

用半导体激光器侧向泵浦的YAG激光器的聚光腔的研究

王法义

(长春光机学院, 长春)

摘要: 本文介绍一种用半导体激光器侧向泵浦的YAG激光器的聚光腔。它是由两块相同的对称安装的“直角三棱镜”*组成的半开式腔。这种结构的聚光腔可以使由一侧射入的泵浦光从三个方向照射YAG棒。它不仅有很高的几何传输效率,而且还可以大大地提高泵浦的均匀性。

An experimental study of light concentrating housing used in semiconductor laser transversely pumped YAG laser

Wang Fayi

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics)

Abstract: This paper introduces a light concentrating housing used in semiconductor lasers pumped YAG laser. It is a half open housing

* “直角三棱镜”只要求一个光学面,并且镀上与波长相应的全反射膜。这仅是为了分析问题和安装方便,当然可以改为两块平面全反射镜——作者

-
- [7] U.S.P., No. 4363126, 1982.
 - [8] A.P.L., 1986, Vol. 48, No. 25, P. 23.
 - [9] A.P.L., 1989, Vol. 54, No. 19, P. 8.
 - [10] A.P.L., 1987, Vol. 51, No. 7, P. 17.
 - [11] A.P.L., 1989, Vol. 54, No. 20/24, P. 1950~1952.
 - [12] 《激光技术》, 1989年, 第13卷, 第4期, 第25页。

作者简介: 林良华, 男, 1937年11月出生。高级工程师。现从事激光技术及应用研究工作。

时顺森, 男, 1941年3月出生。高级工程师。现从事激光技术及应用研究工作。

罗永新, 男, 1967年12月出生。硕士研究生。

收稿日期: 1989年12月11日。

consisting of two symmetrically set identical right angle prisms. The configuration enables the pumping light from one side to illuminate the YAG rod from three different directions. It has a higher geometrical transmission efficiency as well as a better pumping uniformity.

一、引言

用半导体激光器泵浦YAG激光工作物质的方式有两种，即轴向泵浦和侧向泵浦。前者对于尺寸较小的工作物质很适用，但是，要实现较大尺寸工作物质的泵浦，还是采用侧向泵浦方式为宜。由于半导体激光束有一定的发散角，可谓“定向照射”，再采用氙灯泵浦时的聚光腔就大为不妥。为此，设计一种几何传输效率高，从而最大限度地减少半导体元件数量的聚光腔是十分必要的。基于上述考虑，我们特设计了一种几何传输损耗很小、泵浦均匀、简单易行的聚光腔。

二、聚光腔的结构

这种聚光腔是由两块相同的对称安装的直角三棱镜组成的。其结构如图1所示。其光学面镀全反射膜。

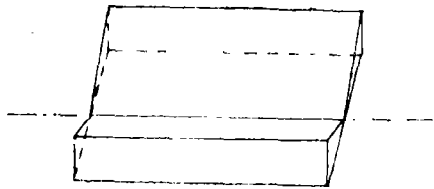


图1 聚光腔结构示意图

三、原理

为了说明该聚光腔的工作原理，可以从由泵浦光束的发散角如何确定横向（即垂直YAG棒轴向）上的泵浦源、YAG棒和聚光腔之间的相对几何位置，以及直角三棱镜的有关参数的过程中知晓。下面就以半导体激光器在YAG棒横向上的发散角为 2θ ，对我们的设计给予具体讨论。

1. 横向上各元件之间相对位置和直角三棱镜有关参数的确定

为了便于讨论问题，在通过任一半导体激光器的位置上对整个YAG激光器加以横切，可以得到如图2所示的截面图。图中 l_1 、 l_2 、 l_3 分别为由YAG棒的（轴）圆心O到泵浦源（半导体激光器发光面）N、直角三棱镜光学面及其顶点M的距离。因为泵浦光的分布，YAG棒和两个直角三棱镜均是以AB为对称的，所以只需讨论整个腔体的一半就足以说清问题了。现就借助与圆O（YAG棒的横截面圆）相切的一条光线ND（简称相切光线）和一条边缘（即发散角对应的）光线NE，并合理地选取 l_1 的值，使通过切点C的半径 r 的延长线所截取的侧面通过的光束（即ND和NF光束）的束宽 $d < 2r$ ，利用几何光学作图法，便可确定直角三棱镜光学面的位置及其它有关参数。

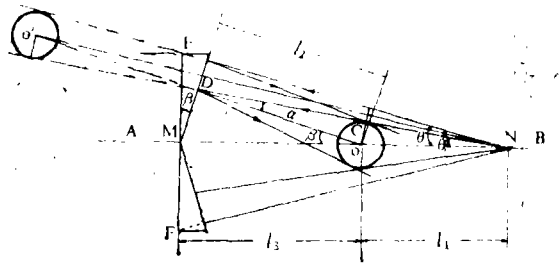


图2 YAG激光器的横向剖面及泵浦光几何传输示意图

由图不难看出，相切光线ND与AB的夹角 θ_1 可以表示为

$$\sin\theta_1 = r/l_1$$

则有

$$\theta_1 = \sin^{-1}(r/l_1) \quad (1)$$

显然，相切光线与边缘光线的夹角 θ_2 为

$$\theta_2 = \theta - \theta_1 = \theta - \sin^{-1}(r/l_1) \quad (2)$$

在 θ_2 内，与相切光线和边缘光线相切，而其半径为 r 的圆之圆心 O' 到泵浦源N的距离 l_4 可以由下式求得

$$l_4 = O'N = \frac{r}{\sin \frac{\theta_2}{2}} \quad (3)$$

连接 $O'O$ ，可以证明 $O'O$ 与相切光线的交点D恰是 $O'O$ 的中点。作 $O'O$ 的垂直平分线，则它就是直角三棱镜光学面的位置。因为圆O和圆 O' 相对直角三棱镜的光学面互为物象关系，所以由光学面反射回来的侧通光的相切光线和边缘光线恰好与圆O相切，即侧通光将全部照射到YAG棒上。

同理，AB下半部分的侧通光将以与上半部分侧通光相对AB对称的方位全部反射到YAG棒上。

在 $\Delta NO'O$ 中，由余弦定理可以求得 $O'O$ ，即

$$O'O = \sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\theta_1 + \frac{\theta_2}{2})}$$

则可以求出YAG棒的轴心（即O点）到直角三棱镜反射面的距离 l_2

$$l_2 = OD = \frac{1}{2}O'O = \frac{1}{2}\sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\theta_1 + \frac{\theta_2}{2})} \quad (4)$$

在 ΔNDO 中，利用正弦定理可以计算出相切光线在直角三棱镜光学反射面上的入射角 α

$$\alpha = \sin^{-1}[(l_1/l_2)\sin\theta_1] \quad (5)$$

由此便可求得直角三棱镜的顶角 β

$$\beta = \alpha + \theta_1 = \sin^{-1}[(l_1/l_2)\sin\theta_1] + \sin^{-1}(r/l_1) \quad (6)$$

从圆心O到直角三棱镜顶点M的距离 l_3 为

$$l_3 = l_2 / \cos\beta = l_2 / \cos(\theta_1 + \alpha) \quad (7)$$

泵浦源N到三棱镜顶点M的距离 l 为

$$l = l_1 + l_3 = l_1 + l_2 / \cos(\theta_1 + \alpha) \quad (8)$$

β 角相邻的直角边的长取它与边缘光线延长线与其交点E到M点的距离 h 就可以了，即

$$h = EM = (l_1 + l_3) \operatorname{tg}\theta \quad (9)$$

则两块对称安装的直角三棱镜的总宽度EF为

$$EF = 2h = (l_1 + l_3) \operatorname{tg}\theta \quad (10)$$

至于直角三棱镜的纵向长度（即聚光腔长度），取其与YAG棒长相等就足够了。

四、讨 论

1. l_1 的选取必须合理，因为它直接决定了 d 值的大小。若 d 值过大，将使 l_2 变小，即

YAG棒距直角三棱镜光学面太近,会给YAG棒的安装和固定造成困难。当 $d > 2r$ 时,将有一部分侧通光根本反射不到工作物质上,必然将降低泵浦效率。若 d 值过小,将使 l_2 变得很大。这样不仅会使整体部件分布不合理,而且会因为侧通光量太少致使泵浦不均匀。由此可见,根据半导体激光器发散角的大小,恰当地选取 l_1 值是非常重要的。

2. 在要求泵浦功率较大的情况下,可以将三个这种结构的泵浦和聚光系统对称地安装在YAG棒的周围,既可大大提高泵浦功率,又不会使激光器的总体积增大许多。

3. 半导体激光器横向和纵向发散角与YAG棒的横向和纵向如何匹配,可以根据使用要求和条件决定。然后由YAG棒的几何尺寸及其对泵浦功率的要求,计算出所需半导体激光器件的数量和它们列阵的方式与器件间距。

五、结 束 语

由上述分析不难看出,这种结构的聚光腔不仅是简单易行,体积小、重量轻、成本低、装调方便,而且泵浦光的几何传输效率很高,同时又易于提高泵浦的均匀性。

作者简介:王法义,男,1938年7月出生。高级实验师。现从事激光器件与技术实验教学* * * * * 工作。

收稿日期:1989年10月23日。

· 简 讯 ·

全国纤维光学与集成光学学术交流会等三个会议将在长春召开

由中国光学学会纤维光学与集成光学专业委员会主办的“第四届全国纤维光学与集成光学学术交流会”、“第三届全国光计算学术讨论会”、“第一届全国非线性导波光学学术讨论会”,将于1990年8月在长春召开,征文截止日期:1990年5月15日。联系人:长春市吉林大学电子科学系张玉书(邮政编码:130023)。

(乙 民 供稿)

引起世人关注的眼科准分子激光器公司

1989年8月9日在华尔街杂志上的一篇关于眼外科准分子激光实验领域的文章,引起了普遍的关注。文章评述了现代的眼角膜雕刻临床实验,生动地描述了在不到40s的时间里矫正视力问题的无痛方法。

这篇文章还起到了引起投资者对三个主要的眼科准分子激光系统的商业开发公司的兴趣。Visx, Summit Technology和Taunton Technologies公司的存货价格上涨了。

关于这些公司的系统的临床效果将由主要的眼研究人员在1989年10月28日新奥尔良的一年一度的准分子激光器眼科学会议提出。

译自LF World, 1989, Vol.25, No.9, P.9.

张贤义 译 刘建卿 校