

# 二极管泵浦固体激光器与声光调制器的光学匹配设计

吴 栋

(南京师范大学物理科学与技术学院, 南京 210097)

[摘要] 在微弱光信号的测量中,若使用固体绿激光作光源,目前较好的高频调制方法是声光调制.考虑到这种固体激光器光束发散角较大以及声光调制器本身的使用要求,从高斯光束的传播规律出发,通过计算设计了一个光学系统,实现了频率在 15 MHz 以上的光强调制,获得了较高的衍射效率.

[关键词] 二极管泵浦固体激光器,声光调制器,高斯光束

[中图分类号] O439; [文献标识码] A; [文章编号] 1001-4616(2001)01-0062-03

## 0 引言

在激光测距以及激光彩色电视技术中,需要对激光束进行高频光强调制.由于绿激光所具有的独特优点,我们采用半导体二极管泵浦固体绿激光器(Diode-Pumped Nd:YVO<sub>4</sub> Green Lasers)做光源.如果采用内调制的方法,目前国内外这种激光器内调制频率最高仅为 1~2 MHz,不能满足精密测量和电视扫描的要求.由于电光调制需要提供较大的电功率,从实际应用出发我们采取声光调制方式.

我们所用的声光调制器(AOM)要求通过声光介质的激光束直径必须小于 0.1 mm,声光作用距离内光束发散角不大于 7 mrad.对于所用的二极管泵浦固体激光器(DPSSL),其输出光波波长为 532 nm,输出端面光束直径为 0.068 mm,远场发散角为 10 mrad.这里我们不能将 DPSSL 发出的激光束直接与声光调制器作用,主要有三个原因:(1)DPSSL 输出激光束的束腰在出射端面,激光束是发散的,而在使用声光调制器时需要将光束聚焦到声光介质的中心,即让束腰位于该处;(2)绿光的波长较短,与声光介质作用的光束的直径必须很小;(3)DPSSL 输出的光束远场发散角较大,亦不能满足声光调制器的使用要求.因此我们在 DPSSL 与 AOM 之间设计了一个专用的光学系统,使两者匹配.通过实验,我们实现了 15 MHz 以上的高频光强外调制,并获得了较高的衍射效率,这样的结果有着很好的应用前景,国内尚未见相关报导.

## 1 光学系统设计的基本原理

DPSSL 发出单色性优良的高斯光束,如图 1 所示.其光斑尺寸<sup>[1]</sup>为:

$$\omega(z) = \omega_0 \left[ 1 + \left( \frac{\lambda z}{\pi \omega_0^2} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

在  $z = 0$  处,为光束的束腰.光束的发散度<sup>[1]</sup>可表示为:

收稿日期 2000-11-30

基金项目 江苏省科委应用基础研究基金资助(95WLX0010SK1)

作者简介 吴栋,1971—,南京师范大学物理科学与技术学院硕士研究生,主要从事激光应用技术的学习与研究.

$$\theta = \frac{d\omega(z)}{dz} = \frac{\lambda^2}{\pi\omega_0\sqrt{\pi^2\omega_0^4 + \lambda^2 z^2}} \quad (2)$$

此光束经透镜变换,如图 2 所示,从薄透镜  $L$  右方出射的光束仍是高斯光束,可计算出射光束束腰到透镜的距离  $z'^{[1]}$ :

$$z' \approx -f \left[ 1 + \left( \frac{\lambda f}{\pi\omega_0^2} \right)^2 \right]^{-1} \quad (3)$$

从透镜  $L$  出射的高斯光束的腰粗<sup>[1]</sup>为:

$$\omega'_0 \approx \frac{\lambda f}{\pi\omega_0} \quad (4)$$

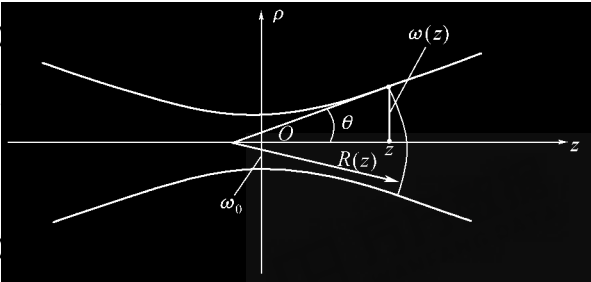


图 1 高斯光束的波阵面和光斑尺寸

2 光学系统的设计

本实验中激光束与声光调制器的作用距离  $D = 20\text{ mm}$ ,如图 3 所示(图中未画出声光调制器工作时的衍射光束)。

为了使整个系统的机械结构便于调整并考虑到高斯光束的准直距离与聚焦效果之间的关系,我们采用了两只焦距不同的薄透镜  $L_1$ 、 $L_2$ ,其焦距分别为  $f_1$ 、 $f_2$ ,  $f_1 > f_2$ 。如图 4 所示,激光器发出束腰为  $2\omega_0$  ( $= 0.068\text{ mm}$ )的发散的高斯光束,经过会聚透镜  $L_1$ (到达  $L_1$  的光束直径为  $2\omega_1$ ),会聚成束腰为  $2\omega_2$  的高斯光束,将透镜  $L_2$  直接置于束腰处,经过  $L_2$  的会聚作用,光束变为束腰为  $2\omega_3$  的高斯光束。此时,出射光束的会聚中心(即束腰位置)平行地穿过声光介质。现在用逆推法来决定激光器、 $L_1$ 、 $L_2$  以及声光调制器四者之间的位置关系,即  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  的大小。

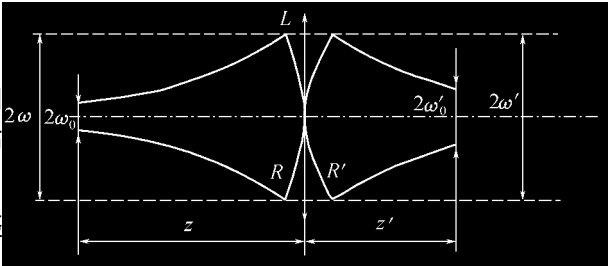


图 2 高斯光束经薄透镜的变换

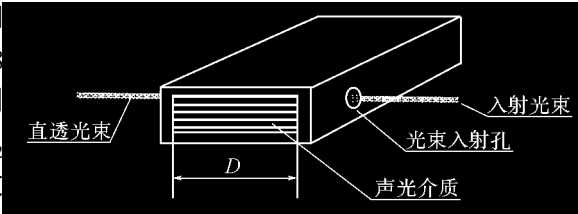


图 3 声光介质的几何结构

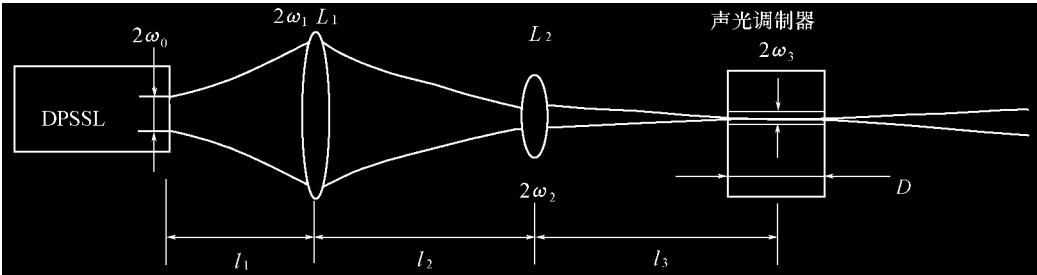


图 4 DPSSL 与 AOM 的光学匹配设计

根据声光调制器的使用条件,取出射光束腰粗  $2\omega_3 = 0.1\text{ mm}$ ,已知  $f_2 = 32\text{ mm}$ ,  $\lambda = 532\text{ nm}$ ,由公式(4)可求得  $2\omega_2 = 0.217\text{ mm}$ ,由公式(3)可得  $l_3 = 26.4\text{ mm}$ 。再由公式(2)可知与声光调制器作用的高斯光束的发散角  $2\theta = 3.8\text{ mrad} < 7.0\text{ mrad}$ ,满足使用要求;由于  $L_2$  位于  $L_1$  出射光束的束腰处,又已知  $f_1 = 100\text{ mm}$ ,故由公式(4)可求得  $2\omega_1 = 0.312\text{ mm}$ ,再由公式(3)可求得  $l_2 =$

67.4 mm. 最后由公式(1)可求得  $l_1 = 30.6$  mm.

### 3 实验结果

利用上面所得数据,我们设计了一个使 DPSSL 与 AOM 相匹配的光学系统.用 7.5 MHz 的正弦电信号反馈给声光调制器的驱动器,得到光强调制频率为 15 MHz 的激光输出,如图 5 所示.由于我们使用的国产 DPSSL 有低频光强噪声,所以照片中光强信号受此噪声干扰.衍射效率为 40% ~ 60%,如图 6 所示.从照片可以看出其 0 级和 1 级布拉格衍射光强近乎相等.这种光学系统完全能满足激光测距和激光彩色电视的要求.

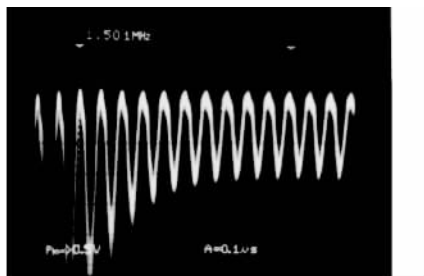


图 5 用高频光探测器测得的被调制的光信号



图 6 布拉格衍射图样

#### [ 参考文献 ]

- [ 1 ] 清华大学光学仪器教研组.信息光学基础[M].北京:机械工业出版社,1985.505—517.
- [ 2 ] 范安辅,徐天华.激光技术物理[M].成都:四川大学出版社,1992.174—201.
- [ 3 ] 李士杰,张书练.应用激光基础[M].杭州:浙江大学出版社,1994.145—155.
- [ 4 ] 吕百达.激光光学:激光束的传输变换和光束质量控制[M].成都:四川大学出版社,1992.60—100.

## A Optic Design of the Matching Between Diode-Pumped Solid-State Laser( DPSSL )and Acousto-Optic Modulator( AOM )

Wu Dong

( College of Physical Science and Technology ,Nanjing Normal University ,Nanjing 210097 ,PRC )

**Abstract** :In survey of the weak optical signal ,if we use the solid-state laser as a light ( green ) source ,at present a better method for high-frequency modulation is using of acousto-optic modulator. Considering the bigger beam-divergence of the DPSSL and the using requirement of the AOM ,we must design a suited optic system between DPSSL and AOM. From the spread laws of Gaussian beams ,we calculate and design the system ,and achieve the light intension modulation at a frequency above 15 MHz ,and obtain a higher diffraction efficiency.

**Key words** :Diode-Pumped Solid-State Laser ( DPSSL ) ;Acousto-Optic Modulator ( AOM ) ;Gaussian beams

[ 责任编辑 :丁蓉 ]