

$$\operatorname{ctg} \Omega = \frac{n_Z}{n_X} \left(\frac{n_Y^2 - n_X^2}{n_Z^2 - n_Y^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

(11)式恰好等于文献[1]中(3)式的 $\operatorname{ctg}(2\delta)$, 此处的 α 正是文献[1]中的 δ 。其物理意义是, 在 $O'X''Y''$ 平面内, 慢光的折射率主轴偏离 X'' 轴的角度, X'' 轴就是 OZ 和 K 矢量所组成的平面与过坐标原点垂直 K 矢量的平面所成的交线。我们规定在 $O'X''Y''Z''$ 坐标系中, 绕 Z'' 轴由正 X'' 方向转向正 Y'' 方向时, α 为正值; 反之, α 为负值。

4. 如果我们将慢光与快光的电位移矢量 D 先投影到 X'' 和 Y'' 方向, 然后再投影到 X 、 Y 和 Z 方向, 所得结果和文献[1]中的(8)式和(9)式完全相同。如果忽略了晶体中 D 矢量与 B 矢量的离散角, 用以计算双轴晶体的有效非线性系数, 可得与文献[4]相同的结果。

参 考 文 献

- 1 Hirmomasa Ito *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-10**(2), 247(1974)
- 2 Hiromasa Ito *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **46**(9), 3992(1975)
- 3 蒋民华, 晶体物理, 济南, 山东科学技术出版社, 1980, 236
- 4 王恭明 *et al.*, 光学学报, **5**(5), 419(1985)

(收稿日期: 1988年11月17日)

Nd³⁺ 玻璃激光器选模调 Q 技术的实验研究

谭石慈 吴鸿兴 王声波

(中国科技大学物理系, 230026)

Experimental research on mode-selection and Q-switching for Nd:glass lasers

Tan Shici, Wu Hongxing, Wang Shengbo

(Dept. of Physics, University of Science & Technology of China, Hefei)

Abstract: Experimental results of transverse mode-selection are given by using pre-pulse Q-switching on Nd: glass laser. Compared with small hole mode-selection, it has more energy output.

Key words: Nd:glass laser, pre-pulse Q-switching, transverse modes selection

一、引 言

目前国内外已有不少报道以 YAG 或 YLF 等晶体为工作介质进行预激光调 Q 选单纵模, 并取得良好的效果, 而用 Nd³⁺:玻璃为工作介质进行这方面工作的报道尚属少见。众所周知, 单纵模的获得是以单横模为前提的, 为此我们在钕玻璃激光器上首先进行了选模(横模)调 Q 技术的实验, 很容易就获得方向性极好的 TEM₀₀ 模或某一低阶横模的高功率激光输出, 实现了

单横模的选择。

二、选模(横模)调Q技术

由于一个Q开关能标准地控制激光腔的损耗,即可以标准控制净增益,因此,原则上一个Q调制器不仅能控制激光束的功率、能量特性,而且能有效地控制激光束的方向、频率、时间特性和输出稳定性。当其以不同的方式工作时,电光晶体电压 $V_{\lambda/4}$ 为四分之一波电压, V_{OS} 为一定泵浦条件下振荡阈值时的电压, V_{WO} 为Q开关部分打开时的电压。在开始时($t=t_0$)电光晶体上施加电压 $V_{\lambda/4}$,Q开关处于完全关闭状态,在足够强的泵浦下,当激活介质中粒子反转数积累到足够大的值时($t=t_1$),适当降低晶体电压至 V_{WO} ,使Q开关部分打开,并正好使腔损耗最小的模(通常为基模)能建立起振荡,而其余较基模损耗大的模都不能建立起振荡,在经历足够长的时间形成基模激光后,称为预振荡激光,于第一个预激光脉冲尖峰峰值附近($t=t_2$)将Q开关完全打开,此时基模激光迅速消耗粒子反转数而获得足够的放大。在腔完全打开($t=t_2$)以后,虽然其他损耗较大的模都可能建立起振荡,但由于这些模能有效地完成各种单元技术的功能。一个单级调Q激光器,其输出光束不但可以具有很高的功率,而且可以是单横模,甚至是单纵模的。利用插入腔内的电光Q开关进行横模选择的原理是基于腔内不同横模之间存在的损耗差异。具体可由两种方案加以实现。方案之一如图1所示。开始时,Q开关完全关闭,当时间 $t=t_1$ 时,Q开关部分打开,使基模刚建立起振荡, $t=t_2$ 时,基模预激光第一脉冲形成,在其尖峰附近,将Q开关完全打开,基模激光获得充分放大而输出腔外。

方案之二如图2所示。在开始时Q开关不完全关闭,处于部分打开的状态,打开的程度为在一定泵浦条件下仅使损耗最小的基模刚建立起振荡。当基模振荡形成激光时,即预振荡激光,在第一个预激光脉冲尖峰附近将Q开关完全打开($t=t_2$),使基模激光获得充分的放大,其他损耗较大的模将被抑制,最终获得单横模(基模)激光输出。

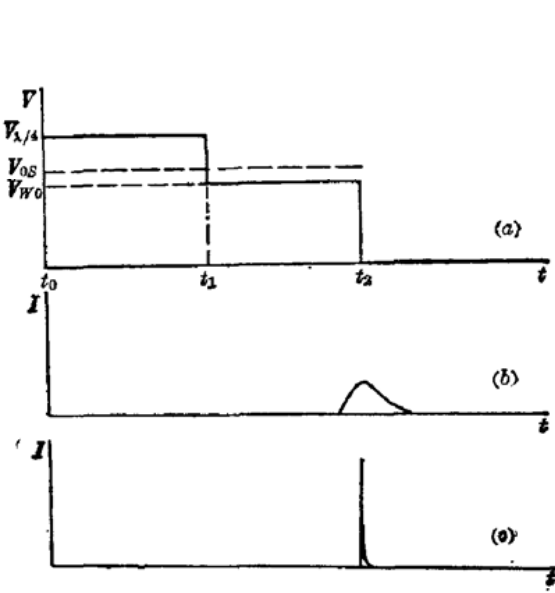


图1 (a) 电光晶体工作电压;(b) Q开关部分打开时第一个预激光脉冲;(c) Q开关完全打开后的激光脉冲

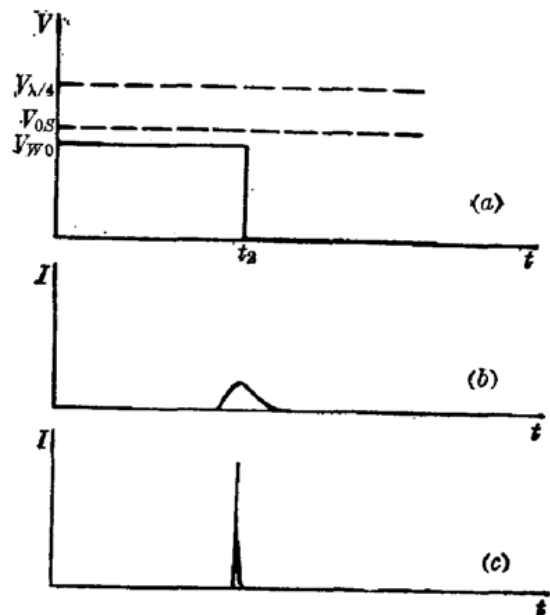


图2 (a) 电光晶体工作电压;V(b) Q开关部分打开时的预激光脉冲 (c) Q开关完全打开后的激光脉冲

三、选模调Q 实验结果

采用上述方案二进行实验,实验装置如图 3 所示。工作物质为 $\phi 6 \times 120$ mm 的钕玻璃棒, P 为偏振器, PC 为 KD*P 晶体, M_1 为全反射镜, M_2 为部分反射镜。此系普通的电光调 Q 激光器。当氙灯抽运时, PC 加上电压 V_{w0} , Q 开关处于部分打开状态, 此时激光器工作在阈值附近, 只有损耗最低的横模形成预激光脉冲, 此预激光脉冲通过偏振器 P 和电光晶体 PC 到达 M_1 被反射回来, 再通过 PC , 即光脉冲两次通过 PC , 其偏振面发生旋转, 到达 P 时不能通过而射向腔外。采用 PIN 管将光脉冲变为电信号, 用以触发调 Q 电压脉冲驱动器(图 4), 使 PC 上的电压在预激光第一个尖峰脉冲的顶部或前沿处完全退掉, 此时 Q 开关处于完全打开状态, 即图 2 中的 t_2 时刻, 使腔内形成的最低损耗模得到充分的放大, 而其余的横模由于模式竞争机制而被抑制, 最后经 M_2 输出激光。如果最低损耗模是 TEM₀₀ 模, 则输出激光为基模; 如果最低损耗模是某一低价横模, 则输出激光为这一低价模式。图 5 和图 6 中的照片分别展示了平行平面腔和平凹稳定腔情况下的基模和低价横模近场光斑结构。

当输出激光为某一低价模时, 只要适当调节谐振腔的反射镜, 使腔内的最小损耗模为基模, 就可以实现基模激光输出。

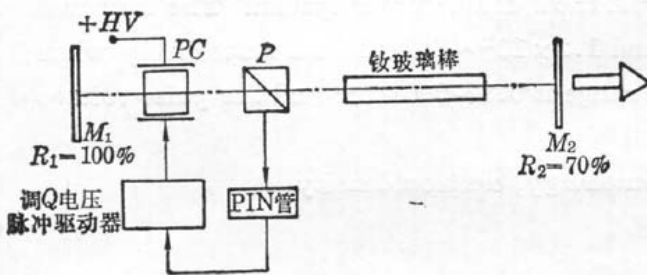


图 3 实验装置

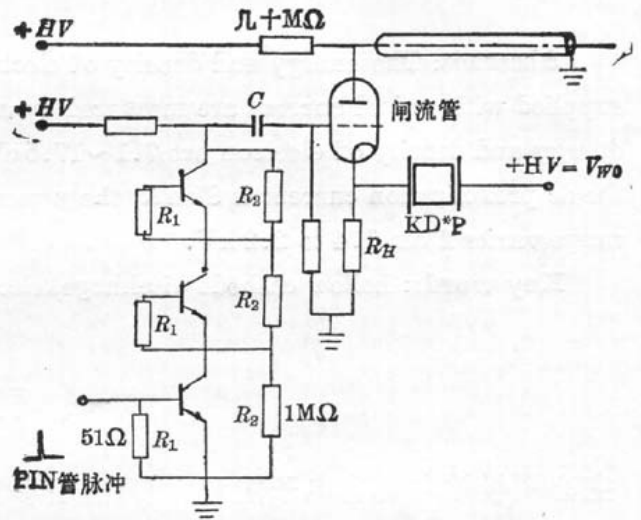


图 4 调 Q 电压脉冲驱动器

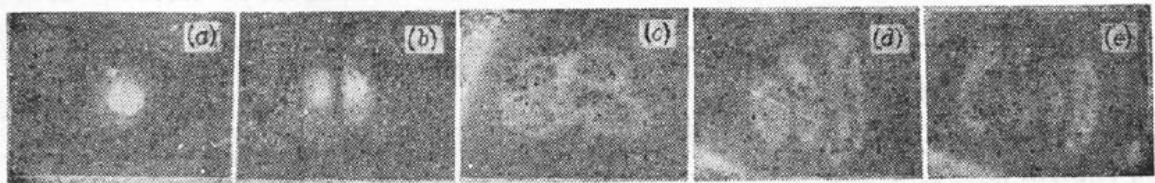


图 5 平行平面腔基模和低价横模光斑

(a) TEM₀₀ 模; (b) TEM₁₀ 模; (c) TEM₁₁ 模; (d) TEM₂₀ 模; (e) TEM₄₀ 模



图 6 平凹稳定腔基模和低价模光斑

(a) TEM₀₀ 模; (b) TEM₁₀ 模; (c) TEM₄₀ 模; (d) TEM₉₀ 模

测量基模激光的能量表明,当电光晶体上电压一定时,这种选模调 Q 技术具有很好的输出稳定性,可大大降低对激光充电电源精度的要求。当泵浦能量为 500 J, KD*P 晶体电压为 2 kV 时,可获得 25 mJ 的基模激光输出。

(收稿日期:1988年12月13日)

脉冲供电的空心阴极放电中电子的能量和密度

李英骏 张道中 吴成 赵玉英 腾爱平 王天眷

(中国科学院物理所,100080)

Energy and density of electrons in a hollow cathode discharge supplied with pulsed current

Li Yingjun, Zhang Daozhong, Wu Cheng, Zhao Yuying, Teng Aiping, Wang Tianjuan

(Institute of Physics, Academia Sinica, Beijing)

Abstract: The energy and density of electrons in argon hollow cathode discharge (HCD) supplied with pulsed current are measured by a cylindrical double probe system. The measured energy and density of electron are 7.1~17.5 eV and $1.2 \times 10^{13} \sim 4.1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ respectively, when the dc preionization current is 80 mA, the pressure range is 0.3~0.6 Torr and the pulse voltage range varies from 1.4 to 2.2 kV.

Key words: hollow cathode discharge, electron energy, electron density

一、引 言

空心阴极放电具有电子能量大和密度高等优点^[1],特别是脉冲供电的空心阴极放电,它能给出比直流供电的空心阴极放电中高好几个数量级的电子密度,而且高能电子的比例也很高。这对于激发原子的高激发态,尤其是获得双电子激发态是相当适合的。然而,目前对于脉冲供电的空心阴极放电,尤其是对极短波长受激辐射最重要的电子的能量和密度以及随放电参数变化的关系等问题,有待深入研究。

在一个脉冲供电的空心阴极放电装置上,用圆柱型双探针系统测量了氩气电子的能量和密度以及随放电参数变化的关系。并与直流放电的结果作了比较。发现在脉冲放电的条件下电子的密度比在直流放电的条件下约高 4 个数量级,而电子的能量提高约 4~13 eV。

二、实 验 装 置

实验装置如图 1 所示。选用同轴套管柱式空心阴极结构;空心阴极管的材料为不锈钢。为了保证放电的均匀性,选定阴极管的长度为 240 mm,内孔直径为 8 mm;阳极管的长度为 310