

# 光电子实验

## 电子教案

北京大学电子信息科学基础实验中心

2006年7月

# 实验一 光电子实验基本技能训练

## 一、实验目的：

- 1、进行光电子实验的基本训练
- 2、认识相关的仪器设备以及光学元件和器件

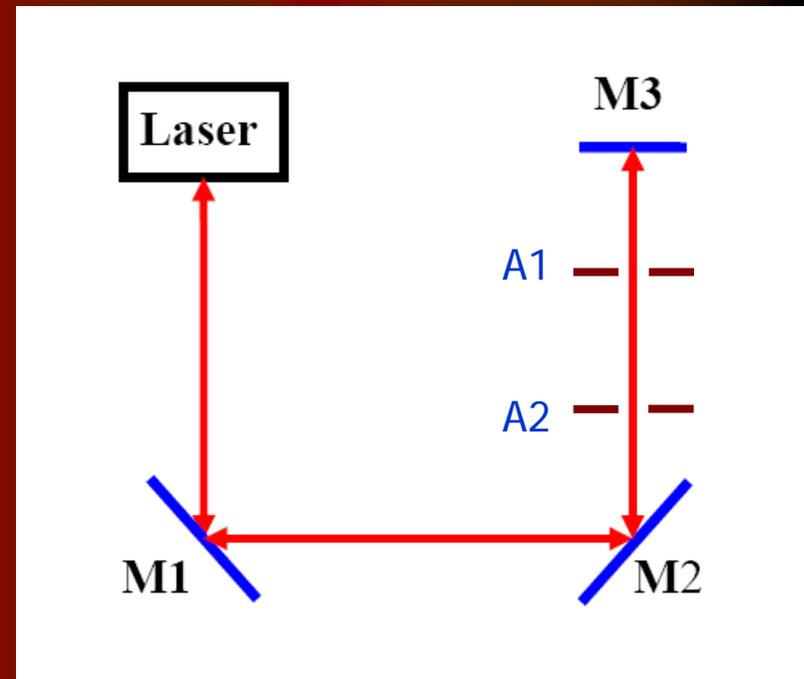
## 二、实验器材：

简易光学平台，光具座三个，光学反射镜三个，半导体激光器一个（激光电源），准直镜和镜架。

# 实验一 光电子实验基本技能训练

## 三、实验原理：

光路的调整应用了光的反射原理：反射光线位于入射面内，反射光线和入射光线分居法线两侧，反射角等于入射角。实验中所用激光波长为657nm,功率较小，侧面观察时光束在空气中是看不见的，但不能用眼睛迎着光路观察，一般通过光屏上的光斑判断光的传播方向。本实验的光路如右图所示：



# 实验一 光电子实验基本技能训练

## 四、实验内容:

- 1.认识光学元件
- 2.学习光学镜面的清洁方法。
- 3.开启电源，准直光路。
- 4.放入各个反射镜，使激光束通过预先设定的两个小孔光栏，并经由M3反射原路返回到激光器。
- 5.实验中，在光路的调节过程中注意弄清每个反射镜的作用和逻辑关系。

# 实验一 光电子实验基本技能训练

## 思考题

- 如果将所用激光器换成另一种波长，实验中三个镜子是否仍可以用作全反镜？
- 如果将M3换成部分反射镜，则从M3出射的激光和直接从半导体激光器出射的激光是否相同？请简要说明理由。

# 实验二 精密光路调整

## 一、实验目的：

- 1、训练并提高调整高要求精密光路的技能。
- 2、学习非谐振环光路和光束干涉原理

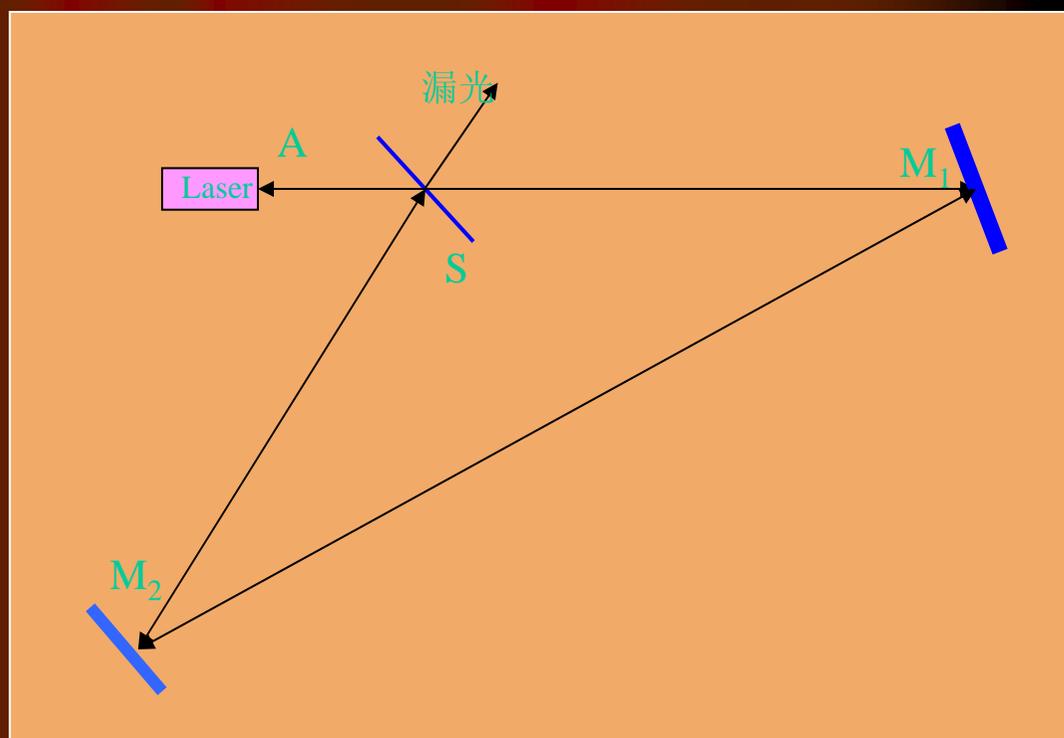
## 二、实验器材：

- 1、简易光学平台，50%分光镜一个，全反镜两个，镜架三个。
- 2、半导体激光器一个（激光电源），准直透镜和镜架。

# 实验二 精密光路调整

## 三、实验原理：

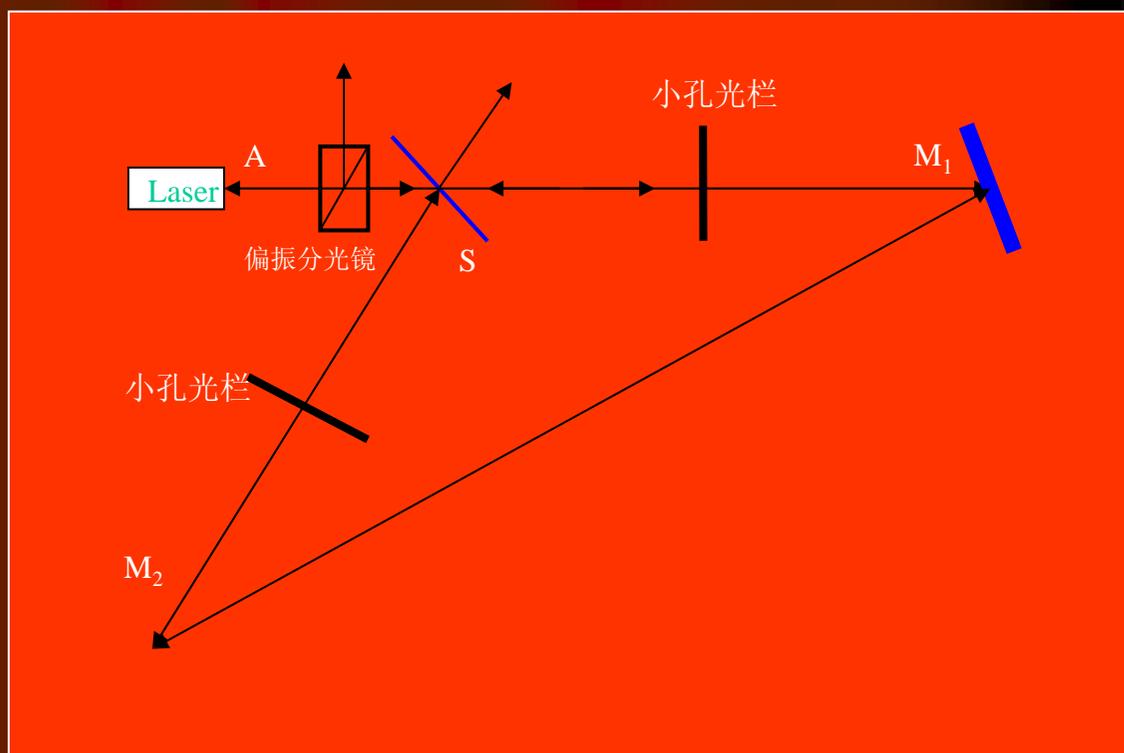
如图1将一束激光分成强度相同的两束光，并适当调节反射镜和分光镜，使两束光沿着同一光路相反方向传输，形成非谐振环光路。当两束光到达分光镜入射面时，由于光束经过的光程完全相同，光束将全部耦合回入射方向，而不被分到另一方向。



# 实验二 精密光路调整

## 三、实验内容与步骤:

- 1、准直激光光束
- 2、调整分光镜室两束光功率基本相同
- 3、调整非谐振环系统



## 实验二 精密光路调整

思考题：

- 1、调整激光入射分光镜的角度，为什么能够改变分光的比例？
- 2、试验中小孔光栏的作用是什么，放在什么位置最为有效？
- 3、实验中的分光镜可否采用偏振分光镜，为什么？

# 实验三 激光器基本参数测试

## 一、实验目的：

- 1、学习半导体激光器主要参数的测量方法，
- 2、了解半导体激光器的基本特性。

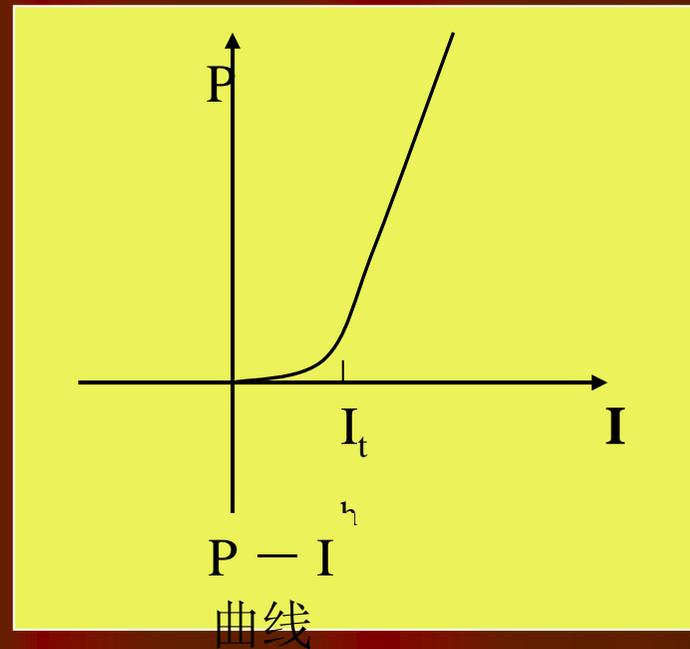
## 二、实验器材：

带控温半导体激光器和电源，光电探测器和电源，示波器。

# 实验三 激光器基本参数测试

## 三、实验原理：

功率—电流 (P—I) 特性曲线。激光器总的发射功率与注入电流的关系曲线称为功率—电流 (P—I) 曲线，如图所示。随注入电流增加，激光器首先是渐渐地增加自发辐射，直至它开始发生受激辐射。最感兴趣的参数是开始发生受激辐射时的精确的电流值，通常把这个电流值称之为**阈值电流**，它是一个正向电流，并用符号 $I_{th}$ 表示。



## 实验三 激光器基本参数测试

**特征温度**是衡量激光器对温度灵敏度的一个参数。较高的 $T_0$ 意味着当温度快速增加时，激光器的阈值电流增大。也可以把 $T_0$ 解释为激光器的热稳定性。

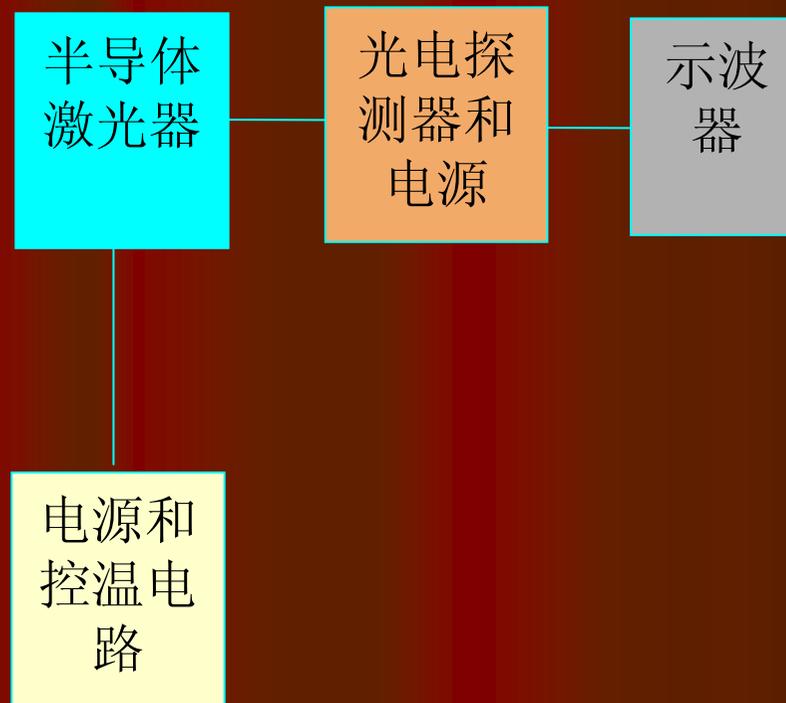
$$I_{th}(T) = I_{th}(T') \exp[(T - T') / T_0]$$

$$T_0 = \Delta T / [\ln I_{th}(T) - \ln I_{th}(T')] = \Delta T / \Delta \ln I_{th}$$

# 实验三 激光器基本参数测试

## 四、实验步骤:

- 1、测量激光器的P—I特性曲线。
- 2、测量半导体激光器的阈值电流。
- 3、确定室温时激光器的P—I曲线的斜率。
- 4、改变温度，测功率—电流曲线，确定半导体激光器的特征温度。



## 实验三 激光器基本参数测试

### 思考题：

- 1、简述测量阈值电流的两种方法，试思考还有什么其他的方法？
- 2、简述半导体激光器的优点和缺点及其典型应用。
- 3、双异质结AlGaAs/GaAs激光器的波长是多少？有源层有什么组分？

# 实验四、外腔反馈对激光器的影响

## 一、实验目的:

了解外腔反馈对半导体激光器频谱性能的影响

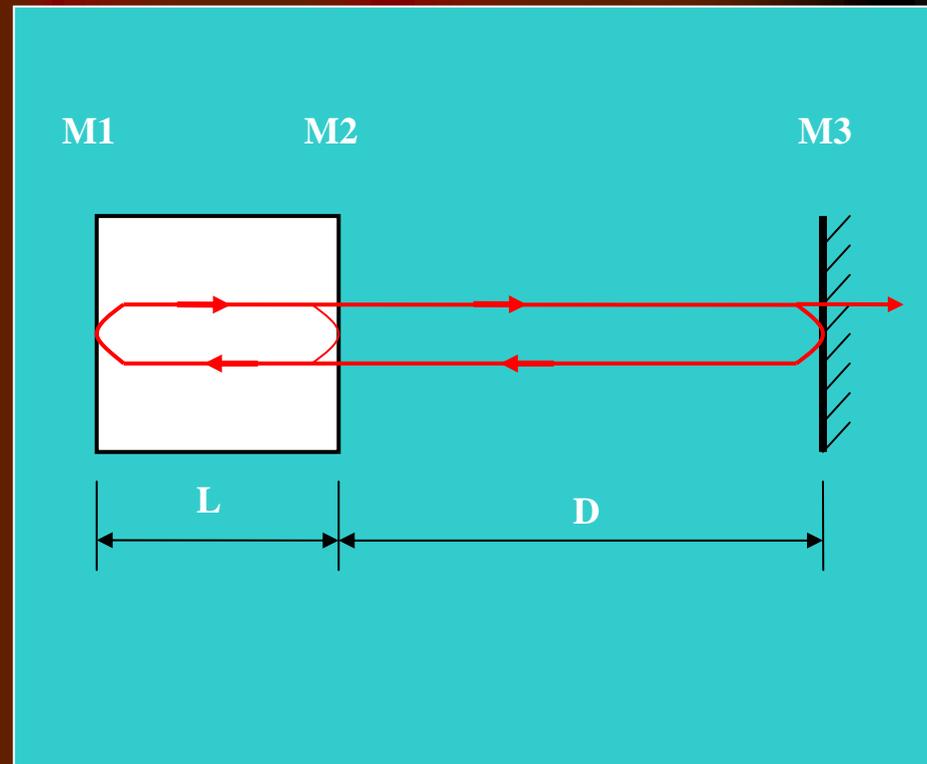
## 二、实验器材:

半导体激光器(或普通激光器)和电源, 50%反射镜, FP腔和驱动电源, 示波器。

# 实验四、外腔反馈对激光器的影响

## 三、实验原理：

加上外腔反馈，如右图所示，可以使线宽压窄，定性的理解主要体现在两个方面，一方面加外腔等效于腔长的增加，另一方面引入反馈，利于增加受激发射而抑制自发辐射。激光的输出模式可以用Fabry-Perot腔来观察。FP腔利用了多光束干涉的原理，作为光谱仪可以分析光谱线的超精细结构。



# 实验四、外腔反馈对激光器的影响

## 四、实验内容：

1. 开启激光电源，调整光路准直。
2. 依次放入光电探测器、FP腔等元件，并调整光路。
3. 调节FP腔的位置、俯仰等，观察激光输出模式。
4. 放入反射镜，观察模式有什么变化。

## 实验四、外腔反馈对激光器的影响

### 思考题：

- 若放入的部分反射镜的反射率大于激光器输出端的反射率，实验现象有什么不同？
- 跳模产生的原因是什么？

# 实验五 激光的强度和偏振控制， 以及探测器的使用

## 一、实验目的：

- 1、学习光路设计的基本知识和技能；
- 2、学习线偏振光，圆偏振光，椭圆偏振光的性质。

## 二、实验器材：

- 1、激光器和电源，光电探测器和电源；
- 2、 $1/2$ 波片， $1/4$ 波片，偏振片；
- 3、偏振分光棱镜，反射镜，示波器。

# 实验五 激光的强度和偏振控制， 以及探测器的使用

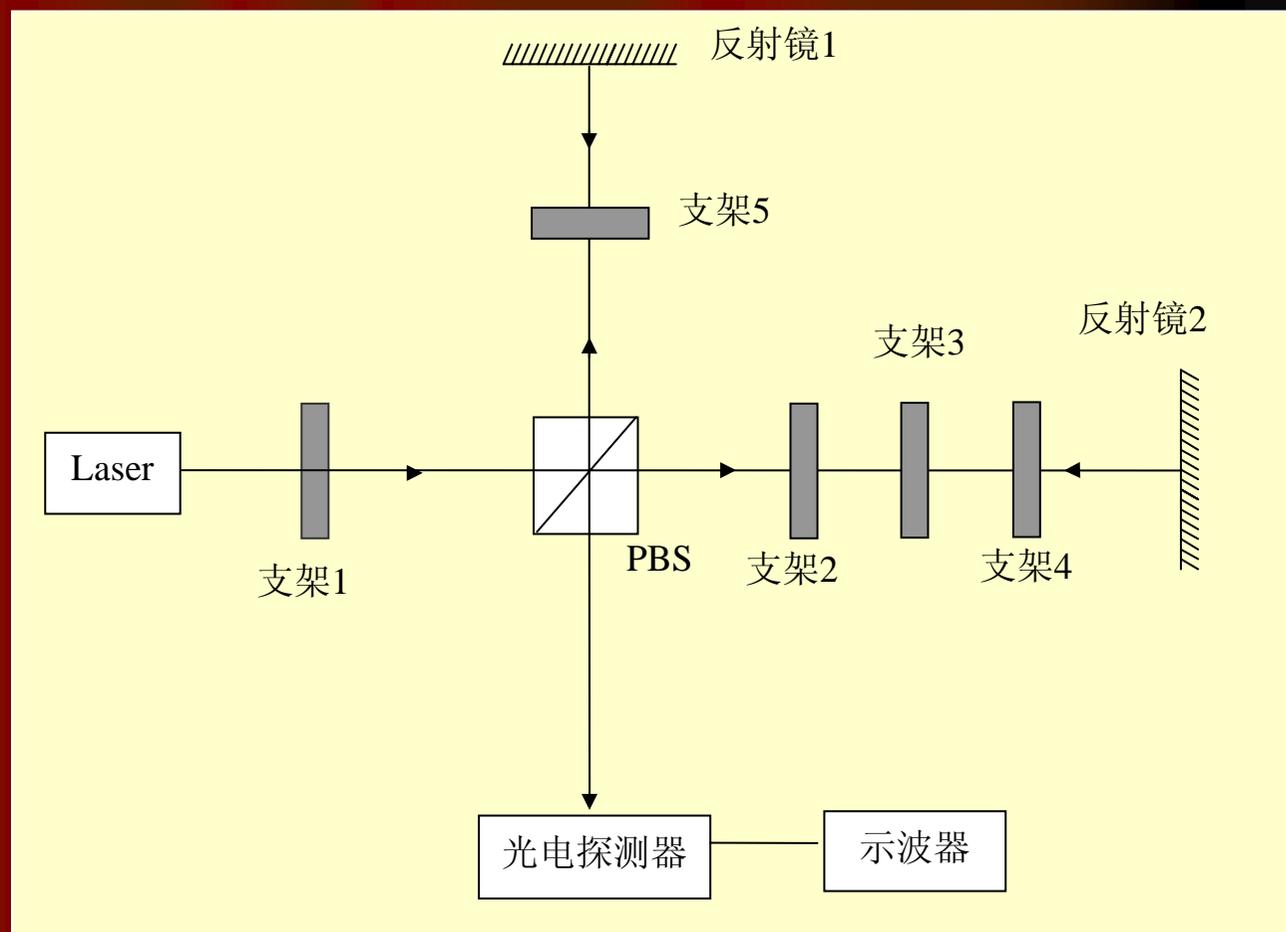
## 三、实验原理：

- 光波的振动方向与光波的传播方向垂直。自然光的振动在垂直与其传播方向的平面内，取所有可能的方向，某一方向振动占优势的光叫部分偏振光，只在某一个固定方向振动的光线叫线偏振光或平面偏振光。
- 平面偏振光通过1/4波片后，透射光一般是椭圆偏振光；当光轴与偏振方向成 $45^\circ$ 时，则为圆偏振光；故1/4波片可将平面偏振光变成椭圆偏振光或圆偏振光
- 如果入射平面偏振光的振动面与半波片光轴的交角为 $\alpha$ ，则通过半波片后的光仍为平面偏振光，但其振动面相对于入射光的振动面转过 $2\alpha$ 角。

# 实验五 激光的强度和偏振控制， 以及探测器的使用

## 四、实验步骤：

- 1、搭建光路，如图所示，测量光强。
- 2、检测光的偏振性，得到圆偏振光和观察其特性。
- 3、结合1/4波片、1/2波片，利用PBS，观察激光的强度和偏振的变化。



# 实验五 激光的强度和偏振控制， 以及探测器的使用

思考题：

- 1、简述产生线偏光的方法（至少给出三种）。
- 2、在实验上如何区分圆偏振光，自然光、椭圆偏振光，部分偏振光和线偏振光？
- 3、简述 $1/4$ 波片和 $1/2$ 波片的原理和作用。

# 实验六 高斯光束的传输和变换

## 一、实验目的

- 1、学习高斯光束的传输和变换的基本特性，了解束腰半径和发散角；进行高斯光束的聚焦和准直；
- 2、光空间滤波。

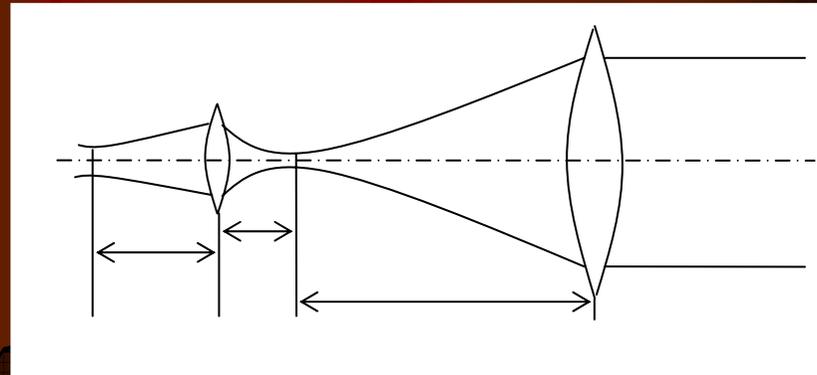
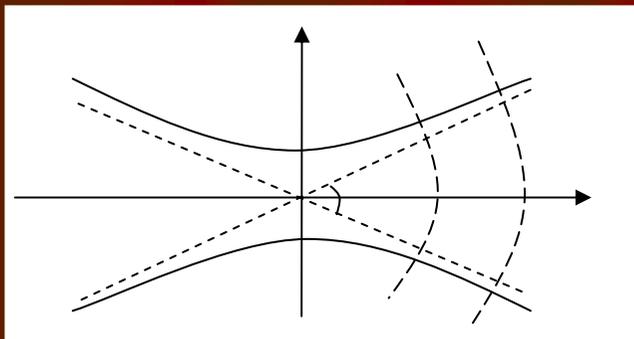
## 二、实验器材

氦氖激光器，光空间滤波器，透镜，显微物镜，反射镜，调整架若干。

# 实验六 高斯光束的传输和变换

## 三、实验原理

- He-Ne激光器是最早研制成功的气体激光器，波长是632.8nm。由于气体工作物质的光学均匀性远比固体好，所以气体激光器易于获得衍射极限的高斯光束，方向性好。
- 高斯光束的传播和一般同心光束传播过程是不一样的，它在传播过程中光束半径与传播距离之间不符合线性关系，如左图所示，光束通过两个透镜时，如右图所示。



# 实验六 高斯光束的传输和变换

## 四、实验步骤:

- 1、打开He—Ne激光器的电源，调整两个反射镜的位置，让光束水平通过透镜，观察屏幕上的效果，移动屏幕，观察不同地点光斑的图像，了解高斯光束的性质。
- 2、对高斯光束进行聚焦和准直，粗略测量高斯光束束腰半径的大小，了解高斯光束的变换和传播特性。
- 3、将透镜换成光空间滤波器，调整光空间滤波器，观察光通过滤波器、透镜后入射到屏幕上的效果，并和原来的效果进行比较。

激光器和电源

反射镜

光空间滤波器

透镜

可移动  
接收屏

# 实验六 高斯光束的传输和变换

## 思考题：

- 1、设有一台He—Ne激光器，其光束束腰位于平面镜输出端，束腰半径为0.3mm，求距离激光器1m处的光束截面半径、波面曲率半径和远场发散角。
- 2、已知He—Ne激光器的束腰半径是0.5mm，在离束腰100mm处放置一个焦距为100mm的单透镜，求经过透镜变换后的束腰大小及其位置。
- 3、如何实现高斯光束的准直和扩束？

# 实验七、激光的外调制实验

## 一、实验目的：

- 1、了解电光调制的基本原理及铌酸锂晶体横向调制的基本机构。
- 2、掌握铌酸锂电光调制器的调试方法并测量和计算晶体的特性参数。

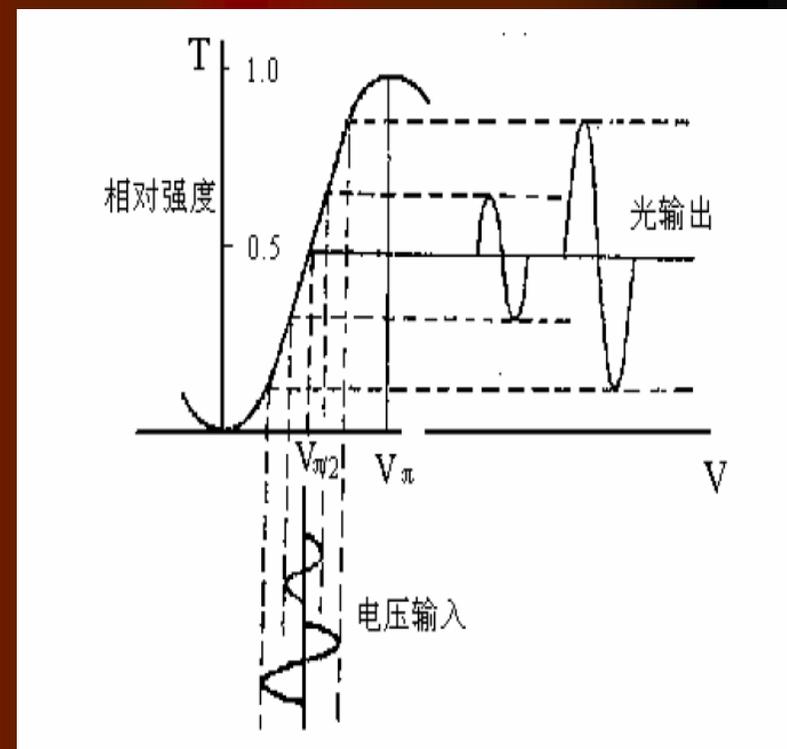
## 二、实验器材：

半导体激光器、准直镜、电光晶体调制器及其驱动电源。

# 实验七、激光的外调制实验

## 三、实验原理：

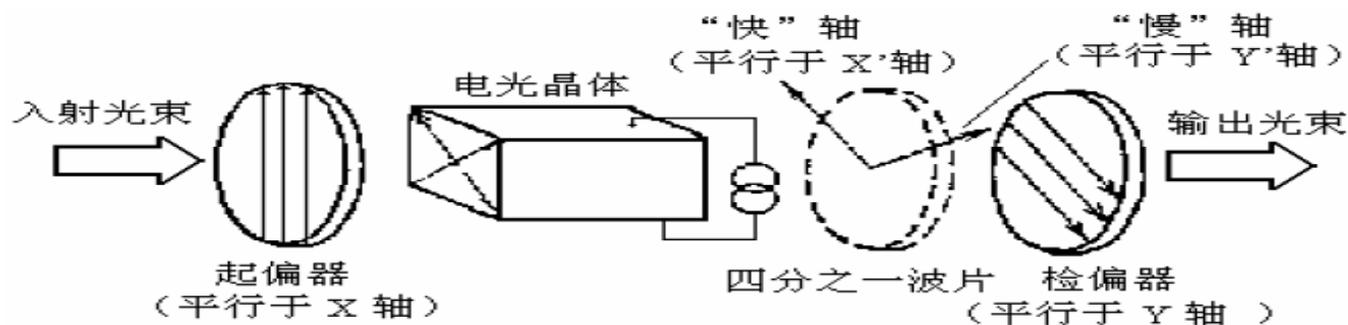
激光调制，就是以激光作载波，将要传输的信号加载于激光辐射的过程。分为内调制和外调制。外调制是在激光器谐振腔外的电路上放置调制器。调制器上加调制信号电压，使调制器的物理特性（如电光调制效应等）发生相应的变化，当激光通过时即得到调制。（如右图所示）电光调制根据所使加的电场方向不同，可分为纵向调制和横向调制。本实验是横向调制实验。



# 实验七、激光的外调制实验

## 四、实验内容：

1. 调整光路，起偏器与检偏器的偏振方向正交，光电检测器检测到的光强最小。
2. 放入光电晶体，并且使电光晶体的切割面的一条边与水平方向成45度角。
3. 测定铌酸锂晶体的透过率曲线（即  $T \sim U$  曲线）  
求出半波电压，算出电光系数。



# 实验七、激光的外调制实验

## 思考题：

- 当不偏压时，为什么输出光强不为零？（从晶体的切割方向及各轴向上的相位差角度分析），这使得该实验相关的计算公式该作什么修正？（提示：从相位差的角度分析）
- 工作点选定在线性区中心，信号幅度加大时怎样失真，为什么失真，请画图说明。
- 测定输出特性曲线时，为什么光强不能太大，如何调节光强，这种调节光强的方法有何优缺点。

## 八、激光自由空间通信实验

### 一、实验目的：

- 1、了解空间光通信的概念，
- 2、光束的准直、对准、发送、接收，
- 3、光信号的光电/电光转换，接收和放大。

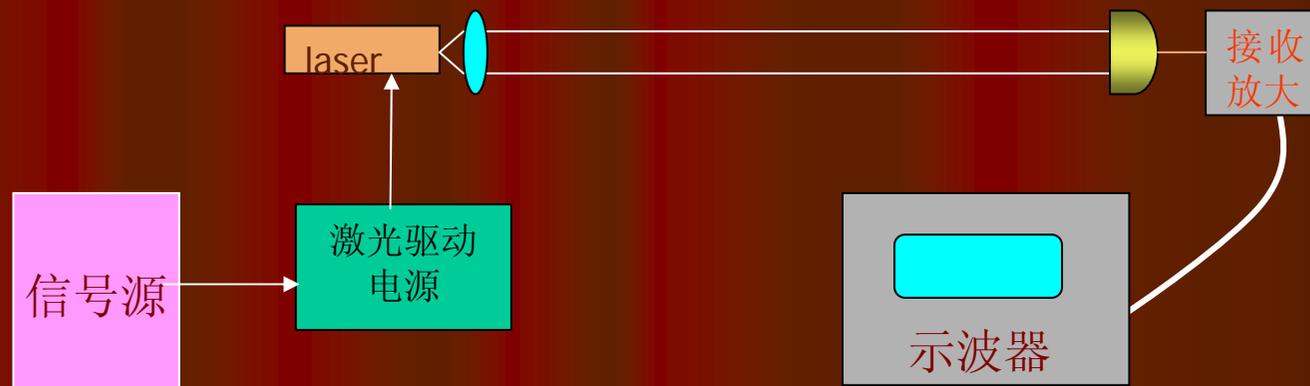
### 二、实验器材：

- 1、半导体激光器，准直透镜，
- 2、信号发生器，激光电源，光电二极管，信号放大器，示波器。

# 八、激光自由空间通信实验

## 三、实验原理：

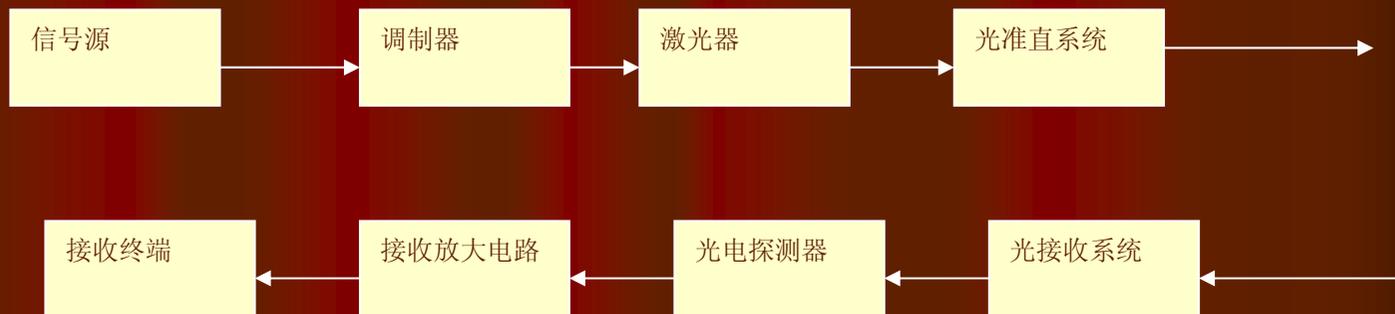
- 自由空间光通信系统（FSO: Free Space Optical communication system）是指以激光光波作为载波，在大气或外层空间中由光束直接传输和接收作为传输方式的光通信系统。



# 八、激光自由空间通信实验

## 四、实验内容与步骤:

- 1、调整激光器准直透镜
- 2、调节光电二极管使接受到的信号达到最大值
- 3、用信号发生器输入不同波形的调制信号并观察接收信号



## 八、激光自由空间通信实验

思考题：

- 1、如果仅观察一个近距离和一个远距离两个点上的光斑尺寸，并经调节使这两点光斑大小相同，能否说明光束已经基本准直了？为什么？
- 2、光传输过程中的失真是由那些因素造成的，采取哪些措施可以减小失真。
- 3、光斑的光强分布如何时最有利于自由空间光通信。

# 实验九 光纤通信实验

## 一、实验目的：

- 1、学习光纤通信的基础知识和技术，
- 2、光纤耦合、传输和光电转换。

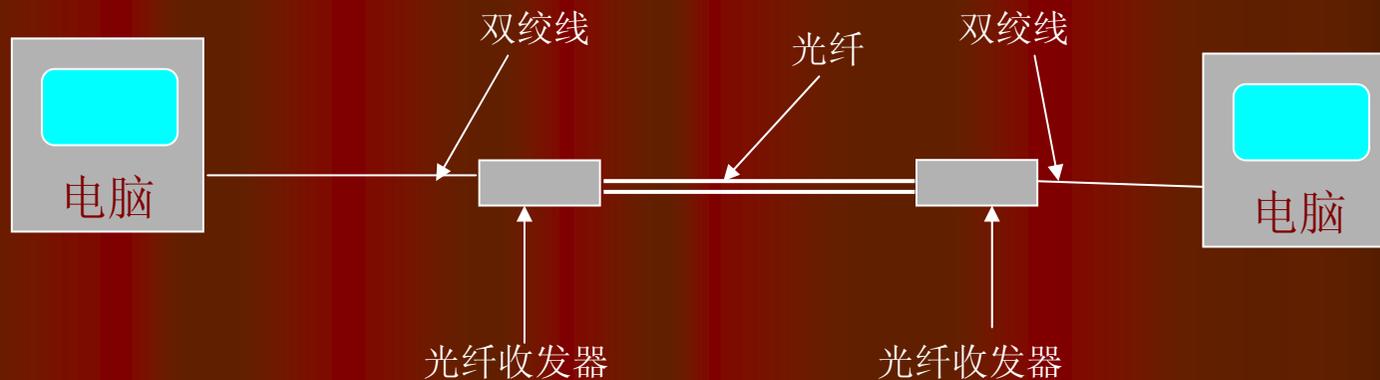
## 二、实验器材

- 1、计算机二台，光纤收发器一对，示波器，光功率计，
- 2、光跳线两对，2X2光纤耦合器，1310/1550 波分复用器。

# 实验九 光纤通信实验

## 三、实验原理

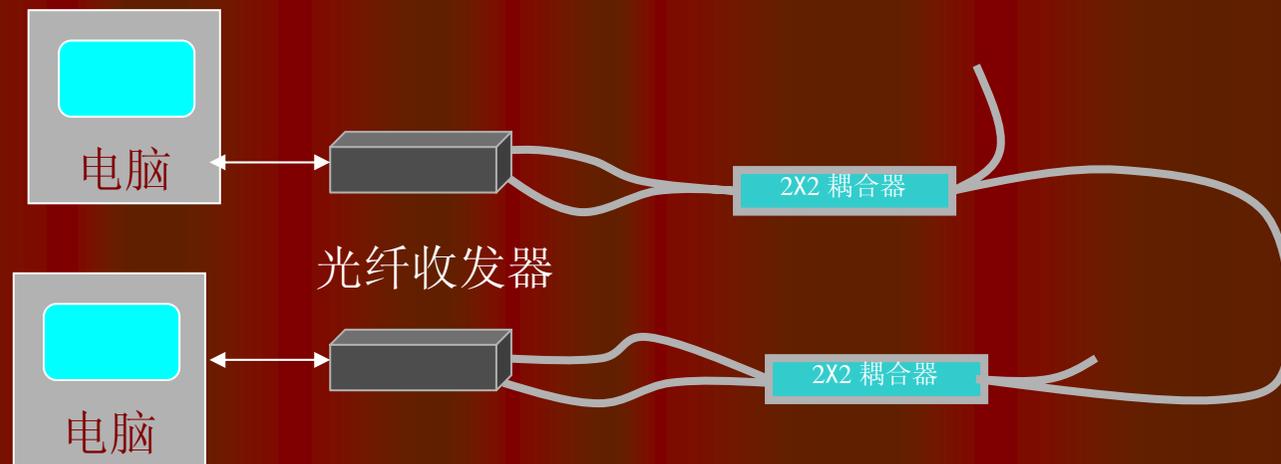
- 以太网光纤收发器是一种可以在光纤上通过光信号的传输把以太网的连接距离最高延伸到120公里的网络通信设备。我们在实验中将利用两个光纤收发器，通过光纤跳线连接两台计算机的通信，或计算机与因特网的通信



# 实验九 光纤通信实验

## 四、实验内容与步骤

- 1、将媒体转换器接通电源做自检
- 2、将另一台媒体转换器电口与另一台计算机或英特网相连
- 3、用光纤跳线将两台媒体转换器连接
- 4、测量通信接收的灵敏度
- 5、单光纤双向传输实验



# 实验九 光纤通信实验

## 思考题

- 1、用2X2 耦合器实现的单芯双向传输与波分复用实现的单芯双向传输有何异同，讨论两种方法的优劣。
- 2、实验中由光纤连接脱离所造成的光强衰减与信号在光纤中长距离传输所造成的衰减有什么不同？能否用一个光衰减器完全模拟经过长距离传输的光信号？为什么？

# 实验十 光学倍频实验

## 一、实验目的：

- 了解倍频激光器的基本结构，学习激光倍频的技术，
- 声光调Q的原理和应用。

## 二、实验仪器：

- 绿激光器，He-Ne激光器，反射镜，调整架，光电探测器，示波器。

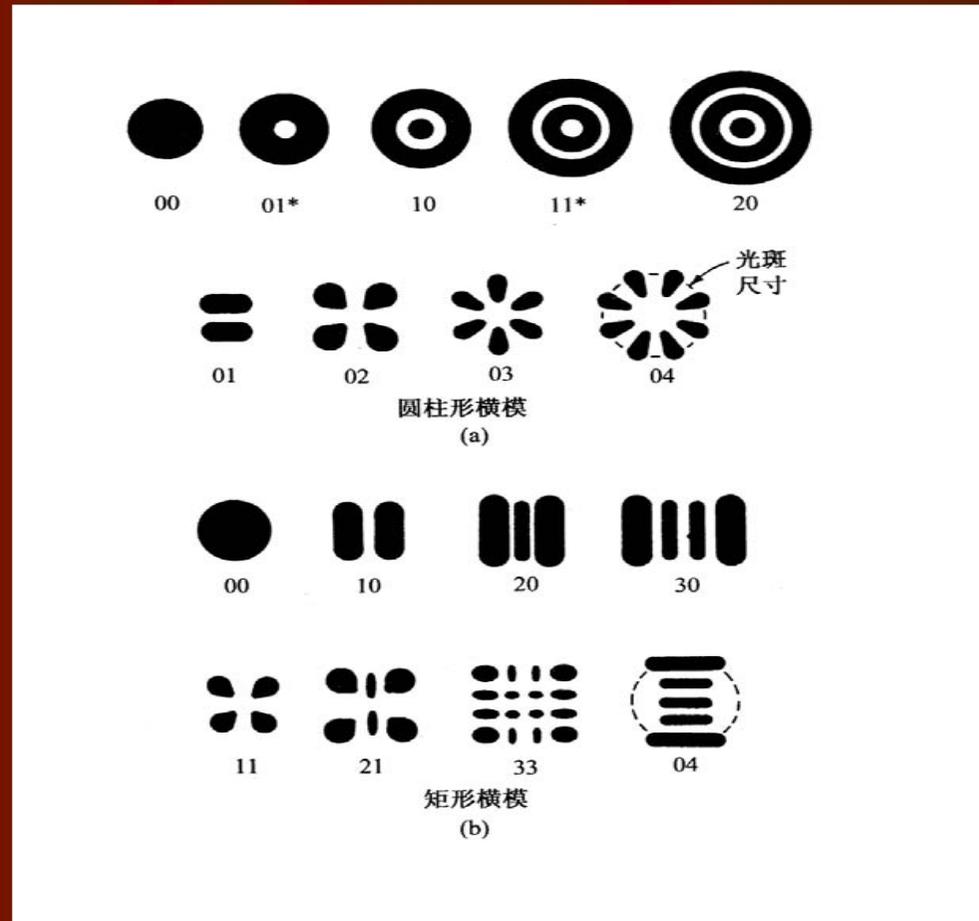
# 实验十 光学倍频实验

## 三、实验原理：

- 激光倍频：频率为 $\omega$ 的单色平面波通过长度为 $L$ 的非线性光学晶体，产生频率为 $2\omega$ 的倍频光，这种现象就是光倍频现象。倍频光强与基频光强的平方成正比， $2\omega$ 信号是由 $\omega$ 光电场经二阶非线性混合产生的。
- 激光的横模：激光在谐振腔内振荡的过程中，在光束横截面上形成具有各种不同形式的稳定分布，光强的这种稳定分布，称为激光束的横模。

# 实验十 光学倍频实验

圆形镜共焦腔  
 $TEM_{pl}$  模和  
方形镜共焦腔  
 $TEM_{mn}$  模强  
度花样



# 实验十 光学倍频实验

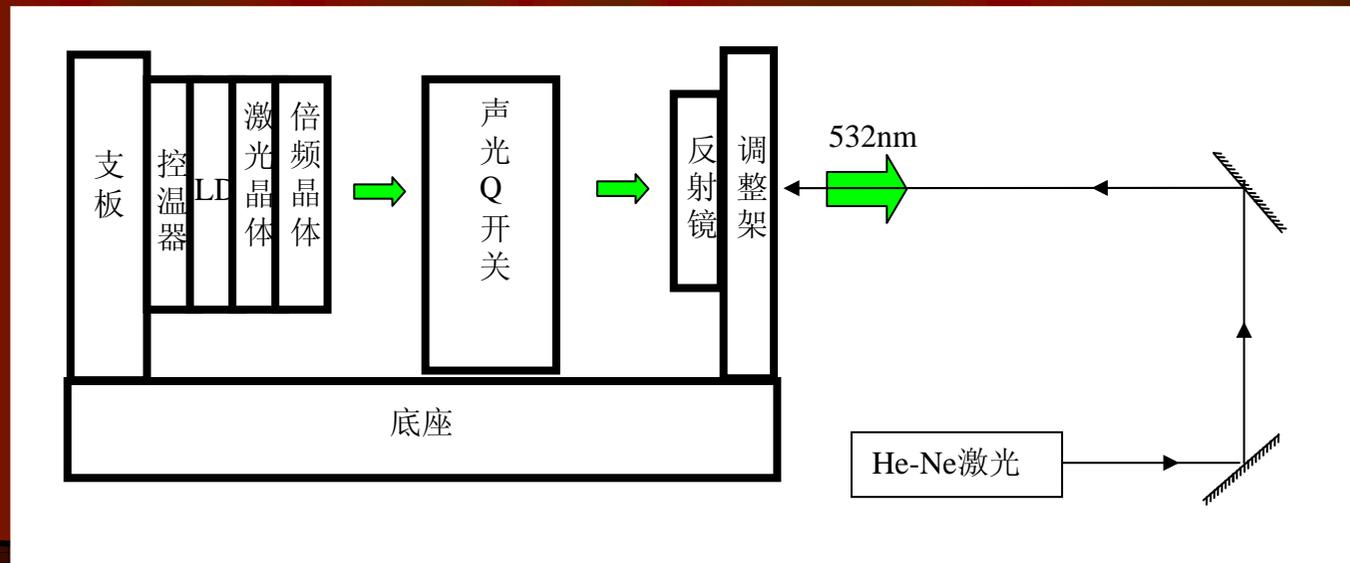
## 调Q技术

当激光器开始泵浦初期，设法将激光器的振荡阈值调得很高，抑制激光振荡的产生，这样激光上能级的反转粒子数便可积累得很多。当反转粒子数积累到最大时，再突然把阈值调到很低，此时，积累在上能级的大量粒子便雪崩式的跃迁到低能级，于是在极短的时间内将能量释放出来，就获得峰值功率极高的巨脉冲激光输出。

# 实验十 光学倍频实验

## 四、实验步骤：

- 1、连续绿激光实验：谐振腔调整，横模观察。
- 2、脉冲激光器实验：谐振腔调整，横模观察，激光脉冲频率和宽度测量。
- 3、拉曼衍射实验。



# 实验十 光学倍频实验

思考题：

- 1、什么是倍频效应？还有那些常用的非线性光学效应？
- 2、什么是激光的横模？都有哪些常用的模式？
- 3、激光经过调Q输出后，脉冲宽度的量级是多少？能到飞秒量级么？

# 实验十一 光纤传输和波分复用

## 一、实验目的

- 了解光纤传输光信号的性质，学习测量传输损耗，反射等参数；
- 学习波分复用技术，
- 学习光纤通信技术

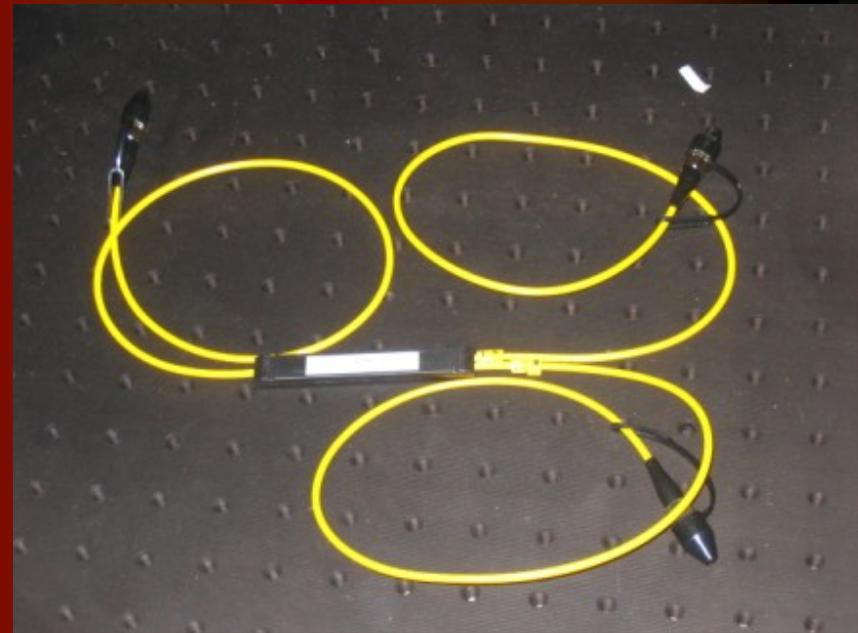
## 二、实验仪器

- 光纤和跳线，1310nm/1550nm光纤合波器，2X2光纤耦合器
- 1310nm和1550nm带尾纤半导体激光器各一只
- 光功率计、示波器

# 实验十一 光纤传输和波分复用

## 三、实验原理

- 光纤通信是近年来发展非常迅速的技术，他主要是通过光纤传输载有信息的光信号，以达到光通信的目的
- 当需要在同一根光纤中传输多路光信号时，我们可以采用波分复用（WDM）的方法，波分复用一般可以分为密集波分复用（DWDM）和粗波分复用（CWDM）。这一技术的关键是在发送信号的一端，将多路不同波长的多路光信号耦合进入同一根光纤，通过一根光纤传输后，在传输目的地采用解复用技术将各路光信号按波长分开，分别接收

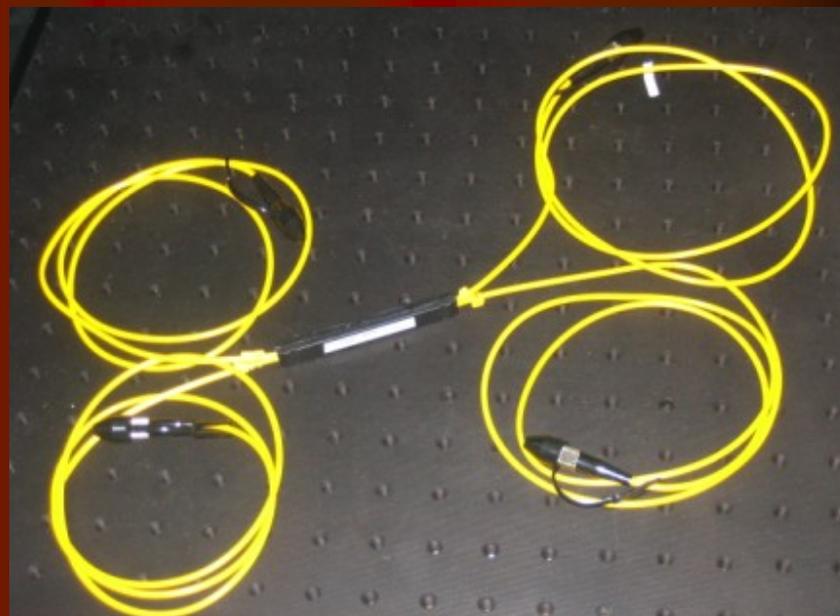


1310/1550波分复用器

# 实验十一 光纤传输和波分复用

## 四、实验步骤

- 1、用波分复用器  
辨别激光器波长
- 2、波分复用实验
- 3、光合波分路实  
验



2X2光纤耦合器

# 实验十一 光纤传输和波分复用

思考题：

- 1、试说明试验中2、3、两种合波方式的不同，并比较他们的特点和优劣。
- 2、如果在合波分路实验（3）中，用2X2 耦合器代替分波器，在两个输出端用什么方法，加入什么性质的元件，可以实现分别探测1550 和1310信号。

# 实验十二、激光光栅谐振腔

## 一、实验目的：

- 1、了解闪耀光栅的性质，闪耀光栅作为激光谐振腔输出耦合的作用原理
- 2、了解光栅外腔激光器的选模和调谐原理和技术

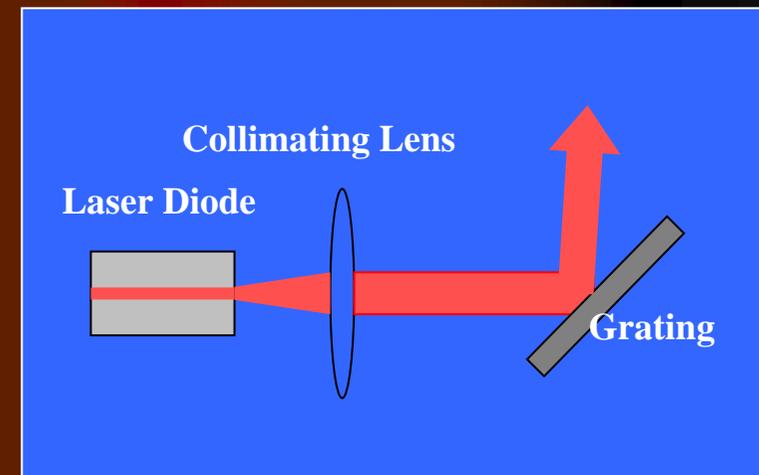
## 二、实验器材

半导体激光器，光栅、耦合透镜、调节架、电源、FP腔及电源、光电探测器、示波器  
等

# 实验十二、激光光栅谐振腔

## 三、实验原理：

1. 闪耀光栅是一种平面反射光栅，光能的主要分布方向不再与干涉零级方向重合，而转移到槽间干涉的某一级谱上。
2. Littrow型半导体激光器是常见的商用可调谐激光器，其结构如右图所示，这类半导体激光器也是通过加外腔的方式压窄了线宽，不过它还引入光栅反馈，使得激光线宽进一步压窄，同时通过改变光栅转角就可以获得更好得激光频率调谐。



## 实验十二、激光光栅谐振腔

### 四、实验内容：

- 1.启动光栅反馈激光器，调整光路。
- 2.调整FP腔，从示波器上观察光电探测器输出的波形信号，记录输出信号的波形，并且通过信号波形初步估算FP腔的细度。
- 3.通过调节激光器电源的电流来观察输入电流对激光模式的影响，观察模式竞争现象。调节光栅PZT上的电压，观察激光模式的变化。

## 实验十二、激光光栅谐振腔

### 思考题：

- 思考通过调节输入电流与光栅PZT偏置电压来改变激光输出模式之间的联系与区别。
- 光栅反馈与平面镜反馈相比有什么优点？