

声光调制器在 YAG 激光器中的应用

吴泉英, 田芬

(苏州城建环保学院, 苏州 215011)

摘要: 本文主要介绍了声光调制器件的原理及其在 YAG(钇铝石榴石) 激光器中的应用。

关键词: 声光调制器; Q 开关; 激光器

中图分类号: O4222 文献标识码: A

Application of acoustic-optics modulator in the YAG laser

WU Quan-ying, TIAN Fen

(Suzhou Institute of Urban Construction and Environmental Protection, Suzhou 215011, China)

1 引言

近年来,随着声光技术的不断发展,人们已广泛地开始采用声光器件在激光腔内进行锁膜或作为连续器件的 Q 开关。由于声光器件具有输入电压低、驱动功率小、温度稳定性好、能承受较大光功率、光学系统简单、响应时间快、控制方便等优点,加之新一代的优质声光材料的发现,使声光器件具有良好的发展前景,它将不断地满足工业、科学、军事等方面的需求。

2 声光器件及其原理

声光调制是声波和光波在工作物质中的相互作用,声光调制器由声光相互作用介质和压电换能器两部分组成,其工作原理可作如下描述:射频电源通过电匹配线路使换能器振动,这些振动产生声压,通过结合层与声光材料耦合,并引起折射率周期性变化,这种变化与射频频率相同,相位一致,形成一个进行性的“相位光栅”,光通过此介质时就会被衍射,衍射光的强度、频率和方向都随超声场而变化,声光调制器就是利用这些性质来实现光束的调制,把通过它的激光调制成按某一规律变化的器件。

声光调制器的原理性参数为衍射效率和上升时

间。每秒衍射效率是仪器有用光通量的度量,并以衍射光能与射频功率下的入射光能之百分比来表达。上升时间是由光束断开、接通的时间测定,且是对调制激光最高频率之度量,定义为:射频脉冲最终效应由 10% 上升到 90% 所需的时间,它与声光通过聚焦激光光斑的时间等因素有关。

3 分析与应用

我们主要用声光调制器来改变激光器的 Q 值,实现压缩激光脉宽来提高激光峰值功率。当在声光调制器的换能器上加电压后,产生声压,形成相位光栅,腔内的激光束经过声光调制器产生衍射,声光介质对激光束起了关闭作用,光线不能在腔内来回反射,腔内 Q 值骤减,不能产生激光振荡。当换能器上的电压取消后,关闭状态立即消除,腔内 Q 值突增,激光振荡迅速建立,形成峰值功率,这时输出的激光可用来打标、刻字等激光加工。

在选择声光调制器时主要考虑声光相互作用介质的衍射效率、声的频率和调制器的上升时间,在这里我们仅讨论腔内应用的情况。

我们知道衍射效率与介质长度、工作波长、射频功率及声光性能指数等因素有关,其中声光性能指数即为材料常数。对于确定的介质长度、工作波长和射频功率,衍射效率将直接由材料的性质决定。主要的声光材料大体上有 3 类:液态材料、玻璃材料和晶体材料。它们各自的特性详列于表 1 中。

收稿日期: 2000-01-20; 修订日期: 2000-06-30

作者简介: 吴泉英(1965-), 女, 苏州人, 工程师, 从事光电子技术的教学与研究。

表 1 声光材料特性

材 料	透光范围 λ (μm)	声 速 10^5cm/s	声衰减 dB/cm	声光指数 $10^{-18}\text{S}^3/\text{g}$
TeO_2	0.35~ 5	4.2	15	34.5
Te 玻璃	0.47~ 2.7	3.63	170	23.9
熔石英	0.2~ 4.5	5.96	12	1.56
LiNbO_3	0.4~ 4.5	6.57	0.15	7
锆	2~ 20	5.50	30	840
SF-4	0.38~ 1.8	3.63		4.5
SF-59	0.46~ 2.5	3.26	1200	19
水	0.2~ 0.9	1.49	2400	126

选择声光材料时,要根据不同的用途在声光指数和声波衰减之间选择某种折衷的方案,介质还必须满足具有实际主要意义的下列要求:(1)使用波长处有高的光学透明度;(2)化学稳定性和机械耐久性;(3)生长大体积、高质量晶锭的稳定工艺;(4)对物理常数,特别对声速有低的温度系数,作为腔内应用,我们认为选择熔石英为佳,虽然它的声光指数较低,但却具有良好的光学性质,声衰减小,元件尺寸可以做得较大。

表 2 换能器材料特性

材 料	密 度 g/cm^3	耦合 系数	介电 常数	频率常数 $\text{GHz}\cdot\mu\text{m}$
$\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$	5.41	0.57 0.25	32 227	3.075 1.38
LiGaO_2	4.10	0.30 0.098	4.58	3.13 2.87
SiO_2	2.65	0.137	4.58	1.925
LiNbO_3	4.64	0.49 0.62 0.68	38.6 42.9 44.3	3.65 2.24 2.40
LiIO_3	4.5	0.51 0.60	6 8	2.065 1.26
AlN	3.26	0.20	8.5	5.2

除了上述因素之外,还有一个影响衍射效率的重要因素就是换能器,典型的换能器材料详见表 2,选择换能器首先要考虑声波应能有效地传入介质,声学技术

且声光器件要求有宽的频率,因而要注意它的耦合因素,此外还需考虑的是声、电阻抗匹配,为此,换能器的介质常数不能太高,亦不能太低。

器件的上升时间取决于声光通过聚焦激光光斑的时间,为了得到最快的上升时间,最好使聚焦激光光斑尽量缩小,为提高开关速度,有时需采取一定的缩孔措施,使光束以较快的方式通过声光 Q 开关。

根据前面的分析,我们设计的 YAG 声光调 Q 激光器如图 1 所示,并对图 1 中的器件参数作了如下选择:

声光换能器: LiNbO_3 ;

声光介质: 熔石英;

R1: 平面全反镜(对 $1.06\mu\text{m}$ 波长的波全反);

R2: 平面透过率 20%;

载波频率: $500\text{Hz}\sim 5\text{kHz}$;

射频调制频率: 40MHz ;

射频驱动功率: 10W ;

YAG(钕铝石榴石)棒: $\phi 55\text{mm}\times 100\text{mm}$ 。

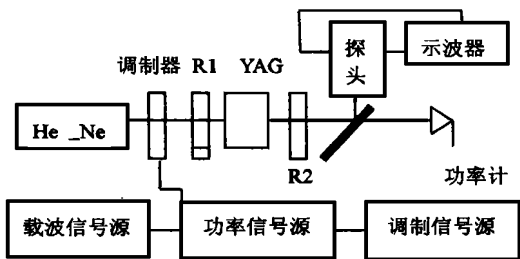


图 1 YAG 声光调 Q 激光器

这种声光调制器经测试得到如下结果:平均输出功率可达 $0\text{W}\sim 30\text{W}$,调制频率范围为 $500\text{Hz}\sim 5\text{kHz}$,脉宽 750ns ,声光调制器衍射效率 30%,上升时间 250ns ,在平均输出功率为 $5\text{W}\sim 15\text{W}$ 时,工作特性最佳。

上述结果表明,利用腔内 YAG 声光调制器可以有效地调制激光器的调 Q 输出,特别在平均输出功率为 $5\text{W}\sim 15\text{W}$ 时,脉冲宽度稳定性良好,峰值稳定度小于 8%。

参考文献:

[1] 徐英甫,刘敬海.激光器件与技术教程[M],北京:北京工业学院出版社,1987.
[2] 伍长征等.激光物理学[M].上海:复旦大学出版社,1989: 262-299.