

光电子技术实验

固体激光器的静态特性及调 Q 技术

芦迪 王莘景

Department of Electronic Engineering,
Tsinghua University

November 7, 2017



目录

- 1 实验任务
- 2 实验原理
- 3 实验系统
- 4 方法步骤
- 5 实验结果及分析



目录

1 实验任务

2 实验原理

3 实验系统

4 方法步骤

5 实验结果及分析



实验任务

本次实验的实验目的为：

- 1 掌握固体激光器与调 Q 工作原理
- 2 掌握固体激光器的调节方法，了解谐振腔参数及调节精度对激光器性能的影响
- 3 测量固体激光器的静态输出特性和调 Q 输出特性
- 4 掌握用于固体激光器调整和测量仪器的使用方法



实验任务

为达到以上目的，实验设计了如下任务：

- 1 装调固体激光器使之产生激光，反复调整降低阈值
- 2 测量固体激光器输出-输入能量关系曲线
- 3 观察激光器的静态输出波形，记录其波形与总宽度
- 4 测量固体激光器调 Q 输出波形，改变输入能量观察输出脉冲个数
- 5 测量固体激光器调 Q 输出-输入能量关系曲线并分析其特点
- 6 观测谐振腔调制精度对激光器的影响



目录

1 实验任务

2 实验原理

3 实验系统

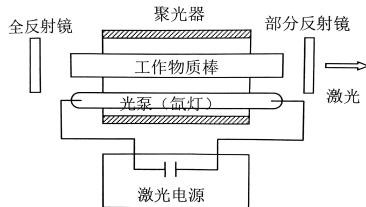
4 方法步骤

5 实验结果及分析



固体激光器工作原理

固体激光器的结构如图：

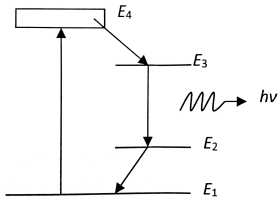


本实验采用的工作物质为 $\text{Nd}:\text{YAG}$ ，激活离子为 Nd^{3+} ，激光输出波长为 $1.06\mu\text{m}$ 。



固体激光器工作原理

钕离子的能级示意图为：

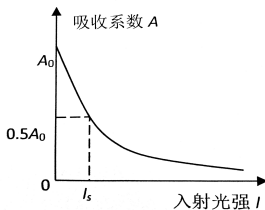


- 在光泵激励下，钕离子容易在 E_3 和 E_2 之间形成集聚数反转，实现受激辐射。
- 激光器形成自激震荡的条件是 $G^0 \times l \geq \alpha L$
- 静态激光器输出的光脉冲为一群尖峰脉冲序列，称为激光弛豫震荡



调 Q 工作原理

- 静态激光器因为弛豫震荡，输出功率受到限制。
- 采用调 Q 技术可以使激光能量集中到单脉冲，峰值功率可达兆瓦以上。
- 调 Q 晶体的吸收系数与入射光强之间的关系为：

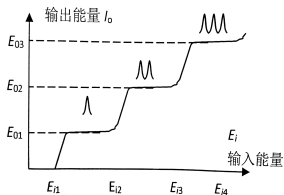


- 光强较弱时，调 Q 吸收系数大，无法产生激光
- 光强增大到一定程度后，调 Q 吸收系数降低，受激辐射光强急剧增长



调 Q 工作原理

- 燃料调 Q 激光器能量输出特性为：



重要概念

- 调 Q 晶体初始透过率
- 调 Q 效率/动静比



目录

1 实验任务

2 实验原理

3 实验系统

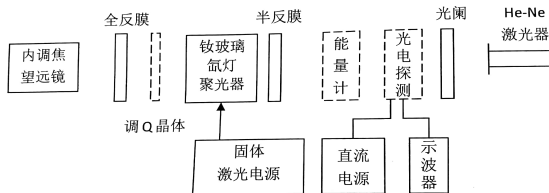
4 方法步骤

5 实验结果及分析



实验系统

■ 实验装置为：



装置简述

激光器 分离式结构；采用平行平面腔

能量计 测量脉冲能量

光电探测器 灵敏度高，脉冲强激光刺激下饱和，需要加衰减

目录

1 实验任务

2 实验原理

3 实验系统

4 方法步骤

5 实验结果及分析



光路校准

- **粗调** 用 He-Ne 激光器准直固体激光器的钕玻璃棒和反射膜片，调整各元件使它们轴向对中并使它们对 He-Ne 激光的反射光斑基本重合
- **细调** 用内调焦望远镜细调光路，将各元件调整到严格平行。从望远镜中可以看到几个十字叉丝，其中最亮的叉丝是全反膜反射回来的，最暗的叉丝是半反膜反射回来的，我们只需要调整激光器使得这两个叉丝尽量重合即可



激光发射

- 1 将光路调整的比较理想之后，在老师指导下学习固体激光器电源的使用方法，然后发射激光
- 2 测量阈值时，将一张黑纸放置在激光发射口，然后增大输入功率（即电压），直到黑纸上恰好出现白点，此时的输入能量即为阈值

本次实验，我们测得的阈值电压为 560V。



输入输出能量关系曲线

- 改变输入电压，输入能量可由输入电压换算得到，输出能量用光能量计测量，进而可以画出二者的关系曲线。

波形观察与参数测量

- 使用连接示波器的光电探测器观测波形。需对激光进行衰减以避免光强太大导致的探测器饱和失真，先利用纸片进行漫反射，再用光电探测器接收反射信号。
- 需要注意必须让示波器位于单次触发模式。由于输出脉冲为正极性，我们应将触发电平调整为正值。
- 测量波形宽度，将波形在脉冲处展开，调节横纵坐标尺度得到比较合适测量的波形，再用手动光标进行测量。



目录

1 实验任务

2 实验原理

3 实验系统

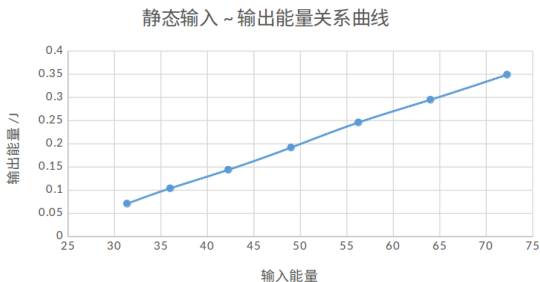
4 方法步骤

5 实验结果及分析



静态激光器输入输出关系曲线

- 对实验测量得到的数据进行整理后，绘制出静态激光器输入输出关系曲线如下：

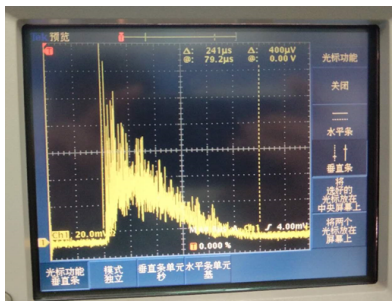


- 对于静态固体激光器，输出能量与输入能量近似线性变化。这表明当激光器在这一区间工作时，输出能量与输入能量成线性关系。



固体激光器静态输出波形

- 取输入电压为 700V，通过示波器观察弛豫振荡波形并测量其脉冲宽度，实验结果如下：

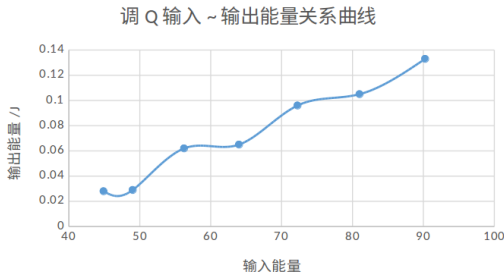


- 可以看到确实产生了弛豫振荡，脉冲宽度利用手动光标测量测得约为 $241\mu s$ ，符合我们的预期。



调 Q 激光器输入输出能量关系曲线

- 加入调 Q 晶体后，我们按照之前的方法重新测量了阈值，得到阈值约为 670V，较之前相比有所提高。整理得到的数据，绘制出调 Q 激光器输入输出关系曲线如下：



- 调 Q 时输入输出能量关系不再为线性，而是一种类似于阶梯的关系，与我们的理论推算相符。但可能图像采样点太少，阶梯不是太明显。



固体激光器调 Q 输出波形

- 添加调 Q 晶体后，改变输入电压并通过示波器测得此时的输出波形，同时观测脉冲个数，观测结果：

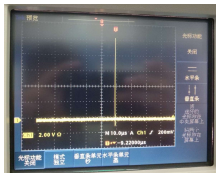


Figure: 700V

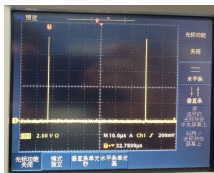


Figure: 750V

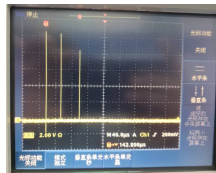


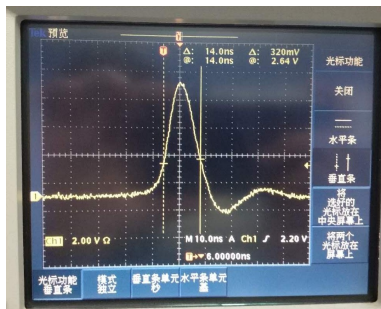
Figure: 850V

- 随着输入电压增加，脉冲个数会呈阶梯状提高，应证了我们上一步得到的阶梯曲线。



调 Q 激光器输入输出能量关系曲线

- 将 700V 时的波形在脉冲处展开，得到的更加细致的波形为：

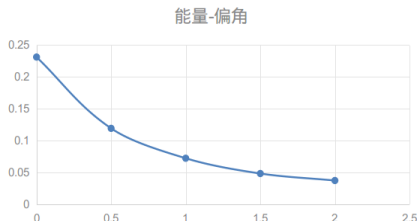


- 调整横纵坐标尺度使得脉冲尽量展开，然后利用手动测量测得单脉冲波形半高全宽约为 14ns，符合我们的理论预期



谐振腔调制精度对激光器性能的影响

- 调偏全反膜，通过目测望远镜视野中叉丝偏离的距离来表示角度偏离，取电压为 700V，将得到的数据绘制为曲线：



- 在固定输入能量的情况下，随着谐振腔的偏差，输出能量衰减，且开始时衰减得更剧烈。由于我们取的步长太大，这里并没有表现出微调时的结果。



Thank you!

