

$$n_i = \frac{\tau_c \ln \frac{\phi_p}{\phi_s} + \Delta t}{\Delta t} n_i^0 \quad (4)$$

可见:

- ① 由于 $\tau_c \ln \frac{\phi_p}{\phi_s} > 0$, 所以 $n_i > n_i^0$, $\frac{n_i}{n_i^0} > 1$,
- ② n_i 与 Δt 有关, Δt 越短, $\frac{n_i}{n_i^0}$ 值就越小。

以上结果, 都已被实验所证实。

Q 开关巨脉冲理论

中国科学院上海光机所 宋铭钊

Q 开关巨脉冲理论虽有很多人进行过很长时间的研究, 但有些基本问题还有待进一步解决。譬如: 巨脉冲开始形成时的粒子反转值究竟有多少, 仍未找到可供计算的表示式, 几乎所有的研究者都是由任意给定一可能的反转值开始进行讨论的; 又譬如巨脉冲速率方程的求解问题, 或只是使用计算机数值求解或是解析求解的, 而准确度不高。这两个问题是 Q 开关巨脉冲的关键问题, 不把它们研究清楚, 有关的其他问题就无法真正解决。

① 本文分析了光泵阶段各有关量的相互关系后得到 Q 突变前归一化的粒子反转值 η 的最大值 η_0 与有关的宏观可测量之间的相互关系为:

$$\eta_0 = \frac{\alpha E_0 \tau_s}{\tau \gamma N_0 h \nu V} \quad (1)$$

式中 α 为同一台激光装置在静态工作(Q 值不突变)时的激光总能与输入电能之比; E_0 为供电系统的输入总能量; τ_s 为 Nd^{3+} 激光跃迁中高能态的荧光寿命; τ 为光泵照射时间; γ 为光泵抽运的量子效率; N_0 为单位体积中 Nd^{3+} 的数目; $h\nu$ 为激光光子能量; V 为工作物质体积。

本文详细地讨论了 Q 开关巨脉冲速率方程

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\eta}{dt} &= -\omega_s \varepsilon \eta \\ \frac{d\varepsilon}{dt} &= \omega_s \varepsilon \eta - \frac{\varepsilon}{T} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

的求解问题。因为激光振荡的全过程可分为两个显著不同的阶段: 一是光子密度上升的阶段; 二是光子密度下降的阶段。在第一阶段中感应辐射项占优势, 特别是在初始阶段更是如此, 所以在(2)中可先把 $\frac{\varepsilon}{T}$ 略去, 保留 $\omega_s \varepsilon \eta$ 项, 先对 η 、 ε 求解, 然后再计入 $\frac{\varepsilon}{T}$ 项的修正, 从而得出更准确的 η 、 ε 的解析表达式。但是这种方法对第二阶段则不适用, 因为第二阶段的初始时刻正是光子密度达到峰值稍后一点的时间, 这时输出项虽略占优势, 但并不显著, 感应辐射作用仍强烈存在, (2)中不能把 $\omega_s \varepsilon \eta$ 项略去, 只有到振荡接近结束阶段, $\frac{\varepsilon}{T}$ 比 $\omega_s \varepsilon \eta$ 才占显著优势, 此时才可把 $\omega_s \varepsilon \eta$ 项作修正项处理。但是这样处理又碰到数学上的困难, 因为这时巨脉冲并非初始状态, 无法对方程求解。为此, 想像一个过程, 它是光子密度衰减的逆过程, 开初光子密度趋于零但不能等于零, 然后从腔外按比例地向腔内注入新的光子, 使腔内光子密度增加, 同时腔内存在感应吸收, 腔内光子密度因而减少一定的量, 相应地粒子反转值增加一定的量, 由此对方程(2)作变换:

$$t \rightarrow -t' \quad (3)$$

(2)式变为

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\eta}{dt'} &= \omega_s \varepsilon \eta \\ \frac{d\varepsilon}{dt'} &= -\omega_s \varepsilon \eta + \frac{\varepsilon}{T} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4)中的初始时刻 $t'=0$ 就对应着真实过程中光子振荡的结束阶段,此时可先把(4)中 $\omega_i \varepsilon \eta$ 略去,对 $\frac{\varepsilon}{T}$ 项求出 ε 。然后再加入 $\omega_i \varepsilon \eta$ 便可求出 η 、 ε 的更高准确度的解析表式了。

下面写出(2)的用上方法求出的解析表式的全部结果:

$$\eta = \begin{cases} \frac{\varepsilon_0 + \eta_0}{1 + \frac{\varepsilon_0}{\eta_0} e^{\omega_i(\varepsilon_0 + \eta_0)t}} & 0 \leq t \leq t_1 \\ \eta_f e^{\omega_i T \varepsilon_f} (e^{\frac{t_1 + t_2 - t}{T}} - 1) & t_1 \leq t \leq t_1 + t_2 \end{cases} \quad (5)$$

$$\varepsilon = \begin{cases} \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_0 + \eta_0)}{\varepsilon_0 + \eta_0 e^{-\omega_i(\varepsilon_0 + \eta_0)t}} - \frac{1}{\omega_i T} \left[\omega_i(\varepsilon_0 + \eta_0)t + \ln \frac{\varepsilon_0 + \eta_0 e^{-\omega_i(\varepsilon_0 + \eta_0)t}}{\varepsilon_0 + \eta_0} \right] & 0 \leq t \leq t_1 \\ \varepsilon_f e^{\frac{t_1 + t_2 - t}{T}} + \eta_f [1 - \exp \omega_i T \varepsilon_f (e^{\frac{t_1 + t_2 - t}{T}} - 1)] & t_1 \leq t \leq t_1 + t_2 \end{cases} \quad (6)$$

式中 t_1 表示巨脉冲形成过程中由初始时刻到达峰值时刻的时间, t_2 表示巨脉冲由峰值到振荡结束的时间,分别为:

$$t_1 = \frac{1}{\omega_i(\varepsilon_0 + \eta_0)} \ln \frac{\omega_i T \eta_0}{\varepsilon_0} \left(\varepsilon_0 + \eta_0 - \frac{1}{\omega_i T} \right) \quad (7)$$

$$t_2 = T \ln \left(1 - \frac{\ln \omega_i T \eta_f}{\omega_i T \varepsilon_f} \right) \quad (8)$$

ε_0 为初始光子密度,可以任意给定一小值,它的变动对总的振荡性质没有明显的影响; η_0 为 η 的初始值,由(1)式确定, η_f 为振荡结束时的粒子反转值。国外文献常用 η_∞ 表示,也没有求出明显的解析表示,本文求出 η_f 的准确度甚高的明显解析表式为:

$$\eta_f = \frac{1}{\omega_i T} e^{1 - \omega_i T \eta_0} \quad (9)$$

ε_f 为振荡结束时的 ε 值,可令 $\varepsilon_f = \varepsilon_0$,这样(5)、(6)便被确定下来了。

除此之外,对其他一些问题,如巨脉冲的总能表达式和最小脉冲宽度等都得到一些有意义的结果。

超短脉冲研究—产生和测量,选择和放大

中国科学院上海光机所 唐贵琛 支婷婷 谢梓铭 袁佩霞

本文报告超短脉冲的研究结果,其中包括超短脉冲的产生,超短脉冲的性质,超短脉冲的测量和超短脉冲的放大。

报告的内容是综合性的,在锁模概念的处理上,没有用国外常用的复数运算,而是用更加通俗的表示式;实验方面,在 TEM_{00} 模的基础上,得到了微微秒级的脉冲,也得到了亚毫微秒级的脉冲,选脉冲用的是铍酸锂光开关,而不是国外常用的普克尔盒,开关的隔离比高达 $10^3 \sim 10^4$,进行微微秒脉冲和亚毫微秒脉冲的放大实验。用微微秒脉冲和亚毫微秒脉冲打 CD_2 靶,得到了 $600 \sim 700$ 万度的电子温度。

超短脉冲是由被动锁模钎玻璃激光器产生的,观察了超短脉冲序列的发展,测量了超短脉冲的宽度和能量,拍摄了超短脉冲的光谱,也测量了超短脉冲与背底的信噪比。研究了染料盒的形式对脉冲宽度的影响,讨论了染料浓度与锁模的关系,输出腔板透过率的作用,染料弛豫时间的意义。观察了锁模的稳定性,当双光子荧光的对比度为 $2.2 \sim 3.0$ 时,出现双脉冲的几率小于 5% ,不出脉冲的几率小于 5% ,脉冲能量的稳定性在 $\pm 10\%$ 之内。当然,实验条件必须严格控制。

用 45° 平行六面体铍酸锂作开关,选择脉冲序列中的任何一个脉冲,测量了开关隔离比。微微秒脉冲和亚毫微秒脉冲放大实验表明,超短脉冲的放大增益,同毫微秒脉冲相差不多,人们可以不必担心取不出能量,