

关于“快门Q开关调Q”的一些建议

朱 振 和

(中国科学院物理研究所)

Some suggestions on “Q-switching by a shutter Q-switch”

Zhu Zhenhe

(Institute of Physics, Academia Sinica)

Suggestions on substitution of right angle prism for tetrahedral prism, employment of twice or fourtimes speed-up device and placing the right angle prism in a cell filled with gas of suitable refractive index are put forward on the basis of reference[1].

在文[1]中描述了马达调Q的一种新的工作方式,采用这种快门式Q开关的激光器具有输出光束的光轴稳定和输出能量稳定的优点,这是比较令人感兴趣的。

在文[1]所述的实验中用了一块四面体棱镜,我们要在此说明,其实并不一定要用四面体棱镜,用一块普通的直角棱镜也是可以的,当然直角棱镜加工起来比四面体棱镜要容易得多。如图1(a)所示,在通常的马达调Q激光器中,如果转动的不是全反射平面镜,而是一块直角棱镜,那么它是绕z轴旋转的。如果我们让直角棱镜绕y轴旋转,那么在ax平面内任意方向入射的光都沿着原来的方向返回,只是位置平移了一段距离(见图1(b))。

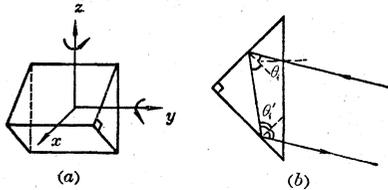


图 1

(a) 直角棱镜的旋转方式; (b) 光线被直角棱镜反射的光路图。 $(\theta_i + \theta_r = \frac{\pi}{2})$

这样它所起的作用和四面体棱镜是一样的,完全可以取代四面体棱镜。

为了提高开关速度,可采用二倍加速装置,或四倍加速装置,终端直角棱镜的放置如图2所示,图中旋转的平面镜当然也可以用直角棱镜取代,图中的光阑如果不需要的话可以去掉。开关时间 τ 按文[1]中的定义,为:

$$\tau = d/4\pi nL \quad (1)$$

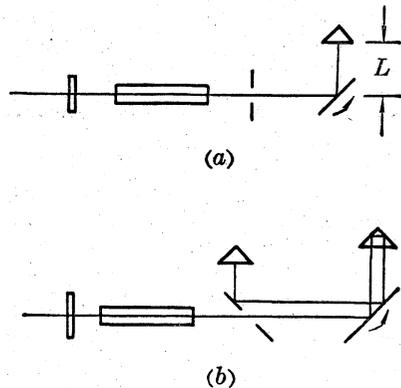


图 2 快门式Q开关激光器示意图
(a) 二倍加速装置; (b) 四倍加速装置

收稿日期: 1979年2月19日。

式中 d (毫米)为棒的通光孔径, L (毫米)在图 2(a)中表示, n (转/秒)为转镜的转速。

正如文[1]中说明的那样,在这种快门式 Q 开关激光器中,虽然 Q 值变化的曲线是矩形的,但是工作物质内通光面积是按下式变化的:

$$S = S_0 \frac{2}{\pi} \left[\arccos \frac{|t|}{\tau} - \frac{|t|}{\tau} \sqrt{1 - \left(\frac{t}{\tau}\right)^2} \right] \quad (|t| \leq \tau) \quad (2)$$

式中 $S_0 = \frac{1}{4} \pi d^2$, 为最大通光面积,我们取棒的全部面积都接通的时刻为 $t=0$, t 可以取正、负值。对于棒的中间部分来说在相当长的一段时间内是通光的,为使棒的中间部分在较长的时间内通光就要求 τ 大,但这样就使开关速度变慢了,可能出现双脉冲。为了解决这个矛盾,我们可以采用下述方法。

由于终端的直角棱镜实际上可以是固定不动的,我们就可以把它安装在一个密封的小盒子上,小盒子中充有一种折射率适宜的气体(见图 3),使得发生全反射的临界角 $\bar{\theta}_i$ 恰好略小于 45° , 比如说, $\bar{\theta}_i = 44^\circ 40'$ ($\bar{\theta}_i$ 究竟多大为宜,可根据具体情况及我们的要求而定)。在 $t=0$ 的时刻,在棱镜内的入射角 θ_{i0} 为 45° ; 随着 t 的增大, θ_i (见图 1(b)) 减小,到 $t=t_1$ 时, $\theta_{i1} = \bar{\theta}_i$ 。在 t_1 以前这一段时间里均能发生全反射,但在 $t > t_1$ 时就不发生全反射,有一部分光透射过去了。比如说,在 $t=t_2$ 时, $\theta_{i2} = 44^\circ 20'$, 这时我们可以算出平行偏振态和垂直偏振态的光的反射率各为:

$$R_1 = 0.416$$

$$R_2 = 0.652$$

平均反射率为:

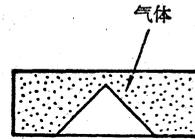


图 3 装在充气小盒上的直角棱镜

$$\bar{R} = 0.534。$$

可见在 $t > t_1$ 时,腔的 Q 值降低了,相当于提高了开关速度,这样就可以选用较大的 τ 而又不出现双脉冲。

假定直角棱镜所用的玻璃的折射率为 $n_{\text{玻璃}} = 1.5$, 很容易算出不同临界角所要求的气体折射率 $n_{\text{气体}}$ (见表)。

$\bar{\theta}_i$	45°	$44^\circ 50'$	$44^\circ 40'$	$44^\circ 30'$	$44^\circ 20'$
$n_{\text{气体}}$	1.06065	1.0576	1.0545	1.05135	1.0482

我们查知乙烯的折射率为 1.0743, 乙炔的折射率为 1.0619, 所以将乙烯或乙炔(当然还可能用其他气体)与空气以适当的比例混合就可以获得我们所要求的 $n_{\text{气体}}$ 之值。具体做的时候可以用一束 1.06 微米的连续激光以选定的角度入射到直角棱镜上,这块棱镜已安装在小盒子上,我们在小盒子背面合适的方位上用光电倍增管来接收 1.06 微米透射光。开始时在小盒子内是空气,激光被全反射回去;我们接收不到 1.06 微米信号。然后慢慢地充入乙烯或乙炔气,光电倍增管一接收到信号就立即把气孔封死,这样制备过程就完成了。

参 考 文 献

- [1] 吴瑞昆,刘晔;“快门 Q 开关调 Q ”,《激光》,1978, 5, No. 4, 3。