

# 传输大功率激光的导光纤维的结构设计\*

上海化工学院玻璃专业光纤组

我们采用了低吸收的光学玻璃作为大功率激光导光纤维的芯料(玻璃的含铁量为6ppm,损耗为0.2分贝/米),用双坩埚拉制成了新型光学玻璃单纤维,芯皮折射率差 $\Delta n = 0.02$ 。下面着重介绍导光纤维的结构设计问题。

设计大功率激光导光纤维的结构应当满足三个条件:

1. 导光纤维应柔软,具有足够小的曲率半径;
2. 激光易于注入单纤维,有较高的注入效率;
3. 从导光纤维出射的激光的发散度要小,以便保持足够的激光亮度。

根据这三个要求,我们设计和研制了一种小发散度的新型导光纤维,其结构如图1所示。



图1 激光导光纤维结构

1—导光纤维入端; 2、7—铜头套; 3—过渡段保护套管; 4—金属软管; 5—塑料管; 6—导光纤维中段; 8—导光纤维出端

锥形的进端直径为2毫米,使激光注入容易,并且便于光学加工,使纤维入口具有良好的光学质量,不被聚焦的激光所损伤。随纤维长度方向直径逐渐变细,纤维中部约

150~200微米,最细的部位在离出端5厘米左右,因为操作应用时此段经常弯曲,需要较小的曲率半径。使用时允许的最小曲率半径为5厘米。在纤维入端过渡到中部时,纤维直径还相当粗,所以要加上保护套管以防弯曲折断。纤维出端采用锥形结构,这种锥形出端的导光纤维使出射光的发散度大大减小。

根据纤维光学原理,光线在锥形光学纤维中的传播与光线的传播方向有关。从纤维的大端传到小端,出射光的出射角大于光线的入射角;从纤维的小端传到大端,光线的出射角小于光线的入射角。换言之,即光线从纤维的大端传到小端,发散角增大(图2,光线1),从纤维的小端传到大端,光线趋向平直,发散角减小(图2,光线2)。二端带锥形的光学纤维,在入端,入射角较大的光线(图2,光线3)经几次全反射后,投射于芯皮界面的投射角小于临界角,因而不能继续全反射,从芯皮界面穿出纤维之外,不会传到纤维出端。只有以很小入射角入射的光,经多次全反射后投射角仍大于临界角,这部分光

(下转第2页)

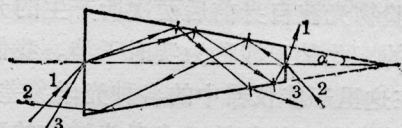


图2 光线在锥形光学纤维中的传播

收稿日期: 1977年10月27日。

by David G. Clute.

“激光光束的再准直”,武汉地震大队 郭惠申译

[1] “激光在工程测量准直中的应用”,湖北综合勘察院,《勘察技术资料》1975年,第1期。

[2] 《Recollimation of a Laser Beam》, AD 738288,

[3] 傅里叶光学导论, J. W. 顾德门著,詹达三等译,科学出版社,1976年。

[4] “气体激光”,《气体激光》编写组,上海人民出版社,1975年。

观察到饱和现象。在总气压为 650 托、充电电压为 20 千伏时获得最大能量输出 10 毫焦耳, 电效率 0.2%。

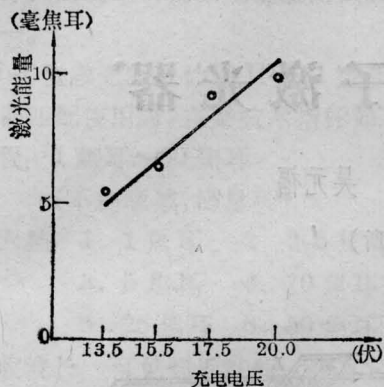
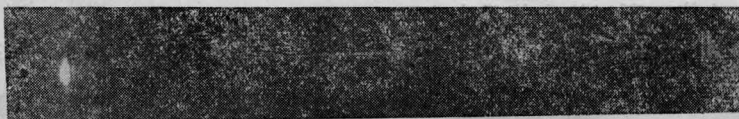


图 2 输出能量与充电电压的关系

图 3 示出用 31WI 光栅光谱仪摄得的激光光谱。振荡谱线为 2480 埃和 2489 埃, 2480 埃线较强。

KrF 激光器是迄今我国波长最短的激光器, 可望在同位素分离、光化学、全息照相、空间通讯以及激光核聚变等重大研究领域中获得应用。无疑, 它将作为一种紫外波段的强相干源成为促进许多科学技术发展的有力工具。



2480 埃 ↑ 2489 埃

图 3 KrF 激光光谱。三次曝光, 用 Hg 灯 3341 埃线定标

## 参 考 资 料

- [1] J. E. Velazco, D. W. Setser; *J. Chem. Phys.*, 1975, **62**, 1990.
- [2] S. K. Searles, G. A. Hart; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 243.
- [3] J. J. Ewing, C. A. Brau; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 350.
- [4] E. R. Ault, R. S. Bradford, Jr. et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 413.
- [5] C. A. Brau, J. J. Ewing; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 433.
- [6] J. A. Mangano, J. H. Jacob; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 495.
- [7] R. Burnham, N. W. Harris et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 86.
- [8] C. P. Wang, H. Mirels et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 327.
- [9] D. G. Sutton, S. N. Suchard et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 522.
- [10] R. Burnham, F. X. Powell et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, 30.
- [11] C. P. Wang; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, 103.
- [12] J. R. Murray, H. T. Powell; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, 254.
- [13] R. W. Waynant; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**, 234.
- [14] Н. Г. Васов, А. Н. Брунин и др.; *Квантовая электроника*, 1977, **4**, 1595.

(上接第 25 页)

能到达纤维出端。因此纤维的锥形入端相当于一个滤模器, 把较大投射角的光(相当于比较高阶的模)都滤去了, 使到达出端的光保持了较小的投射角。光线到达出端部时, 相当于从锥形纤维的小端入射, 每一次全反射后, 投射角都增大了  $2\alpha$  ( $2\alpha$ ——纤维出端的锥顶角), 多次全反射后可接近于出端锥顶角那样的发散度, 使出射光发散度大大减小, 出射光变得平直。因此, 光通过这种导光纤维的发散度与出端直径、形状和锥度有关。光学纤

维采用这种结构, 经我们多次试验表明, 出射激光的发散度可以达到 20 毫弧度左右。配上一个单透镜就能将激光聚焦到 1 毫米以下。这种锥形出端的结构, 出端面积增大, 减小了纤维出端面上承受的激光功率密度, 使纤维出端不易烧毁。在使用中出端被污染时, 这样的出端易于拭擦清洗。同时, 它也便于光学加工。

整个纤维长 1.0~1.7 米, 连外套管外径 6 毫米。根据需要使用, 最细可达 2 毫米。