

## 光电子技术 (8)

### (四)、最佳转速

上面讨论表明转速越快，开关时间越短，脉冲越短，然而，峰功率为脉冲能量与时间之比，转速太快，可能脉冲能量太低，峰功率也低。应调节转速，使峰功率最大，而不是只追求脉冲宽度窄。

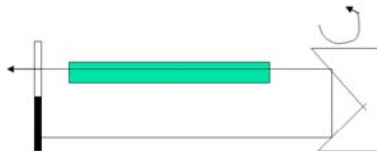
### (五)、转镜调Q的加速原理

转镜由电机驱动，转速约3000转/分，开关时间约为100ns，这离最佳转速还有一定的距离。再提高电机转速也有困难，所以采用光学加速方法来压缩开关角，缩短脉冲宽度。

#### 1、二次加速Q开关

##### a、折叠腔式

## 光电子技术 (5)



二次加速调Q

## 光电子技术 (8)

如图所示折叠腔。

优点：结构紧凑，腔长增加一倍，开关角减小一倍，相当于转速提高一倍。同时，也减小了光束的发散角。

缺点：增大了棱镜，负荷增加。

### b、棱镜直角腔

如图，将一个大棱镜分成两个小棱镜，转动其中一个，减小了负荷，又达到加速的目的。

此种结构在机械调Q中曾被广泛应用。

转镜调Q属慢开关型，机械转动引起振动，开关时间通常在百纳秒左右量级。

## 光电子技术 (8)

### 二、电光调Q

电光调Q利用电光晶体的各向异性线性电光效应，控制光的偏振态变化，达到控制谐振腔的损耗目的。

电光效应指晶体的折射率随外加电场而发生各向异性变化。通常晶体的折射率随外加电场的变化可表示为：

$$n_i = n_{0i} + \alpha_{ij} E_j + b_{ijk} E_j E_k + \dots$$

由 $\alpha_{ij} E_j$ 项引起的折射率变化称为一次电光效应，又称普克尔效应。由 $b_{ijk} E_j E_k$ 项引起的折射率变化称为二次电光效应，又称克尔效应。

**电光调制器**：用电光晶体制造的一个电压控制的一个1/4或1/2波片。控制通过它的光束的偏振态的变化。

## 光电子技术 (8)

### (一)、带起偏器的电光Q开关

这种Q开关用作非偏振激光器的Q开关。[工作原理如图](#)。在谐振腔的一个端镜前面插入格兰-付克棱镜和电光调制器。格兰-付克棱镜起起偏和检偏振的作用，而电光调制器起可控1/4波片作用，作为退压式电光Q开关，即降电压时Q突增加。退压Q开关的缺点是脉冲前沿不陡。通过插入1/4波片或加调制器电压为 $V_{\lambda/4} - V_{\lambda/2}$ ，可以改退压式Q开关为升压式Q开关。

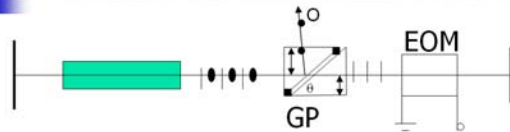
### (二)、双折射偏离法电光Q开关

这种Q开关控制光束偏离增益介质而产生损耗，[如图](#)。这种Q开关仍为降压式Q开关，采用上述相同方法可以改为升压式Q开关。

### (三)、单块双45°电光Q开关

这种Q开关将双折射晶体切割成45°角的平行四边形，光轴平行于长边。Q开关激光器[结构和工作原理如图](#)。这种Q开关可以通过[暗场预](#)

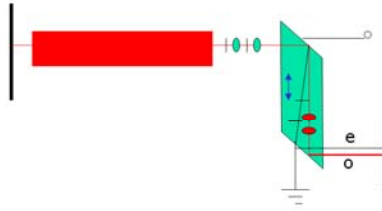
## 光电子技术 (6)



带起偏器的电光Q开关。

GP-格兰棱镜，用方解石(负单轴晶体， $n_e < n_o$ )制造，即作起偏器，又作检偏器；EOM-电光调制器，起1/4波偏作用。

## 光电子技术 (6)



双45°电光晶体Q开关激光器及其工作原理。非均匀介质中的反射服从折射公式。



## 光电子技术 (8)

偏置技术设置为升压式Q开关。

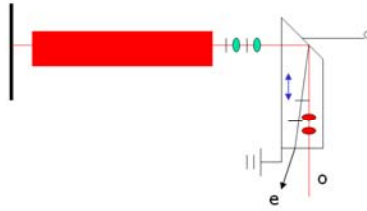
### (四)、单块单45°电光Q开关

单45度Q开关是对双45度的改进。激光器结构和工作原理如图。同理，通过暗场预偏置技术可以改目前的退压式为升压式Q开关。

### (五)、脉冲透射式Q开关 (PTM)

脉冲透射式Q开关 (PTM) 又称腔倒空。发展腔倒空技术是为了进一步压缩Q开关脉冲和输出更高的脉冲能量。激光是在高Q状态振荡输出的，至少要振荡几个周期，才能有好的相干性、好的方向性和足够的增益。这样，Q开关脉冲宽度为 $m2L/c$  (L为腔的单程光程长度，m为整数，取3-5)，另一方面，激光端镜耦合输出通常只有10%左右，剩余的90%左右的能量在腔内没有输出。两种作用降低

## 光电子技术 (6)



单45°电光晶体Q开关激光器及其工作原理。非均匀介质中的反射服从折射公式。

## 光电子技术 (8)

了脉冲峰功率约一个数量级。而发展腔倒空技术正是要解决此问题。将腔内全部能量在一个振荡周期内倒出，提高脉冲峰功率一个数量级。

### 1、带起偏器、检偏器的PTM调Q

激光器结构和调Q原理如图。升压式PTM调Q。

### 2、单块双45°晶体PTM调Q

激光器结构与调Q原理如图。升压式PTM调Q。

### 3、单块单45°晶体PTM调Q

激光器结构与调Q原理如图。升压式PTM调Q。

### 三、声光调Q

声光调Q是利用超声波在弹性介质中传播引起的折射率光栅对光的衍射实现谐振腔的Q值调节的。

## 光电子技术 (8)

声波是纵波，在介质中传播时会引起介质的密度随声波周期性变化，进而折射率周期性变化，形成折射率光栅。光通过这种折射率光栅后，位相会受到调制而产生衍射，即声-光衍射。声-光衍射可分为拉曼-奈斯衍射和布拉格衍射，后者的衍射效率高，所以，声光调Q通常采用布拉格衍射调Q。

声-光调制器可以设计成行波型和驻波型两种结构。驻波型的驱动功率比行波型低，但驻波超声场在声光介质中不易迅速消除，因而开关时间较长，故实际使用中多采用行波型。

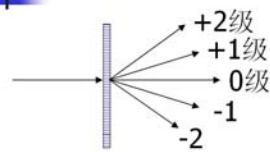
声光调Q激光器结构与工作原理如图。

PTM声光调Q激光器结构与原理如图。采用共焦腔提高倒出效率。

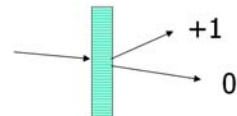
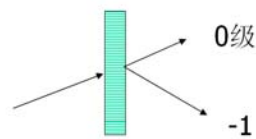
倒出效率为： $2\eta(1-\eta)$  最大值为50%，当 $\eta=50\%$

注意， $\eta>50\%$ ，就不要使用双通，否则反而降低倒出效率

## 光电子技术

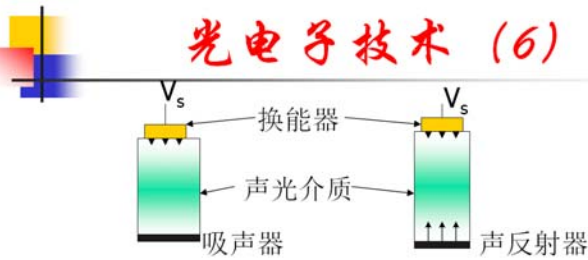


拉曼-奈斯衍射



布拉格衍射

## 光电子技术 (6)



行波型

驻波型

$$\Delta n(z, t) = \Delta n \sin(\omega_s t - k_s z) \quad \Delta n(z, t) = 2\Delta n \sin(k_s z) \sin(\omega_s t)$$

$V_s$  为超声频率的电脉冲，驱动换能器振动，产生超声波

## 复习要点

- 1、机械调Q的原理，最佳转速，开关角，转镜加速原理？
- 2、电光调Q的原理，电光Q开关的典型结构，工作过程，升压式，降压式电光Q开关的优缺点，普克尔效应，克尔效应？
- 3、端镜耦合输出调Q和腔倒空调Q技术的比较？
- 4、声光调制器的工作原理，行波性，驻波性声光Q开关的特点，声光Q开关的调Q原理，布拉格和拉曼-奈斯衍射的特点。声光调Q的优点？



## 作业八

---

- 1、设计一种升压式电光调Q激光器，并说明其调Q过程。
- 2、比较端镜耦合输出电光调Q技术与腔倒空电光调Q技术的特点？