

版权所有 © 《激光技术》编辑部

一定的角度以改变其调谐性能。他们的这种思想,后来被其他研究人员所采纳,并进行了更深层次的研究。在此研究工作的基础上,我们认为有必要提出一套切合实际应用的较为完整的关于调谐器的综合设计办法,既考虑到各参数的单方设计条件,又考虑到各个相关参数间影响,以及测量条件、加工技术条件是否适应等。

二、各角度的意义及取值关系

双折射调谐片置于激光腔内,工作状态显示如图1。光线以 Brewster 角倾斜入射至晶体表面上,即 $\theta = \theta_B$, 折射角为 i ; β 角为折射光线与光轴间的夹角; e 角为光轴与表面的夹角; φ 角为入射面与光轴对晶片表面投影线的夹角;即为调谐角。 α 角为 OAB 平面与 OBC 平面之间的夹角,它由入射面、折射光线、晶体光轴三者的关系决定。上述各角度间的关系如下

$$\cos\beta = \cos\varphi \cos\theta \cos e + \sin\theta \sin e \quad (1)$$

$$\cos\alpha = \frac{\cos\varphi \cos e - \cos\beta \cos\theta}{\sin\beta \sin\theta} \quad (2)$$

输出干涉花样为

$$I = I_0 (1 - \sin^2 2\varphi \sin^2 \delta / 2) \quad (3)$$

$$\delta = \frac{2\pi d (n_e - n_o)}{\lambda \sin\theta} \sin\beta \quad (4)$$

式中, d 为晶片厚度; δ 为光束通过晶片后 o, e 两振动分量间的位相差。首先, (3) 式告诉我们, 当 $\varphi = 45^\circ$ 时, 有最小光强输出。因此, 应使调谐远离此值进行。(3) 式还说明干涉输出极大时应有 $\delta = 2m\pi (m = 0, 1, 2, \dots)$, 将此代入(4)式得

$$\lambda = \frac{d(n_e - n_o)}{m \sin\theta} \sin^2 \beta \quad (5)$$

此式即为调谐输出波长。具体的工作染料, 有一定的荧光谱线宽度, 为使染料激光器在工作时只输出单一波长的激光, 而不是输出两条或多条谱, 必须使由上式规定出的两个相邻级次 m_1, m_2 对应的输出波长 λ_1, λ_2 不同时处在给定的染料荧光光谱范围之内。因此, 设计调谐片所需考虑的第二个指标就是自由光谱范围。取相距最近的两个可能波长值, 即令 $m_2 = m + 1$, 又假设在给定波长范围内介质的双折射率 $(n_e - n_o)$ 可以被看作常数。考虑到实际上所有染料的荧光光谱带均较窄, 且具体使用的双折射材料一般为石英晶体, 上述假设是成立的, 能保证分析的结果有足够的精确性。于是有^[4]:

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \approx \frac{\lambda^2 \sin\theta}{(n_e - n_o) d \sin^2 \beta} \quad (6)$$

$$\lambda / \Delta\lambda = m \quad (7)$$

上式中, $\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ 为中心波长。可以看出, 自由光谱范围 $\Delta\lambda$ 是一个与干涉级次无关的量。实际设计中, 可将自由光谱范围取得稍大于设计要求, 故(7)式取其近似值是可以允许的。

三、调谐灵敏度

研究灵敏度的方法有多种^[4,5]。我们认为按 $d\lambda/d\beta$ 讨论灵敏度, 虽然理论上简单, 但与实际

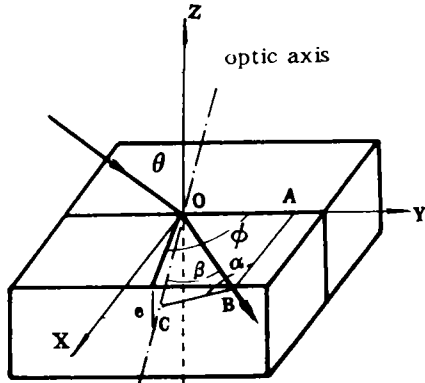


Fig. 1 Schematic of filter with tilted optic axis

应用存在着差距。实际中使用的调谐片并不可能直接实现对 β 角的调谐,当选定设计 e 角,给定入射角度 θ 后,直接调节的是 φ 角。因此,按 $d\lambda/d\varphi$ 讨论灵敏度更实际一些,即

$$\frac{d\lambda}{d\varphi} = \frac{d\lambda}{d\beta} \frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{2d(n_e - n_o)}{m \sin\theta} (\cos e \cos\theta \cos\varphi + \sin e \sin\theta) \cdot (\cos e \cos\theta \sin\varphi) \quad (8)$$

取(8)式中 $\theta = \theta_B = 57.1 \text{ DEG}$,绘制调谐灵敏度曲线 $d\lambda/d\varphi \sim \varphi$,如图2所示。图2中相应给出了不同 e 角时的 $d\lambda/d\varphi \sim \varphi$ 图形。

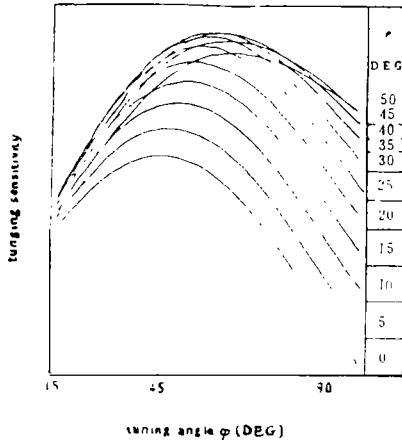


Fig. 2 Tuning sensitivity vs tuning angle

Table 1 Summary of tuning parameters (unit deg)

e	φ_0	β	α
50	68.7	32.8	119.7
45	67.2	36.4	109.0
40	63.8	38.8	99.3
35	60.6	41.6	90.4
30	58.3	45.2	83.1
25	56.9	49.4	77.2
20	55.3	53.4	71.8
15	52.9	57.0	66.0
10	50.8	60.7	60.9
5	47.4	63.9	54.8
0	45	67.4	48.0

从图2中得出的第一个结论是:当 e 角取 $35^\circ \sim 40^\circ$ 时,调谐灵敏度最高。第二个结论是:随着 e 角的变化,各曲线的灵敏度极大位置也发生了变化,参照表1。当 e 为零度时, $d\lambda/d\varphi$ 极大位于 $\varphi_0 = 45^\circ$;当 $e = 50^\circ$ 时, $\varphi_0 = 68.7^\circ$ 等等。这告诉我们,要在整个调谐波段内维持较高的灵敏度,须使调谐围绕以上给定的 φ_0 值进行。使实际的调谐角度为 $\varphi = \varphi_0 \pm \Delta\varphi$ 。因此设计调谐片时将所要求的调节范围的中心 φ_0 取在 φ_0 ,即使 φ_0 对应中心波长 $\lambda_0 = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$,以便获得最高调谐灵敏度。

从图2和表1中我们还发现, e 角取在 20° 以上时,不仅有较高的灵敏度,而且使得调谐中心偏离 45° 达 20° 以上。这一点恰如(1)式指出的那样, e 将有利于光强输出。随着 e 角的继续增大, φ_0 亦继续增大,偏离 45° 越多,这样的结果是在一定的范围内,提高灵敏与提高输出光强是一致的。

四、关于 α 角及输出线宽

染料激光器输出线宽直接与 α 角有关, α 角为 45° 时,得最佳输出线宽。因此,设计调谐器时,需要兼顾这个因素。

表1给出对应每一个设计 e 角的 φ_0 及 β 角,将此数据代入(2)式,可得相应之 α 值,列于表1最末一栏。显然,所有 α 值均与 45° 有一定的差别。这说明,对应最灵敏调谐角 φ_0 的状态并不能恰好对应 $\alpha = 45^\circ$,也就是说,当调谐角取在 φ_0 时,并不能使 α 角接近 45° 。应用(2)式稍作运算可知,将调谐中心角 φ_0 取在低于最灵敏调谐角 φ_0 的位置,将有利于使 α 角向 45° 靠近,有利于压缩输出线宽。但是,此种调整的结果是 φ_0 向 45° 靠拢,影响激光输出强度。可见,两者是相互

· 产品简讯 ·

电力系统 光纤供

系统

系统

系统

系统

版权所有 © 《激光技术》编辑部