

项目名称：激光白光照明技术

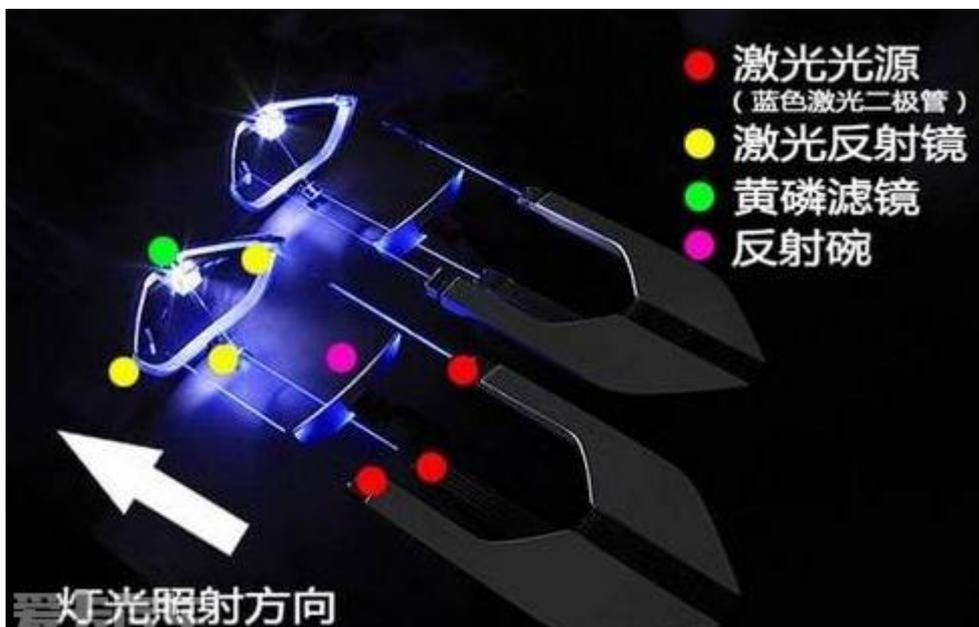
项目编号：20170102

背景

近年来，激光（LD: Laser Diode）作为光源因其本身有许多优点：例如功耗低、亮度高、方向性好，照射距离远等；但是现阶段全世界研发激光光源的主要问题是激光二极管颜色单一（蓝绿色），不适合白光照明。因此提出两个路径获取白光。一是借鉴 LED，利用激光激发含有荧光粉的发光部由此产生的荧光作为照明光线加以使用的照明装置。另一个激发工作物质发出 R、G、B 三基色的激光，混合成白光，可用于照明。

目前的现状及挑战

近年来，利用激光激发荧光粉技术在汽车车灯上已开始出现产品。例如 2014 年初上市的宝马 i8，成为全球首款搭载激光大灯的商业化量产车。其车灯工作原理如下：宝马激光大灯包括激光光源、反射镜、黄磷滤光镜以及反射碗四个部分。其工作原理就是让激光经历“射出、穿透、两反射”合共四个过程，首先三束蓝色激光先从激光器射出，然后经过激光反射镜，接着聚焦到黄磷滤光镜产生白光，之后在反射碗上再反射一次，最终形成集中照射的圆锥形光束射出车外。



从以上工作原理来看，其本质就是蓝光激发荧光技术。目前利用激光激发荧光的技术主要有以下两种：1) 紫外激光或者近紫外激光激发 RGB 三基色荧光粉得到三基色荧光，然后通过色光混合配比合成白光。此白光光源显色指数较高，色彩还原效果较好，但是不同的荧光粉随时间的

衰减特性不一，所以随着时间的推移，光源的色温及颜色会发生偏移；2) 蓝色激光激发 YAG 荧光粉得到黄色荧光，然后黄色荧光与未被吸收的激光经色光混合配比得到白光。该方法只采用一种荧光粉，因此光源的颜色相较更加稳定，而且由蓝色激光转换为黄色荧光这一波长变化导致的斯托克斯位移损耗的能量较少，故其发光效率更高。

另一方面，由于该技术借鉴 LED 封装工艺（当前大多数 LED 封装厂商通常将荧光粉与配粉胶均匀混合后，通过设计好的生产工艺将混合物直接涂覆在 LED 芯片上以实现白光 LED 封装），因此本身存在几点不足，以 LED 为例：1) 荧光粉层受蓝光激发后产生荧光，该荧光光线出射方向是无规则的，故新产生的荧光光线至多只有 50% 的概率从 LED 灯具表面出射，其余的光线被反射回 LED 芯片方向且大部分被吸收；2) 荧光粉层受激产生荧光光线的同时将产生大量的热，这些热量不仅降低了 LED 光源的使用寿命，而且大大地抑制了 LED 光源的发光效率；3) 利用这种封装工艺的白光 LED 长时间使用后容易产生光衰、光色不稳定现象，而且普遍存在色漂移等问题。因此白光 LED 远程荧光粉技术（remote phosphor for white LED）便应运而生，该技术原理是将 LED 光源与荧光粉层在空间上隔开，将荧光粉层涂覆在远离 LED 光源的光学透明材质上，如光学透镜、透明灯罩等。

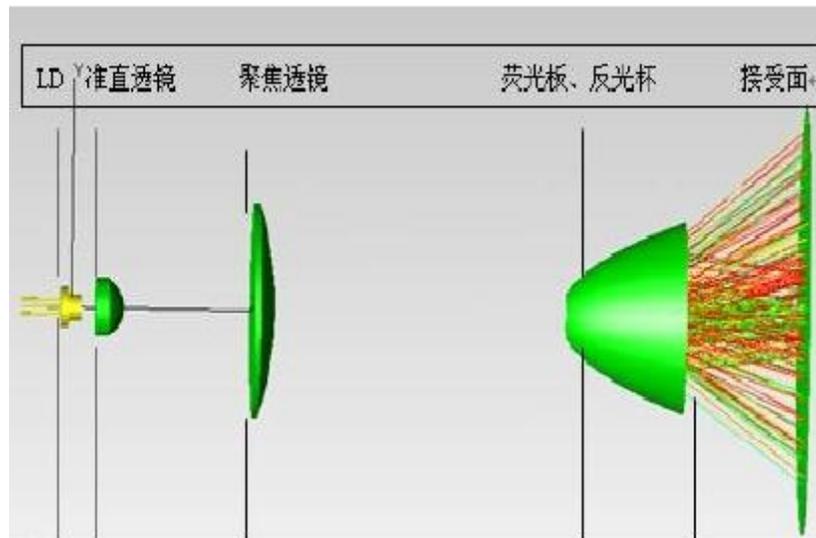
但相较于 LED 远程荧光粉技术，激光远程荧光粉技术还处于初步阶段。主要制约因素有两个：1) 是当前用于半导体激光器所使用的荧光粉还处于初级阶段，据研究，激光具有很好的方向性，可以通过光纤耦合的方法获得高功率的激光光源，而且聚焦的光斑最低可达到几个微米的直径，因此利用该束激光直接照射到荧光粉表面上时会迅速产生大量的热，导致荧光粉迅速衰减，故与高功率激光匹配使用的荧光粉必须具有较高的耐热性。而当前市场上主流的荧光粉主要是配合 LED 光源研发生产的，对荧光粉本身的耐热性要求并不高，2) 激光光源作为新一代的荧光粉激发源，具有高亮度，低光束发散，寿命长，性能稳定等一系列优点，特别适用于特殊照明领域，但是相较于 LED 光源来说，其成本较为昂贵。

研究内容或范围

为了获得激光白光光源，应选用合适的激光及荧光粉组合进行混色，其大致可以分为两种情况：1) 采用蓝色激光与单一的荧光粉组合，根据颜色混合原理，获得白光照明光源。主要是荧光粉的色坐标须满足一定的边界，然后调节蓝光和荧光的比例；2) 采用蓝色激光与多种荧光粉组合，通过调节蓝色激光、绿色荧光（G）和红色荧光（H）的色光混合比例就可得到目标白光。3) 通过紫外激发三基色荧光粉。因此研究内容如下：

1) 利用以上技术原理，设计光源结构得到高亮度，低光束发散，寿命长，性能稳定的白光

激光光源。如下图所示其中光机设计。



LD 用作激光照明系统的发光器件，需要解决好光束整形和光斑均匀化的问题。LD 光束是椭圆高斯光束，光束的垂直发散角较大，并且光斑不均匀，因此必须要对 LD 的光束进行整形，以实现与被激发荧光体的最佳匹配，主要包括光斑整形、扩束、准直、光斑均匀化处理等技术；光转换装置主要作用是将蓝色激光转化为白光，改变发光方向，得到发散的、高显色指数的、均匀的白光照明。光转换装置主要包括一次光学设计和二次光学设计。其中一次光学设计主要考虑荧光体装置的形状，可采用球状、棒状或其他结构。二次光学设计主要考虑利用自由曲面和非成像光学相关理论将一次光学设计后发出的光进行重新分配，使之相关照明标准的要求。同时，二次光学设计还需考虑减少眩光及有害激光的问题；

2) 研发适合于激光激发的耐高温、高光效、显色性高的荧光粉以及荧光粉的形状、位置和形状等关键参数。目前科研人员已经研制出了高效稳定的白光 LED 用荧光粉，包括黄色荧光粉、绿色荧光粉、红色荧光粉，这些荧光粉均可作为激光照明原材料，但荧光粉的激发效率还有待进一步提升。不同荧光粉具有不同的激发光谱和发射光谱，需要选择最佳的激发波长。目前蓝光 LD 输出波长已经覆盖了 400nm 至 490nm 的多个波段，为激光与荧光粉的匹配提供了很大的选择空间。但在选择激光波长时，需要综合考虑转换效率、色温及显色指数之间的平衡关系。

预期交付

- 1) 白光激光照明原型产品及专利；
- 2) 目标荧光粉样品及专利；

项目周期

2 年，可分阶段。

项目经费

不高于 30 万人民币