

Nd:YAG 激光器自由运转及调 Q 实验预习报告

何金铭 PB21020660

1 实验目的

1. 了解固体激光器的结构及工作原理（自由运转和染料调 Q），掌握其调整方法；
2. 了解固体激光器的主要参数的测试技术；
3. 观察调 Q 脉冲经过 KTP 晶体实现倍频现象，了解倍频中相位匹配特性。

2 实验原理

2.1 自由振荡

固体激光器主要由工作物质，泵浦光源和光学谐振腔三大部分组成。其中常用的工作物质为掺钕钇铝石榴石（Nd: YAG）。且激光器中一个场景的现象是自由振荡，即在没有外界干扰的情况下，激光器自发地产生激光。在自由振荡过程中，激光器的输出光强随时间的变化呈现出一定的规律性。其特点是具有尖峰结构，即由许多振幅、脉宽和间隔作随机变化的尖峰脉冲组成。每个尖峰的宽度约为 0.1~1 s，间隔为数微秒，脉冲序列的时间长度大致等于闪光灯泵浦持续的时间。这种现象称为激光器的弛豫振荡。

自由振荡的具体物理过程如下：

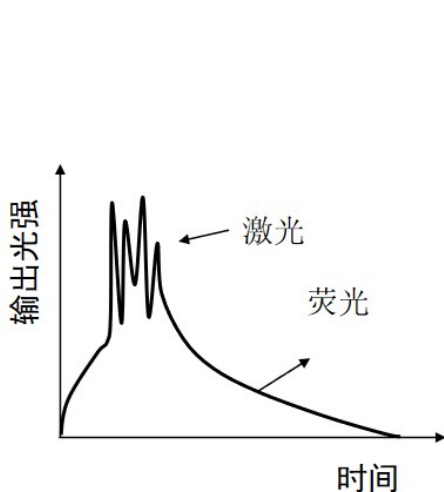


图 1: 自由振荡示意图

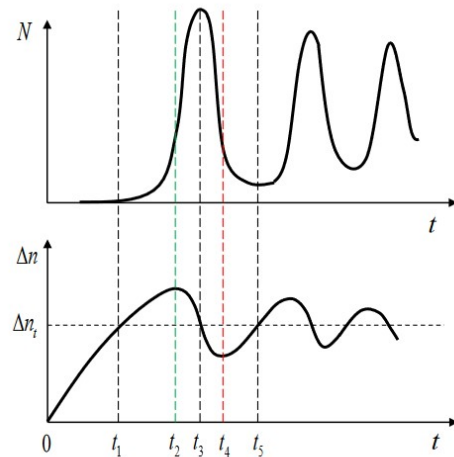


图 2: 自由振荡中 N 与 Δn 示意图

2.2 染料调 Q

品质因数 Q 是激光器的一个重要参数，它是激光器谐振腔的能量损耗与储存能量之比。调 Q 是指通过改变谐振腔的损耗，使激光器的输出特性发生变化。其定义为：

$$Q = 2\pi\nu_0 \frac{W}{\delta W c / nL} \quad (1)$$

其中被动调 Q 是利用染料的可饱和吸收特性来完成调 Q 运转的。其具体利用了染料的可饱和吸收特性。可吸收特性如下图所示：

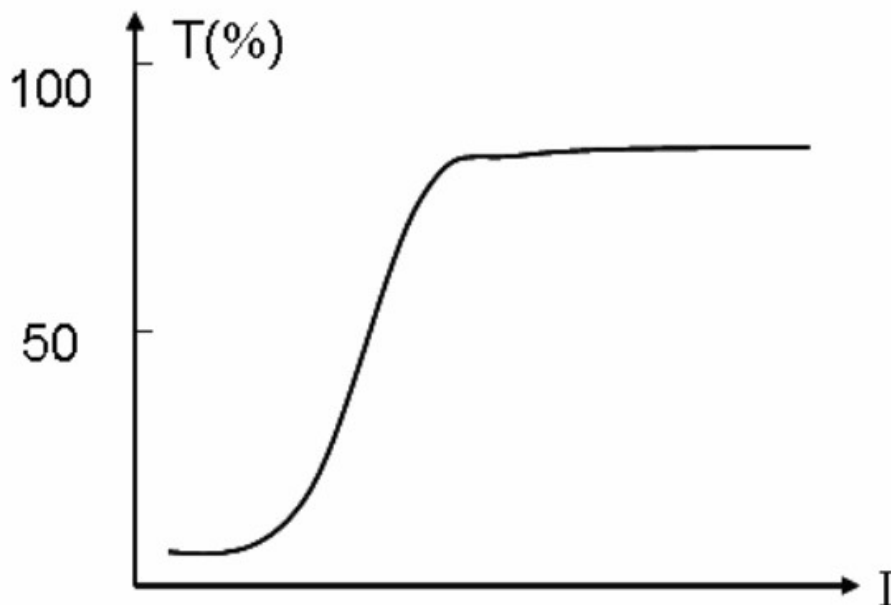


图 3: 染料的可饱和吸收特性

将具有饱和吸收特性的染料（溶液或固态片）置于谐振腔内。最初，腔内自发荧光很弱，但染料吸收系数很大，光的透过率很低，腔处于低 Q 值状态，不能形成激光振荡。随着光泵的继续作用，粒子反转数积累，腔内荧光逐渐增强，染料吸收系数逐渐减小，透过率逐渐增大。当光强增为饱和光强 I_s 时，染料吸收达到饱和而变得透明，此时腔的 Q 值猛增，产生激光振荡，输出调 Q 激光。因为光泵是脉冲式的，故腔内光场迅速减弱 ($I \rightarrow 0$)，染料又恢复了吸收特性，接着重复上面的过程。

2.3 脉冲倍频

脉冲倍频是指将激光脉冲的频率提高一倍，即将波长减半。倍频的实现需要满足相位匹配条件。

由于晶体中存在色散现象，所以在倍频晶体中的通光方向上，基频光与倍频光所经历的折射率 n_ω 与 $n_{2\omega}$ 是不同的。当改变晶体中入射光的角度，中间的非常光折射率曲线随之变化。

KTP 晶体属于双轴晶体，实验中采用 II 类相位匹配。经理论计算可得倍频效率为一个 Sinc 函数的平方函数。当 $\Delta k = 0$ 时效率达到最大值，失配量在 π 的整数倍时达到最小值。

3 实验内容

3.1 自由振荡

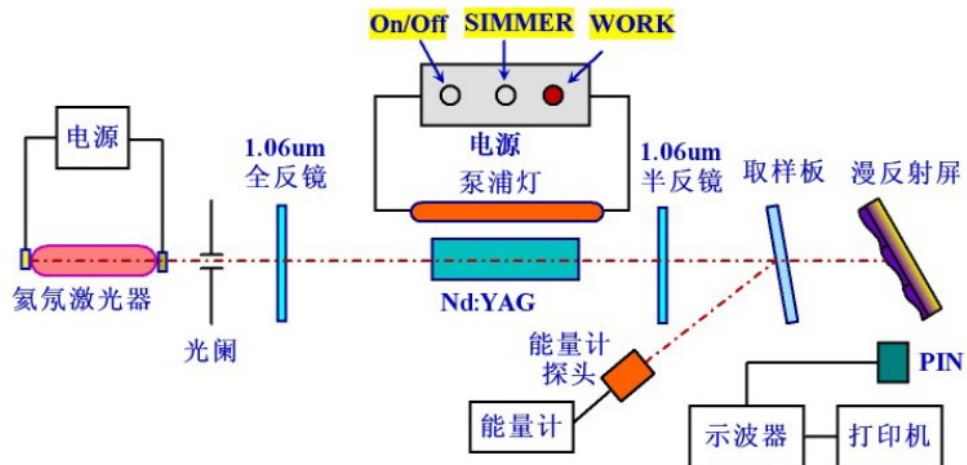


图 4: 自由振荡 YAG 激光器光路图

本实验的实验目的是用示波器观察激光器的振荡波形，了解激光器的自由振荡特性。

3.2 染料调 Q

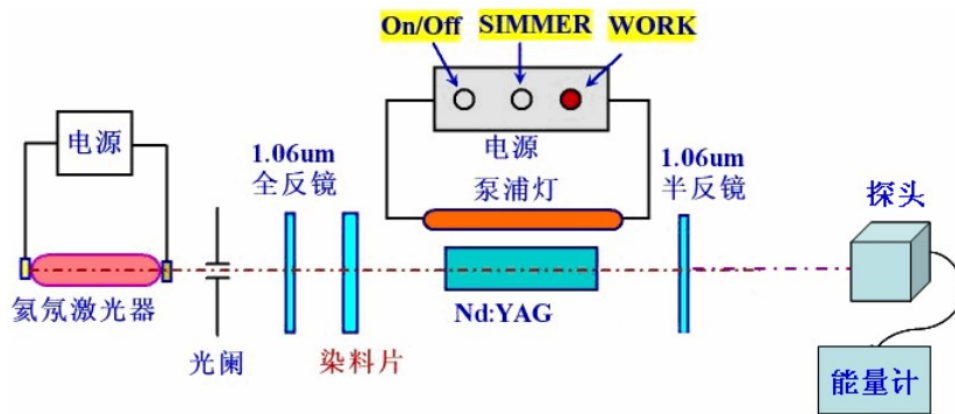


图 5: YAG 激光器调 Q 光路图

本实验的目的是用示波器记录激光器的调 Q 脉冲波形，了解调 Q 脉冲的特性。

3.3 脉冲倍频

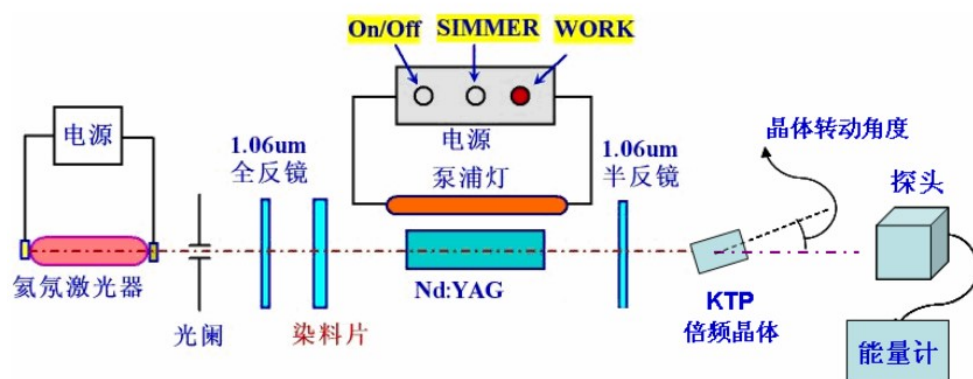


图 6: 脉冲倍频实验光路图

本实验的目的是转化效率随角度变化的关系图, 将获得的拟合曲线和 Sinc 函数的平方函数进行对比, 了解倍频晶体的相位匹配特性。