为出光面,位于所述出光面边缘的各侧面中的至少一个为进光侧;多个网点,阵列分布于与所述出光面相对的一面上,其特

征在于,所述网点的分布满足权利要求1-5中任一项所述的侧入式导光板设计方法得到的网点分布结果;

所述侧入式导光板设计方法得到的网点分布结果应用于导光板中的网点的分布,所述导光板的一面为出光面;所述出光面邻接的各侧面中的相对的两个为进光侧,其中,各网点的半径值的分布函数表示为:

$$r_x(x, r_1, r_2, L_x, a_x) = r_1 \cdot \exp(-|x/L_x|^{a_x} (\ln(r_1/r_2)));$$

其中,以进光侧至其另一进光侧的垂直方向为x坐标轴,且以所述坐标轴在所述两个进光侧间的中心点为原点,x为网点的坐标, $x \in [-L_x, L_x]$; L_x 为导光板的两个进光侧至原点的距离; $a_x \leq 2$; r_1 及 r_2 分别为位于预定区域中最靠近所述进光侧的网点及所述中心点处网点的半径值。

10. 一种照明器具,包括光源、导光板,所述光源安装朝向所述导光板的出光面邻接的侧面,所述导光板为权利要求9所述的侧入式导光板。

导光板设计方法及导光板、网点分布方法及照明器具

技术领域

[0001] 本发明涉及照明设备技术领域,尤其是涉及导光板设计方法及导光板、网点分布方法及照明器具。

背景技术

[0002] 侧入式导光板相对于直下式导光板最大的优点是厚度薄、重量轻、成本低,目前侧入式仍是导光板生产的主流,特别是中小尺寸导光板几乎全部是侧入式的。但侧入式导光板由于其光线是从边缘进入导光板的,因此易于造成导光板表面亮度不均匀,因此网点设计就成了侧入式导光板设计的关键所在。

[0003] 侧入式导光板网点的设计有许多方法,但实际上绝大部分厂家的设计都是依赖商用光学仿真模拟软件,再根据仿真和实测的结果不断人工修改规则分布的网点的大小或修改相同大小网点的分布位置。这样做的问题是效率较低、耗时长。现有技术中许多工作(例如在论文《侧入式LED背光源导光板网点设计与仿真》,广东工业大学学报2014(41),No.4,95-99;论文《侧光平板式导光板网点设计及仿真分析》,液晶与显示2006(21),No.3,206-212以及论文《LED单边侧入式导光板的网点设计》2012(23),No.3,60-63)都试图从理论出发给出网点设计的数学计算模型,推导出网点分布的公式。但这些理论工作绝大多数只适合单边进光的导光板,逐行设置参数推导出最终分布结果,不能一次性得到整个导光板的网点分布,部分论文中得到了该些单边进光导光板等直径网点分布公式,但其参数物理意义未知,在使用上很不方便。此外,大部分导光板如电脑、平板灯等稍为大一些的都是多边进光,不能采用单边进光的理论。在论文《用于照明的侧光式导光板网点设计》(照明工程学报,2012,,23(6),103-105)中讨论了多边进光的情况,其方法是四边进光时把矩形导光板分成四个小区域来进行计算,但这就不可避免存在区域间的“边界效应”(参见侧光式LED背光源的导光板网点设计[J],应用光学,2008(29),No.5,690-692),使得亮度不够均匀。

[0004] 此外,现有技术中采用的规则的网点分布有可能会产生莫尔条纹,从而影响导光板的均匀性。在网点间距较大时,可以用进一步优化网点分布的方法改善均匀性。优化网点分布的理论工作比较多,如斥力缓和法、动态分子法、超均匀分布理论。其中较先进的方法是动态分子法,这种方法可以理解为把网点看成一个个气体分子,按分子动力学的理论,网点就像气体分子那样,距离远了则引力起主要作用,将其拉近,距离近了则斥力起主要作用,则将其推远,最后达到平衡时的距离,同时也达到一个随机分布。但动态分子法循环周期长,耗时多,而且有人还对等半径的网点做过试验,用动态分子法做无数次循环,最终结果反倒是所有分子(网点)都达到了平衡状态,结果造成一个事与愿违的均匀网点分布。由于这些工作的复杂性高,因此实用性较低,大都还是停留在理论层面上。

发明内容

[0005] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种设计方法,用于侧入式导光板的网点设计,推导结果中仅有直接与导光板物理量直接相关的参数,利用该方法

变通到各类形状结构不同的导光板中的延伸方法；以及利用该方法计算出的单侧、双侧以及多侧进光侧入式导光板及其灯具，其中揭露了该些导光板网点分布的特征，以实现单边或多边进光的亮度均匀，解决现有技术中的问题。

[0006] 为实现上述目的或其它目的，本发明提供一种侧入式导光板设计方法，包括以下步骤：得到导光板位置与网点参数之间的关系公式；设定导光板的两个特定位置及其对应的网点参数的值，将网点参数和导光板位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示，得到导光板的网点分布。

[0007] 于本发明的一实施例中，所述得到导光板位置与网点参数之间的关系公式的方法包括：利用光学原理进行公式推导或设置试探函数进行仿真验证的方式。

[0008] 于本发明的一实施例中，所述网点参数为网点尺寸或网点间距。

[0009] 于本发明的一实施例中，对边进光或周边进光的导光板的试探函数为改型高斯函数。

[0010] 于本发明的一实施例中，所述的侧入式导光板设计方法，还包括，对网点分布进行随机化的步骤。

[0011] 为实现上述目的或其它目的，本发明提供一种导光板网点分布随机化的方法，包括以下步骤：得到导光板网点分布的公式，其以网点在导光板的位置坐标为变量；利用随机函数对每个网点的位置坐标生成网点间距值以内的随机数，依此对每个网点坐标进行位移，得到分布随机化后的网点分布。

[0012] 于本发明的一实施例中，对每个网点坐标进行位移的位移量为：网点间距与该处网点尺寸之差的一半，与所述随机数的乘积。

[0013] 于本发明的一实施例中，所述随机数的范围为-1到+1。

[0014] 为实现上述目的或其它目的，本发明提供一种侧入式导光板，为厚度均匀的板状结构，其一面为出光面，位于所述出光面边缘的各侧面中的至少一个为进光侧；多个网点，阵列分布于所述出光面相对的一面上布于所述出光面上各预定区域，所述网点的分布满足通过所述导光板设计方法得到的网点分布结果。

[0015] 于本发明的一实施例中，所述出光面邻接的各侧面中的一个为进光侧，各所述网点的半径值的分布函数表示为：

$$[0016] \quad r(x, r_1, r_2, L_x) = \sqrt{\frac{2L_x r_1^2 r_2^2}{(L_x + x)r_1^2 + (L_x - x)r_2^2}} ;$$

[0017] 其中，以进光侧至其相对侧的垂直方向为x坐标轴，且以所述坐标轴在所述进光侧与其相对侧间的中心点为原点，x为网点的坐标值， $x \in [-L_x, L_x]$ ； L_x 为导光板的所述进光侧或其相对侧与原点的距离； r_1 及 r_2 分别为位于所述预定区域中最靠近所述进光侧及其相对侧的边缘网点的半径值。

[0018] 于本发明的一实施例中，所述出光面邻接的各侧面中的相对的两个为进光侧，其中，各网点的半径值的分布函数表示为：

$$[0019] \quad r_x(x, r_1, r_2, L_x, a_x) = r_1 \cdot \exp\left(-\left|\frac{x}{L_x}\right|^{a_x} (\ln(r_1/r_2))\right) ;$$

[0020] 其中，以进光侧至其另一进光侧的垂直方向为x坐标轴，且以所述坐标轴在所述两

个进光侧间的中心点为原点, x 为网点的坐标, $x \in [-L_x, L_x]$; L_x 为导光板的两个进光侧至原点的距离; $a_x \leq 2$; r_1 及 r_2 分别为位于所述预定区域中最靠近所述进光侧的网点及所述中心点处的网点半径值。

[0021] 为实现上述目的或其它目的, 本发明提供一种照明器具, 包括光源、导光板, 所述光源安装朝向所述导光板的出光面邻接的侧面, 所述导光板为所述的侧入式导光板。

[0022] 本发明对单边、对边和四边进光的三种情况导出或提出了网点半径的分布函数, 这就可以一次性计算得到所有网点的半径。而且使用的自变量都是有明确物理意义的基本参数如导光板的边长, 边缘网点半径, 实用性强。

[0023] 对单边进光的情况, 本发明在推导基本公式的基础上, 用边条件把公式变为以导光板边长和网点半径为自变量的实用公式。对于对边和四边进光的情况, 本发明提出用改型的高斯函数作为试探函数, 用边条件来解得网点半径分布函数, 实际计算和仿真的结果令人相当满意。这使得在各种情况下都有了网点半径分布的实用数学表达式, 这就给导光板的设计工作带来了极大的方便。

[0024] 网点分布的随机化可以进一步改善导光板的亮度均匀度。本发明提出了一个非常简单有效的方法, 称为“局域随机化方法”, 能够有效解决现有技术中随机化方法无法实用的问题。

[0025] 由于决定侧光式导光板某处亮度的是该处网点的对光的散射程度, 也就是网点的填充率, 因而只要控制填充率的分布, 不管等半径而不等间距的网点或等间距而不等半径的网点都可以给出完全相同的结果。本发明的大部分实施例采用的方案是等间距而不等半径的网点, 给出的结果是网点半径大小的分布, 对于其他类型的网点如立体网点, 本发明的基本原理同样是可以使用的。采用本发明设计方法设计的导光板及其照明器件, 具有极好的光均匀度, 在申请人制作的样品中均匀度高达92.1%。

附图说明

[0026] 图1显示为本发明的单边进光的导光板的出光面设计示意图。

[0027] 图2显示为本发明的单边进光的导光板在一实施例中的网点半径分布函数曲线示意图。

[0028] 图3显示为本发明的对边进光的导光板在一实施例中的网点半径分布函数曲线示意图。

[0029] 图4显示为本发明的四边进光的导光板的出光面设计示意图。

[0030] 图5显示为本发明的四边进光的导光板在一实施例中的网点半径分布函数曲线示意图。

[0031] 图6显示为本发明的对边进光的导光板在一实施例中的出光面的网点半径分布结构示意图。

[0032] 图7显示为对图6中的网点进行随机偏移后的结构示意图。

[0033] 图8A显示为本发明的单边进光导光板在一实施例中的的网点半径分布函数的曲线示意图。

[0034] 图8B显示为图8A实施例的网点分布结构示意图。

[0035] 图8C显示为图8A实施例的导光板的照度分布仿真结果。

[0036] 图9A显示为本发明的对边进光导光板在一实施例中的的网点半径分布函数的曲线示意图。

[0037] 图9B显示为图9A实施例的网点分布结构示意图。

[0038] 图9C显示为图9A实施例的导光板的照度分布仿真结果。

[0039] 图10A显示为本发明的四边进光导光板在一实施例中的的网点半径分布函数的曲线示意图。

[0040] 图10B显示为图10A实施例的网点分布结构示意图。

[0041] 图10C显示为图10A实施例的导光板的照度分布仿真结果。

具体实施方式

[0042] 本发明中针对矩形导光板对单侧、双侧、周边进光以及随机化网点的方法的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的方法和说明来推导其他形状的导光板和进光情况下的网点分布。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0043] 需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0044] 本发明设计方法的核心思想在于先得到导光板位置与网点参数(设计中设置的变量,例如网点大小、网点间距)之间的关系公式,然后设定导光板任意两个位置和对应的网点参数的值,将网点参数和导光板位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示,得到实用公式。在较优的实施例中根据这一结果进一步进行网点的随机化分布,最后根据这一结果进行导光板的仿真以及对应的制造具有上述网点分布的导光板。下面将通过实施例结合不同网点参数的变量设置以及不同的进光情况进行详细说明,本发明涉及侧边进光的导光板的设计,所述侧边进光可以是单边进光,也可以是多边进光;以矩形体状的导光板为例,若其上表面或下表面为出光面,则其出光面的4个边缘的侧面中任意一个和多个都可以是进光侧。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例中针对矩形导光板,圆形网点,网点间距相同,网点大小变化的单侧进光的情况进行推导说明:

[0047] 首先进行步骤一:得到网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系公式。对于圆形网点,尺寸变量参数为半径(当然也可以用直径表征),在其他形状的网点设计中,我们只需要对应地表达出设计中的网点尺寸变量与网点面积的关系,例如在方形的网点中,可以用边长来表征,需要注意的是,该网点尺寸变量优先为仅设置一个尺寸变量,例如在梯形网点中可以固定上底、下底和高三个参数中的两个,将剩下的一个参数作为变量,这样可以大大减少计算量。对本实施例的单边进光的情况来说,我们直接从导光板的基本原理出发推导出均匀出光要求下网点半径(r)和位置(x)的关系。

[0048] 所述位置(x)是在导光板的出光面建立的平面坐标系(例如平面直角坐标系)中的坐标,例如图1所示,导光板1的A侧为进光侧,从A至其相对侧B的垂直方向为x坐标轴,以A和B在该坐标轴的中心为原点,若C的边长为2*Lx,则A侧的坐标为-Lx,B侧的坐标为Lx,而出光面11上各个网点2可以从A至B的方向排设为多行,在等间距的情况下,网点2的位置不同(即x坐标不同)而半径不同。

[0049] 从其原理来分析,侧入式导光板中,进入导光板的光线在导光板中多次全反射不断向前传输,而导光板上的网点则改变了光线全反射的特性,使得照射在网点上的光线散射,由导光板的正面射出。导光板内的光通量当然应该是x的函数,它可以用一个一维函数 $\Phi(x)$ 描述。由于不断散射,它是逐渐变小的,而 $\Phi(x)$ 经过一个无限小的距离dx后其减少的部分可以用微分描述为 $-d\Phi(x)$ 。设单位长度散射到导光板外面的光通量为 φ_0 ,忽略吸收时光在经过dx长度后的损失部分 $d\Phi(x)$ 当然就应该是散射到导光板外面的光 $\varphi_0 dx$,这就得到了方程(1):

$$[0050] \quad -\frac{d\Phi(x)}{dx} = \varphi_0 \quad (1)$$

[0051] 我们要求导光板是均匀出光的,因此 φ_0 为常数。这样在经过距离x后,散射到导光板外的总光通量应该是 $\varphi_0 \cdot x$,设起始光通量为 Φ_0 ,因此光通量 $\Phi(x)$ 是随坐标x的增加而线性减少的,即:

$$[0052] \quad \Phi(x) = \Phi_0 - \varphi_0 \cdot x \quad (2)$$

[0053] 另一方面,散射光是通过网点散射的,散射的大小应该与该处的光通量 $\Phi(x)$ 成正比,即:

$$[0054] \quad -\frac{d\Phi(x)}{dx} = \sigma(x) \cdot \Phi(x)$$

[0055] 而比例系数就是该处的出射光强和总光通量的比,称为出光效率 $\sigma(x)$:

$$[0056] \quad \sigma(x) = -\frac{d\Phi(x)/dx}{\Phi(x)} \quad (3)$$

[0057] 把(1)和(2)代入(3)得:

$$[0058] \quad \sigma(x) = \frac{\varphi_0}{\Phi_0 - \varphi_0 \cdot x} \quad (4)$$

[0059] 上面的(4)式就是单边进光时出光效率函数的基本公式。注意我们的推导没有引入任何假定,仅仅是从导光板基本原理和均匀出光的要求出发而得到的,因此(4)式是一维导光板的基本公式。

[0060] 由(4)式求半径分布函数就非常容易了。设由于网点之间间隔固定,可以认为网点分布在间距是 Δx 的小正方形网格的顶点上,网点是圆形,则填充率 $\eta(x)$ 应该是圆面积除以正方形面积:

$$[0061] \quad \eta(x) = \frac{\pi \cdot r(x)^2}{\Delta x^2} \quad (5)$$

[0062] 对这些网点的分布进行设计以实现均匀出光,由于决定侧光式导光板某处亮度的是该处网点的对光的散射程度,受到区域内网点的填充率的影响,因而只要控制填充率的分布,则所述网点的形状并不限定,例如可以为圆形、正方形或正三角形甚至不规则的图形等,只需要根据面积正确的表征出填充率即可;在后面的各实施例中,也是例示性地以网点为圆形进行设计,长度量则为其半径。因此在其他网点形状的实施例中,只需要将公式(5)中的圆面积公式用对应形状的面积公式替代即可。

[0063] 而同一个地方的填充率和出光效率显然是应该是正比关系,设比例系数k,即:

$$[0064] \quad \eta(x) = k \cdot \sigma(x) \quad (6)$$

[0065] 由(4)(5)(6)三式可得到了网点半径函数为:

$$[0066] \quad r(x) = \Delta x \cdot \sqrt{\frac{k \cdot \varphi_0}{\pi(\Phi_0 - \varphi_0 \cdot x)}} \quad (7)$$

[0067] 为了便于计算,本实施例中设矩形导光板的坐标原点在长边为 $2 \cdot L_x$ 的矩形正中心,即x的变化范围为 $-L_x$ 到 L_x ,则出光效率函数(4)和网点半径分布函数(7)就变为

$$[0068] \quad \sigma(x) = -\frac{\varphi_0}{\Phi_0 - \varphi_0 \cdot (x - L_x)} \quad (8)$$

$$[0069] \quad r(x) = \Delta x \sqrt{\frac{k \cdot \varphi_0}{\pi(\Phi_0 - \varphi_0 \cdot (x + L_x))}} \quad (9)$$

[0070] 这样,我们就得到了网点半径(r)和位置(x)的关系。当然随着不同坐标系或坐标原点的选取,得到的关系式也会有差异。可以看到在公式中还存在物理意义不明的参数k以及与导光板物理参数无关的 φ_0 和 Φ_0 ,无法直接运用在导光板的设计中。

[0071] 然后进行步骤二:设定任意两个网点位置和网点尺寸变量的值,将网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示,得到实用公式。出于计算方便以及常规设计习惯的考量,任意两个网点位置和网点尺寸变量的值较优选择为导光板的边界条件(网点尺寸最大和最小时的位置,在对边进光和周边进光的实施例中,边界条件选取为中心网点和边缘网点的尺寸和位置)。具体到本实施例中,我们设定 $x = -L_x$ 和 $x = L_x$ 两个位置的网点半径为 r_1 和 r_2 ,以k和 φ_0 为未知变量,由下列两个边条件联立方程求k和 φ_0 的符号解:

$$[0072] \quad \begin{cases} r(-L_x, r_1, r_2, L_x) = \Delta x \sqrt{\frac{k \cdot \varphi_0}{\pi(\Phi_0)}} = r_2 \\ r(L_x, r_1, r_2, L_x) = \Delta x \sqrt{\frac{k \cdot \varphi_0}{\pi(\Phi_0 - \varphi_0 \cdot (2L_x))}} = r_1 \end{cases} \quad (11)$$

[0073] 得:

$$[0074] \quad k = \frac{2\pi r_1^2 r_2^2 L_x}{(r_2^2 - r_1^2) \Delta x^2}$$

$$[0075] \quad \varphi_0 = \frac{\Phi_0(r_2^2 - r_1^2)}{2L_x r_2^2} \quad (12)$$

[0076] 代入(9)式经简化后可以得到半径分布函数的表达式(13)。

$$[0077] \quad r(x, r_1, r_2, L_x) = \sqrt{\frac{2L_x r_1^2 r_2^2}{(L_x + x)r_1^2 + (L_x - x)r_2^2}} \quad (13)$$

[0078] 式(13)就是最后的实用公式。注意自变量 Φ_0 自动消失了,这在物理意义上是很合理的结果,反映了起始光通量 Φ_0 是一个相对值,不应该影响半径的分布。 Δx 也消失了,这反映了半径分布函数的连续性,即与网点间距 Δx 无关。由于联立方程(11)的解(12)已经把自变量给取代了,使得 φ_0 和物理意义不清晰的 k 也消失了,自变量变成了物理意义清晰的 r_1, r_2, L_x ,这将十分有利于导光板设计。此外,由(12)还可以看到,要使得光通量 $\varphi_0 > 0$ 必须 $r_2 > r_1$,也就是离光源越远网点越大。这些数学和物理的一致性还可以在某种程度上反过来证明了我们所得函数的合理性。

[0079] 这样,在设计导光板时,只要给定 r_1, r_2, L_x 的具体数值,立刻就可以由(13)式得到网点分布函数。例如,对半边长为50mm,边缘网点半径为0.5mm和1mm的导光板,其网点半径的分布应该为函数 $r(x, 0.5, 1, 50)$,得到图2所示的网点半径分布函数曲线示意图。

[0080] 在光源设置在导光板中心,例如“回字形”、环形、中心有孔洞的正多边形等形状的导光板,原理上与单侧如光的导光板相同,可以采用同样的方式分区域进行计算,或者采用极坐标进行计算,由于与角度无关,仅与位置离光源距离相关,因此也仅有一个位置变量,计算过程在此不再赘述。

[0081] 实施例2

[0082] 本实施例与实施例1的区别在于,导光板的网点尺寸不变,网点间距变化。用以教导本领域技术人员理解本申请的方法如何在导光板变量类型不同的情况下进行变形。

[0083] 同样的,步骤一:得到网点间距变量参数和网点位置之间的关系公式。基于同样的光学原理和基础公式,方程(1)~(4)、(6)不变,填充率公式(5)由于变量变化需要变形,相邻列网点之间间隔变化,设每列网点之间间隔变量为 $\Delta L(x)$,每行之间间距为常数 b (若为正方形则同样为 $\Delta L(x)$),网点是圆形,则填充率 $\eta(x)$ 应该是圆面积除以长方形面积:

$$[0084] \quad \eta(x) = \frac{\pi R^2}{\Delta L(x) \cdot b} \quad (5')$$

[0085] 采用与实施例1中同样的坐标设定,带入计算得到网点间距和位置的关系:

$$[0086] \quad \Delta L(x) = -\frac{\varphi_0 \cdot b}{k\pi R^2(\Phi_0 - \varphi_0 \cdot x)} \quad (9')$$

[0087] 然后进行步骤二:设定任意两个网点位置和网点尺寸变量的值,将网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示。我们设定 $x = -L_x$ 和 $x = L_x$ 两个位置的网点间距为 L_1 和 L_2 ,解得 k 和 Φ_0 ,带入(9')得到实用公式:

$$[0088] \quad \Delta L(x) = \frac{2L_x L_2 L_1}{L_x L_2 + L_x L_1 + (L_1 - L_2) \cdot x} \quad (13')$$

[0089] 同样可以看到其中不再含有物理意义不明确或不相关的物理量,只要给定 L_1, L_2 和

L_x 的具体数值立刻就可以由(13')式得到网点分布函数。

[0090] 实施例3

[0091] 实施例3与实施例1的区别在于,光源设置在导光板的两侧或周边。用以教导本领域技术人员理解在多侧进光的情况下进行变形。

[0092] 相同的,进行步骤一:得到网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系公式。实施例1中介绍了通过光学基本原理进行推导的方式,同样可以适用,基于非相干光的可叠加性原理,可以把通过网点散射出来的光通量分成两部分之和,这时,(1)和(2)式应该分别对两部分成立,这样可以得到两个函数。数学计算过程不再赘述,本领域技术人员可以根据实施1和实施例2中的方法的教导进行对应的变形,最后可以得到多项式函数,和下文介绍的较优方法得到的结果相比参数太多,使用起来较为复杂。在本实施例中我们介绍另外一种方法:采用设置试探函数的方式来获得这一关系公式。

[0093] 具体来说,根据光学基本原理我们的大致预测到网点分布的曲线特性,这样我们可以选取符合这些特点的数学函数作为试探函数,然后去验证试探函数是否满足光均匀性的要求来判断是否选择正确。具体到本实施例中,一是离开光源越远则网点应越大,这是侧面进光导光板的一般规律;二是左右对称性,这是在对边进光是显然的;三是平滑性,即不能有突变,这就要求函数的定义域包括整个导光板,那么试探函数应该是中间大边缘小的左右对称的钟形曲线。每条光线的散射方向是独立随机的,我们在此联想到,在数理统计理论中,如果一个量是由许多小的独立随机因素影响的结果,那么就可以认为这个量具有高斯分布函数的性质,而高斯函数正是上面所说的左右对称的钟形曲线,这就自然想到有很多个网点的随机散射的导光板的网点分布具有高斯函数的性质。然后我们对试探函数的进行仿真模拟验证这一试探函数是否反映出网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系。在假定网点分布符合高斯分布,反过来看这种网点分布是否能够给出均匀的照度分布,经过模拟仿真的结果是能够体现。

[0094] 高斯函数的标准形式为:

$$[0095] \quad r(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0096] 在确定试探函数之后,进行步骤二,设定任意两个网点位置和网点尺寸变量的值,将网点尺寸变量参数和网点位置之间的关系公式中的物理意义不明的常量用导光板具体物理量来表示。

[0097] 为了方便计算我们依然利用矩形导光板的边条件求网点半径分布函数,即导光板中心位置网点的大小和导光板靠近光源的边界网点的大小。将此函数用在导光板网点半径分布时,其系数的意义就应该是中心点的半径,即边界条件之一,令其为 r_1 。将此式略加改型:

$$[0098] \quad r(x) = r_1 \cdot \exp\left(-\frac{|x|^{a_x}}{w}\right) \quad (14)$$

[0099] 式(14)中 w 是表示分布宽度的一个量,其系数为 r_1 表示导光板中心点的网点半径。为了使函数仍然左右对称,必须把 x 变为 $|x|$ 。而原来高斯函数的指数2改成了变量 a_x ,其目的是可以在2附近的一个小范围内变化,以便在保持高斯函数性质的前提下人工地略微改

变函数的分布,从而达到高均匀度。

[0100] 令导光板边缘的半径为 r_2 ,则解下列方程:

$$[0101] \quad r_1 \cdot \exp\left(\frac{|L_x|^{a_x}}{w}\right) = r_2 \quad (15)$$

[0102] 可求得 w 的符号解为:

$$[0103] \quad w = L_x \left(-\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)\right)^{\frac{1}{a_x}} \quad (16)$$

[0104] 把(16)代入(14),并把函数的形式改为多元函数,就得到了对边进光时的 x 方向网点半径 r_x 的分布函数的符号形式:

$$[0105] \quad r_x(x, r_1, r_2, L_x, a_x) = r_1 \cdot \exp\left(-\left|\frac{x}{L_x}\right|^{a_x} \left(\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)\right)\right) \quad (17)$$

[0106] 举一个例子,半边长为50的导光板,其中心和边缘网点半径分别为0.3和0.02,半径分布就应该简洁地表示为下列函数

$$[0107] \quad r_x(x, 0.3, 0.02, 50, 2) = 0.3 \cdot \exp\left(-\left|\frac{x}{50}\right|^2 \left(\ln\left(\frac{0.3}{0.02}\right)\right)\right) \quad (18)$$

[0108] 其分布如图3所示。即对于一个给定长度 L_x 的导光板,令 $a_x=2$,只要调节 r_1 和 r_2 的大小,用(17)式比较容易满足均匀分布的要求,还可以略微调节 a_x 来微调曲线来得到更好的亮度分布。

[0109] 同样的方法也可以使用在网点大小相同,网点间距变化的实施例中,变换方式可以参照实施例2。

[0110] 实施例4

[0111] 本实施例中介绍周边进光的导光板的网点,依然以矩形导光板、网点间距不变网点大小变化为例。

[0112] 依然可以通过前述两个步骤得到网点分布的实用公式。本实施例中在实施例3得到了对边进光导光板网点公式的基础上,设矩形导光板两个方向的半长度为 L_x 和 L_y ,见图4,可以直接把(17)式推广到 y 方向,立刻可以写出 y 方向网点半径分布函数为:

$$[0113] \quad r_y(y, r_1, r_2, L_y, a_y) = r_1 \cdot \exp\left(-\left|\frac{y}{L_y}\right|^{a_y} \left(\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)\right)\right) \quad (19)$$

[0114] 这里 x 和 y 是独立的,在数学上是可以分离的变量,因此总的函数可以写为多元函数:

$$[0115] \quad r_{xy}(x, y, r_1, r_2, a_x, a_y, L_x, L_y) = r_1 \cdot \exp\left(-\left(\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)\right) \cdot \left(\left|\frac{x}{L_x}\right|^{a_x} + \left|\frac{y}{L_y}\right|^{a_y}\right)\right) \quad (20)$$

[0116] 举一个例子,矩形导光板长度为1000x600mm,中心和边缘网点半径为0.5和0.1mm,代入多元函数(20),得到网点半径的分布为函数 $r_{xy}(x,y,0.5,0.1,2,2,500,300)$,计算结果作图见图5。

[0117] 在其他形状的导光板周边进光的实施例中,例如圆形、正多边形等中心对称的形状中,也可以采用将高斯函数用极坐标表示来进行计算。

[0118] 通过实施例1-4的方法得到导光板的分布公式,求网点分布的问题就变成有了函数求各自变量时的函数值的简单问题。例如,可以先列出一个以 x,y,r 三个变量为三列的空表。我们可以选择自变量变化的基本单元即小网格的形状为正方形,长方形,三角形或多边形等,按照这些形状的要求填充表中的所有 x 和 y 值,由于这些形状的规律性很强,用简单的程序就可以解决此问题,本发明不再赘述将数学计算用程序来实现的具体方法了。后面的例子中用的是最简单的正方形网格,即 x 和 y 都是等间隔的情况。

[0119] 以对边进光为例,网点计算结果见图6所示。这里为了能清楚示意出规律,计算的网点数目比实际结果小了100倍。

[0120] 由式(5)可以知道网点间距、网点半径、网点填充率三者之间只要知道两个就可以求得第三个。上面的例子中我们使用了网点半径作为函数的值,实际上也可以用填充率代替半径,这时可以由(5)式代入(13)或(17)或(20)即可分别得到几种情况下的填充率的公式。

[0121] 设计的结果还可用商用仿真程序如TracePro或LightTools进行仿真,这当然还要把上述分布表简单地变成符合你使用的仿真程序具体格式要求的表格,这里也不必赘述。

[0122] 实施例5

[0123] 本实施例介绍如何将上述规则的网点分布随机化,前述计算过程中可以看出影响光通量的实际上是区域内网点的填充率,在得到前述表达式之后,已经网点的填充率能够满足使得导光板各区域的光通量均匀的效果。也就是说,在此情况下网点进行有限距离内进行小范围的位移并不会影响。这样,我们可以用数学上的随机函数产生一个随机数,让网点在局部范围内抖动一个有限的距离。实际结果证明这种简单的方法也完全可以满足随机化的要求。这一方法的使用前提在于,首先得到网点在导光板上分布的函数公式,其以网点在导光板的位置坐标为变量,例如之前几个实施例中获得的实用公式。然后利用随机函数生成一个网点间距值以内的随机数,依此对每个网点进行随机的位移,得到随机化后的网点分布。

[0124] 以实施例4中周边进光的导光板为例,实施例中的分布函数包含 x 和 y 两个变量,分别对网点的 x 和 y 坐标在周围没有被网点占用的范围内随机性移动一个距离,逐个对所有网点进行这个操作,就得到了新的网点分布。具体来说,采用下面直接给出局域随机化的公式(21)。其中 $\text{rand}()$ 是随机数生成函数,假设其产生的是0-1范围内的一个随机数。因此 $2\text{rand}()-1$ 则将得到-1~+1范围内的一个随机数。 x,y 是原始文档分布表中的网点位置, $\Delta x,\Delta y$ 是原始网点分布表中该处的网点间隔, $r(x,y)$ 是该处网点的半径,为了使移动后的网点相互无交叠,其可移动的距离在 x,y 两个方向分别被定为 $\left(\frac{\Delta x}{2}-r(x,y)\right)$ 和 $\left(\frac{\Delta y}{2}-r(x,y)\right)$,即规则网点的间距之半再扣除该处网点的半径。 x_{new} 和 y_{new} 是随机化以后的新位置。

$$\begin{aligned}
 [0125] \quad x_{new} &= x + \left(\frac{\Delta x}{2} - r(x, y) \right) \cdot (2 \cdot rand() - 1) \\
 [0126] \quad y_{new} &= x + \left(\frac{\Delta y}{2} - r(x, y) \right) \cdot (2 \cdot rand() - 1)
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

[0127] 这样,对每个 (x, y) 都进行相同的操作,就会得到抖动后的网点分布坐标。这一过程在求网点分布表的程序中只要增加很小的一段程序就可以完成。而且用局域随机化方法得到的新的网点基本上不会与附近的网点重叠。将 x_{new} 和 y_{new} 带入网点分布的函数中即可得到随机后的网点结果。当然由于抖动的距离比起导光板尺寸来说非常小,而半径分布函数是一个缓变函数,即函数值随位置的变化不大,也可以只抖动改变 x 和 y 的值而不改变 r 值。因此它也可以在得到网点分布表以后进行。

[0128] 采用本发明的局域随机化方法对如图6的结果进行处理,结果见图7。

[0129] 仿真数据验证:

[0130] 虽然公式适用于任何网点点间距的导光板,但并非任何边缘网点半径都可以得到均匀的照度。这是由于(5)式的原因,只有合适的半径分布才能得到合适的填充率分布。为了得到出光表面均匀的照度,我们要按照照度仿真结果调整 r_1 和 r_2 。好在本方法需要调整的变量很少,只需要有限次尝试即可得到满意的结果。

[0131] 单边进光导光板仿真:例如,导光板尺寸为 $100 \times 60 \text{mm}$,坐标原点在正中心,点间距采用 1.5mm ,用(13)式计算网点半径。仿真的结果表明,当 $r_1 = 0.3, r_2 = 0.37$ 时导光板亮度均匀度可以得到较好的结果。此时的半径分布函数为 $r(x, 0.3, 0.37, 50)$,整个导光板的半径分布函数曲线如图8A所示。在 $98 \times 58 \text{mm}$ 的范围内计算可得2680个网点,用实施例5的方法进行随机化运算,结果见图8B所示。在TracePro中仿真的导光板表面照度分布,所用光线数为70万,结果见图8C。

[0132] 对边进光导光板仿真:对于对边进光的情况,以发光天花板用的平板灯为实际目标,计算导光板边长为 270mm ,正方形网格,点间距 $\Delta x = \Delta y = 1.4 \text{mm}$,用(17)式计算网点半径。仿真的结果表明,当中心网点 $r_1 = 0.31 \text{mm}$,边缘网点 $r_2 = 0.14 \text{mm}$,而 $a_x = 2$ 时导光板亮度均匀度就可以得到较好的结果,此时半径分布函数为 $r_x(x, 0.31, 0.14, 135, 2)$,整个导光板的半径分布函数曲线如图9A所示。在 $268 \times 268 \text{mm}$ 范围内的网点总数为32014个,采用局域随机化方法优化计算,图9B为计算结果。图9C为在TracePro中仿真的导光板表面照度分布。图9C的仿真结果是在未经区域性修正情况下得到的,均匀度达到了97%,这也说明本发明的方法是较成功的。

[0133] 四边进光导光板仿真:四边进光可以用于相对较大的导光板,但此时要达到较好的均匀性就更困难,用本发明的(20)式却可以较好地解决此问题。以 $1000 \times 1000 \text{mm}$ 的正方形导光板为例。这里直接给出其网点半径分布函数、22万个圆形网点分布、仿真亮度分布等结果分别见图10A、图10B和图10C所示,不再详细说明。

[0134] 为进一步证明本发明方案的技术功效,申请人根据上述方案制作了 $270 \times 270 \text{mm}$ 对边进光的导光板样品,网点为圆形,黑色油墨印刷,分别使用PMMA和钢化玻璃两种材料进行试制,并组装成 $300 \times 300 \text{mm}$ 的灯具,可以用在发光天花板等地方,其实测结果如下表1所示:

[0135]	211141x	213391x	216861x
	221781x	244661x	203651x

212151x	201581x	196631x
---------	---------	---------

[0136] 表1面光源灯具表面亮度实测结果

[0137] 如表1所示,该样品实际加工后测量的表面照度均匀度,均匀度为92.1%,与仿真结果有差别,分析主要是由于仿真是按照材料吸收为零进行的。表面亮度正比于照度。

[0138] 在现有技术中,矩形导光板边缘的四个角容易和中间的照度不同,而在我们制造的例子中,没有发生这种情况,一轮计算就得到了很好的均匀度。在其他情况下,如果出现了不均匀的情况,或需要更高的均匀度,则还可以进行局部调整,也就是对某些位置的网点修改其r值。基于网点半径分布表,只要判断x,y是否在修改的范围内就可以用计算机辅助来进行修正了。

[0139] 本发明还进一步公开了基于上述方法得到的导光板结构,包括:导光板主体,为厚度均匀的板状结构,其一面为出光面,位于所述出光面边缘的各侧面中的至少一个为进光侧;多个网点,阵列分布于所述出光面相对的一面上,其中,网点的分布满足本发明中设计方法中得到的导光板位置与网点参数的关系。

[0140] 本发明还进一步公开了使用上述导光板的照明器具,其可例如为使用LED、CCFL等光源的面板灯。

[0141] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

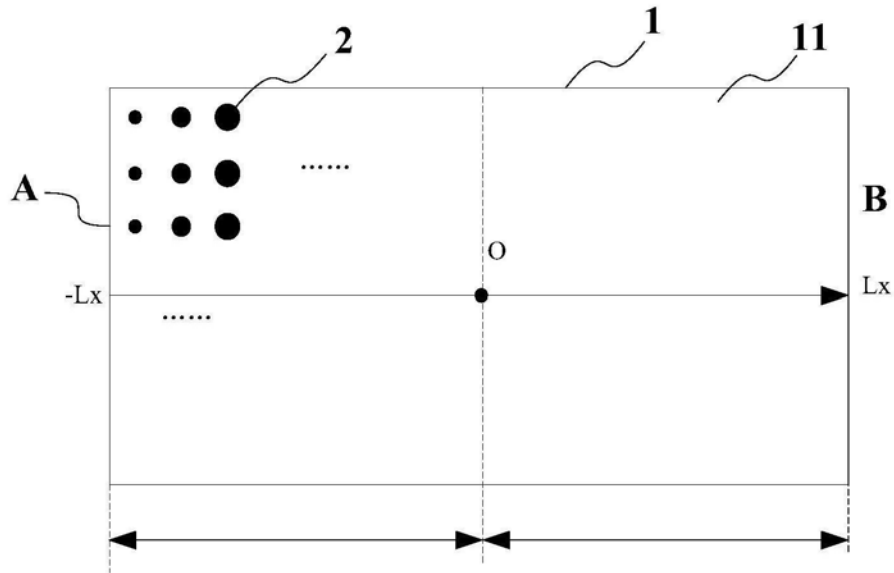


图1

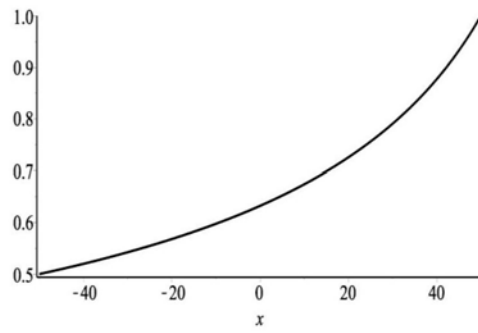


图2

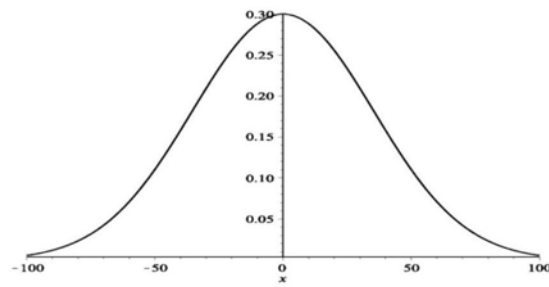


图3

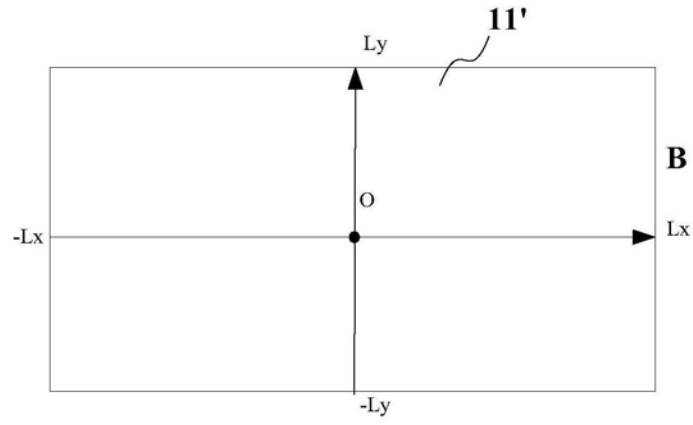


图4

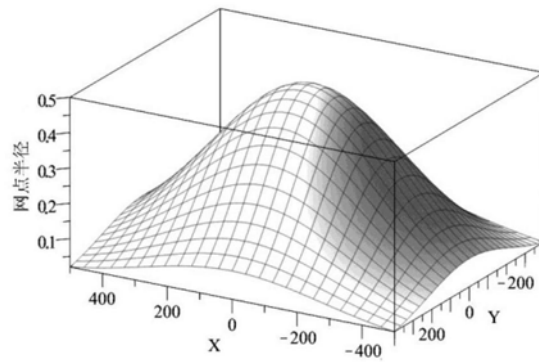


图5

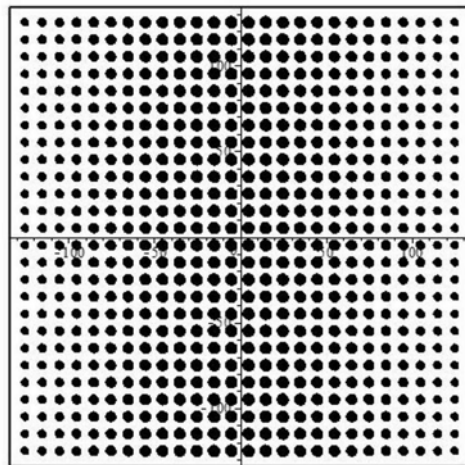


图6

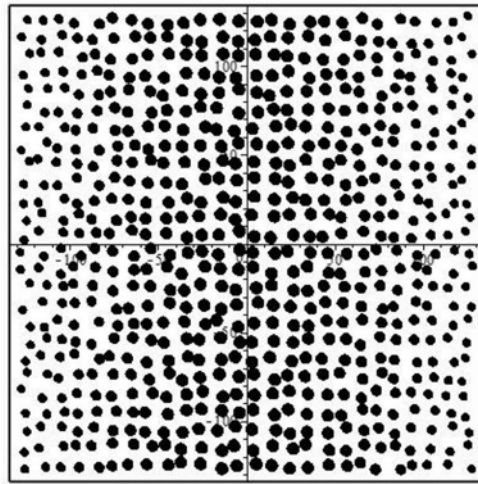


图7

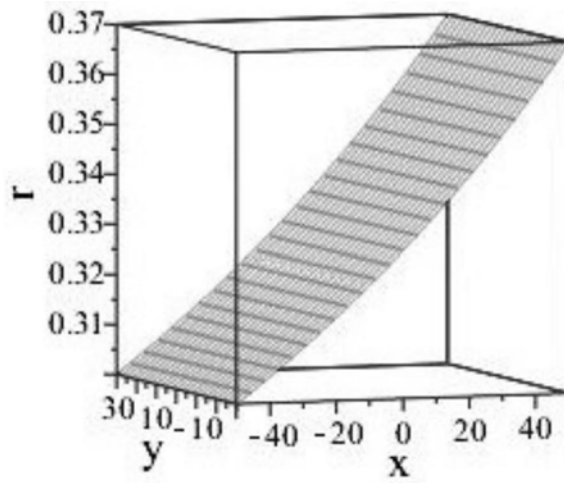


图8A

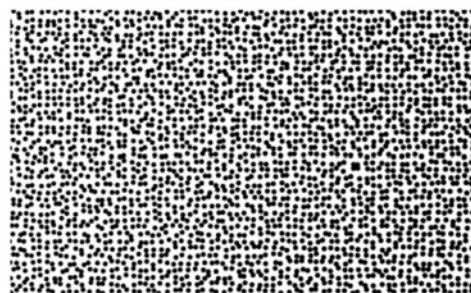


图8B

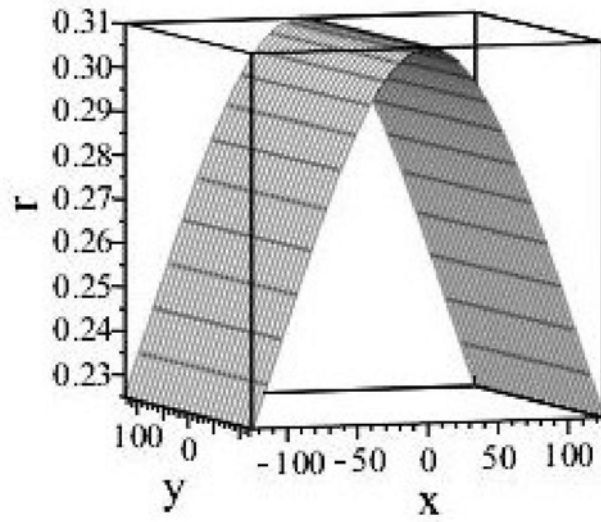


图9A

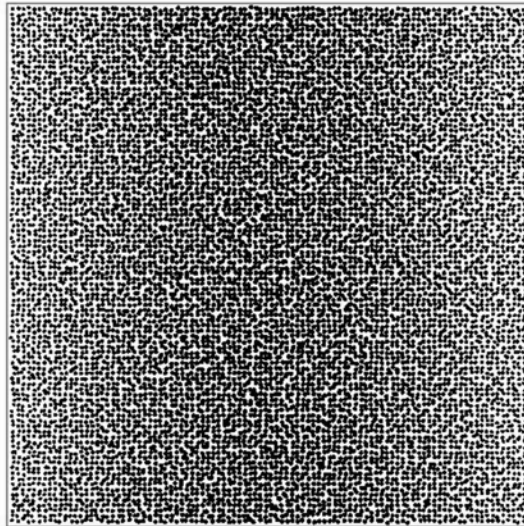


图9B

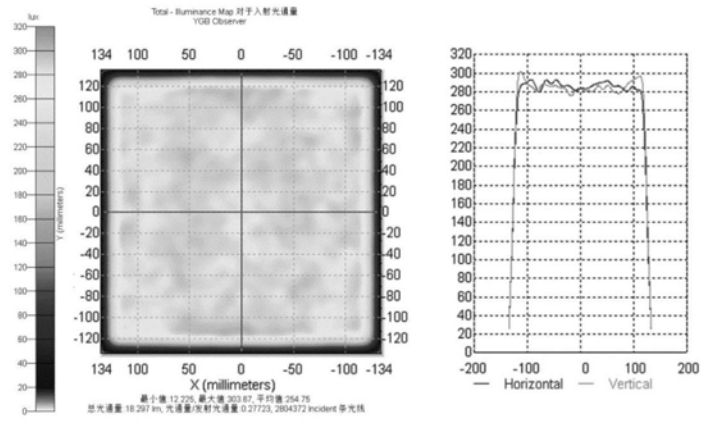


图9C

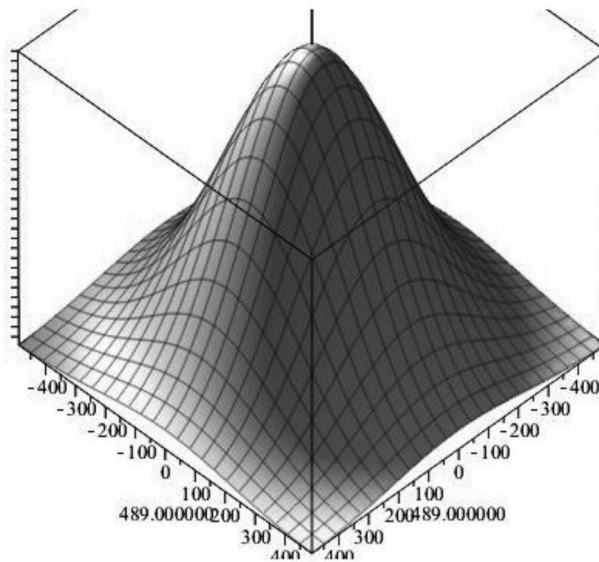


图10A

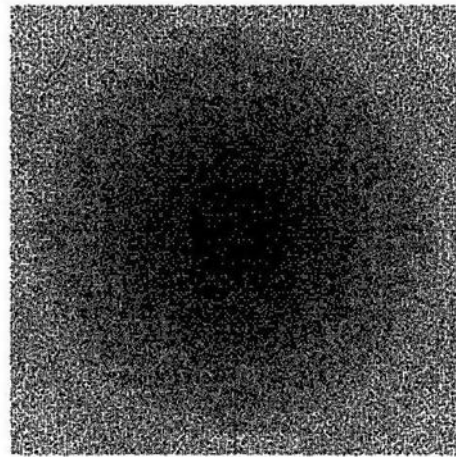


图10B

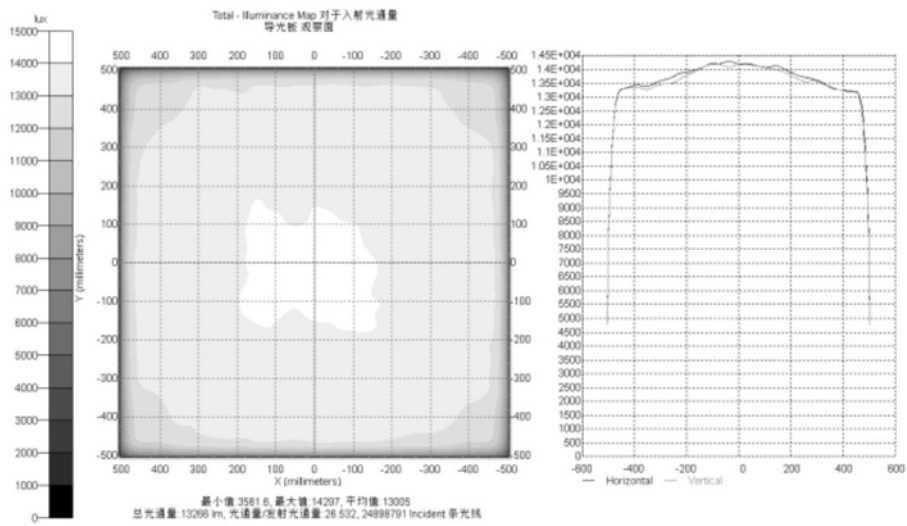


图10C