

环形腔钕玻璃调 Q 激光器的研究

中国科学院上海光机所 徐至展 梁向春 林礼煌 毕无忌

本文研究了几种不同结构的环形腔钕玻璃调 Q 激光器的运转性能,并与驻波型振荡器进行了比较。

激光核聚变总体实验表明,环形腔不存在与光路垂直的腔镜,因而有效地避免了驻波型腔镜反馈所引起的“自振”,能确保大功率行波放大激光器序列的高增益运转,并降低有害于打靶的超前辐射量。文中比较了三种结构环形腔调 Q 激光振荡器的运转性能:腔内置望远镜的染料调 Q 环形腔激光器;腔内置望远镜的染料加高速转镜双调 Q 环形腔激光器;以及腔内置发散透镜而构成的非稳定型的染料调 Q 环形腔激光器。其中双调 Q 技术能获得脉宽为 10 毫微秒的短脉冲,而非稳定型环形腔则显著提高输出激光的方向性。测量表明,光束发散角小于十倍衍射极限。我们还根据等效的光学透镜传输线原理,分析了这种行波式非稳定腔的参数特性,推导得到了不同于驻波型非稳定腔的放大倍数和发散球面波的曲率中心等参数的表式,计算结果与实验测量值相符合。

文中还介绍了环形腔输出激光的偏振特性。研究表明,即使腔内不附加任何偏振元件,输出光束的偏振度也相当高。

另外,当腔内工作物质增益提高后,我们还研究了行波型腔染料调 Q 的特性。测量表明输出脉冲呈现强烈的调制或锁模现象,实验中已获得高增益条件下的锁模脉冲序列,而单个锁模脉冲的宽度可达到毫微秒量级。参加本项部分工作的,还有余加进、张振明、欧阳斌等同志。

高功率激光倍频的实验研究

中国科学院上海光机所 范琦康 吴兆庆 陆国贤 李永春 柳月英

本文介绍用 KDP 晶体,将波长为 1.06 微米的激光经过倍频后转换成波长为 5300 埃相干绿光的实验结果。实验是在两种不同功率密度与光谱宽度的激光系统中作的。并对倍频的两种匹配方式(平行匹配方式和正交匹配方式)进行了比较。实验表明:在窄光谱(光谱宽度为 0.35 埃)的实验中,正交匹配方式的转换效率比平行匹配方式效率高。在宽光谱(光谱宽度为 60 埃)的实验中,结果正好相反:平行匹配方式比正交匹配方式效率高。在窄光谱实验中,用正交匹配方式在 250 兆瓦/厘米²功率密度下,获得了 40% 以上的能量转换效率。用平行匹配方式在同样功率密度下也获得了 35% 的能量转换效率。在宽光谱实验中,用平行匹配方式在 1000 兆瓦/厘米²的功率密度下获得了 35% 以上的能量转换效率。在 380 兆瓦/厘米²功率密度下获得了 25% 以上转换效率。可是用正交匹配方式,在 380 兆瓦/厘米²功率密度下只达到 15% 左右的能量转换效率。本文对此实验结果作了分析。在窄光谱实验中,由于正交匹配方式的有效非线性系数比平行匹配方式高(在所有其他条件相同的情况下,基波输入功率密度较低时的能量转换效率正比于有效非线性系数的平方),因此正交匹配方式的转换效率也高。在宽光谱实验中,我们分析了激光所有谱线的倍频与各谱线间和频的匹配情况。基波激光光谱宽度为 60 埃时,计算得到:平行匹配方式中所有倍频与和频分量的

匹配角分布在 ± 0.5 分范围内。由此计算出影响效率的因子 $\left(\frac{\sin \frac{\Delta k l}{2}}{\frac{\Delta k l}{2}}\right)^2$ 分布在 1~0.67 的范围内。故对于宽光谱平行匹配方式来说,转换效率的下降不是太严重。然而对于正交匹配来说,60 埃的光谱宽度,计算得到的所有倍频与和频分量的匹配角分布在 ± 9.3 分这样宽的范围。因此有相当大的一部分倍频与和

频分量的效率因子 $\left(\frac{\sin \frac{\Delta kl}{2}}{\frac{\Delta kl}{2}}\right)^2$ 在 0 附近。这样就使正交匹配的转换效率大大降低。

实验还测定了转换效率与失配角 $\Delta\theta$ 之间的关系以及转换效率与基波输入功率密度之间的关系。在窄光谱实验中, 实验测得的转换效率与失配角 $\Delta\theta$ 的关系曲线与理论计算结果基本相符。在宽光谱实验中, 实验结果同上述倍频与和频分量匹配角的分布范围基本相符。转换效率与基波输入功率密度的关系, 在较低基波输入功率密度时, 它们二者成线性关系。随着激光基波输入功率密度的增加, 转换效率增加减慢, 出现所谓饱和现象。

此外, 我们用法布里-珀罗标准具及 3.4 米光栅光谱仪分别对两个激光系统的光谱宽度进行了测量。它们的光谱宽度分别为 0.35 埃及 60 埃。相应倍频后的绿光谱宽度用同样方法测定, 分别为 0.16 埃及 30 埃, 约为基波光谱宽度的二分之一。

终态寿命对钽玻璃激光放大器的影响

中国科学院上海光机所 邓 和

除了自聚焦效应之外, 增益饱和效应也是高功率钽玻璃激光器进一步提高功率密度的一个主要限制。钽玻璃激光器的增益与输入的激光脉冲功率有关; 功率密度越大, 增益则越小, 达到一定的功率密度后, 增益将明显下降。这就是所谓增益饱和效应。钽玻璃激光器的增益饱和, 不仅与输入的激光脉冲功率密度有关, 而且与钽玻璃激光能级的受激发射截面、简并度和寿命有关。

本文用电子计算机模拟研究了终态寿命对钽玻璃放大器的影响, 计算中采用合适的差分方程代替通常的速率方程, 编制了计算程序。计算结果表明, 对于一个 $\phi 20 \times 480$ 毫米的钽玻璃放大器, 当钽玻璃的终态寿命从 100 毫微秒减少至 1 毫微秒时, 它对脉宽为 20 毫微秒, 能量密度为 2 焦耳/厘米² 的输入脉冲的影响表现在: 放大器的增益上升 $\sim 20\%$, 脉冲峰位畸变减小 $\sim 20\%$, 放大器的饱和长度减小 $\sim 30\%$ 。

稳态热畸变腔及其补偿

中国科学院上海光机所 黄国松 陈世正

激光器运转过程中, 光泵使工作物质产生光学畸变, 导致输出激光质量的变坏。在对光泵感应热畸变作理论分析和实验研究基础上, 本报告从共振腔几何光学理论出发, 利用等价腔概念和矩阵光学方法, 导出了共振腔内有一般光学系统的等价共振腔性质:

$$N = a^2 / \lambda B,$$

$$G_1 = A - B/R_1$$

$$G_2 = D - B/R_2$$

其中 A 、 B 、 D 为光线在腔内的单程传输矩阵的矩阵元, a 为镜面横向尺寸。等价腔镜面模斑和光腰尺寸、位置为:

$$\omega_1^2 = \frac{\lambda B}{\pi} \left[\frac{G_2}{G_1(1 - G_1 G_2)} \right]^{1/2}$$

$$\omega_0^2 = \frac{\lambda B}{\pi} \frac{[G_1 G_2 (1 - G_1 G_2)]^{1/2}}{G_1 + G_2 - 2G_1 G_2}$$