

水下探测用调 Q 倍频激光器的实验研究

中国科学院南海海洋研究所 钟其英

水下探测用脉冲激光器要求输入峰值功率为兆瓦级,脉宽为 10 毫微秒级的重复频率绿色激光。我们组用单块单 45° 铌酸锂晶体调 Q, 碘酸锂倍频, 重复率为每秒 10 次的 YAG 激光器, 进行了激光性能的实验研究, 选择了合适的工作条件, 达到水下探测用激光器的性能指标。得到的主要结果如下:

(1) Q 开关脉冲电压的工作方式, 以加压式较好, 在同样输入能量条件下, 调 Q 激光能量输出可提高 50%;

(2) 从氙灯闪光到 Q 开关打开这一段延迟时间对调 Q 激光能量输出影响很大, 在同样输入能量下, 灯闪光脉宽由 90 微秒变化到 180 微秒范围内, 最佳延时随灯闪光脉宽的增加而增大。并且, 加压式的最佳延时远后于灯闪光的峰值, 而退压式则与闪光峰值时间相应。

(3) 在同样输入能量条件下, 调 Q 激光能量输出受氙灯回路电感的影响很大, 合理选择此电感值, 输出能量可提高 20~30%。

(4) 用国产 SD-1 多用示波器和 GD-44 强流光电管可接收观测到调 Q 倍频的激光波形, 实测出半峰值处的全宽度为 7 毫微秒。当输入能量改变时, 可看到波形幅度明显变化, 但底宽不变。

(5) 调 Q 倍频激光输出的转换效率与倍频晶体的性能、长度以及激光束散角有关。当基波束散角为 3.5 毫弧度时, 实验测得倍频失配角的半功率宽度为 2.5 毫弧度。选择合适的晶体长度, 改善激光基波束散角将会提高 0.53 微米激光输出的峰值功率。

固体激光器中泵浦光能利用率的探讨 (I)

西北大学 张纪岳 五机部二〇五所 王英才

本文从椭圆柱(或圆柱形)聚光器外沿激光棒的轴线方向上有泵浦光能分布的事实出发, 对四级级脉冲固体激光器, 讨论了将激光棒向聚光器外加长后对器件阈值性能的影响。

在常用的固体激光器中, 一般认为当激光棒、泵浦灯(指两电极间的距离)与聚光器三者的长度相等时, 泵浦光能的利用为最充分。但是, 考虑到在聚光器外沿激光棒的轴线方向上有泵浦光能分布的事实后, 为了更好地利用泵浦光能, 在其它条件不变的情况下, 应将激光棒的长度加长。在将激光棒加长后, 我们得出了相应的阈值增益系数的表示式:

$$\alpha_{th}(a, b) = \frac{\frac{1}{2} \ln \frac{1}{R} + \gamma(a+l+b)}{l + 2 \frac{\epsilon}{\delta} - \frac{\epsilon}{\delta} (e^{-\delta a} + e^{-\delta b})} \quad (1)$$

式中: a 、 b 为激光棒在聚光器外左、右两端的加长量; ϵ 为向外通过聚光器端面上激光棒孔径处的光泵功率密度分数; δ 为光泵功率密度在激光棒中的衰减系数; γ 为激光棒对 1.06 微米的非激活吸收系数; l 为聚光器的长度; R 为输出反射镜的反射率。

进一步的分析表明, (1) 式具有极小值, 使 (1) 式为极小值的加长量 $a_m = b_m$ 即为最佳加长量, 并由下式决定:

$$De^{\delta b_m} = b_m + E_0 \quad (2)$$

式中:

$$D = \frac{l}{2\varepsilon} + \frac{1}{\delta} \quad (3)$$

$$E = \frac{l}{2} + \frac{1}{\delta} + \frac{1}{4\gamma} \ln \frac{1}{R} \quad (4)$$

将(2)式中的 b_m 代入(1)式中, 即得相应的阈值增益系数的极小值。

由此可见, 将激光棒加长后可以进一步降低阈值, 而激光棒的加长量存在着一个最佳值, 其最佳加长量与激光棒的参数有关。

关于提高脉冲固体激光器电源充电精度的研究

西北大学 水金城 罗毅

对于一台脉冲固体激光器, 其激光输出能量直接受光泵储能系统充得电能的影响, 无论是以电容或者以仿真线作为储能系统, 其每一周期充得的电能分别为:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{及} \quad E = \frac{1}{2} nC_i V^2.$$

通常在给定电容和仿真线节数情况下, 当电容量在使用范围内固定不变时则光泵储能系统每周储得电能的稳定度由电源每周期对它充得电压的精度(严格讲是充电准确度)确定。

设 ΔV 为电源对储能系统充得的电压与给定电压 V 的最大偏差, 则电源充电精度 A 为:

$$A = 1 - \frac{|\Delta V|}{V} \quad (1)$$

而由此偏差所引起电能的相对波动为:

$$\frac{\Delta E}{E} = 2 \frac{|\Delta V|}{V} \quad (2)$$

一台固体激光器电源对光泵储能系统充得电压 V 往往是电源若干因素的函数:

$$V = f(u_1, \dots, u_m, t_1, \dots, t_e) \quad (3)$$

令 $\Delta u_1, \dots, \Delta u_m$ 及 $\Delta t_1, \dots, \Delta t_e$ 分别代表各因素的偏差, ΔV 代表由 $\Delta u_1, \dots, \Delta u_m$ 及 $\Delta t_1, \dots, \Delta t_e$ 引起的总偏差, 则得:

$$V + \Delta V = f(u_1 + \Delta u_1, \dots, u_m + \Delta u_m, t_1 + \Delta t_1, \dots, t_e + \Delta t_e) \quad (4)$$

将(4)式右端按泰勒级数展开并取一级近似得:

$$\Delta V = \frac{\partial f}{\partial u_1} \Delta u_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial u_m} \Delta u_m + \frac{\partial f}{\partial t_1} \Delta t_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial t_e} \Delta t_e \quad (5)$$

根据(5)式我们只要能求出各种电源对光泵储能系统充得电压 V 的函数形式, 就可分析各因素对充电精度的影响及提出相应提高充电精度的措施, 举例:

(1) 定时控制充电线路: 当只考虑指数充电的线性增长情况时, 充电电压 $V = Ku_1 T$,

则:
$$A = 1 - \left(\frac{\Delta u_1}{u_1} + \frac{\Delta T}{T} \right)$$

(2) 定压控制充电线路: (a) 无比较电压放大电路时, $V = \beta V_1$, 式中 β 为分压比的倒数, V_1 为幅度鉴别电路鉴别阈电压, 所以

$$\Delta V = \beta \Delta V_1 + V_1 \Delta \beta$$

通常在幅度鉴别电路前加一级阻抗隔离电路使 $\Delta \beta \approx 0$, 并提高充电电平调节精度。(b) 对有比较电压放大电路, $V = \left(\frac{V_1}{\mu} + V_0 \right) \beta$, 式中 μ 为运算放大器放大倍数, V_0 为比较基准电压, 所以 $\Delta V = \frac{\beta}{\mu} \Delta V_1 + \beta \Delta V_0$ 。

(3) 高重复频率特别是谐振充电状态下, 也可由(5)式近似得到充电精度为:

$$A = 1 - \left(\frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta u_1}{u_1} \right).$$