

在等离子体光学薄的假定下, 根据 В. А. Бойко (*«Квант. электрон.»* 2, 1165(1975)) 的计算, 用硅的类氢共振线与其长波伴线的相对强度比求得等离子体的平均电子温度 T_e 约为 370 电子伏, 根据 А. Н. Gabriel (*M. N. R. A. S.*, 160, 99(1972) 及 172, 359(1975)) 的计算, 用硅的类氢共振线及其长波伴线的相对强度比求得等离子体的平均电子温度约为 345 电子伏, 与类氢计算结果很好相符。用类氢共振线与互相组合线的相对强度比求得等离子体平均电子密度 n_e 约为 3×10^{20} 厘米⁻³。

铜及玻璃壳靶激光等离子体 X 射线谱的辨认

中国科学院上海光机所 卢仁祥 龚维燕 殷光裕 曹渭楼 陆锡南 张伟清

用 KAP 作衍射晶体在 8 至 13 埃波长范围内拍摄了高功率钨玻璃激光照射微铜球靶时激光等离子体发出的 X 射线谱。确定了它们所对应的波长、电子组态及光谱项。实验时靶面功率密度为 10^{14} 瓦/厘米², 尚不足以激励铜的 K 系谱线。8~13 埃的谱线均属于 L 系跃迁, 它们分别属于铜的类氧、类氟以及类氖离子的跃迁, 这是与伦琴射线管不同的。激光等离子体所发射的 X 射线谱比起后者要丰富和复杂得多, 而且还出现了大量的禁戒跃迁, 如属于类氖离子的 12.79 埃、10.63 埃二谱线, 它们相应于三重态到单重态的跃迁, 其强度可与 12.53 埃、10.58 埃的单态跃迁相竞争。将我们的摄谱照片与国外类似的工作比较, 我们的照片多了三根谱线: 8.34 埃、8.16 埃及 10.96 埃。其中前二根谱线有人在铜的火花放电中观察到, 8.34 埃是铜的类氖离子跃迁 $2s^2 2p^6 - 2s^2 2p^5 ({}^2P_{1/2}) 5d ({}^2D_{5/2})$, 8.16 埃被认为是类氧跃迁。最近也有人在铜的激光等离子体中发现 8.34 埃的谱线。

用与上面相同条件的大功率激光照射充有 20 个大气压氖气的玻璃微球壳靶, 也用 KAP 晶体分段拍摄了靶的等离子体 X 射线谱。摄谱范围从 5~13 埃, 观察到了 Si、Na、Ne、Al 等元素的类氢、类氖离子的共振线及其伴线发射。确认了相应跃迁的电子组态及光谱项, 测定了它们的波长。注意到 Al^{+11} 的 $1s^2 - 1s3p$ 跃迁湮没在 Si^{+12} 的 $1s^2 - 1s2p$ 跃迁中。其中另有 6.915 埃是属于某一阶电离的 Si 离子的 K 系跃迁, 它的电离阶尚待辨认。对靶丸的成分分析表明, 靶成分中有 87.59% 的 SiO_2 , 3.8% 的 Na_2O , 还有痕量的 Mg、Al、Ti 等存在。注意到尽管 Si 的成分占绝大部分, 但从谱线照片上看, Na 的类氢共振线强度可与 Si 的类氢共振线相比拟。

大功率激光行波放大器的总体排布

中国科学院上海光机所 余文炎 范寅元 郑玉霞 邓锡铭

本文讨论脉冲宽度在 10 毫微秒以下的 Nd 玻璃大功率激光行波放大器的总体排布原则, 涉及总体物理设计中的几个主要问题。内容包括:

(一) 放大器的增益: 对 10 毫微秒以内的激光脉冲, Nd 玻璃的四能级系统可以取二能级的形式。速率方程和输运方程可以简化。如果把工作物质的损耗和单纯的增益分开考虑, 我们可以得到能量增益方程式的近似解:

$$G = \frac{T}{2\sigma\varepsilon_0} \ln[1 + (e^{2\sigma\varepsilon_0} - 1)e^{\beta L}]$$

其中: $\varepsilon_0 = E_0/h\nu S$ 为输入光子密度, $\beta = \sigma N$ 是线性增益系数, L 为放大器有效长度, T 是透过率。

放大器的增益随输入信号强度的变化而变化。只要放大器的 β 值已知, 便可以计算出各级放大器的实际增益值。我们用电子计算机编制了一套适用于多级放大器的工具表。利用这些图表可以确定各级放大器

的增益。

(二)光学隔离器的配置原则:这是行波放大器总体排布中的重要问题。它和隔离器本身的消光比有关,也被隔离的两段放大器的实际增益有关。我们以 G 表示放大器的增益, ρ 表示隔离器的消光比,可以导出下列两个原则:

(1) 终端没有被隔离的放大器总增益不能大于靶面反射率的倒数:

$$G_n \leq \frac{1}{R}$$

(2) 行波放大器件中任何一个隔离器的消光比必须小于被它分隔的两个放大器增益乘积的倒数:

$$\rho_n \leq [G_{n-1} \times G_n]^{-1}$$

(三)放大器的 B 积分:非线性传输理论导出的结论表明:工作物质内部的自聚焦破坏不仅决定于激光功率,而且还和传输的距离有关。衡量这种破坏的危险性所常用的一个因子是“ B 积分”,它与 $\int Idz$ 成比例。 B 积分一旦超过某一个值,介质便破坏。

光束的自聚焦和光束的空间场分布的起伏有关。最有害的空间调制度 K_x 和功率的关系可以表示为:

$$K_x = \left(\frac{8\pi n_2}{C} I \right)^{1/2} k_L$$

我们对国产的Nd玻璃计算了不同功率水平下的 K_x 值,以及与之相对应的 B 积分,根据这些结果,只要知道放大器的输入或输出激光功率都可以得到放大器的 B 值。

(四)最佳级间扩孔比 r 的选择:合理的设计必须既考虑到放大器 B 积分所允许,又要使整个行波放大器工作物质总体积为最小。根据这个原则可以得出最佳扩孔比的表达式:

$$r = \sqrt{G} \quad r \text{ 为两级放大器面积之比。}$$

这表明,行波放大器中随着功率的逐级增加,放大器面积的扩大不是线性的。各级的负载不应相同,越靠近末级,负载应选得越高,而越靠近前级,负载就越低。

计算还表明,对一定输出功率的放大器,所用工作物质的总体积与材料的非线性折射率 n_2 成正比,和增益系数的平方 β^2 成反比。我们应尽可能选用低 n_2 玻璃和提高放大器的 β 值。

高功率激光放大器的增益和效率

中国科学院上海光机所 范滇元 余文炎

用于核聚变研究的大型激光系统中,放大器是数量最多、影响很大的一个单元。本文系统地研究钕玻璃高功率放大器的能量增益和引出效率。所得结果已实际应用于两轮三通道片状放大器的研制,实验结果和理论计算相符。

1. 增益的计算

首先讨论了三种实际因素对毫微秒脉冲放大的影响。利用计算机确定近似解析公式的误差和适用范围。

- (1) 采用“集中损耗近似”计算工作物质吸收的影响;
- (2) 采用“平均近似”计算光束强度分布不均匀及光泵不均匀的影响;
- (3) 引入“等效吸收系数”计算光束发散的影响。

在此基础上,详细研究了多通放大的增益(激光脉冲多次通过同一放大器的工作方式称多通放大)。在计及子能级热化和终态能级排空作用后,导出了各轮放大的递推关系式。对实用意义较大的双通放大进一步作了具体讨论。

2. 引出效率