

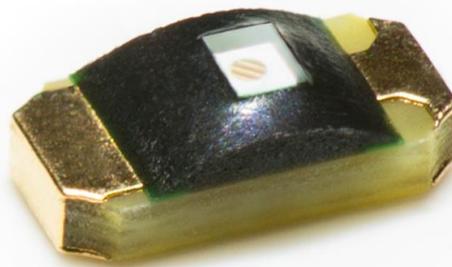
掩膜点光源LED优化传感器照明

自从商业LED（发光二极管）在20世纪60年代末推出，在广泛的应用上逐步采用此技术，从消费品到公共照明，包括专业领域，如工业设备的机器视觉或医疗仪器的精密照明。

在过去几十年中LED的不断演变，现今在大多数领域LED被视为最好的解决照明方案，提供高光功率，高效率和低量产成本。

然而，仍有细分市场认为目前的LED性能不太理想。这部分市场的需求不仅要求高效率照明，也要求发光二极管高质量的辐射图。

本文描述了一种LED技术的新进展，称为掩膜点光源LED，针对相比传统LED提供更高品质照明的应用。本文对比了点光源LED和当前LED的技术，并提供了一些使用掩膜点光源应用受益的案例。



内容表:

- 1) LEDs 的技术和特性
- 2) 掩膜点光源 LED 的结构
- 3) 传统 LED 和掩膜点光源 LED 的对比
- 4) 应用实例
 - 4.1) 改良的光学传感器信号处理
 - 4.2) 更灵活的光学结构设计
- 5) iC-Haus 掩膜点光源 LED 的益处
- 6) 概括
- 7) 文献参考

1) LED的技术和特性

LED - 发光二极管 - 是基于电致发光工作原理的一种装置：这一现象可以简单描述为一个非热的电能转换成光辐射（相对于白炽原理，其光辐射是通过热量的发射产生的）。虽然电致发光在二十世纪初已经是一个已知的现象，但直到二十世纪60年代才出现我们今天熟知的LED[1]。

LED操作背后的物理原理依赖于一个简单的半导体的PN接合（即：一个二极管）。和任何其他二极管操作一样，当应用在一个正向电压，电流从正极（P型半导体）流向负极（N型半导体）。在PN结，正、负电荷载体重组，这个过程释放出一个光子。通过优选适合二极管结构的半导体材料，可以控制发射光子的波长，因此使该器件能够产生可见光辐射（或隐形的的光频谱 - 红外或紫外线 - 如需要）。

如插图1所示一个简化的LED物理结构：

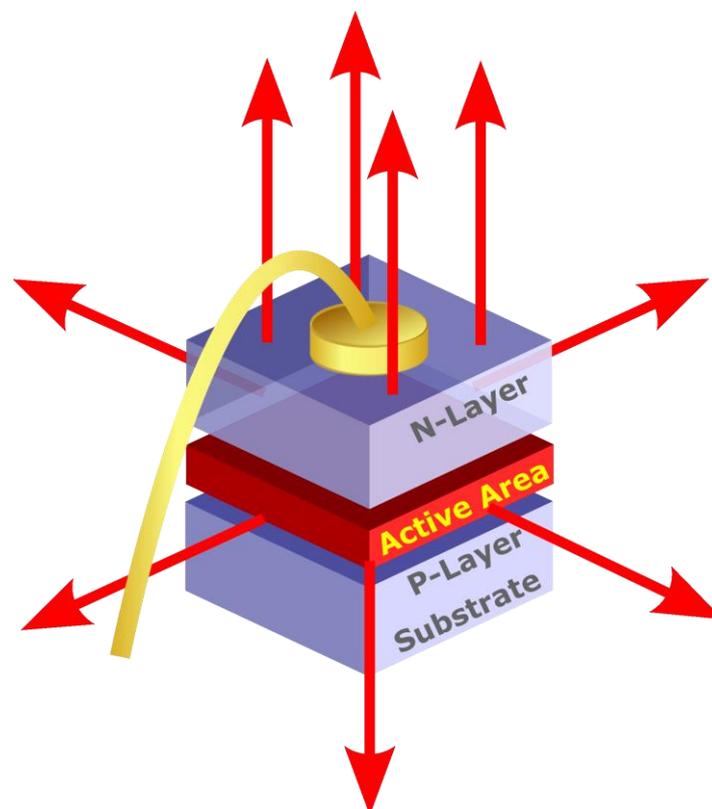


图1：LED的基本结构（体积光辐射）。

正如图1所示，LED的基本结构是由：一个生长在基板上的半导体，分为一个P掺杂层，和一个在其上的N掺杂层。PN结是电荷重组的地方，发射光起源于此。这个区域的辐射光被称为活跃区域（图1清晰显示了活跃区域从其他部分分离出来）。使用一个打线接合将负极导线连接到N层（顶部），而正极导线直接连接到基板（底部）。

组成P和N区结构的材料定义发射光的光谱。举例一些用于制造LED的半导体，如：砷化镓（GaAs），氮化镓（InGaN），砷化铝镓（AlGaAs）和其他。

上述提到的LED结构对来自活跃区域的所有方向提供光发射。这被称为*体积光辐射*，是目前最常用的LED技术，主要是由于其简单的制造工艺和高强度的光与整体的低成本。

随着LED技术的进一步推进，一种被称为*表面光辐射*的新技术产生。这种LED需要修改制造工艺，如图2所示的结构。

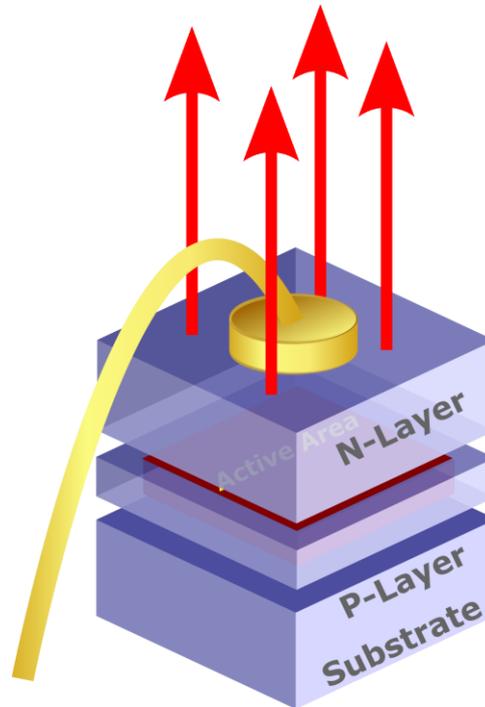


图2：修改后的表面光辐射LED的结构

表面光辐射LED和体积光辐射LED是基于同一基本概念：即一个负极的N型半导体在正极的P型半导体上面。两种LED的半导体材料都是相同的，但有一个额外的修改是：活跃区域被隔离墙包围着，使二极管的活跃区域局限在一部分。活跃区域周围的隔离墙不允许传输光，导致二极管没有横向发射。由于没有光从结构的侧面发射，而底部通常是连接到封装，唯一的辐射源是LED的顶部表面。

上述的表面光辐射技术的附加改进，即在活跃区域下面加入一个反射层的制造工艺，从而将底部的光反射到顶面表面，增加LED的亮度和效率。

由于相对于传统LED, 表面光辐射LED的附加制造步骤和较低密度晶圆的高成本原因，表面光辐射LED不像体积光辐射LED一样被普遍采用。表面光辐射LED主要应用在须非常谨慎操控的光辐射。

2) 点光源LED的结构

表面光辐射LED通过只对一个方向发射光提高了辐射图，然而对于一些特定的应用，这还远远不够。这种苛刻的应用要求非常精细的照明模式，标准的LED技术是无法达到的。因此，仍存

在一个更高品质照明需求的利基市场。

在此背景下，掩膜点光源LED应运而生，以使用LED技术提供当今可实现的最高品质的照明模式为目标。图3描述了一种LED结构演变成掩膜点光源LED。

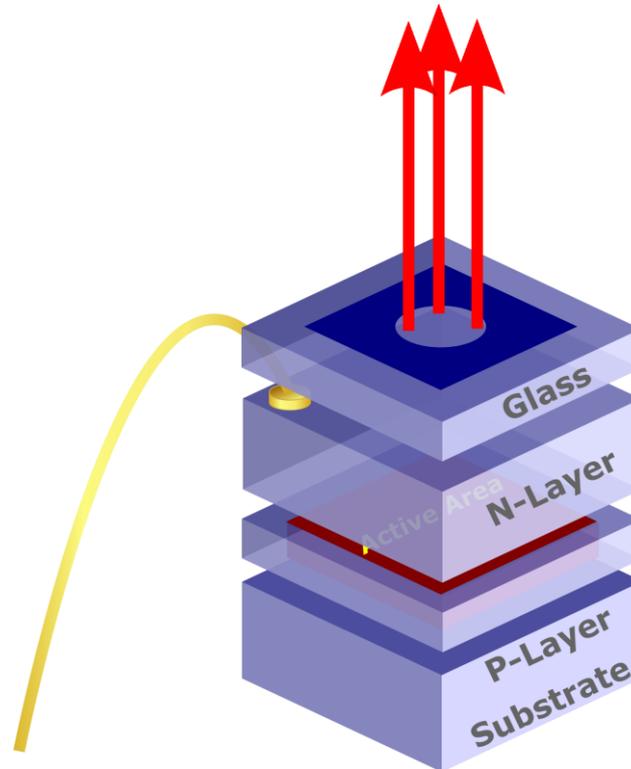


图3：掩膜点光源LED结构

图3所呈现的结构中，掩膜点光源LED是基于表面光辐射LED，但有稍许修改。在N型半导体层（负极）添加了一层平板玻璃，这是最终LED封装的组件之一。玻璃的顶部附有一层薄掩膜，来定义发射的光圈。此掩膜也可以附着在玻璃的底部，或者同时在顶部和底部。此设计的另一重要的改进是将打线接合线和其接触点转移到半导体表面的边缘，从而从辐射路径中消除。

其结果是，保留了前面所述的表面光辐射LED的大部分特性，同时将光发射集中在指定的光圈形状和大小，还为提供均匀的明确的照明创建一条清晰的路径。

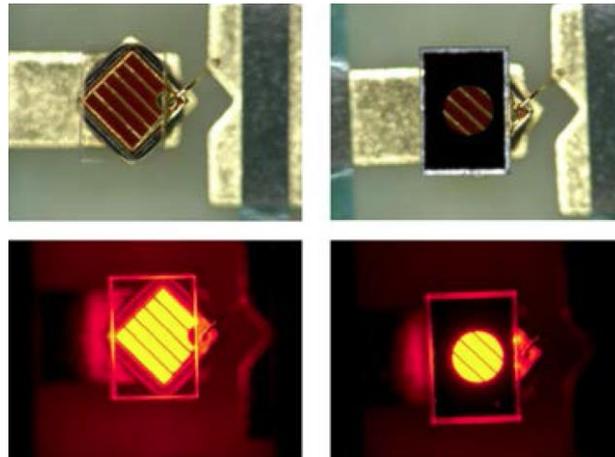


图4：在生产点光源LED时，有无掩膜对比图

3) 传统LED和掩膜点光源LED的对比

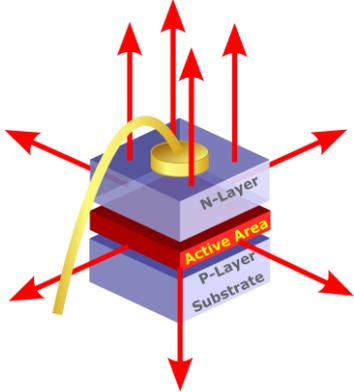
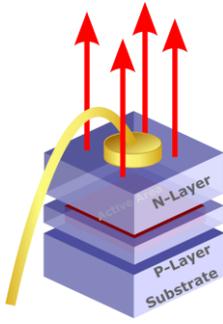
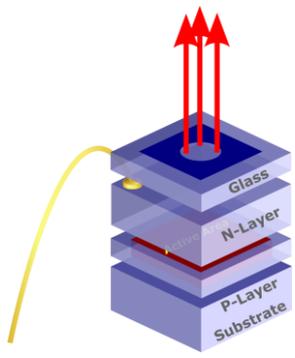
诠释了传统LED和掩膜点光源LED的根本区别后，这一技术所带来的优势被呈现出来。所有LED本质上都是基于相同的原理，使用同一种材料，所有LED的基本发光特性是一致的：高效率的光产生，寿命长，低散热，可根据材料选择的波长，体积小，开/关时间短等。表格1总结了3种方案的优缺点。

体积光辐射LED用最简单的设计提供了基本的照明，对比其他2种解决方案，明确体现了其较低成本。然而，由于它的体积光辐射原理，无法严格控制辐射。以及生产误差，装配差异等原因可能出现小到中的误差。所有这些因素导致不同的LED样品之间存在不一致的光辐射图，这在大部分情况下是可以接受的，不会降低系统的性能。另一方面，一些应用通常需要通过附加的透镜和反光镜操控光路径。该LED技术固有的不确定性给设计光学器件时造成了各种困难，并最终导致一个次优的结果。体积光辐射LED是适用于“粗糙”照明和低成本的应用，如：消费品指示灯，环境照明等。

表面光辐射LED提供解决上述的体积光辐射LED缺点的第一步。通过将所有的光集中在LED的顶部，光路径更加可预测，因此在设计合适的透镜时，创造了一个更高效率及较少困难的解决方案。与体积光辐射LED相比，表面光辐射LED的高成本限制了其应用范围。只有设计师有特定需要准确操控光束的时候才采用这种LED，比如在需要良好的平行光的应用中，例如：光电编码器，光学传感器等。

虽然表面光辐射LED让精细照明的品质得到了显著的提高，仍有些构架问题未解决，也对照明模式有负面影响。回顾图1和图2，可以看出LED结构的一个共同问题：在N层顶部的负极连接点和打线接合线会阻挡光通道。由于这些障碍物在光路径上创造了“阴影”，让LED的照明得不到完全均匀。这些阴影让一些要求非常高品质均匀照明的应用受到强烈的影响。另外，其他因素也影响光的均匀性，例如：LED芯片的方形性质。如果将LED与一组透镜耦合来处理光束（大多数时候是创建一个平行光束），通常透镜被设计成圆形。将一个圆形透镜放置在一个方形的LED芯片上，产生某些区域的亮度比其他区域更强。几何学问题也延伸到其他方面，例如放置透镜的合适距离。由于这个参数直接关系到光学器件的焦点，透镜必须设计为能匹配光源的几何形状。因为量产LED有固定的标准尺寸，这使合适的设计也受限了。定制每一个项目的LED

芯片的尺寸和形状将使制造成本增加到无法接受。

 <p style="text-align: center;">体积光辐射LED</p>	 <p style="text-align: center;">表面光辐射LED</p>	 <p style="text-align: center;">掩膜点光源LED</p>
<p>利:</p> <ul style="list-style-type: none"> + 低成本 + 可获性广泛 <p>弊:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 侧面发射 - 打线接合线/接触阴影 - 不可定制光圈 	<p>利:</p> <ul style="list-style-type: none"> + 无侧面发射 + 光束差异更少 <p>弊:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 成本增加 - 打线接合线/接触阴影 - 不可定制光圈 	<p>利:</p> <ul style="list-style-type: none"> + 无侧面发射 + 几乎没有光束差异 + 没有打线接合线/接触阴影 + 精密, 可定制光圈 <p>弊:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 成本较高

表格1: 不同LED技术对比表格

为解决以上的所有问题及创造LED的最高品质的照明模式, iC-Haus公司致力于新产品开发, 称为掩膜点光源LED。iC-Haus公司的掩膜点光源LED是基于表面光辐射LED芯片, 但为解决表面光辐射LED的缺点, 增加了附加结构。从芯片中心去除打线接合点将光阻碍物移走, 远离主辐射区。在芯片上加一层平板玻璃, 最上面再贴一片掩膜。该掩膜的设计及贴上工艺是iC-Haus的内部技术, 提供了一个全面控制的辐射区。掩膜完全覆盖包括打线接合的芯片的边缘, 消除打线接合在输出光时造成的的所有影响。掩膜也定义了光辐射光圈, 可根据客户的要求定制任何尺寸和形状。

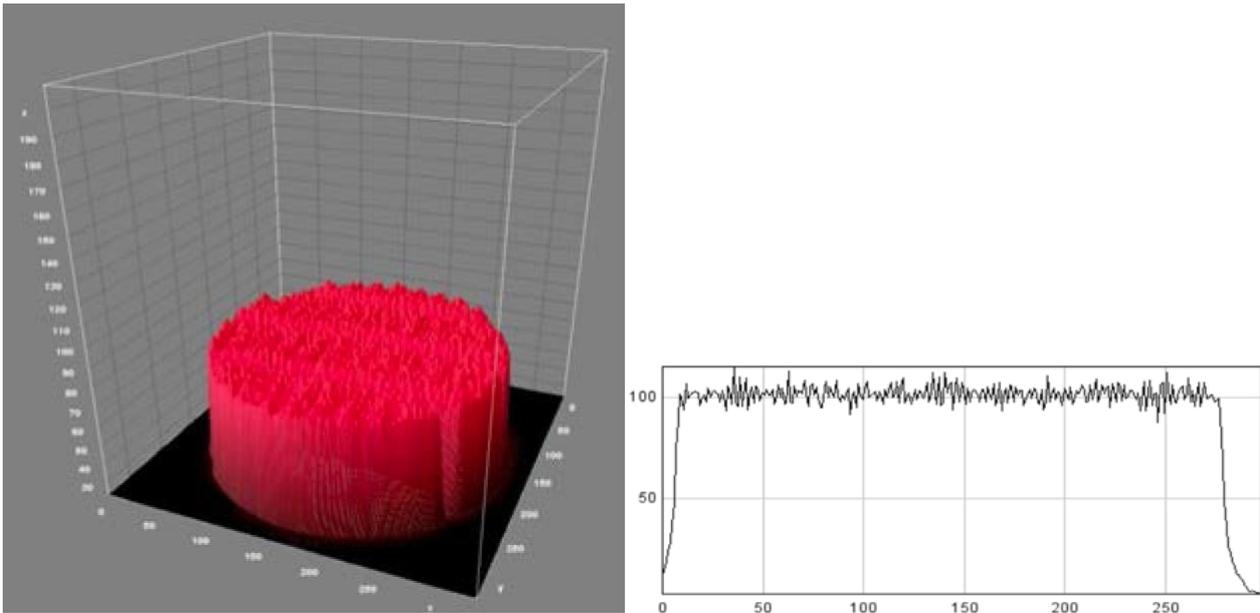


图5: LED表面光辐射分布

对于要求清晰不失真的光, 强度均匀, 在一个明确的形状, 所有这些特性结合在一起造就了LED光源具有优越的照明品质。图5可见实现均匀光强度的分布。这些特性在必须推迟处理的照明模式或需要精确定制光圈的应用中显得格外有用。如: 精密光学传感器, 光电编码器等的应用中。

4) 应用实例

以下描述了两个典型案例, 都极大受益于掩膜点光源LED, 造就了更高端的终端产品。

4.1) 改良的光学传感器信号处理

第一个案例, 看得出点光源LED带来的一个明显的改善是光学信号处理的应用。使用三角定位技术的光学距离测量传感器就是一个例子。传感器可以根据三角定位原理计算出物体的距离: 一个光源发射一束光, 根据物体的距离反射回来时形成的具体的角度来计算。一台线性光学扫描仪可识别在不同点接收的光的强度, 从而扫描仪根据每个像素接收到的光生成一个成正比的曲线图。然后信号处理器分析该曲线并根据所执行的处理算法输出最终的结果。图6显示了三角定位距离的测量原理, 以及三角定位传感器(分隔像素)的理想信号。

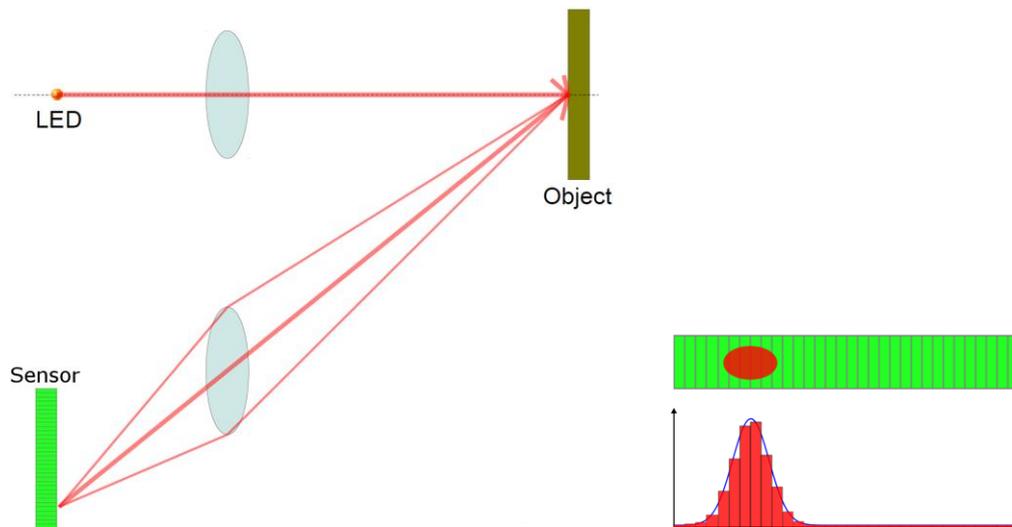


图6：三角定位传感器的原理与理想的传感器信号

简单地检测一个物体的存在是一个简单的处理，只需要非常基本的算法。然而，为实现高分辨率和高精度，处理的复杂性显著增加。图6显示了受传感器像素大小的影响，导致输出不精确。为实现更精细的数据，通常需要用到插值算法，并进行高级处理，处理器需要更多时间和资源。这种处理算法不容易编程，要求大量的技术诀窍和经验丰富的工程师。

尽管如此复杂，即便有高级的算法，最终结果也通常达不到最初预期的高精度。这个问题主要源于系统中发生的误差的总和。因为光源和目标物体都有其自身的差异，因此，光学扫描仪的信号也无规则及多变（图6中的曲线严重畸变）。处理算法无法区分不规则源于哪里，因此整个信号处理过程都存在不精确。例如，由传统LED的打线接合线和接触点造成的照明阴影会导致光束的不均匀。但由于反射物体也有几何和纹理的差异，处理器很难辨认清楚信号不规则是否应该被视为物体的一部分，无法做到精密的距离计算。LED芯片的形状也具同效。方形光源与圆形透镜相连创建一个不均匀的光辐射图，某些区域的亮度比其他区域更强。在物体反射后，这些不均匀性和其他的误差一起出现在光学传感器。处理算法用不同的方式来解释这些差异，有时识别到物体不存在的边缘，有时计算出物体的错误位置。

目前来说，使用非常高级的算法，对每个成品传感器逐个仔细校准，以及限制产品的操作条件（目标物体的形状，距离范围等）可以部分解决这些问题。其结果是，整个产品链受到影响：开发端需要更多的技术诀窍和付出更多努力，因为要校准，生产时间也需要更长，而最终产品的灵活性会降低。

掩膜点光源LED对这些问题提供了一个优越的解决方案。首先，打线接合线和接触点阴影的缺失创建了一个完全均匀的照明光源。其次，定制的光圈大小和形状被设计成与光学透镜相匹配，从而消除不匹配的几何形状。由此产生的照明具有两个重要的特性：

- 良好的照明光束区域，视掩膜而定；
- 照明均匀分布在光束区域内。

这两个特性对光信号处理应用非常理想，如上述提到三角定位传感器。有了这个光源，信号处理器能识别出任何不规则都是由物体反射造成的，因此能对目标物获得更精确的信息，如物体的精确几何形状和定位。这就意味着，带掩膜点光源LED的测量距离传感器可以在无需那么复杂的情况下计算出更精确的结果，并在更灵活的条件操作。造就了具有优越特性的高端传感

器，同时简化了开发过程和制造工艺。

4.2) 更灵活的光学结构设计

第二个案例，点光源LED让特定的光学镜片设计更简单，从而大幅提升终端产品的设计。目前许多需要精密光学的系统（如光电编码器、安全光幕、医疗设备等）的照明光源设计都受限于LED几何形状。

例如，安全光幕要求极其平行光束的红外光（以便能用更精细分辨率检测到物体），具有高光学功率（使光源和传感器之间的距离更大）。采用一颗结合定制透镜的光学结构的SMD LED芯片就能实现，形成一个直径由透镜来定义的平行光束。该光学处理称为准直，基本光学原理陈述平行光只能在透镜和光源在焦距的距离产生（这直接关系到透镜与LED芯片的尺寸）。在这种情况下，光学设计师面对的另一限制是“光学扩展”的物理定律[4]。简单的说，光学扩展定律是，光束截面乘以光束角度保持不变。换句话说，如果想减小光束角度（接近平行光），需要增加光束的直径或减小光源的面积（LED芯片尺寸）。

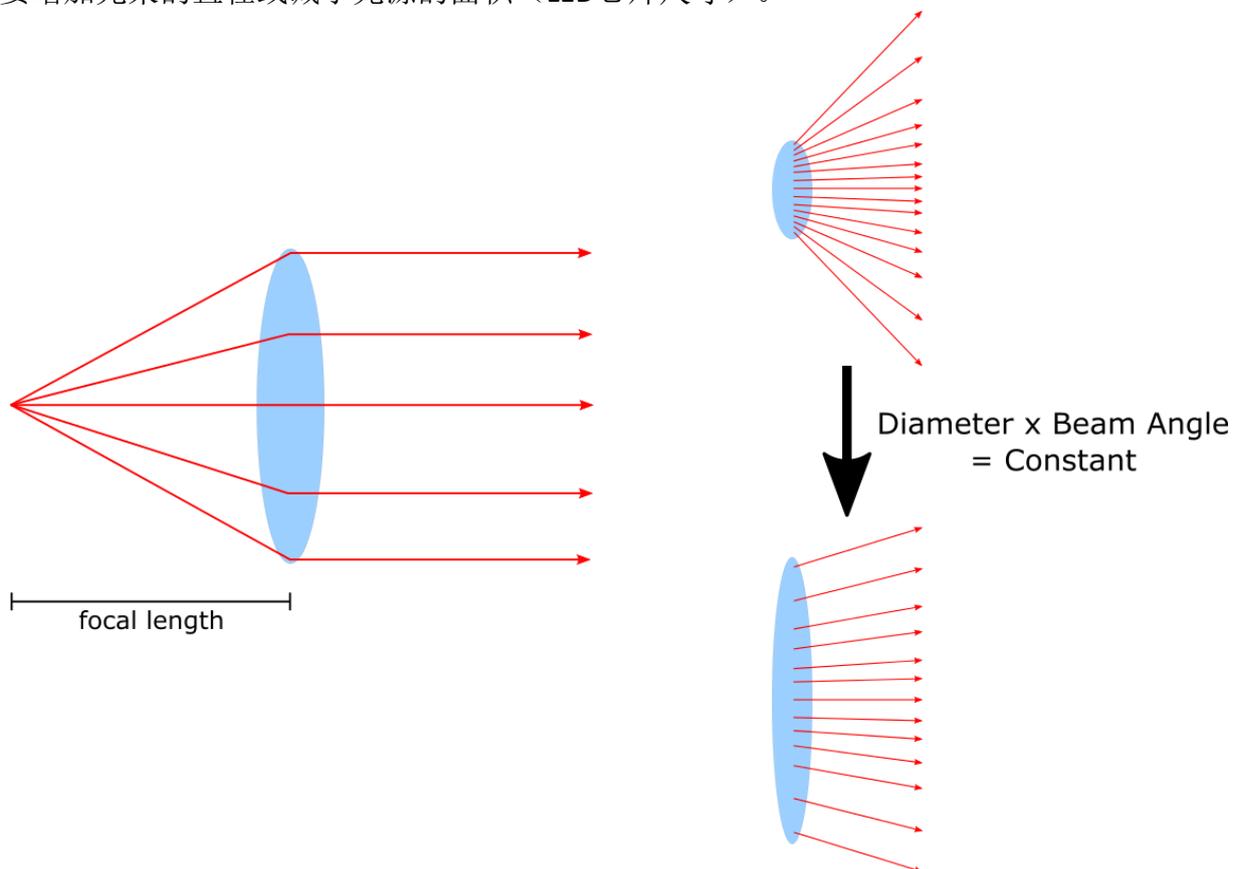


图7：影响光学器件尺寸的因素：焦距（左）和光学扩展定律（右）

通过提供定制光圈大小和几何形状，掩膜点光源LED的目的是消除上述列出的对设计的限制。创作的可能性很广泛：较小的光圈使LED芯片和透镜之间的距离更短，几何形状定制使得不同的透镜形状都能合适，等。对于安全光幕，较小的透镜和较短的距离是可行的，导致产品更紧凑，同时保持良好的光性能。

5) iC-Haus 掩膜点光源LED

iC-Haus公司提供这种点光源LED技术，和定制的设计如需要。iC-Haus的高端LED已经商业化多年，利用自己的技术诀窍，为不可或缺的精密光束特性的照明设备正确和可靠操作的应用提供高品质的解决方案，如光电编码器，医疗设备（内窥镜，等）和其他。

iC-TL6_1R作为标准的掩膜点光源LED首次出现在iC-Haus公司的产品目录上，现已供货。该标准的掩膜点光源LED有如下特性[3]:

- 300 μm 光圈的标准掩膜;
- 峰值波长640 nm（红光）;
- 朗伯辐射;
- 高功率脉冲操作（高至1A脉冲）;
- 符合RoHS的BLCC 06/02封装
- 操作温度范围广：-40°C 到 +125°C。

该标准产品适用于三角定位传感器：通常要求红光（以便可看到测量点），高功率脉冲的照明有助于传感器实现较长的距离，同时通过带通滤波器抑制不期望的频率范围从而从其他光源（通常是直流或低频）中分辨出自己。



图8：iC-Haus 产品 iC-TL6

除了标准产品，iC-Haus掩膜点光源LED也可以根据客户的具体需求定制。掩膜可以按需求重新设计（从而在不影响成本的情况下改变光圈），其他波长也可行（红外，蓝光，等等），也可以定制LED封装（板上芯片，引线框架，多芯片模块）。定制生产的数量大小都可以。

6) 概括

LED照明正在被越来越多的应用所使用，由于其相比其他照明源的优越性能。然而，一些设备仍然需要更高品质的光束，从传统LED无法获得的。该掩膜点光源LED为这些特定的市场而设计，提供改良的辐射特性，不仅非常精密，而且能在各种光学设计中灵活运用。iC-Haus掩膜点光源LED特别适用于高端应用，具有卓越的性能和可根据客户具体项目提供定制方案。

7) 文献参考

- [1] Small lights with big potential: light emitting diodes & organic light emitting diodes, [Edison Tech Center](#)
- [2] LED lighting market share will have big growth in 2014, [LED News](#)
- [3] iC-TL6 BLCC2 1206 – Point Source LED, Datasheet iC-Haus
- [4] Solving the Optics Equation for Effective LED Applications, [LED Light for you System Design Workshop](#)

关于iC-Haus

iC-Haus GmbH是一家行业领先独立的德国制造商，为标准集成电路（ASSP）和定制ASIC半导体提供解决方案的全球代表。30多年来，公司一直致力于在工业，汽车，医疗应用的专用集成电路的设计，生产和销售。

iC-Haus在CMOS技术，双极技术以及BCD技术方面的单元数据库专门用于设计实现传感器，激光/光学以及驱动器ASIC。集成电路组装在标准的塑料封装内，或使用iC-Haus板上芯片技术制造完整的微系统，多芯片模块，和连同传感器的optoBGA / QFN。

更多信息请关注 <http://www.ichaus.com>