

相反方向的 ASE 激光强很多。

六、天体物理和 ASE

1965 年,射电天文学家在观察 Orion 星的星云时,发现在本来应是吸收线的 OH 谱线上,却出现明亮的辐射谱线,这种谱线的特点是强度高、单色性好以及线偏振。这个发现激起整个天体物理学界的极大兴趣。

有人很快就指出,这种异常的辐射线乃是宇宙激光!于是大量射电天文学家便致力于在茫茫的宇宙中间寻找更多的激光谱线,而不少物理学家则企图揭开宇宙激光形成之谜。至今,天文学家已发现 300 个 OH 激光光源,并在 80 多个星球附近找到了 H₂O 激光谱线,在某些变星外层也发现 SiO 激光辐射,然而物理学家却还未能完全弄清这种宇宙激光的来源。

假若宇宙中确实存在激光辐射,它应当是 ASE。因此人们自然会把实验条件发展起来的 ASE 理论应用于宇宙 ASE 中去。至今这种努力多数限于定性的讨论,尚未获得令人满意的定量解释。宇宙星云的特点是密度低,尺度大。在 OH 星云附近通常存在着能强烈辐射红外线的星球,它可能就是宇宙 ASE 的泵浦源,但是这个泵浦源是否强大到足以实现阈值的反转密

度,则需要定量地给予回答。此外,ASE 谱线在非均匀介质中经历变窄到再加宽的过程,这与宇宙激光的高单色性似乎并不一致。诸如此类问题都有待研究。

当然,宇宙中这种非热平衡的辐射,还可用其它可能的机制来讨论。例如,若在 OH 星云附近存在大量相对论性带电粒子,则可能产生契伦柯夫效应,引起很强的线状辐射。但是迄今多数天体物理学家仍然坚信这种宇宙辐射就是 ASE!

由于天体辐射过程在探讨宇宙起源和演化等问题中起着重要的作用,因此对 ASE 的研究自然也就有相当重要的意义。

参 考 文 献

- [1] R. H. Dicke, *Phys. Rev.*, **93** (1954), 99.
- [2] N. Skribanowitz et al., *Phys. Rev. Lett.*, **30** (1973), 309.
- [3] L. Allen et al., *J. Phys. A*, **4** (1971), 238.
- [4] 郭光灿, 中国科技大学学报, **10-3** (1980), 22.
- [5] L. W. Casperson, *J. Appl. Phys.*, **45** (1977), 256.
- [6] H. Gamo et al., *Coherence and Quantum Optics IV*, New York, 1978, 583.
- [7] L. Allen, *Coherence and Quantum Optics IV*, New York, 1978, 467.
- [8] L. Allen et al., *Coherence and Quantum Optics IV*, New York, 1978, 599.
- [9] 郭光灿等, 激光, **6-11** (1979), 17.
- [10] 郭光灿, 中国科技大学学报, **10-2** (1980), 42.

FTIR——激 光 Q 开 关

张 镇 西

(西北大学物理系)

一、引 言

Q 实变是压缩光脉冲宽度的一种技术。由于压缩脉宽使光子简并度提高若干数量级,实现了光的二次谐波、光的差频与和频、光的参量放大和振荡,观察到光的受激拉曼和布里渊散射、强光束自聚焦等一系列非线性光学现象。Q 实变技术的出现,推动了激光精密测距、高速

全息照相等应用技术的发展;此外,应用在高能、大功率激光产生高温、高密度等离子体方面也取得进展,为受控热核聚变开拓了新的途径。

实现 Q 突变的开关目前有多种,但是新发展起来的是根据光学折射原理制成的 FTIR Q 开关,它具有多方面的优点,它的出现推动了调 Q 技术的发展。

二、受抑全内反射 Q 开关的原理

激光工作物质从泵浦源获得能量后, 激活粒子由低能态跃迁到高能态, 当反转粒子数 Δ 积累到阈值时便产生振荡, 但要输出功率高, 就要有高的 Δ , 其数值被阈值所限制, 为使 Δ 提高, 就要将阈值提高, 则将增加谐振腔的损耗。但输出激光时, 腔内损耗又不能过大, 否则大部分的功率会被损耗掉, 而输出仍然是低的。为提高输出功率, 就必须采用 Q 值可变的腔, 其方式有两种: 高损耗——粒子积累, 低损耗——产生激光输出; 另一种恰相反, 低损耗——粒子积累, 高损耗输出 (FTIR Q 开关正是以这种方式工作)。总而言之, 实现 Q 突变需要一种能迅速、准确地接通和关闭光路的开关。

自从文献[1]报道了巨脉冲激光器之后, 到目前为止调 Q 的装置有: 电光式磁、声光、转镜、染料、薄膜和自 Q 开关等。虽然这几种开关较完善, 但都存在一些不足, 如电光开关工作电压高、效率低; KD^*P 易潮解; 而 $LiNbO_3$ 又很容易损伤; 转镜开关噪声大; 声光开关脉宽较宽; 染料开关的同步尚有问题; 薄膜开关准确性差以及自 Q 开关条件苛刻。而受抑全内反射 Q 开关^[2-4]正是包含有机传动部分的新型开关, 它由全内反射、受抑元件、压电换能器、空气间隙 d 和两个全反射镜 M 组成 (图 1)。全内反射、受抑元件由高质量的熔融石英棱镜制成。其工作过程为: 电脉冲控制压电换能器推动抑制元件, 使 d 变化。激光进入 Q 开关遇到空气间隙, 在入射角 $\sin \theta \geq \frac{1}{n}$ 时, 激光被全反射 [石英的

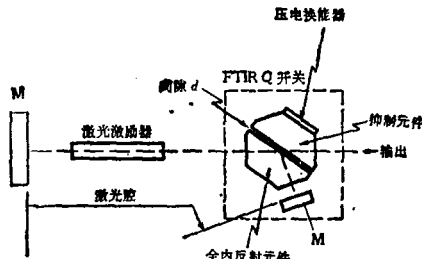


图 1 FTIR Q 开关和激光器示意图 (间隙 d 可调)

物理

折射率为 1.4496 (1.06 μm), 全反射角为 43.6°], 反射部分通过 M 作为腔内回授部分。当 $\lambda > d$ 时, 全内反射受抑, 有部分激光透过界面, 起到改变腔内激光反馈和控制输出大小的作用。当时间为零时, d 最大, 此时反射率最高, 输出接近于零, 腔内损耗小且 Q 值高, 初始产生的激光功率虽不高, 但仅在腔内积累, 使功率密度增长到一定的水平。当时间为 1 时, 突然改变输出损耗, 让 d 接近于零, 输出由近乎零变到 100%, 腔内高功率密度便奔泻而出, 形成一激光巨脉冲 (图 2)。

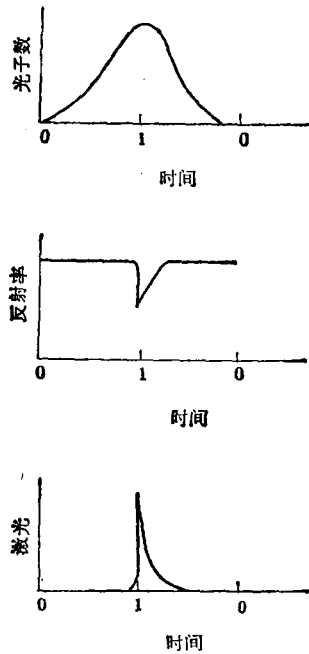


图 2 光子数密度、反射率和激光输出与时间的对应关系

对 45° 入射光, 按其用耦合器几何形状^[5], 根据 Born 的非涅耳系数^[6]给出偏振面平行于入射面的光为

$$\frac{R_p}{T_p} = \frac{(n^2 - 1)^4}{4n^2(n^2 - 2)} \sinh^2 \left[2\pi \frac{d}{\lambda} \left(\frac{n^2 - 2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \quad (1)$$

偏振面垂直于入射面的光为

$$\frac{R_s}{T_s} = \frac{(n^2 - 1)^2}{n^2(n^2 - 2)} \sinh^2 \left[2\pi \frac{d}{\lambda} \left(\frac{n^2 - 2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right],$$

其中 T_p , T_s 和 R_p , R_s 是两偏振分量相应的透射率和反射率。根据上式得到透射率与间隙 d 的关系曲线 (图 3), 这里假定 $T + R = 1$ 。入

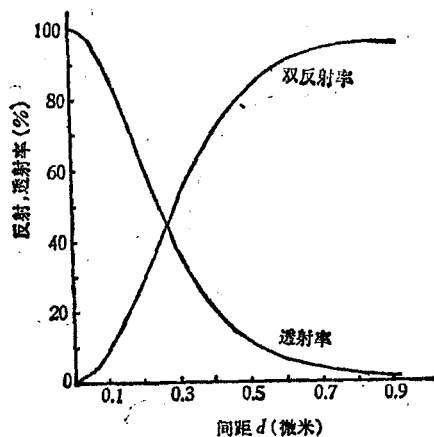


图3 透射率、双反射率与 d 的关系

射光经过开关的界面反射到M后,沿原光路返回,光在界面反射两次(称为双反射),其双反射率如图3所示。这种在脉冲建立期间的可变反射作用使腔的反馈增加30—40%,提高了总效率。 d 的选取与驱动器机械运动的幅度有关,一般为零点几到1个微米(不超过1微米), d 选取的大,驱动频率就小,而 d 太小,会使透射率增加。所以,调节 d 的大小,可以调整这两个方向上的输出比例。

三、实验结果

我们在斯图加特大学用 Erickson Laser 公司多脉冲 FTIR Q 开关进行了实验。开关插入损耗约为2%,脉冲重复率每秒80—10万次,可调透射率范围为0—100%,在重复率每秒4万—10万次时,谐振峰值的透过率为100%。实验使用了双椭圆聚光器中串联高压氙灯,泵浦百分之一掺钕的 YAG 棒($\phi 5 \times 75$ 毫米),棒两端修有曲率半径为0.5米的凹面,供给氙灯维持连续运转的电流为20安培,这个运转保证了激光棒对热透镜效应的补偿,并用400微安的电容器组来提供能量^[7]。实验数据如图4所示,纵和横坐标分别为脉冲平均输出能量(其数值是五次实验的平均值)和充电电压。当重复率为5千赫、输入电压分别为600和2000伏时(输入能量为72和800焦耳),输出为0.2和2.5焦耳,各自的脉冲调制效率为0.27和0.31%。

脉冲持续时间为0.5微秒,峰值和平均功率分别为5兆瓦和12.5千瓦。由于激光器件本身的限制,以上结果远非最佳化的。而同一腔体用 LiNbO_3 调 Q 偏振输出的连续和脉冲调制效率分别为0.04%和0.3%^[7],而同样条件下声光 Q 开关非偏振输出的效率为0.2%。由上述数据可见,FTIR Q 开关的调制效率是高的,原因是它非常有效地倒出了腔内的能量。

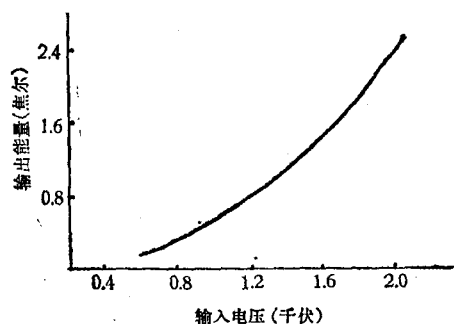


图4 实验测量结果

此类开关在国外发展很迅速,可提供单、双和多脉冲调 Q 商品系列,脉冲宽度已达到15—20毫微秒^[8]。当脉冲发生器频率为每秒22万次时,单次泵浦周期中产生84个调 Q 脉冲输出,其总功率为100兆瓦;当频率为每秒10万次时,单次激光泵浦期间得到间隔为10微秒的40个 Q 开关脉冲,平均单脉冲功率为10兆瓦,总功率为100兆瓦。

四、结束语

FTIR Q 开关的主要优点有:该开关与电光 Q 开关一样可由外加信号控制,而不用高压脉冲;具有较快的“开启”和“关闭”时间;插入损耗低;可承受大功率密度。还可通过改变M的反射率,同时获得两束调 Q 的输出,也可用在非调 Q 激光器中作为输出光束的调制开关或选通开关。由于熔融石英的现有通带在0.3—2.5微米,因此可用于近红外。按工作原理来说,也可用在远红外,这要求开关有较大幅度的机械运动,才能达到快速上升时间,一般只有双压电换能器能够实现,目前国外正在研制。只要改用

(下转封三)

凝聚态物理及其应用新年学术讨论会预告

为了加强凝聚态物理及其应用情况的研究,使其适应我国“四化”建设的需要,中国科学院将于1982年12月底在北京召开“凝聚态物理及其应用新年学术讨论会”。

凝聚态物理在国民经济和建设中具有重要作用,而我国在该领域的研究比较薄弱,预期这次讨论会通过专题学术报告和学术交流,将有助于推动凝聚态物理及其应用的研究工作的开展。

中国科学院数学物理学部和物理研究所负责会议的组织、筹备工作,并成立了组织委员会和筹备小组,已开始办公。

(冯树祥)

第五届全国磁学与磁性材料会议将于1983年11月召开

由中国电子学会、中国金属学会、中国物理学会、中国仪器仪表学会、中国计量测试学会和中华医学会联合举办的第五届全国磁学与磁性材料会议将于1983年11月召开,这是数年一度的全国磁学与磁性材料工作者的学术盛会。

大会共分:磁学基础理论;金属软磁及电工钢;金属永磁;非晶态磁性;软磁铁氧体;永磁铁氧体;微波铁氧体;磁头;磁记录及磁存储;磁性材料测量;磁性材料新设计及应用;磁生物学等12个专业组。

大会筹备组设在北京8503信箱情报室。论文摘要的截止接收日期为1983年1月20日。

(卞志弘)

1983年《物理》若干内容预告

1. 比较集中地发表中国物理学会1982年年会和纪念中国物理学会成立五十周年大会上的报告、文件及有关各分支学科解放以来的进展或国际动向的综述文章。

2. 继续刊登“新实验技术在材料研究中的应用讲座”、“傅里叶光学基本原理讲座”、“非晶态物理讲座”。大约在第二季度,开始刊登“误差与实验数据处理讲座”(作者:北京大学物理系高崇寿)

3. 比较集中地选登凝聚态物理及其应用新年学术讨论会上的有关文章。

感兴趣的读者,请提前与当地邮局联系预订。

本刊编辑部

(上接第598页)

能通过该波长的稜镜材料, FTIR Q 开关将成为多波段的、性能优良的调 Q 器件。

参 考 文 献

- [1] F. J. McClung, *J. Appl. Phys.*, **33** (1962), 828.
- [2] I. N. Court, *Appl. Opt.*, **3** (1964), 719.
- [3] E. L. Steele, *Appl. Opt.*, **1** (1966), 5.
- [4] AD, 3711, 791.

- [5] R. W. Astheimer, *Infrared Modulation by Means of Frustrated Total Internal Reflection*, Optical Society of America, Spring Meeting Program, 1964年, 16.
- [6] M. Born, *Principles of Optics*, Pergamon, New York, (1959), 39.
- [7] Chen-hsi Chang, K. Hirsch, H. Salzmann, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-16** (1980), 439.
- [8] W. S. Hudspeth, *EOSD*, **8** (1977), 40.

(上接第638页)

子、分子物理方面也有广泛的应用。液 He 温度下的氢原子束源源强要比室温下得到的大10倍。从光谱学的观点来看,利用这种低温技术可大大降低二阶多普勒位移效应,比室温束源的要小~100倍。低温的氢原子还可用来进一步改善氢麦塞,作为时间及频率

标准。

(余永柏)

- [1] I. F. Silvera and J. T. M. Walraven, *Phys. Rev. Lett.*, **44** (1980), 164.
- [2] Ю. Каган, Г. В. Шляпников, И. А. Варманьянц, Н. А. Глухов, *Письма в ЖЭТФ*, **35** (1982) 386.