

表4 激光新品系和对照历年比较表

年份	代数	播期	移期	熟 期		实 粒 数		千粒重(克)		穗 颈 瘟 %		株 高	
				激 光	CK	激 光	CK	激 光	CK	激 光	CK	激 光	CK
76	L <sub>2</sub>	6/20	8/2	10/25	10/30	61	58	30	28	1.2	23	80	80.8
77	L <sub>3</sub>	6/20	8/2	10/25	10/30	60	56	30.5	27	1.24	24.5	81.5	81.8
78	L <sub>4</sub>	6/20	8/2	10/25	10/30	60.5	57	30.7	26	1.22	23.5	82.3	82.5
79	L <sub>5</sub>	6/20	8/2	10/25	10/30	60.8	51	30.8	25	1.1	22	82.3	82.5
80	L <sub>6</sub>	6/20	8/3	10/25	10/30	40.9	34.7	31	22	1.06	20.8	83.7	85.5

表4看出,激光育出的新品系,通过时间的考验,不但有遗传性,并且结实饱满米质好,早熟粒重又抗病。1980年参加本所市后季区试,虽因灌浆抽穗时,遭到雀害,但产量在15只品种中仍居第二名。经县种子化公司化验,激光选育的新品系,千粒重31

克,出糙率83.5%,对照种22克,出糙率78%,可知在每百斤中激光选系多出5.5斤糙米,占7.05%,充分说明激光育种对粒重的增加起着一定的作用。

(上海青浦县农科所 杨日昌  
1981年4月3日收稿)

## 测定石英管内外径比的新方法

**Abstract:** The paper reports a nondestructive technique to measure the ratio of inside diameter to outside diameter of the quartz tube based on the principles of geometrical optics. This technique has also been extended to measure the thickness of the deposit in CVD or MCVD method.

### 一、引言

光纤通信,迫切要求光纤的几何尺寸标准化。为此,首先要求预制棒的芯包半径比要标准化。要达此目的,归根结底要严格挑选石英衬底管的几何尺寸和精确控制沉积层的厚度。本文的目的就是为达到上述目标,提出一种非破坏性的测量石英管内外径比的方法。同时,将此方法推广用来测沉积层(未瓦解成实芯预制棒之前)的厚度。

我们已经提出了一种测预制棒芯包半径比的方法,并已作为一种常规检测手段在运用。但是上法只能将已熔炼成的预制棒,按芯包半径比加以分档。而本文的方法,是想在熔炼之前和熔炼之中实行之,以达到熔炼出人们预计的预制棒的芯包半径比,从而达到预计的光纤维的芯包半径比。

### 二、原理

为使图形清晰,我们在图1中只画出了一束平行的、垂直于石英管的光束中的光线I。I这条光线入射到空气、石英管的交界面上A处时,首先发生反射(图1中未画出)和折射。折射光进到石英管空

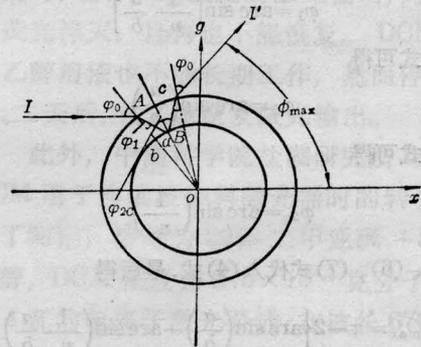


图1 平行光束侧面垂直入射到石英管上发生散射

气交界面B上时,又发生反射,并且因我们有意选择这样一条光线I,使其在B点刚好达到全反射临界点。即是说:当入射角 $\varphi_0$ 小时,折射角 $\varphi_1$ 也小,光线进到石英管、空气交界面处会发生反射和折射;而当 $\varphi_0$ 增大, $\varphi_1$ 也增大,使 $\varphi_{2c}$ 刚好成为发生全反射的临界入射角,光线I在B处只有反射而无折射; $\varphi_0$ 再增大,直到 $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ 止,光线I在石英管、空气

交界面处都只会发生反射,而无折射。反射的光线是经石英管的外表面折射后成为光线  $I'$ , 它与  $x$  轴构成的角  $\phi_{\max}$  是对应于光线在内表面发生全反射时的临界角。这就是说,比  $\phi_{\max}$  小的光线都对应于全反射,而比  $\phi_{\max}$  大的光线都对应于非全反射(这是对石英管内表面而言),  $\phi_{\max}$  是对应于前向散射光场强度分布的一个临界角。这就是本文所提出的方法之根据。只要能找出  $\phi_{\max}$  与石英管的几何尺寸间的函数关系,我们就可由测定  $\phi_{\max}$  来决定石英管的几何尺寸。下面从几何光学出发来建立这种函数关系。

由图 1 在  $A$  点根据菲涅尔定律有

$$\sin \varphi_0 = n_c \sin \varphi_1, \quad (1)$$

由  $\triangle AOB$  的正弦定理有

$$\frac{a}{\sin \varphi_1} = \frac{b}{\sin \varphi_2} \quad (2)$$

上式中  $a$ 、 $b$  分别为石英管的内外半径。

在  $B$  点,正如前面所述,假定光线刚好满足全反射临界条件,所以有

$$\sin \varphi_{2c} = \frac{1}{n_c}, \quad (3)$$

从几何关系,很容易由图 1 得到

$$\phi_{\max} = \pi - 2\{\varphi_0 - \varphi_1 + \varphi_{2c}\} \quad (4)$$

由(2)、(3)式可得

$$\varphi_1 = \arcsin \left[ \frac{1}{n_c} \frac{a}{b} \right] \quad (5)$$

由(1)式可得

$$\varphi_0 = \arcsin \left( \frac{a}{b} \right) \quad (6)$$

由(3)式可得

$$\varphi_{2c} = \arcsin \left( \frac{1}{n_c} \right) \quad (7)$$

将(5)、(6)、(7)式代入(4)式,最后得

$$\begin{aligned} \phi_{\max} &= \pi - 2 \left\{ \arcsin \left( \frac{a}{b} \right) - \arcsin \left( \frac{1}{n_c} \frac{a}{b} \right) \right. \\ &\quad \left. + \arcsin \left( \frac{1}{n_c} \right) \right\} \\ &= 93^\circ 19' - 2 \left\{ \arcsin \left( \frac{a}{b} \right) \right. \\ &\quad \left. - \arcsin \left( \frac{1}{1.457} \frac{a}{b} \right) \right\} \quad (8) \end{aligned}$$

上式第二个等式是在假定石英管的折射率  $n_c = 1.457$  时得到的。

由(8)式将  $\frac{a}{b}$  解出,得

$$\frac{a}{b} = \frac{1.457 \times \sin \frac{1}{2}(93^\circ 19' - \phi_{\max})}{\left[ (1.457^2 + 1) - 2 \times 1.457 \times \cos \frac{1}{2}(93^\circ 19' - \phi_{\max}) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

由(9)式显然可知,若已测得  $\phi_{\max}$ , 我们就可确定  $\frac{a}{b}$ 。为实测时计算方便,可将  $\frac{a}{b} \sim \phi_{\max}$  预先列成表格,或者画成曲线,以备查用。

在这里要强调的是:(8)式是在假定石英管的折射率均匀情况下得到的。对于石英管内沉积有梯度沉积层的预制管(未瓦解成棒之前有沉积层的管子),一般就不能直接搬用(8)式,而需要将(8)式加以修正。下面我们给出这一修正。

由于沉积的梯度层的折射率与石英管的折射率  $n_c$  差别不大(一般最大相对折射率差  $\Delta = \frac{n_1^2 - n_c^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_c}{n_1} \approx 1\% \sim 0.1\%$ ), 故光线由石英管到沉积层所遭到的弯折不大,我们只需要将前面的公式分别改正为:

$$\sin \varphi_{2c} = \frac{1}{n_1}, \quad (3')$$

$$\varphi_1 = \arcsin \left( \frac{1}{n_1} \frac{a}{b} \right), \quad (5')$$

$$\varphi_0 = \arcsin \left( \frac{n_c}{n_1} \frac{a}{b} \right), \quad (6')$$

$$\varphi_{2c} = \arcsin \left( \frac{1}{n_1} \right), \quad (7')$$

将(5')、(6')、(7')式代入(4)式,得

$$\begin{aligned} \phi_{\max} &= \pi - 2 \left\{ \arcsin \left( \frac{n_c}{n_1} \frac{a}{b} \right) \right. \\ &\quad \left. - \arcsin \left( \frac{1}{n_1} \frac{a}{b} \right) + \arcsin \left( \frac{1}{n_1} \right) \right\} \\ &= \pi - 2 \left\{ \arcsin \left[ (1 - \Delta) \frac{a}{b} \right] \right. \\ &\quad \left. - \arcsin \left[ \frac{(1 - \Delta) a}{n_c b} \right] + \arcsin \left[ \frac{1 - \Delta}{n_c} \right] \right\}. \quad (8') \end{aligned}$$

(8')式即为修正后能应用于有梯度沉积层的预制管。 $a$ 、 $b$ 是预制管的内外半径,  $n_1$ 是沉积层中最大折射率,  $\Delta$ 为相对折射率差,前面已指出过。

由(8')式可以看出,由于  $\Delta \ll 1$ , 所以在工程实际中用(8')式来测预制管内外半径比  $\frac{a}{b}$  所引起的误差,可能不会大于其他因素所造成的误差。

### 三、提高测量 $\phi_{\max}$ 的清晰度

测量时除石英管内表面的反射光外,还有石英

管外表面的反射光。后一种反射光对我们测量  $\phi_{\max}$  来说是一种背景光,要设法除去它。

我们知道,光从光疏媒质到光密媒质的分界面反射时,对于偏振面在入射面内的偏振光(又称为  $p$  分量)来说,当入射角等于 Brewster 角\*时

$$\varphi_0 = i_B = \text{tg}^{-1} n_{00} \quad (10)$$

反射光的电场平行分量(在与石英管垂直的平面内的分量)等于零。按(10)式  $n_0 = 1.457$ , 则  $i_B \approx 56^\circ$ 。这就是说,由石英管外表面反射的光中,在与  $x$  轴约成  $69^\circ$ (此角在  $\phi_{\max}$  附近)的方向上,反射光中电场的平行分量等于零。因此,当入射光中既包含有平行分量( $p$  分量),又包含有垂直分量( $s$  分量,即平行于石英管轴的分量)的自然偏振光,那么在与  $x$  轴约成  $69^\circ$  的方向上,由石英管外表面反射的光只出现电场的垂直分量。这种现象不会在石英管内表面发生。

根据这一光学现象,我们可以有意地在实验光路中加上一个起偏器,使入射光束只含有电场平行分量,这样可使  $\phi_{\max}$  附近,由石英管外表面反射所造成的背景光大为减弱,提高测量  $\phi_{\max}$  的清晰度。

#### 四、误差估计

由(8)式得

$$\Delta\phi_{\max} = -2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{n_c^2-x^2}} \right\} \Delta x. \quad (11)$$

所以

$$\Delta x = \frac{|\Delta\phi_{\max}| \sqrt{1-x^2} \sqrt{n_c^2-x^2}}{2 \{ \sqrt{n_c^2-x^2} - \sqrt{1-x^2} \}}. \quad (12)$$

式中  $x = \frac{a}{b}$

当  $n_c = 1.457$ ,  $x = \frac{a}{b} = 0.8$  时,有

$$\Delta x \approx 0.6 |\Delta\phi_{\max}|,$$

$$\frac{\Delta x}{x} = 0.5 |\Delta\phi_{\max}/\phi_{\max}|.$$

一般都有  $\phi_{\max} > 48^\circ$ ,  $|\Delta\phi_{\max}| \leq 10'$ , 所以  $|\Delta x/x| \leq 0.2\%$ 。故由于测量  $\phi_{\max}$  的误差所引起  $x$  的误差是很小的,完全满足工程上的要求。

#### 五、实验结果与说明

根据前面提出的原理,按图2所示的实验原理图进行了实测。同时为了比较,将被测样品用通常实际采用的游标卡尺、读数显微镜进行测量,其结果列于表1。

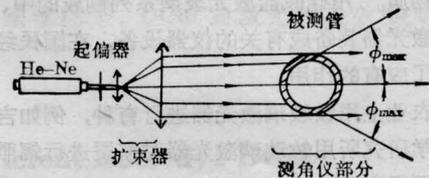


图2 实验设置示意图

表1中本法测量结果是由一个方向测得  $\phi_{\max}$  后,由(9)式算得  $a/b$ ; 游标卡尺测量结果是由两方向测得的  $2a$ 、 $2b$ , 分别求平均(由于样品管子不十分

\* 因光在石英管的内表面反射,是从光密媒质到光疏媒质,不会出现此种 Brewster 角。

表1 测量结果

被测样品号	本法测量结果	游标卡尺测量结果	读数显微镜测量结果
I	A 端 $\phi_{\max} = 55^\circ 25'$ ; $a/b = 0.7813$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 13.31/16.81 = 0.7918$	样品过长无法测
	B 端 $\phi_{\max} = 53^\circ 45'$ ; $a/b = 0.7984$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 13.90/17.35 = 0.8012$	同上
II	A 端 $\phi_{\max} = 60^\circ 5'$ ; $a/b = 0.7247$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 10.75/14.93 = 0.7200$	同上
	B 端 $\phi_{\max} = 59^\circ 47'$ ; $a/b = 0.7287$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 11.38/15.25 = 0.7462$	同上
III	A 端 $\phi_{\max} = 55^\circ 45'$ ; $a/b = 0.7775$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 14.68/18.40 = 0.7978$	同上
	B 端 此头样品变形大没测	此头样品变形大没测	样品过长,且此端又变形大无法测
VI	A 端 $\phi_{\max} = 57^\circ 15'$ ; $a/b = 0.7602$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 12.22/16.00 = 0.7638$	$a/b = 2a/2b = 12.32/16.15 = 0.7628$
	B 端 $\phi_{\max} = 56^\circ 15'$ ; $a/b = 0.7719$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 13.10/16.70 = 0.7844$	$a/b = 2a/2b = 13.34/16.82 = 0.7931$
V	A 端 $\phi_{\max} = 55^\circ 37'$ ; $a/b = 0.7779$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 12.29/16.11 = 0.7629$	$a/b = 2a/2b = 12.31/16.09 = 0.7651$
	B 端 $\phi_{\max} = 54^\circ$ ; $a/b = 0.7978$	$\bar{a}/\bar{b} = 2\bar{a}/2\bar{b} = 13.76/17.30 = 0.7954$	$a/b = 2a/2b = 13.99/17.45 = 0.8017$

圆)而算出 $\bar{a}/\bar{b}$ ; 读数显微镜测量结果是由一个方向测得, 由于样件管子横截面的几何尺寸较大, 在显微镜下并不十分看得清、读得准(样件是2~3厘米长的管子, 用显微镜看其横截面的内外径)。鉴于上述各种原因, 所以很难用一个标准方法来校对本文的方法。从实际测量的结果来看, 本文方法所得结果

基本与其他两法一致。

本文方法的优点在于非破坏性、非接触进行测量, 这就适应于其他方法所不能适用的场合。

(邮电部武汉邮电科学研究院 邹林森

1980年11月29日收稿)

## 硅酸盐激光钕玻璃得到广泛应用

**Abstract:** A review is given on the wide applications of Nd doped silicate glasses in laser science and technology in China.

钕玻璃是固体激光器中价格最便宜的一种激光工作物质。用硅酸盐激光玻璃系列制成的中、小型固体激光器装备成有关的仪器设备, 在国民经济中发挥了应有的作用。

农业上用钕玻璃激光器进行育种, 例如吉林蚕业科学研究所用钕玻璃激光器对家蚕进行辐照, 收茧数可提高31%。山西农科所用钕玻璃激光器辐照油菜籽, 育选至第四代有四个株系呈现出较好的性状: 植株变短, 有效分枝数增多, 分枝部位降低, 叶形变小, 成熟期提前4~6天。山西农业科学院经济作物系用YAG重复频率激光器、氦-氖激光器、钕玻璃激光器和脉冲氙灯四种光源进行照射育种, 从实收产量分析, 钕玻璃激光器育种效果最好。

工业上应用钕玻璃激光器有打孔、焊接等。上海钟表元件厂用钕玻璃激光打孔, 有11条流水线年产一亿六千万粒宝石轴承, 孔径为5~25丝。一根钕玻璃棒, 可以用几百万次, 可见钕玻璃质量是很高的。全国还有十余家钟表材料厂也采用钕玻璃激光器生产各类轴承。还有天津纺织工学院、西安红旗机器厂、广州锅炉厂等单位开展了用激光打柴油机喷嘴的试验。如广州锅炉厂原来用硬度低材料(1Cr18Ni9Ti)做喷油嘴, 不能经久耐用, 在长期使用中较易磨损, 后来选用耐热合金钢3CrB等材料, 用钕玻璃激光打孔, 取得好效果。在广交会、广州沙面宾馆、广州铁路局援外接待站等单位的锅炉上使用正常。

上无十三厂用钕玻璃激光焊接, 可焊不同性质, 不同尺寸以及熔点极高的材料, 焊接效果很好。固体电路外引线0.15毫米镀金的可伐合金和印刷线

路板上0.05毫米镀锡铝合金铜箔的焊接是比较困难的, 过去是把固体线路外引线烫锡后用烙铁和线路板钎焊的, 焊接的质量差。用钕玻璃激光器焊接, 焊点直径只有0.53毫米。对0.1毫米金丝和锗片进行焊接, 在50倍显微镜下和热压焊接进行比较, 发现钕玻璃激光焊接强度高、焊接可靠、焊点光洁美观。华中工学院等单位还用钕玻璃激光焊接集成电路, 包括集成电路外引线、内引线和封装焊接、焊点承受剪切力在100克以上, 焊点小, 焊接速度每小时100至150组件。沈阳机电工业研究设计院还对高碳钢、低碳钢、镍、钨、钼、镍铝合金、电阻合金、可伐合金等线材进行对焊、角焊、T型焊、重迭焊等等。

地质勘探中的激光微区分析仪也用钕玻璃激光器, 现在北京、上海、江苏、安徽、湖南、广西、内蒙、新疆、福建和青海等省市自治区地质部门所用微区分析仪, 都是采用钕玻璃激光器做光源, 从国外引进的十台钕玻璃激光微区分析仪也都换上国产钕玻璃。

钕玻璃激光测距仪重复频率可以做到每秒30次。安徽光机所等单位用钕玻璃激光器测距和经纬仪测角相结合的方法研制成无标尺地形仪, 不要合作目标就可测出平距和高差。可用于1:1200至1:1000大比例尺地形图的测绘和农田水利、地质勘探、物理探矿、河道测量、输电线路和输油管道等工程的勘测。还有沈阳五七〇五厂生产的钕玻璃激光动平衡仪、上海市激光技术研究所研制的激光热导仪等都在有关方面得到使用。

(中国科学院上海光机所 王贵生

1980年7月29日收稿)