

两种被动调Q激光器的比较*

林丽莎 蒲继雄

(华侨大学电气技术系, 泉州 362011)

摘要 对LiF晶体调Q与SBS(受激布里渊散射)相位共轭自调Q这两种激光器,分析、比较它们的调Q机理和输出特性.结果表明,SBS相位共轭激光器不仅具有自调Q功能,而且可改善光束质量,是一种简便易行、实用的调Q技术.

关键词 调Q,激光器,比较,受激散射

分类号 TN 248.34

众所周知,为了把激光应用到测距、雷达、制导、高速全息照相和激光核聚变等现代技术中,必须利用调Q技术把激光能量压缩在宽度极窄的脉冲中发射,以产生高峰值的巨脉冲.调Q原理是基于谐振腔Q值突变基础上的,通常用调节谐振腔损耗率的方法来控制Q值,使它按一定的程序变化,最后在短时间内使上能级的反转粒子大量被损耗转变为腔内光能量,输出极强的激光脉冲.用不同的方法控制不同的损耗就形成了不同的调Q技术,可饱和吸收调Q是一种常用的较成熟的工艺,近年来发展的SBS位相共轭腔内自调Q技术,是与可饱和吸收体调Q完全不同的另一类被动调Q技术.本文在实验的基础上,对这两种被动调Q激光器进行比较.

1 调Q机理

1.1 LiF晶体调Q激光器

这种激光器的实验装置如图1所示.Nd:YAG激光器谐振腔的两个反射镜 M_1 和 M_2 都是平面的,对波长 $1.06\mu\text{m}$ 的反射率为 $R_1=30\%$, $R_2=99\%$.Nd:YAG棒长70mm,直径7mm,激光器的工作方式为脉冲式.

LiF: F_2^- 色心晶体是可饱和吸收晶体,其中的 F_2^- 心的吸收峰在 $0.96\mu\text{m}$ 处,带宽0.2eV,与Nd:YAG激光器

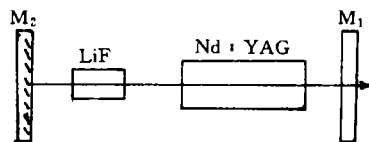


图1 LiF调Q激光器

器发射的激光波长($1.06\mu\text{m}$)相重叠,在强光作用下具有可饱和吸收性质^[1].激光器工作物质在泵浦初期,腔内自发辐射光强较弱,晶体的吸收率很高,相当于在腔内引进很大的损耗,Q值很低,不能形成激光振荡.随着光泵的继续作用,腔内工作物质的荧光变强,LiF晶体透过率增

* 本文1994-11-02收到;福建省自然科学基金资助项目

大,当晶体的吸收达到饱和吸收时,光被全部透过,腔内的 Q 值猛增,就产生激光振荡.图 2 是可饱和吸收体的吸收率 A 和透过率 T 随光强变化的曲线^[2](I_1 为饱和光强).

LiF 晶体调 Q 是被动式调 Q 快开关,使用简便,无需外电源,可获得大功率的巨脉冲.

1.2 SBS 位相共轭自调 Q 激光器

这种激光器的实验装置如图 3 所示.其中 Nd : YAG 棒 M_1, M_2 均与图 1 相同,长 100 mm

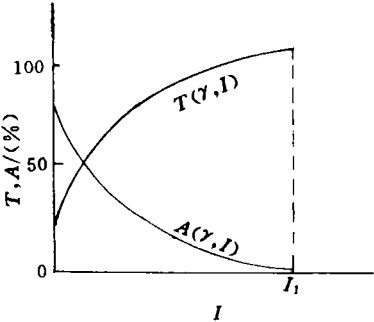


图 2 吸收率随光强变化曲线

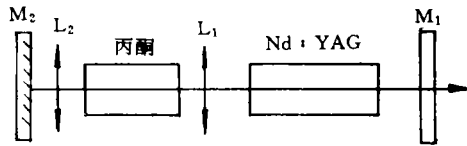


图 3 SBS 位相共轭自调 Q 激光器

的布里渊池(丙酮)则置于两块会聚透镜 L_1 和 L_2 之间. L_1, L_2 的焦距分别为 50 和 70 mm, 使谐振腔为望远镜腔. 激光器工作方式为脉冲式.

SBS 位相共轭自调 Q , 是利用某些液体(如丙酮)受激布里渊散射的后向反射率(R)随入射光增强而非线性增加的特性. 丙酮的 SBS 反射率随入射光强变化曲线如图 4 所示^[3].

SBS 位相共轭激光器自调 Q 机理可从 SBS 位相共轭镜的建立过程来说明, 可将图 3 的激光器简化为图 5 所示. 图中由受激布里渊池和 L_1, L_2 构成的望远镜系统——位相共轭镜用 M'_2 表示, 其反射率 R'_2 随光强增大而增大. 开始时 Nd : YAG 激光器在一定的泵浦能量下,

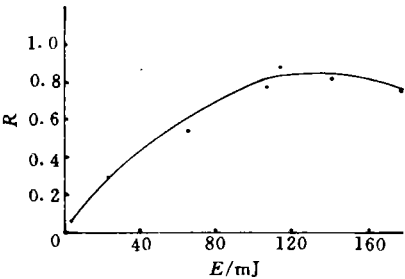


图 4 丙酮的 R - E 曲线

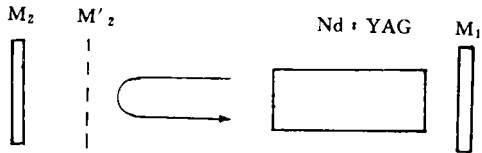


图 5 M_1 镜与位相共轭镜 M'_2 振荡形成示意图

由 M_1, M_2 构成的长腔将产生自由振荡. 此时, 腔内的光强 I 很小, 还达不到丙酮 SBS 的阈值 I_{th} , SBS 位相共轭镜 M'_2 不起作用, 光仍在 M_1 和 M_2 之间振荡、放大, I 愈来愈强, 池内由入射光与 M_2 返回的光干涉形成注入型受迫受激布里渊散射过程, 使 SBS 的阈值大大降低. 当光强 I 达到阈值 I_{th} 时, 反射率 R'_2 迅速增大, 即 SBS 位相共轭镜开始起作用, 这时 R'_2 可达 70% 以上, 这意味着 M_1 和 M_2 之间多了一个大于 70% 的损耗. 因此, M_1 和 M_2 构成的长腔不再继续振荡; 振荡在 M_1 与 M'_2 构成的短腔内进行, 短腔的 Q 值迅速上升, 从而输出脉宽为纳秒数量

级的激光脉冲. 这是一种与染料漂白完全不同的另一类被动调 Q 过程.

2 输出特性

对于两种调 Q 激光器及未调 Q 的 Nd:YAG 激光器输出的激光脉冲, 用快速 PIN 管接收

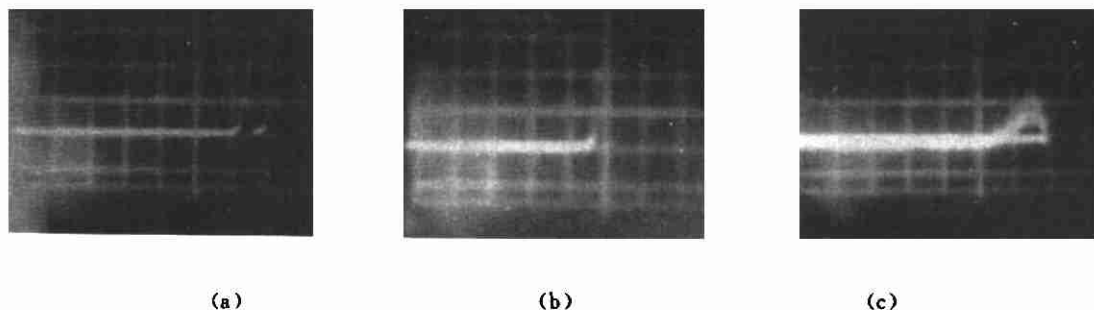


图 6 三种 Nd:YAG 激光器输出的激光波形

并通过示波器显示拍照, 结果如图 6 所示(图中横坐标 $50 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$ [(格)后略], 纵坐标 $0.2 \text{ V} \cdot \text{div}^{-1}$). 可见, 未经调 Q 的激光器输出的激光是多脉冲的(图 6a); SBS 位相共轭自调 Q 激光器输出的激光是单脉冲的(图 6b); 用 LiF 晶体调 Q 激光器输出的激光是双脉冲的(图 6c), 在实验中, 有时可观察到三个脉冲. 同时测量到 SBS 位相共轭自调 Q 激光器输出激光的脉宽为 15 ns , LiF 调 Q 激光器输出激光脉宽为 25 ns (用 $20 \text{ ns} \cdot \text{div}^{-1}$ 档观察, 其误差 2 ns).

用 PT-1 型激光能量计测量两种被动调 Q 激光器输出的激光能量(波长为 $1.06 \mu\text{m}$), 其输出激光能量与泵浦能量的关系如图 7 所示. 可见, 当泵浦能量增加时, SBS 位相共轭自调 Q 激光器的输出能量变化不明显, 如图 7(a)所示; LiF 调 Q 激光器输出激光能量随泵浦能量的增加明显增大, 如图 7(b)所示.

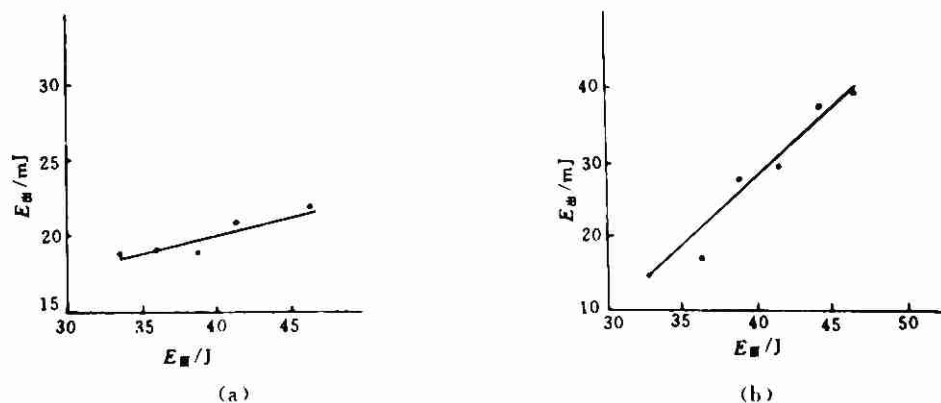


图 7 激光器输出能量与泵浦能量关系曲线

实验中还观察到 SBS 位相共轭自调 Q 激光器具有补偿畸变的能力, 即使在有畸变存在的

条件下也能输出光束质量好的激光光束,这是由于SBS后向散射的位相共轭特性所致^[4],而LiF调Q激光器不具备补偿畸变的能力。

3 结论和讨论

本文比较了两种被动调Q(可饱和吸收体调Q和SBS自调Q)的机理和激光输出特性。SBS自调Q是基于介质的非线性效应,即基于SBS后向散射的反射率与光强的依赖关系。它具有相位共轭的特性和补偿畸变的能力,因此在改善激光器输出的光束质量方面具有很大的潜力。

可饱和吸收调Q是基于材料的非线性吸收效应,只针对在可饱和吸收材料的吸收峰左右的激光波长才具有被动调Q功能,即不同波长的激光需用不同的可饱和吸收材料进行调Q。然而,SBS自调Q不受这个限制,因此SBS自调Q比可饱和吸收体调Q更优越。

参 考 文 献

- 1 徐荣甫,刘敬海.激光器件与激光技术.北京:北京工业出版社,1986. 187~188
- 2 华中工学院,天津大学,西北电讯工业学院编.激光技术.长沙:湖南科学出版社,1983. 103~104
- 3 陈 军,蒋汝忠.带受激布里渊散射相位共轭镜的Nd:YAG激光器.光学学报,1991,11(8):715~717
- 4 蒲继雄,张文珍,王 巍.位相共轭激光器纠正畸变的实验研究.华侨大学学报(自然科学版),1994,15(1): 32~34

A Comparison between Two Passively Q-Switching Lasers

Lin Lisha Pu Jixiong

(Dept. of Electric Technique, Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract In reference to the mechanism of Q-switching and the output characteristics, a comparison is made between two passively Q-switch lasers. They are the laser with stimulated Brillouin scattering, phase conjugate, self-Q-switching, and the laser with LiF crystal Q-switching. As shown by the results, the former has the function of self-Q-switching and is able to improve the quality of light beam. It is a handy and practical Q-switching technique.

Keywords Q-switching, laser, comparison, stimulated scattering