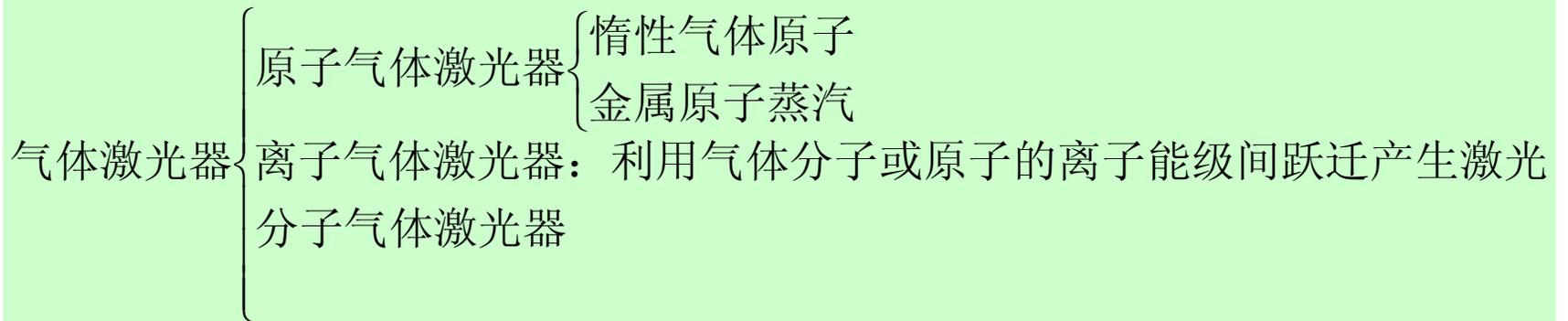
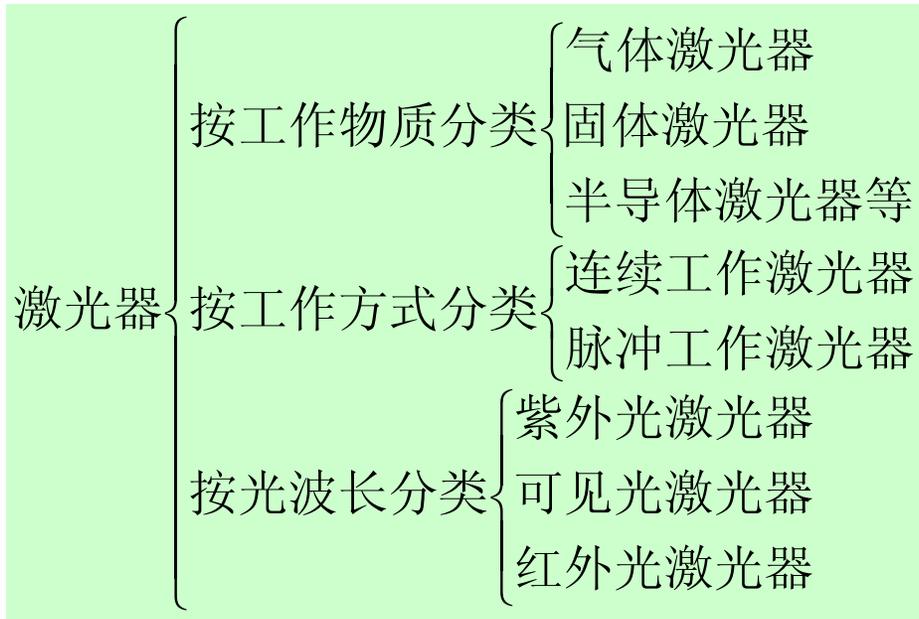


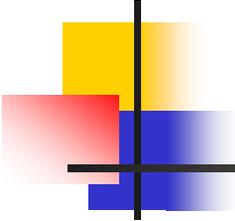
第六章 发光器件

- 6.1 气体激光器
- 6.2 固体激光器
- 6.3 半导体激光器 (LD)
- 6.4 发光二极管 (LED)
- 6.5 电子束显示器件
- 6.6 液晶显示器件
- 6.7 等离子体显示

6.1 气体激光器

一 概述





一 概述

1. 气体激光器

工作物质：气体或金属蒸汽

泵浦方式：气体放电泵浦，化学泵浦、热泵浦及核泵浦等

2. 固体激光器

工作物质：绝缘晶体或玻璃

泵浦方式：光泵浦激励

3. 半导体激光器

工作物质：半导体

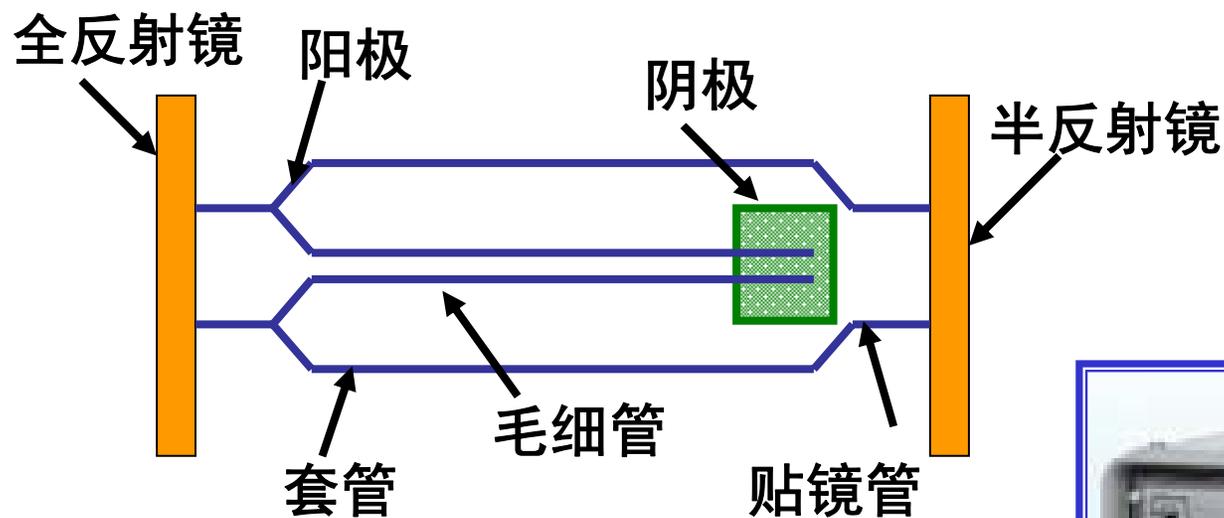
泵浦方式：电流注入

特点：体积小、寿命长、输出功率大、效率高

应用：激光通信、光存储、光陀螺、激光打印和测距、激光雷达

二 氦氖激光器

1. 结构



内腔式氦氖激光器结构图

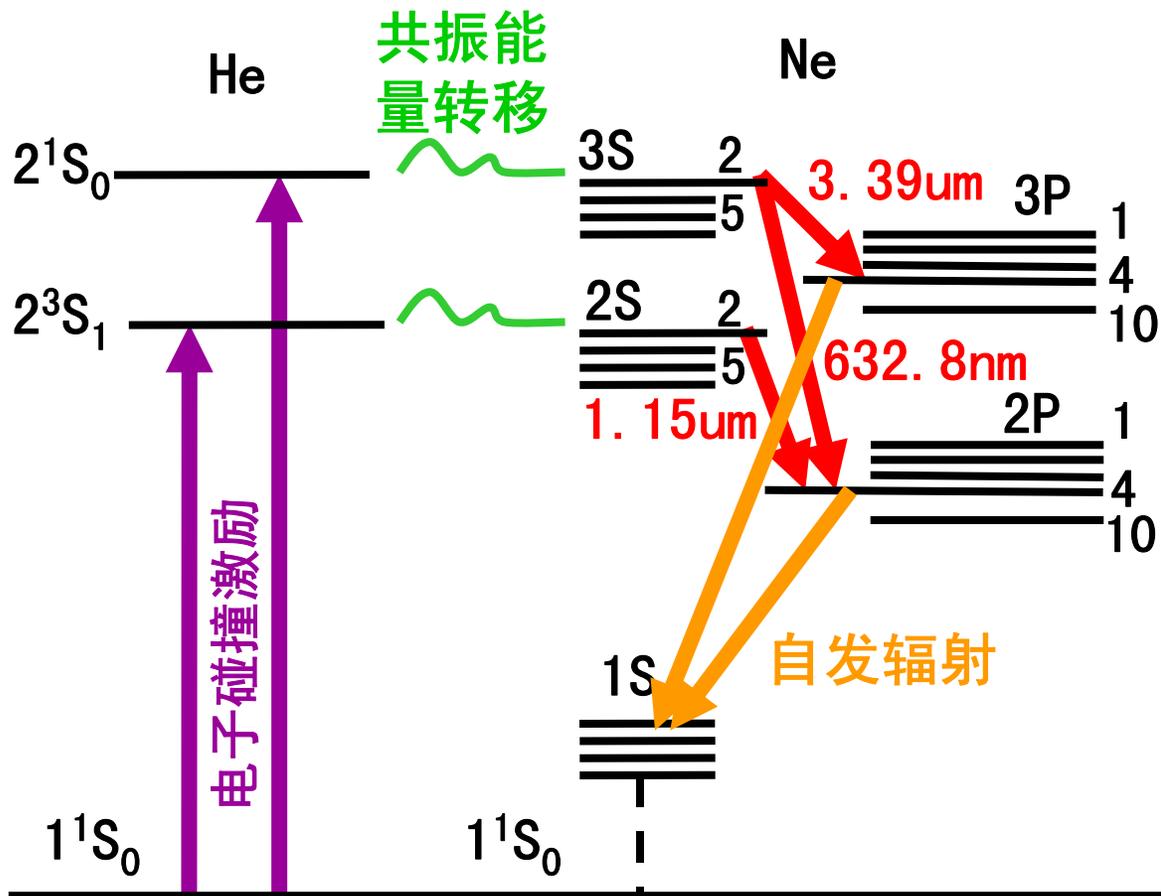


二 氦氖激光器

2. 发光机理

发射波长:

$$\begin{cases} 3S_2 \rightarrow 2P_4, \lambda_1 = 0.6328 \mu\text{m} \\ 2S_2 \rightarrow 2P_4, \lambda_2 = 1.152 \mu\text{m} \\ 3S_2 \rightarrow 3P_4, \lambda_3 = 3.39 \mu\text{m} \end{cases}$$

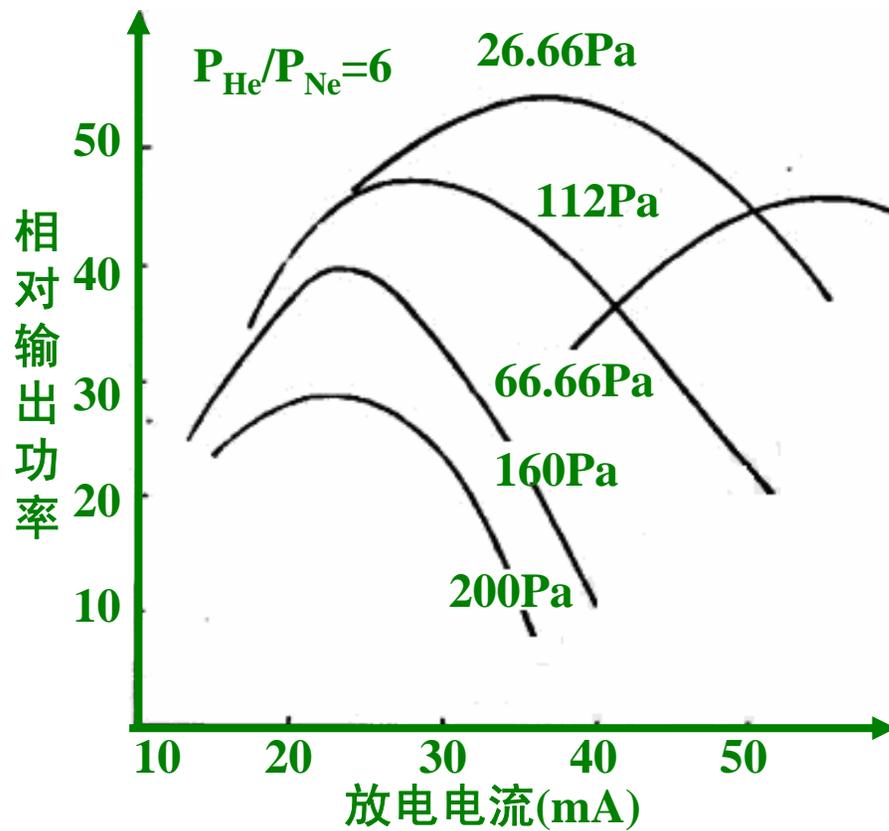


He原子和Ne原子的能级示意图

二 氦氖激光器

3. 放电参量对输出功率的影响

注：最佳放电电流 I_m 与放电毛细管内径 d 之比约为一常数。



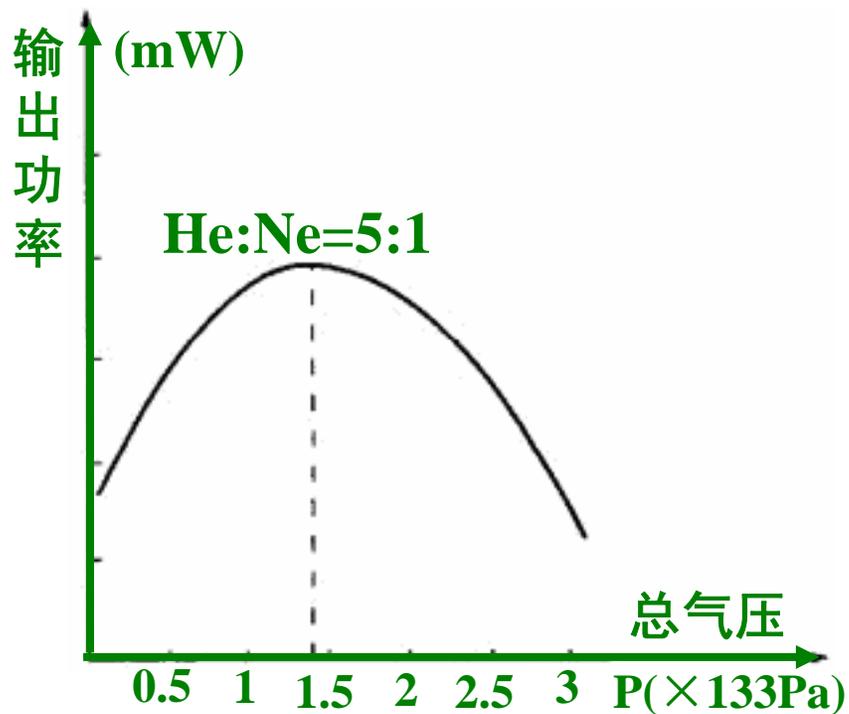
输出功率与放电电流的关系

二 氦氖激光器

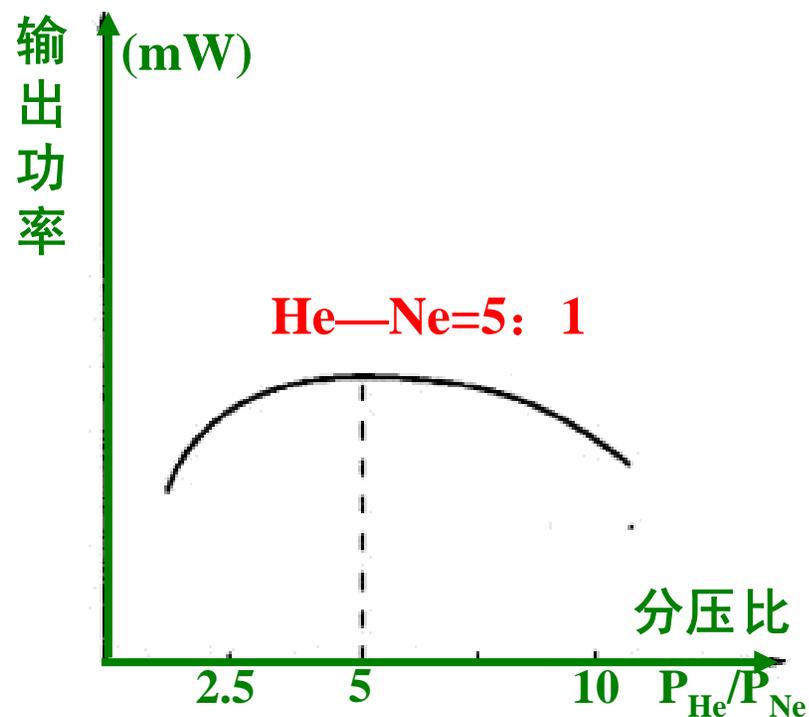
3. 放电参量对输出功率的影响

$pd=400\sim 480(\text{Pa}\cdot\text{mm})$ $d<3\text{mm}$

$pd=533(\text{Pa}\cdot\text{mm})$ $d>4\text{mm}$



输出功率与总气压的关系



输出功率与氦氖分压比的关系

二 氦氖激光器

4. 激光器输出功率

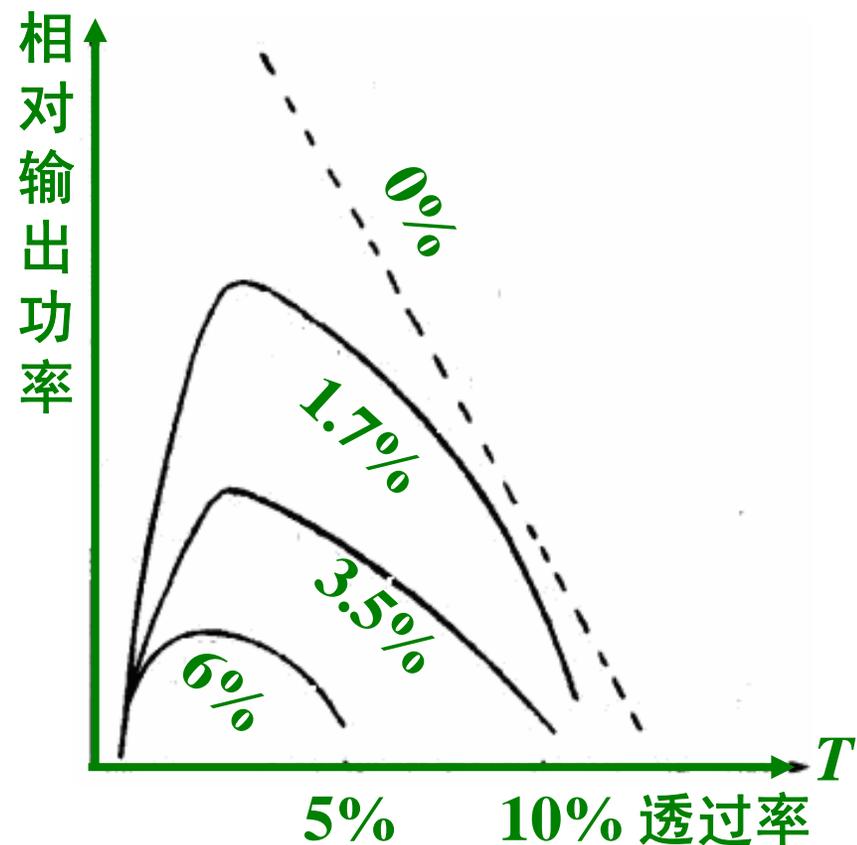
$$P_{\text{总}} = 4.7Td^2 \left[\frac{6 \times 10^{-4} l}{2\delta + Td} - 1 \right]$$

最佳透过率:

$$T_m = \sqrt{G\delta} - \delta$$

最大输出功率:

$$P_{\text{出max}} = I_s \left[\sqrt{G} - \sqrt{\delta} \right]^2$$



氦氖激光器输出功率与透过率关系曲线

三 二氧化碳激光器

1. 工作原理

特点：输出功率大、能量转换效率高

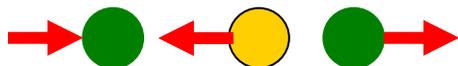
应用：激光加工、医疗、大气通信及军事领域

CO₂分子振动类型：



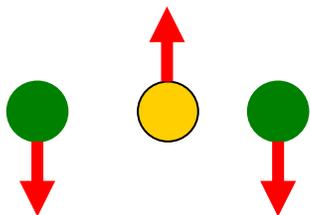
对称振动

$E(v_1, 0, 0) (v_1 = 0, 1, 2, \dots)$



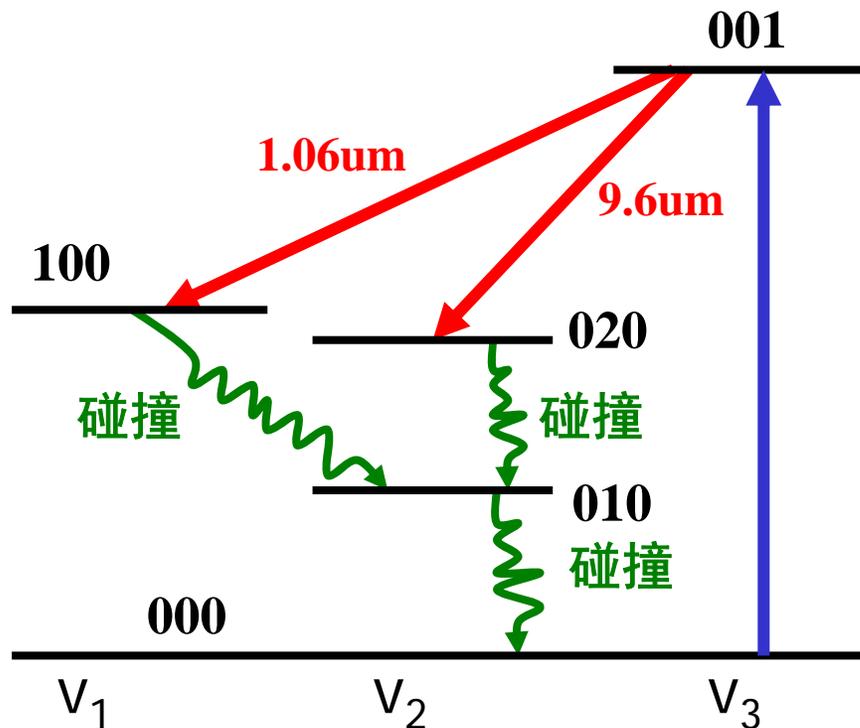
反对称振动

$E(0, 0, v_3) (v_3 = 0, 1, 2, \dots)$

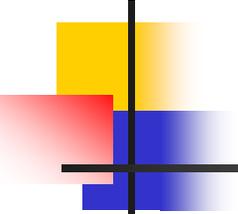


形变振动

$E(0, v_2, 0) (v_2 = 0, 1, 2, \dots)$



CO₂分子几个与激光产生有关的振动能级



三 二氧化碳激光器

2. 工作特性

(1) 量子效率

$$\eta = \frac{\text{激光辐射能量}}{\text{激励能量}} = \frac{h\nu}{E_2}$$

(2) 辅助气体对输出功率的影响

CO₂: Ne: He: Xe: H₂=1: (1.5~2) : (6~8) : 0.5: 0.1

总气体与放电管内径关系: $pd=266$ (Pa·mm)

(3) 激光器寿命

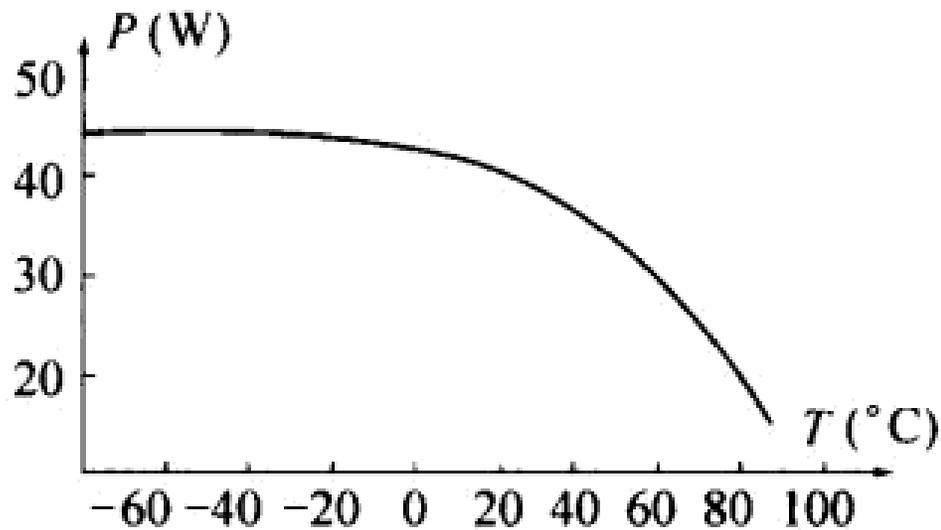
输出功率减弱为初始值的1/e所对应的时间

主要因素: CO₂分子的离解

三 二氧化碳激光器

2. 工作特性

(4) 温度的影响

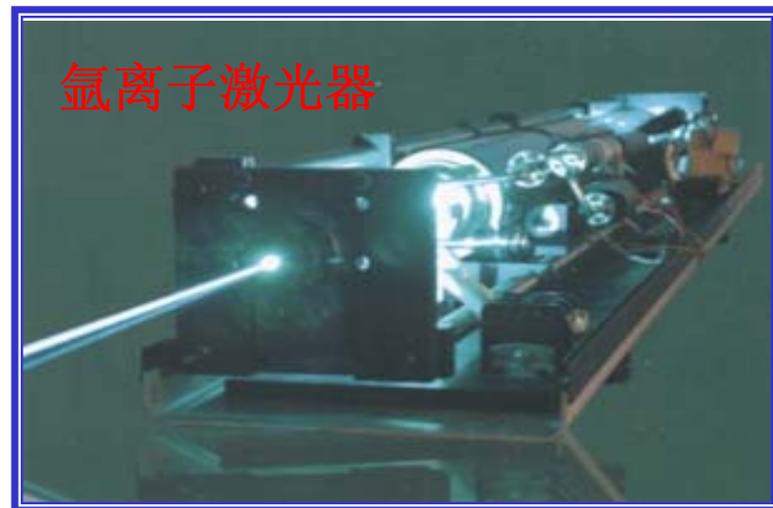
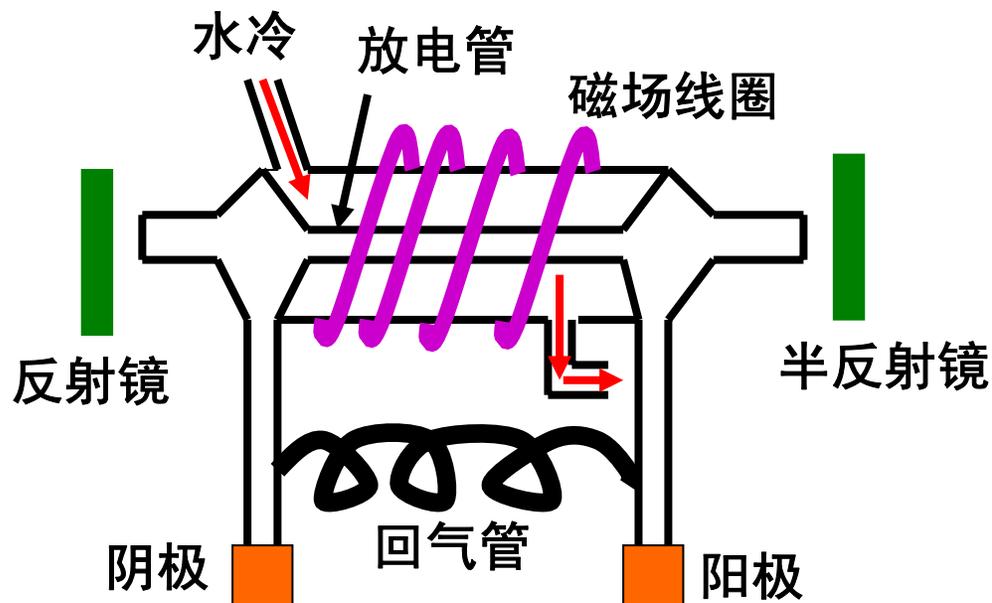


CO₂激光器输出功率与管壁温度的关系曲线

四 氩离子激光器

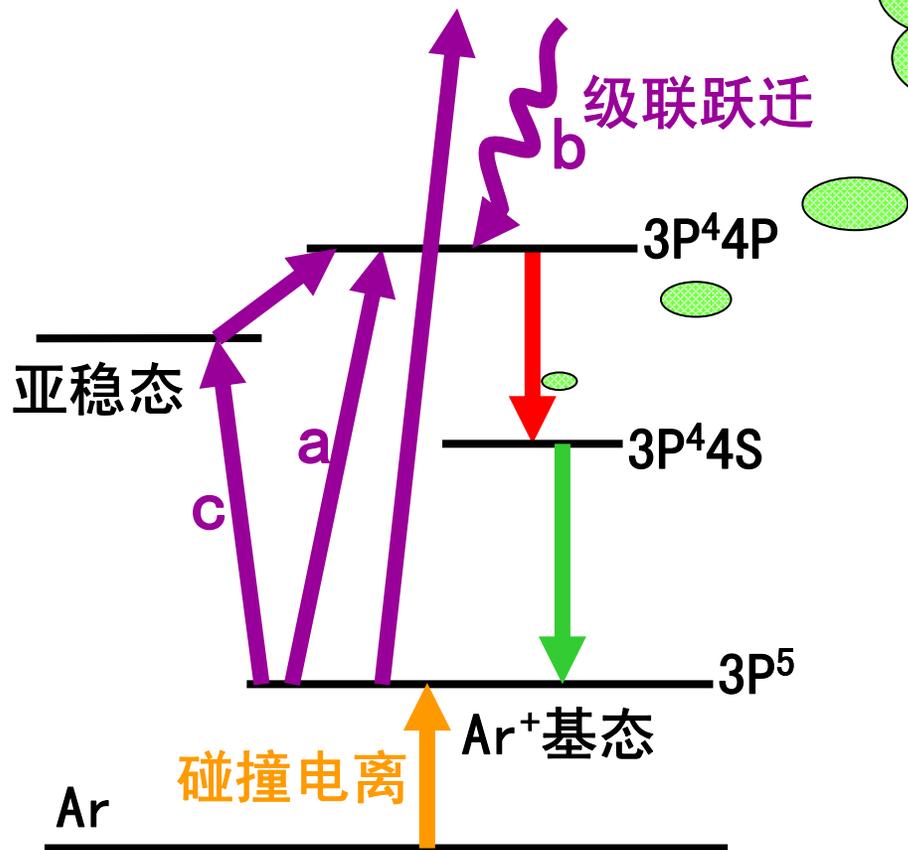
特点：可见光区域输出功率最强

应用：全息照相、激光光谱学、非线性光学



氩离子激光器基本结构

四 氩离子激光器



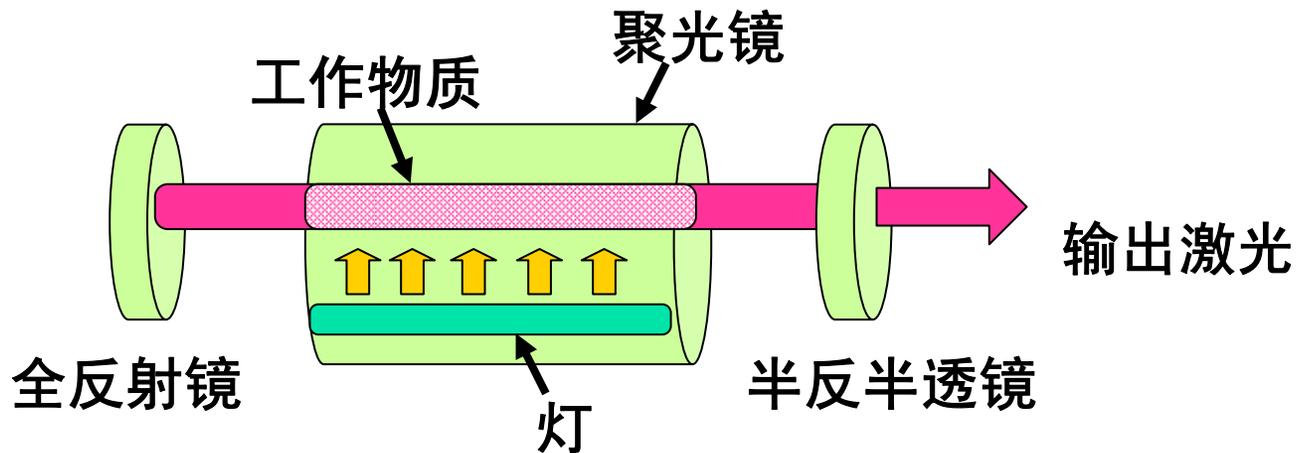
9条蓝绿光谱线
峰值: 488nm
514.5nm

Ar³⁺离子能级图

6.2 固体激光器

一 概述

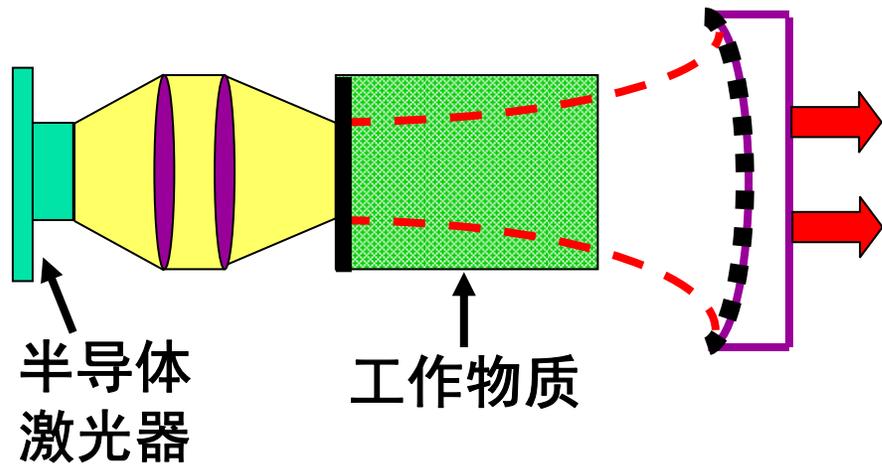
- 粒子密度： $10^{19} \sim 10^{20}/\text{cm}^3$
- 激光上能级寿命较长： $10^{-4} \sim 10^{-3}\text{s}$
- 体积小
- 采用光泵浦方式，能量转换效率较低



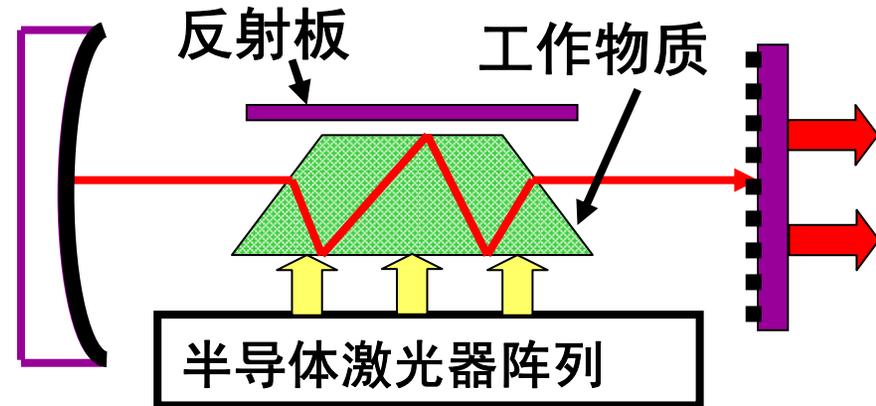
气体放电灯激励的固体激光器示意图

6.2 固体激光器

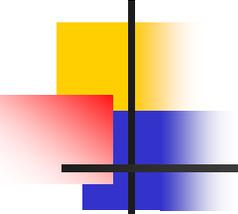
一 概述



半导体激光器端面泵浦的
固体激光器示意图



半导体激光器阵列侧面泵浦的
固体激光器示意图



二 固体激光器工作物质

1. 物理特性的要求

- 吸收带宽，吸收系数较大
- 高荧光量子效率
- 亚稳态寿命长
- 掺杂浓度高
- 荧光谱线宽度小
- 热导率高

2. 光学质量

- 吸收系数小于 0.005cm^{-1}
- 散射损耗
- 退偏损耗

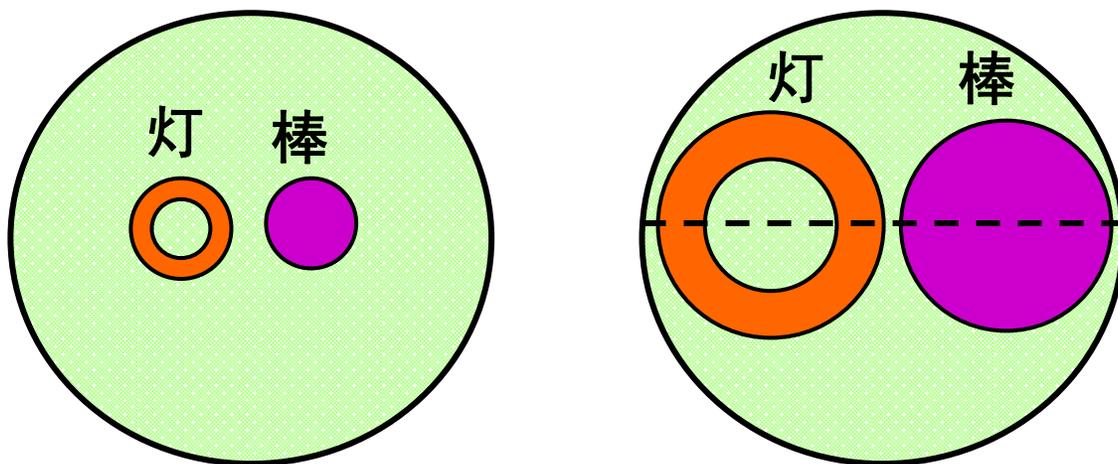
三 光源和聚光、冷却系统

1. 光源

脉冲激光器：脉冲氙灯

连续激光器：连续氙灯、碘钨灯

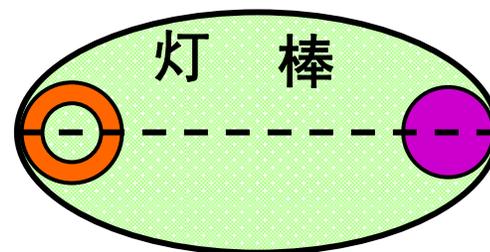
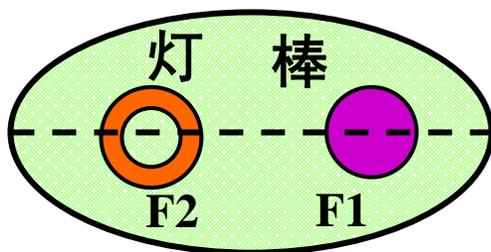
2. 聚光腔



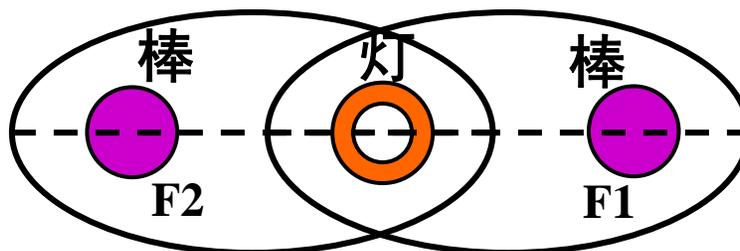
圆柱形聚光器

三 光源和聚光、冷却系统

2. 聚光腔



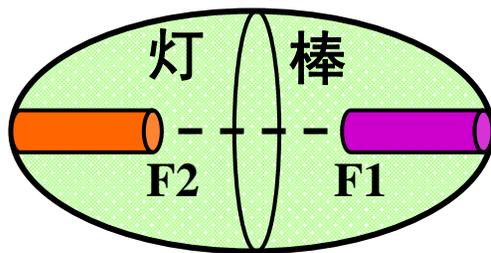
单椭圆柱面聚光器



双椭圆柱面聚光器

三 光源和聚光、冷却系统

2. 聚光腔



椭球面聚光器

3. 冷却与聚光系统

共同冷却：激光器为密封结构，灯、棒和聚光器共同浸泡在滤光冷却液中

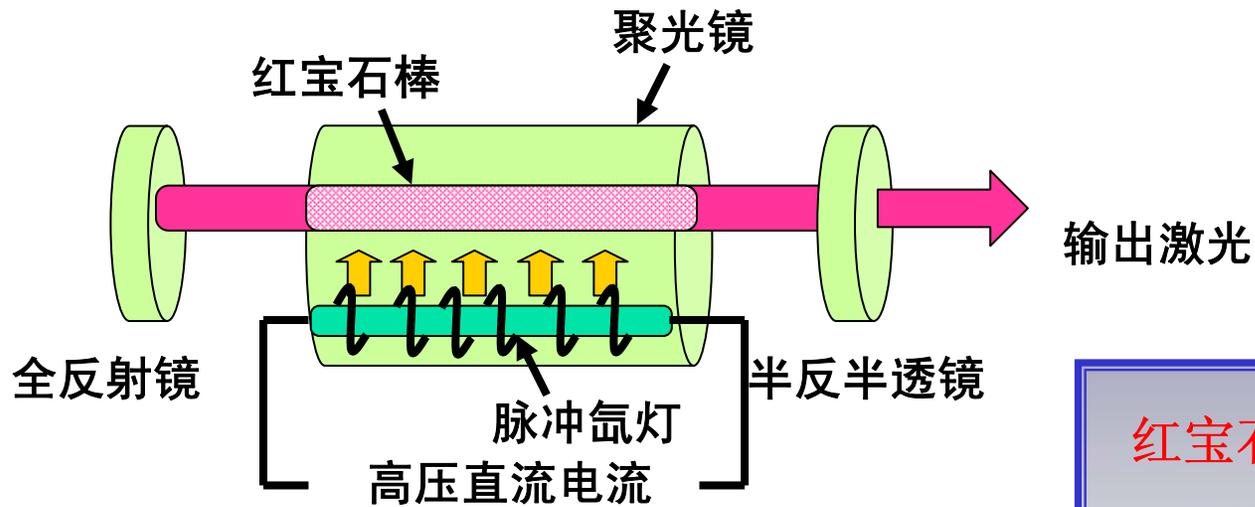
分别冷却：灯和棒分别密封在两个玻璃管中滤光冷却，
聚光器另加工通水循环孔

红宝石激光器：自来水或硫酸铜水溶液

YAG和钕玻璃激光器：重铬酸钾或亚硝酸钠

四 红宝石激光器

1. 工作原理

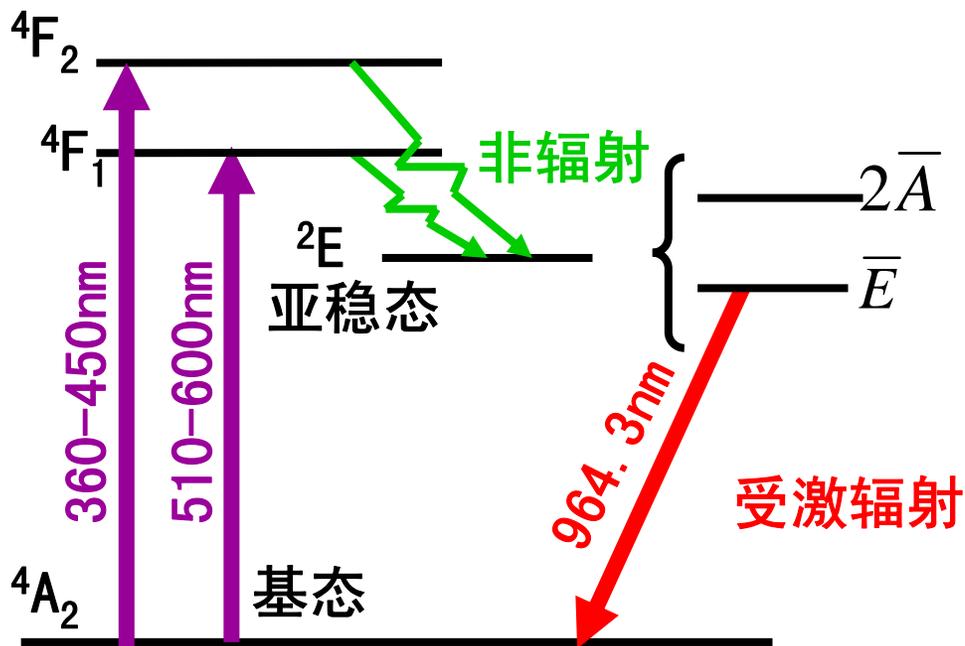


红宝石激光器示意图



四 红宝石激光器

1. 工作原理



红宝石中 Cr^{3+} 的能级图

基质: Al_2O_3

激活粒子: Cr^{3+} 离子

调Q红宝石激光器:

输出功率10MW~50 MW;

脉宽10ns~20ns

锁模红宝石激光器:

输出功率 10^9 W; 脉宽10ps

四 红宝石激光器

2. 输出特性

(1) 时间特性

激光脉冲由很多无规则的尖峰脉冲组成，各尖峰脉冲的时间间隔约为几微秒

(2) 光谱特性

谱线宽度0.01nm~0.1nm

(3) 空间特性

平行平面镜腔基模光束的发散角的理论值：

$$2\theta = 2 \times \frac{1.22\lambda}{d}$$

四 红宝石激光器

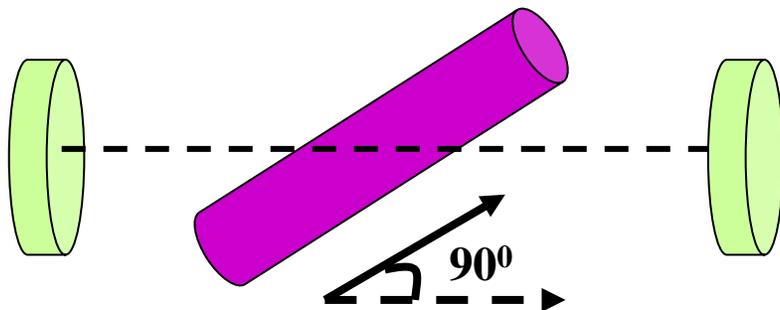
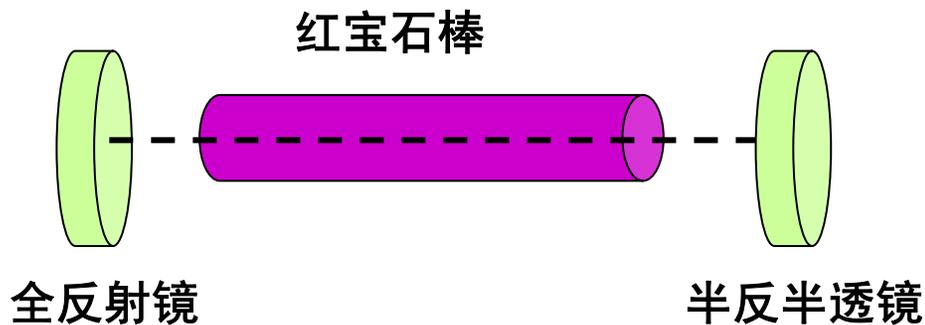
2. 输出特性

(4) 偏振特性

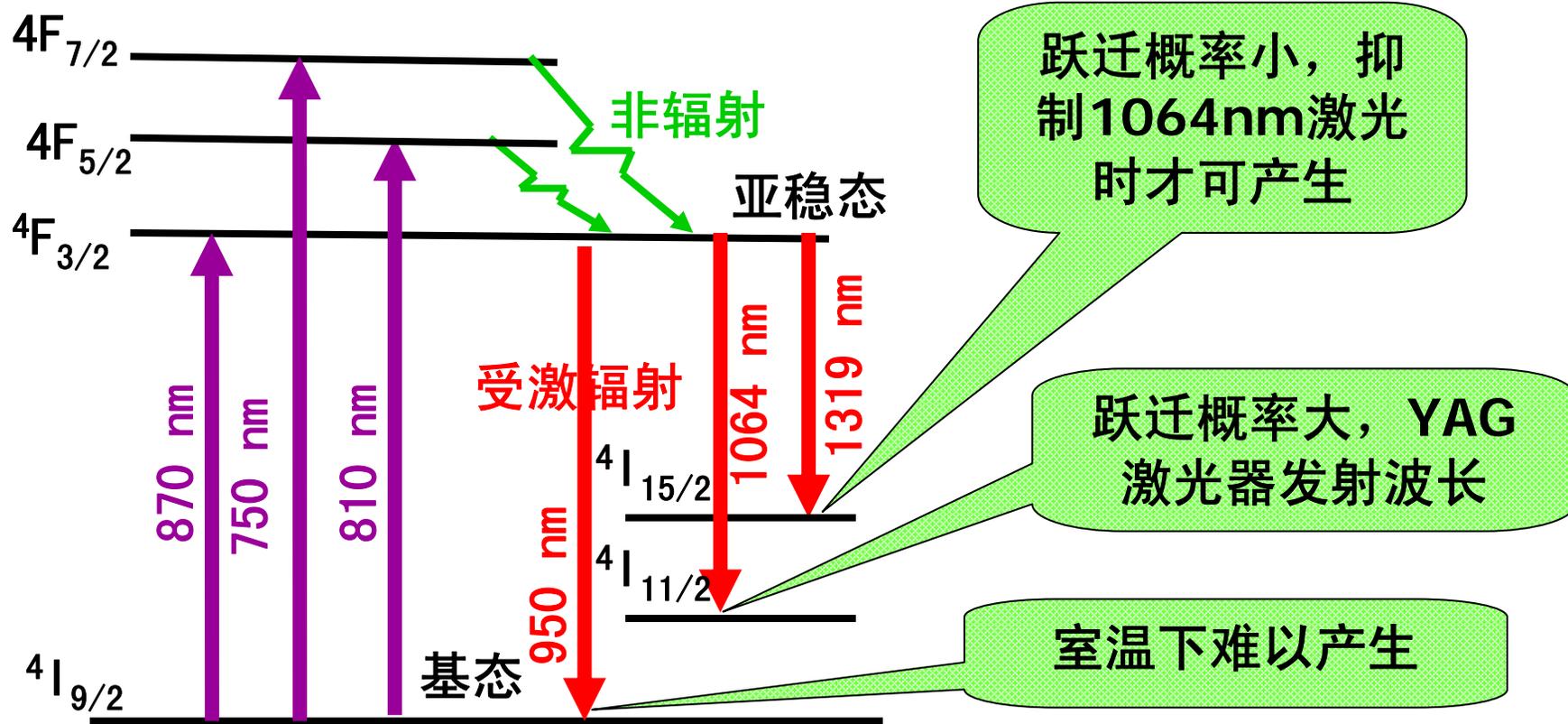
晶体棒轴方向与光轴方向

平行：输出激光无偏振特性

夹角为 60° 或 90° ：输出线偏振光



五 掺钕钇铝石榴石 (Nd^{3+} : YAG) 激光器



Nd: YAG中 Nd^{3+} 的能级图

五 掺钕钇铝石榴石 (Nd³⁺: YAG) 激光器

红宝石、Nd³⁺: YAG和钕玻璃激光器性能参数比较

参数	单位	红宝石	Nd: YAG	钕玻璃
激光波长	um	6.943	10.641	10.623
光子能量	J	2.86×10^{-19}	1.86×10^{-19}	1.86×10^{-19}
受激发射截面	cm ⁻²	2.5×10^{-20}	88×10^{-20}	3.03×10^{-20}
自发辐射寿命	us	3000	240	300
掺杂浓度	cm ⁻³	1.58×10^{19}	1.38×10^{20}	2.83×10^{20}
荧光线宽	um	5.5	4.0	260
	GHz	330	120	7500

六 调Q激光器原理

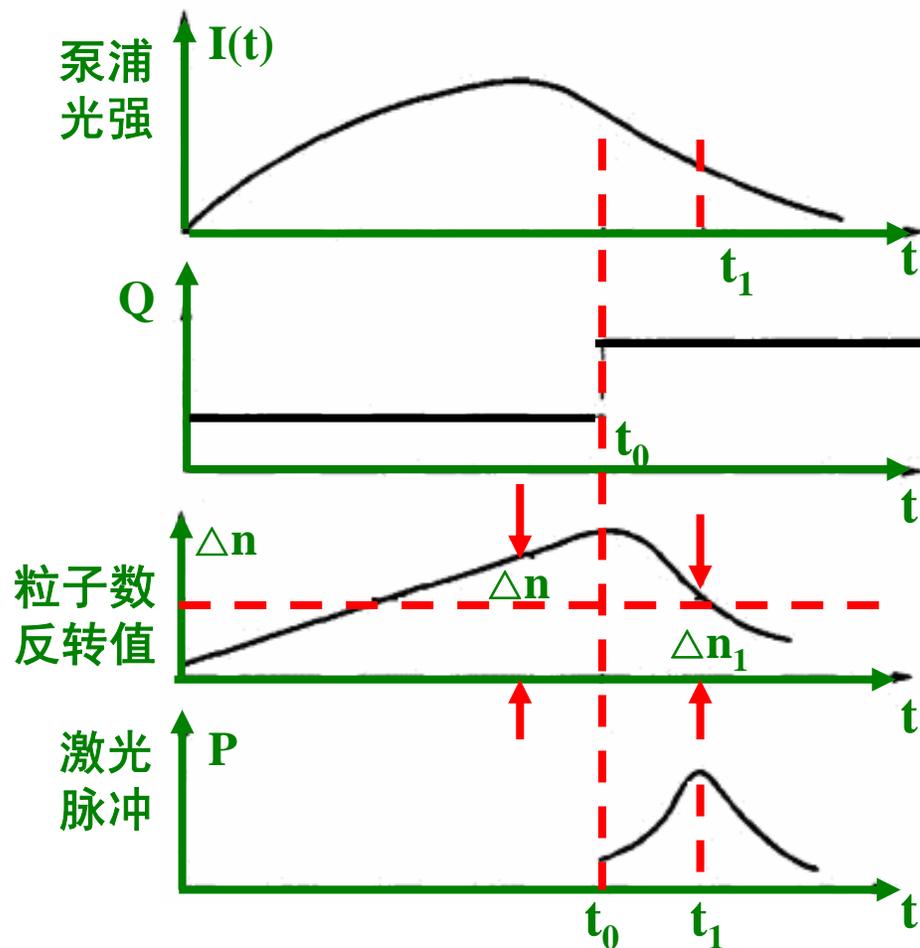
1. 以Q值突变的方法产生巨脉冲

调Q目的： 获得高峰值功率、窄脉宽（ 10^{-9}s ）的激光输出

谐振腔Q值定义：

$$Q = 2\pi\nu \frac{\text{腔内存储的激光能量}}{\text{每秒损失的激光能量}}$$
$$= \frac{2\pi\eta L}{\delta\lambda}$$

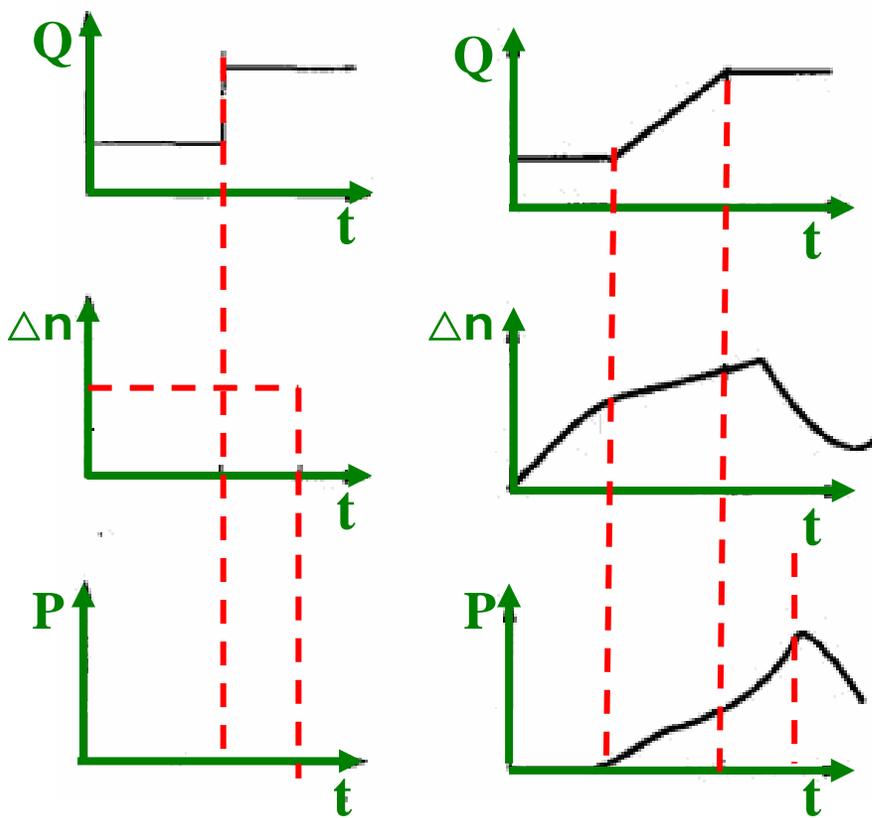
2 调Q激光器的基本原理



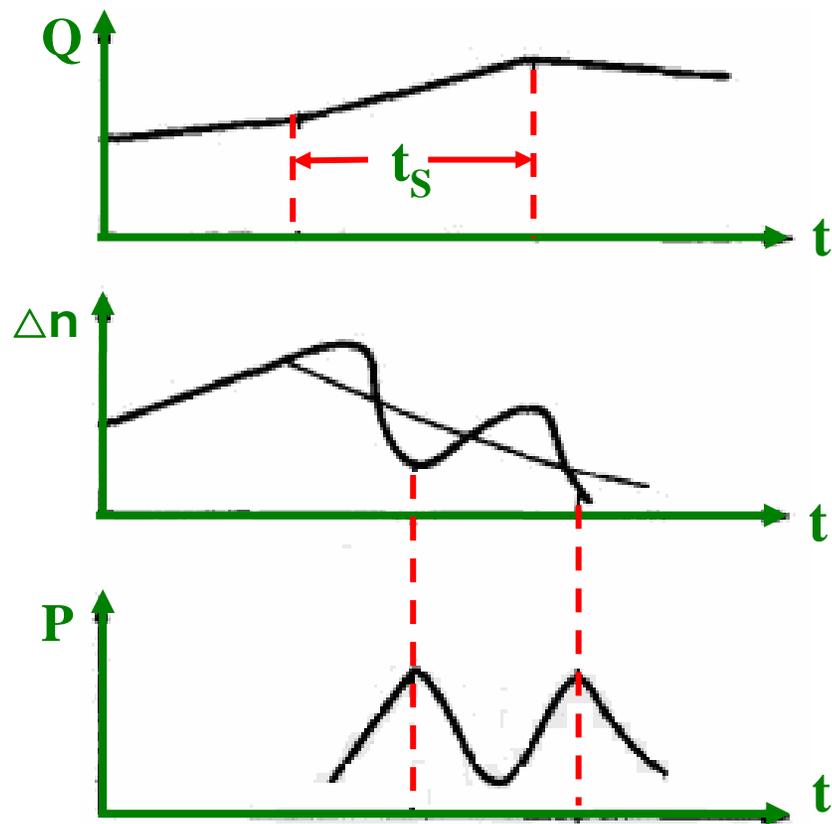
Q值变化引起窄脉冲产生示意图

六 调Q激光器原理

2 调Q激光器的基本原理



Q值变化速度对脉冲宽度的影响

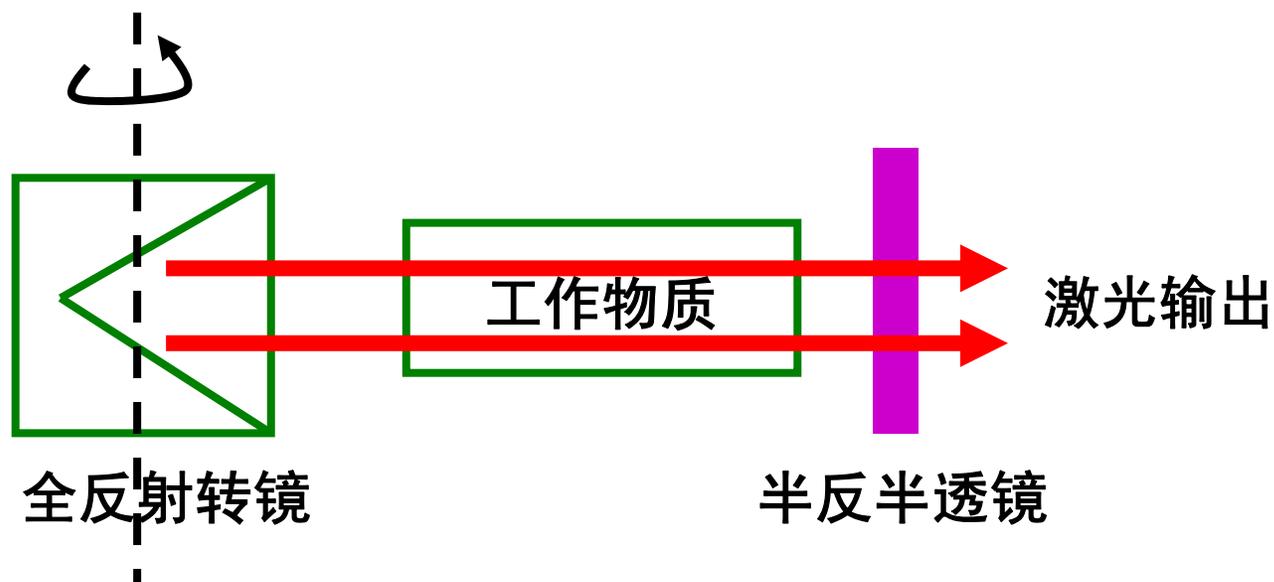


Q值变化太慢导致两个以上脉冲的产生

六 调Q激光器原理

3 调Q技术举例

(1) 转镜调Q技术

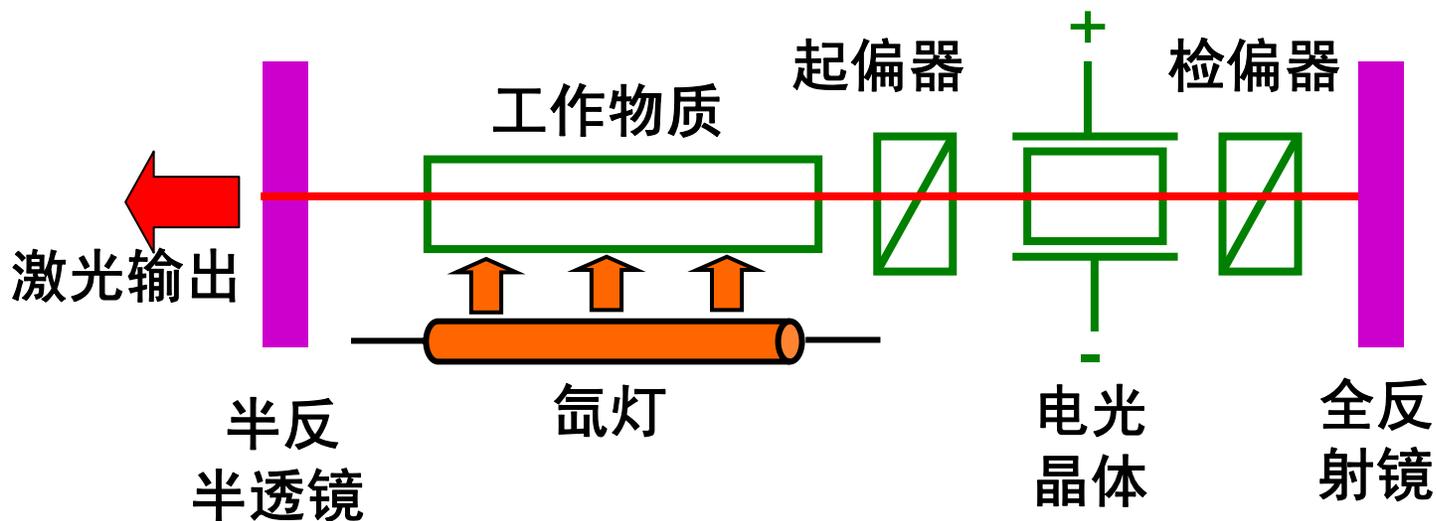


转镜调Q开关原理图

六 调Q激光器原理

3 调Q技术举例

(2) 电光调Q技术

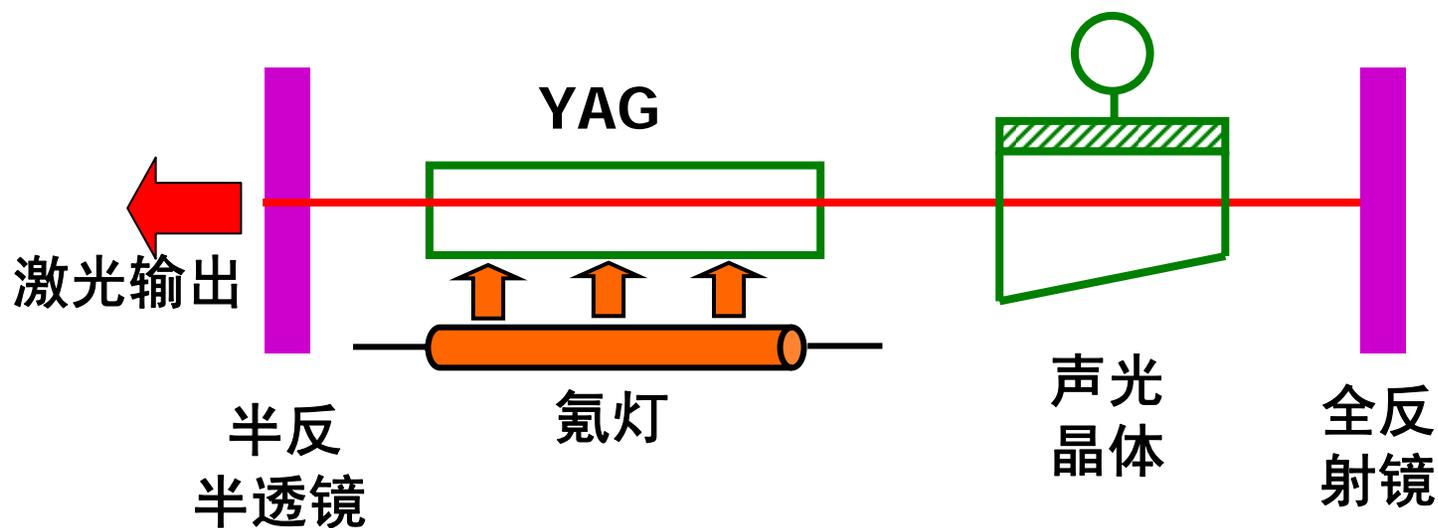


电光调Q激光器原理图

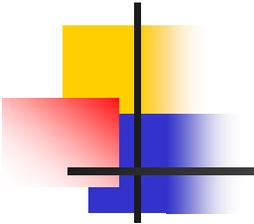
六 调Q激光器原理

3 调Q技术举例

(3) 声光调Q技术



声光调Q激光器原理图



七 锁模激光器原理

锁模：利用多纵模输出的激光束，经过特殊的调制，使其各纵模之间有确定的相位关系，使它们可以相互叠加从而获得一系列时间间隔一定的超短脉冲输出。

锁模目的：为获得脉冲宽度更窄（ 10^{-13}s ）的激光脉冲。

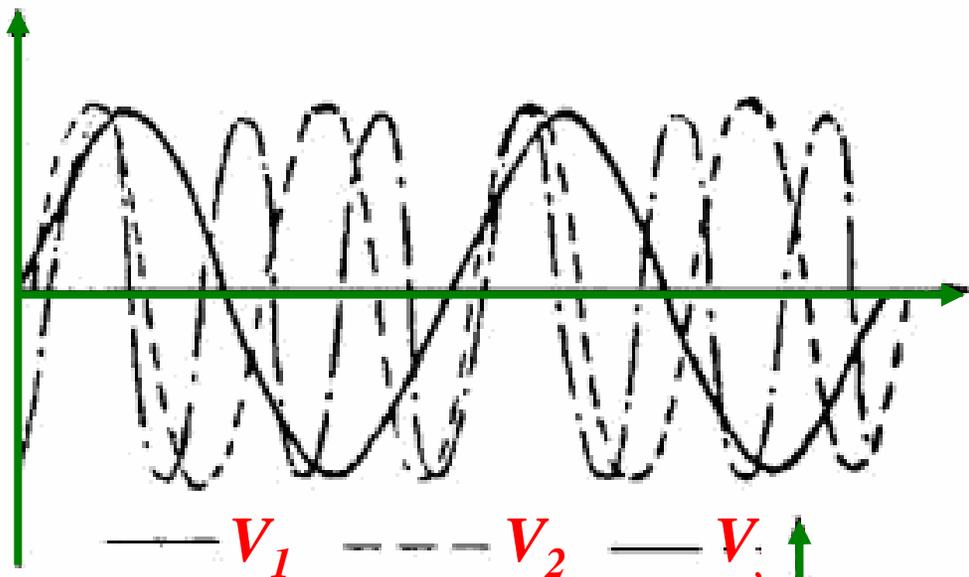
相位锁定：腔内存在多个纵模，相邻模式之间初始相位差保持恒定。

主动锁模：在谐振腔内插入频率为 $\nu=c/2L$ 的调制器，对光束进行振幅（或相位）调制。

被动锁模：在腔内插入具有饱和吸收特性的染料盒，利用其吸收特性进行锁模。

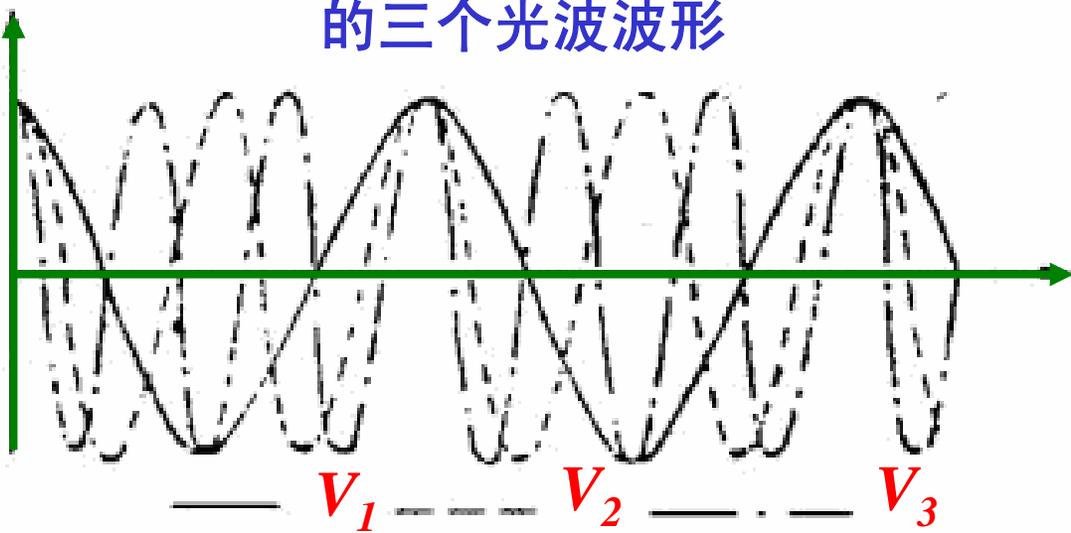
七 锁模激光器原理

1. 锁模脉冲的形成与输出特性



初相位不相等
的三个光波波形

初相位相等
的三个光波波形

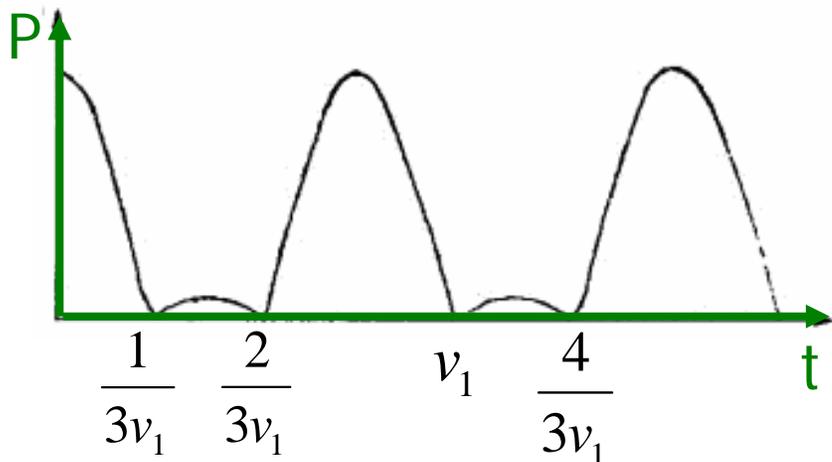


七 锁模激光器原理

1. 锁模脉冲的形成与输出特性

脉冲周期:

$$T = \frac{2\pi}{\Omega} = \frac{2L}{c}$$



初相位相等的三个光波叠加
产生的周期型脉冲波形

相位锁定后输出脉冲功率:

$$I(t) \propto A^2(t) = \frac{E_0^2 \sin^2 \left[\frac{1}{2} (2q+1)(\Omega t + \beta) \right]}{\sin^2 \frac{1}{2} (\Omega t + \beta)}$$

$$\Omega t + \beta = 2m\pi (m = 0, 1, 2, \dots)$$

$$I_{\max} = (2q+1)^2 E_0^2$$

最窄脉冲半宽度:

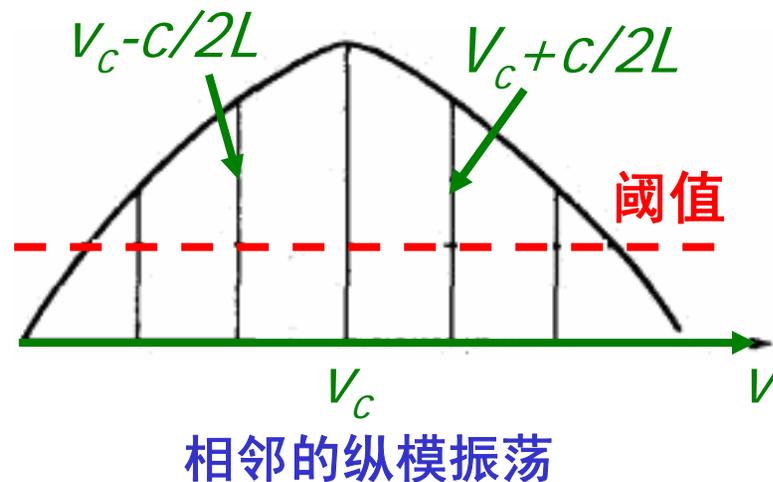
$$\Delta t_{\min} = \frac{2L}{c} \frac{1}{2q+1} = \frac{1}{\Delta\nu_F}$$

七 锁模激光器原理

2. 振幅调制锁模

增益曲线中心附近的纵模光场:

$$E(t) = E_0 \cos(2\pi\nu_c t)$$



经频率为 $\nu=c/2L$ 的振幅调制器调制后光场:

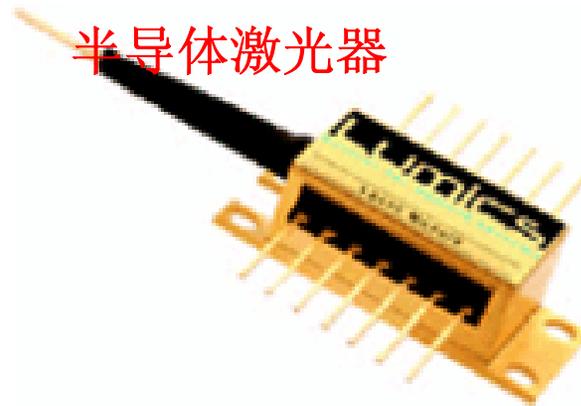
$$\begin{aligned} E(t) &= E_0 [1 + m \cos(2\pi\nu t)] \cos(2\pi\nu_c t) \\ &= E_0 \cos(2\pi\nu_c t) + \frac{mE_0}{2} \cos[2\pi(\nu_c - \nu)t] + \frac{mE_0}{2} \cos[2\pi(\nu_c + \nu)t] \end{aligned}$$

6.3 半导体激光器 (LD)

泵浦方式： 电流注入

特点： 体积小、寿命长、输出功率大、效率高

应用： 激光通信、光存储、光陀螺、激光打印和测距、激光雷达

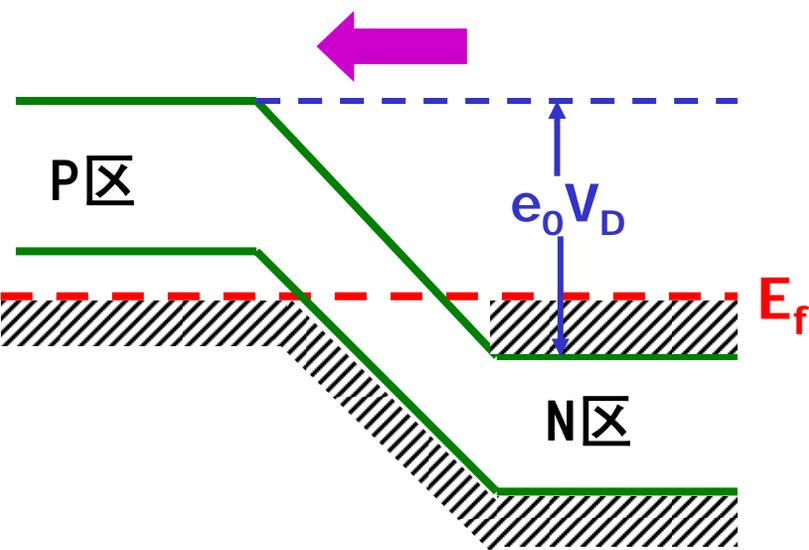


半导体激光器

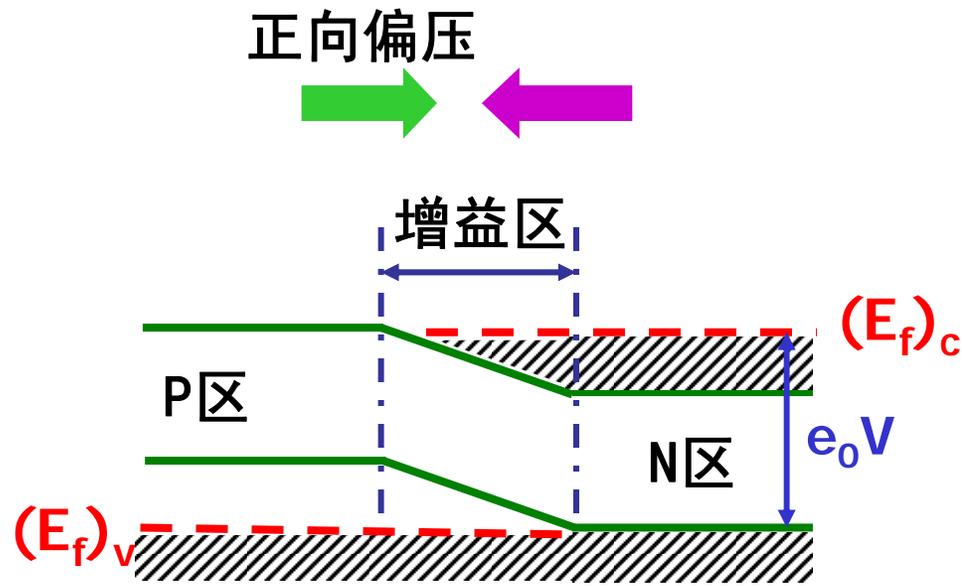
一 半导体受激发射原理



$$E_g < h\nu < e_0V$$

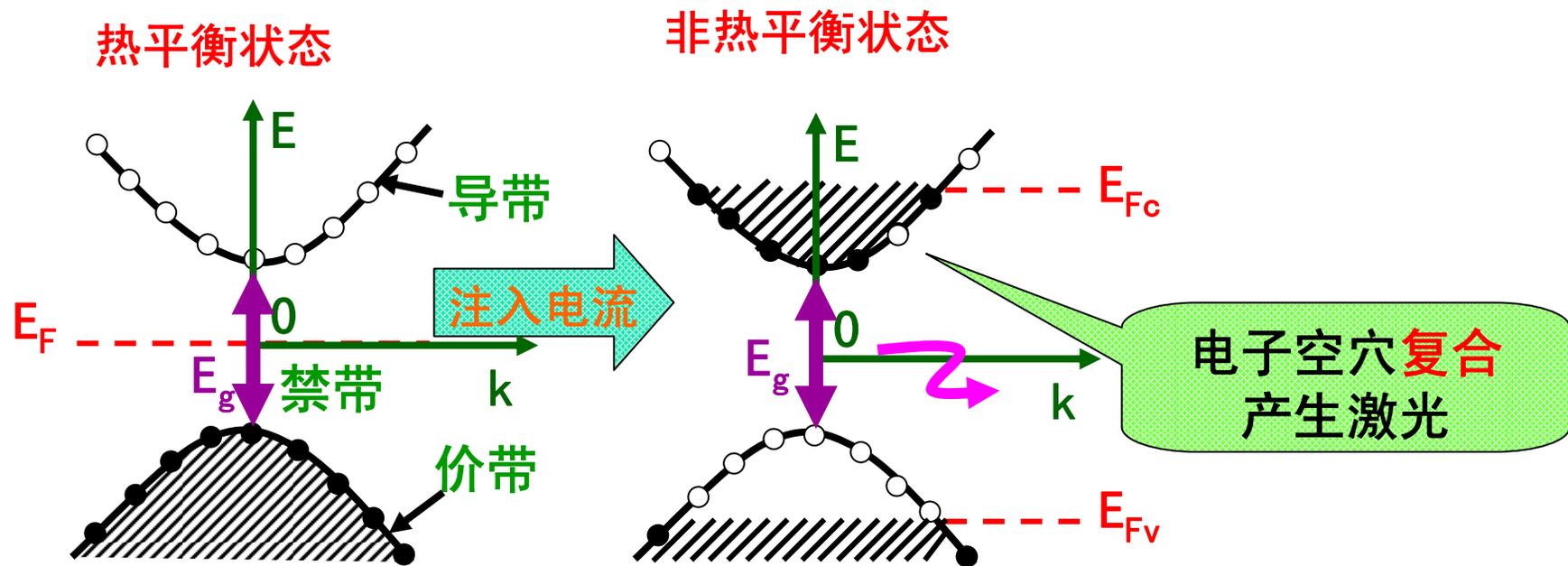


热平衡时PN结的能带



正向偏压下PN结能带图

一 半导体受激发射原理



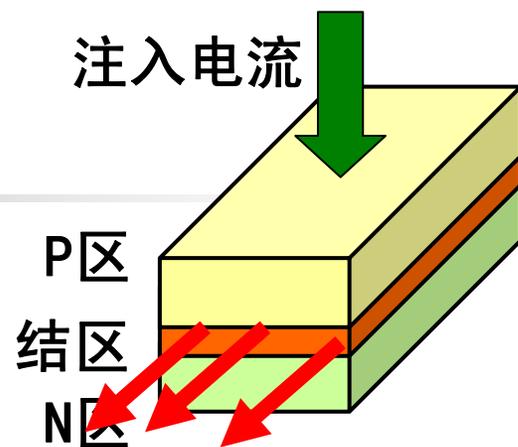
直接带隙半导体的能带结构及电子占据能带的情况

二 结型激光器特性

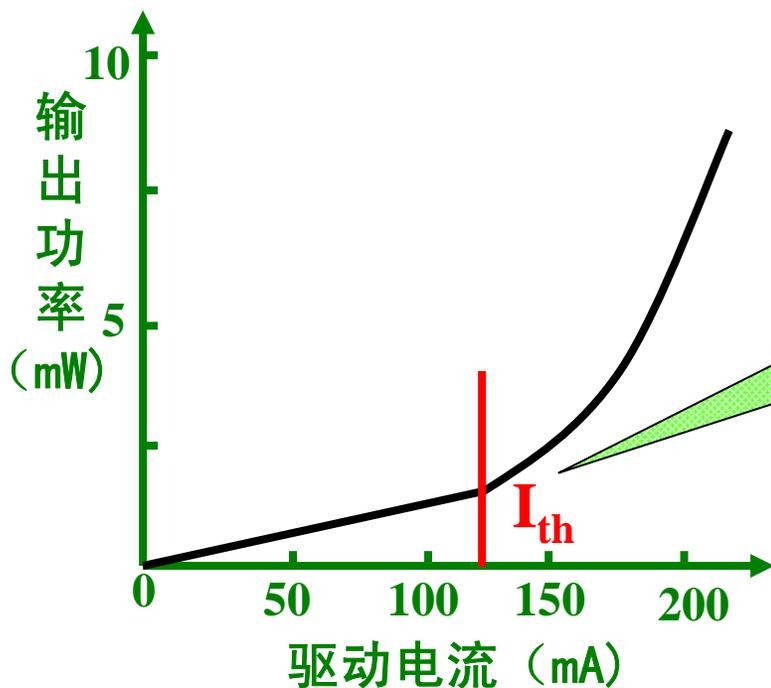
1 阈值特性

$I < I_{th}$: 自发辐射, 非相干光, 荧光

$I > I_{th}$: 受激辐射, 相干光, 激光



结型激光器结构示意图

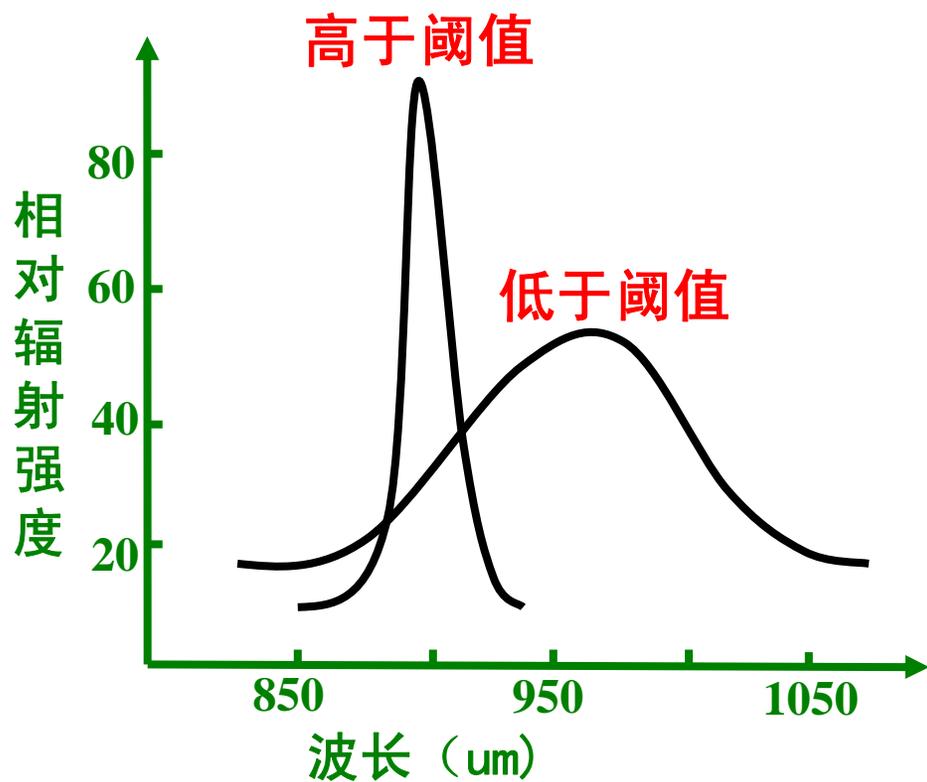


影响因素：温度、腔长、增益因子等

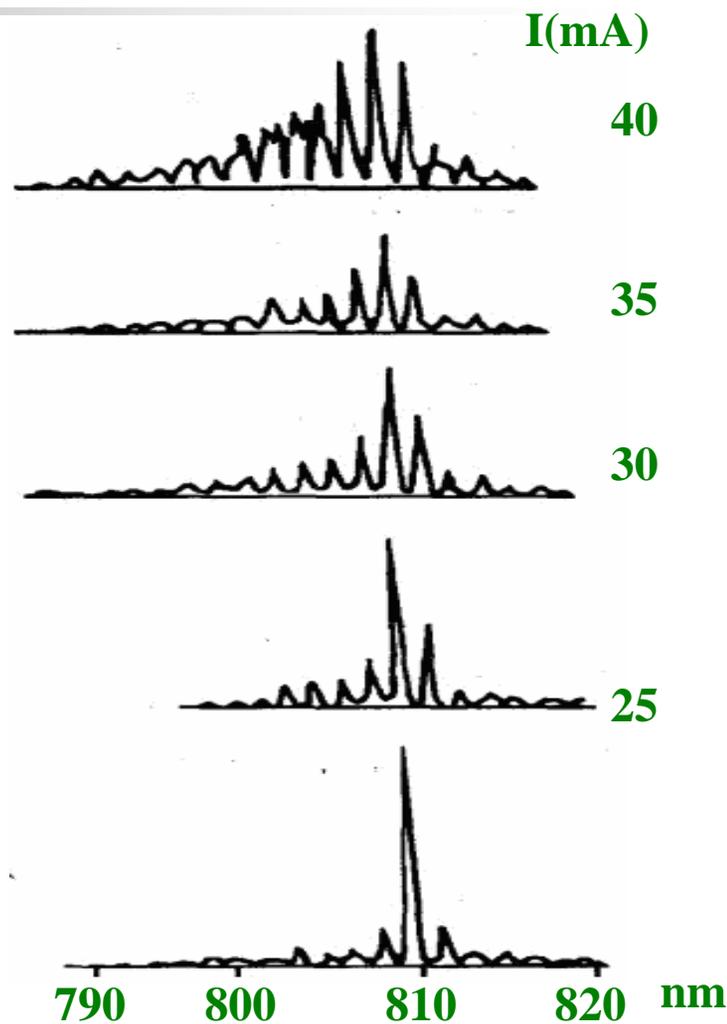
半导体激光器的输出特性

二 结型激光器特性

2 光谱特性



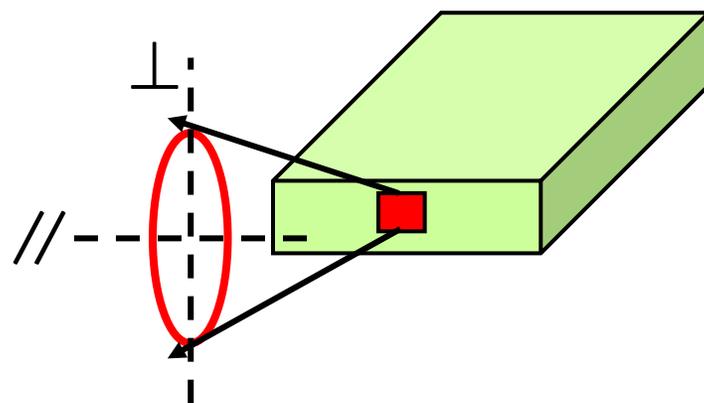
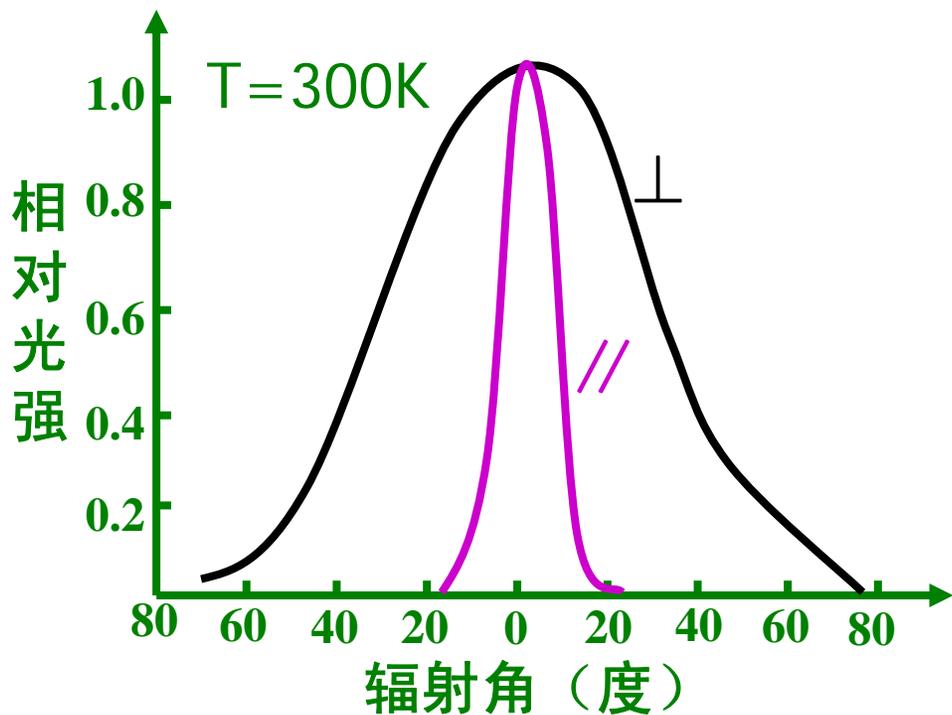
半导体激光器的光谱特性



GaAlAs激光器光谱随调制电流的变化

二 结型激光器特性

3 光强分布



典型半导体激光器的远场辐射特性

二 结型激光器特性

3 光强分布

近场图样:

激光器输出镜面上
光强的分布图样，
由激光器的横模决定。

远场图样:

离反射镜面一定距离处
的光强分布，与横模、
光束的发散角有关。

近场图样



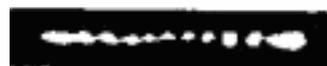
W=10um



W=20um



W=30um



W=50um

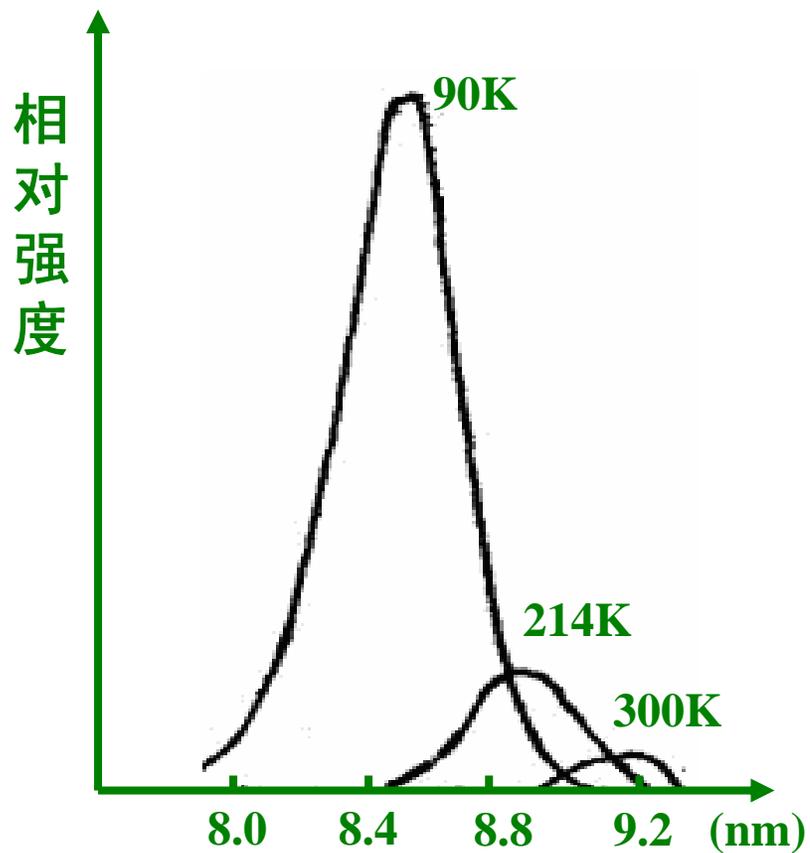
远场图样



GaAlAs-DH条形激光器的近场和远场图样

二 结型激光器特性

4 温度特性



GaAs激光器不同温度条件下激光光谱图

二 结型激光器特性

5 输出功率与转换效率

内量子效率:

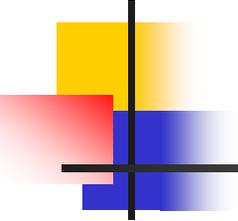
$$\eta_i = \frac{\text{有源区内每秒发射的光子数}}{\text{有源区内每秒注入的电子—空穴对数}}$$

外量子效率:

$$\eta_{\text{ex}} = \frac{\text{激光器每秒发射的光子数}}{\text{有源区内每秒注入的电子—空穴对数}} = \frac{P_0/h\nu}{I/e}$$

外微分量子效率: 对应阈值以上的线性范围的斜率

$$\eta_d = \frac{P_0/h\nu}{(I - I_t)/e} = \frac{P_0}{(I - I_t)V}$$



三 异质结激光器

同质结点缺点： 阈值高，损耗大，不能连续工作。

异质结： 由两种不同材料构成的PN结，即在PN结的一边或两边增加载流子浓度较大的外延层。

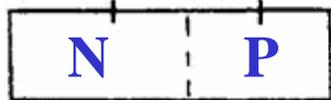
异质结的优点：

- 载流子浓度大的材料层能够形成势垒，限制载流子的扩散，提高了有源区载流子浓度，进而使有源区增益变大。
- 外延层折射率较结区低，形成高反层，降低了周围材料对光辐射的吸收和衍射。

三 异质结激光器

几何结构
示意图

N-GaAs P-GaAs

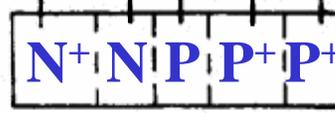


N-GaAs P-GaAlAs

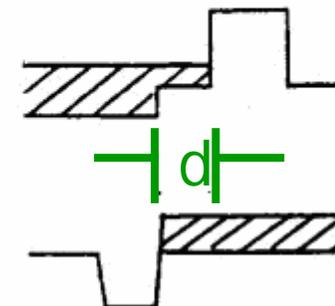
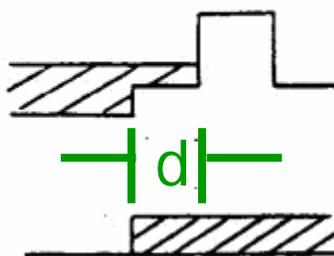


N-GaAlAs P-GaAlAs

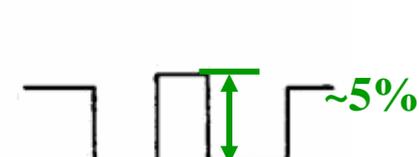
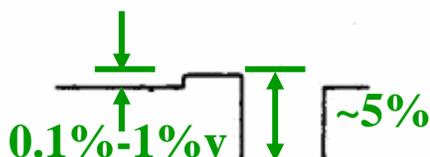
N-GaAs P-GaAs



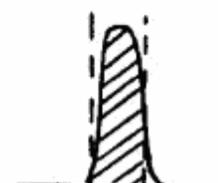
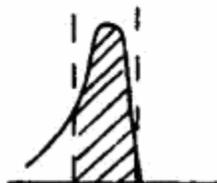
E 能量



n 折射率



I 光强



同质结

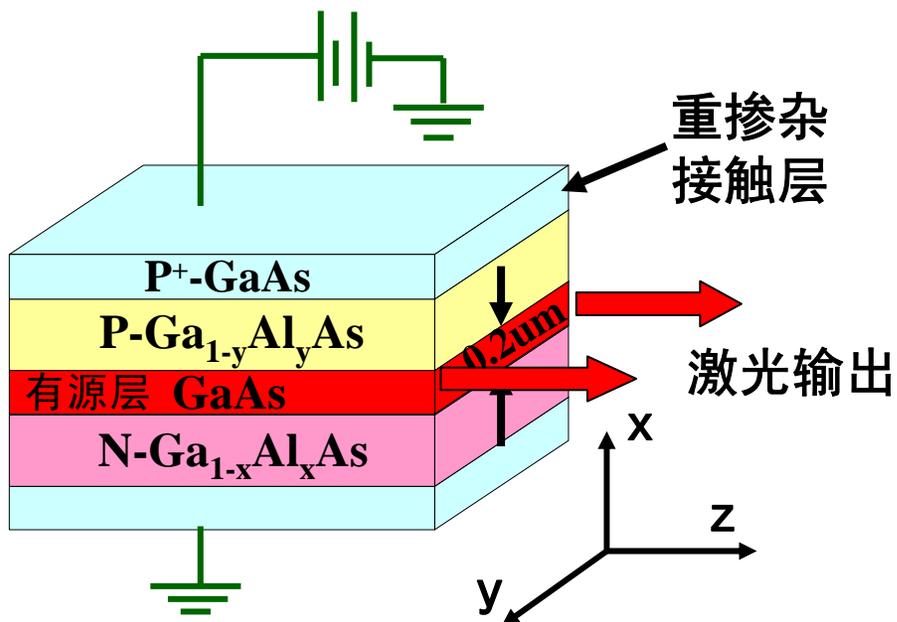
异质结

双异质结

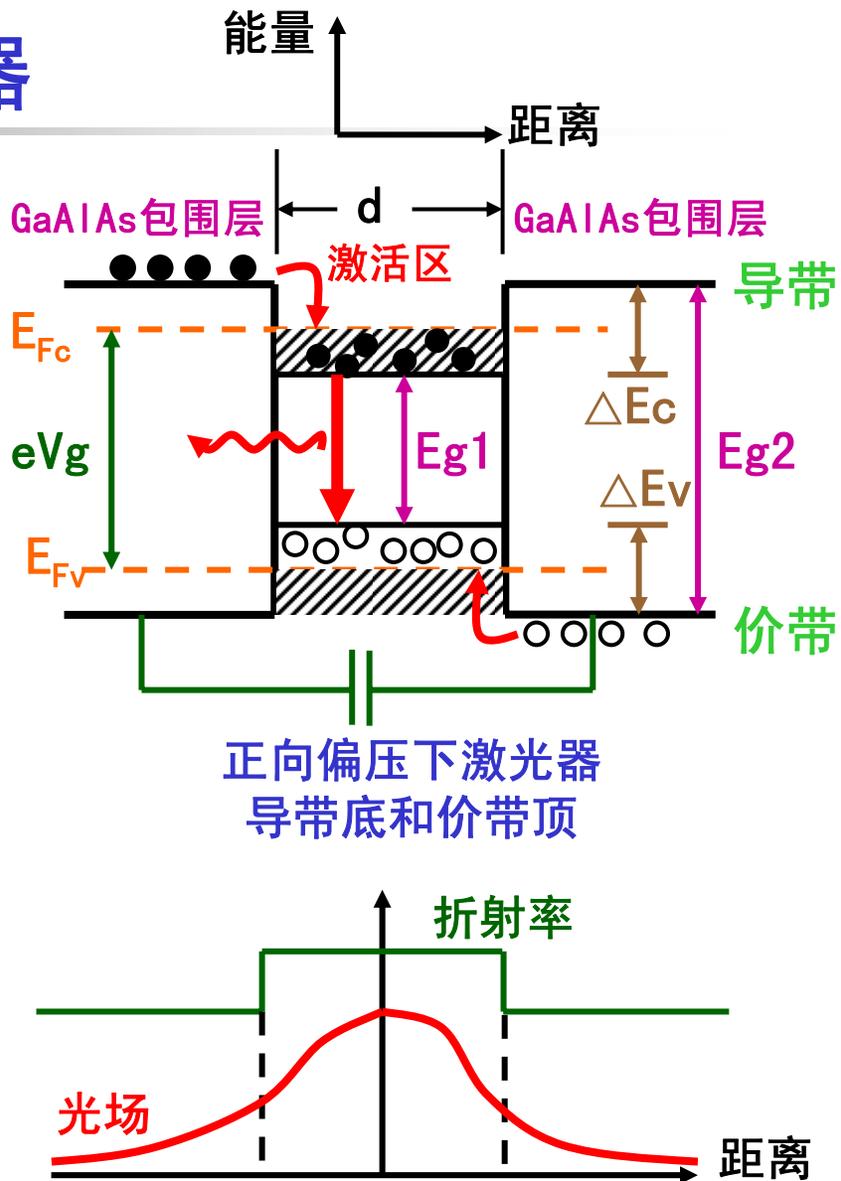
激光器能带示意图

四 几种半导体激光器

(1) 双异质结激光器



双异质结AlGaAs/GaAs
激光器结构



折射率及基模场分布

四 几种半导体激光器

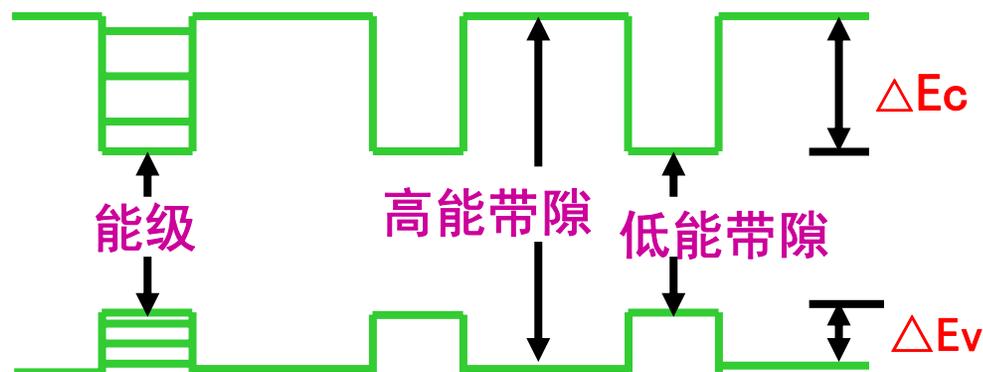
(2) 量子阱激光器

将普通的双异质结激光器有源层厚度做成数十纳米以下。

量子阱效应：窄势阱的量子效应，使载流子拉开并使有源区的异质结出现导带和价带的突变。

产生条件：有源区厚度小于电子的德布罗意波长

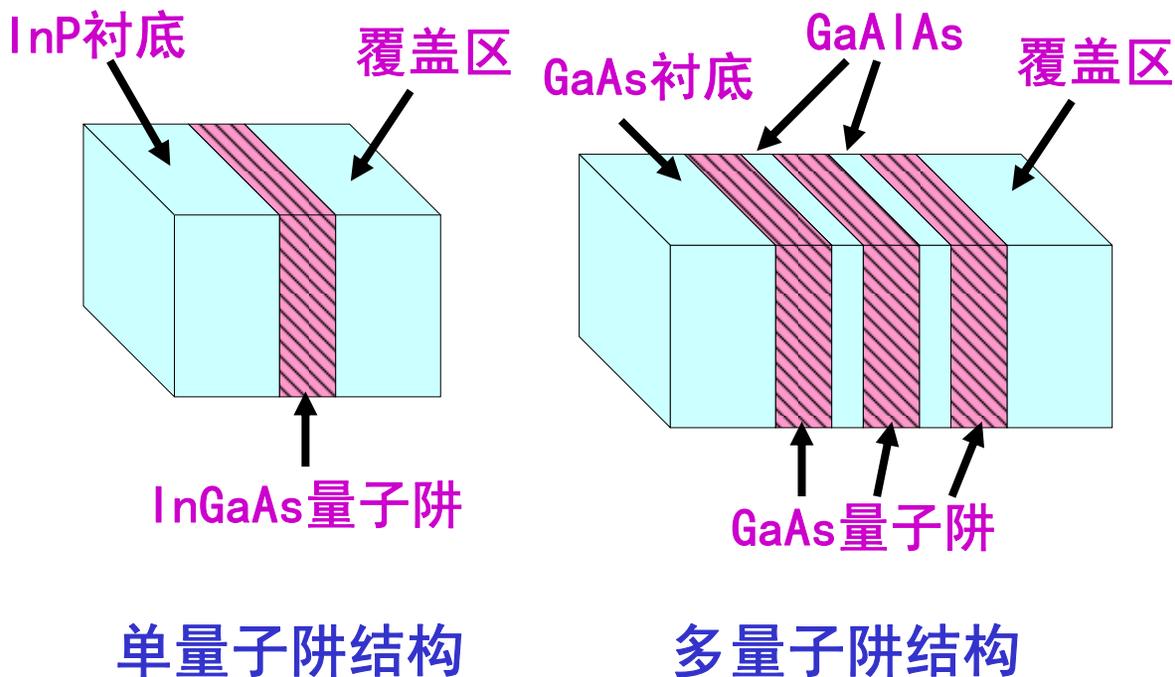
量子阱作用：低能带隙的有源区为电子和空穴创造了势阱，将载流子限制在很薄的区域，提高有源区粒子数反转浓度。



量子阱激光器能带示意图

四 几种半导体激光器

(2) 量子阱激光器



优点:

- 阈值电流低 (0.55mA)
- 谱线宽度窄
- 调制速率高

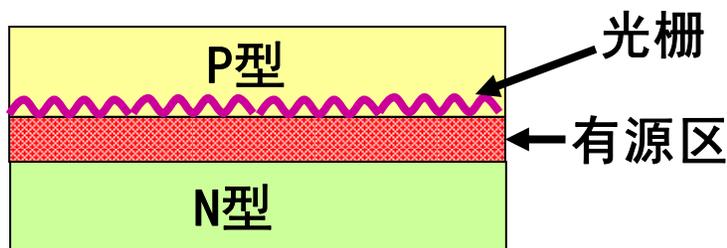
四 几种半导体激光器

(3) 分布式反馈激光器

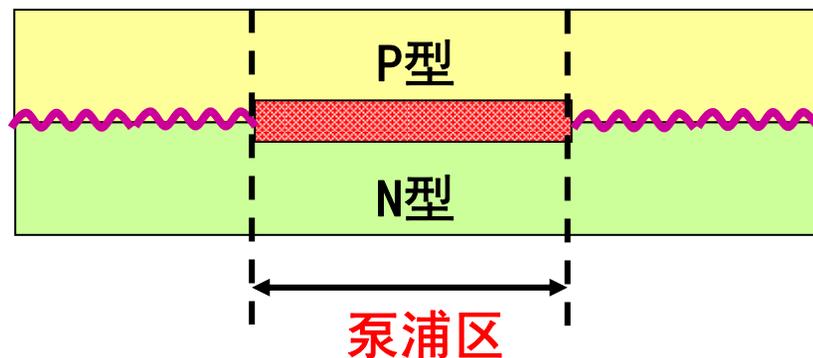
结构特点：激光振荡由周期性变化的波纹结构（波纹光栅）提供。

分类：

- **DFB：**波纹光栅在有源区一侧的限制层上刻制
- **DBR：**波纹光栅在有源区外面，避免了光栅制作过程中造成晶格损伤。



DFB结构



DBR结构

四 几种半导体激光器

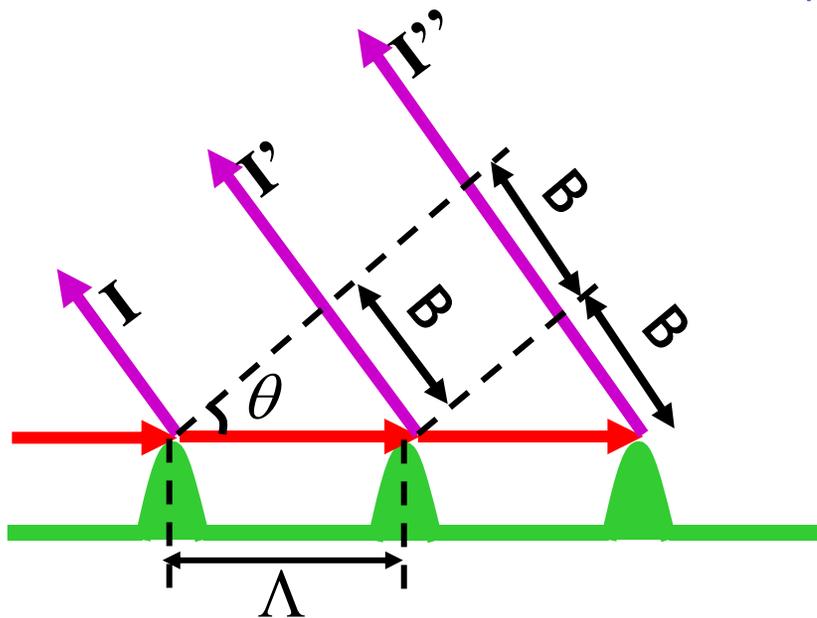
(3) 分布式反馈激光器

I' , I'' 满足同相相位相加的条件:

$$\Lambda + B = m\lambda/n \quad (m \text{ 为整数})$$

$$n\Lambda(1 + \sin \theta) = m\lambda$$

布喇格条件: $2n\Lambda = m\lambda$



布喇格反射原理

6-4 发光二极管 (LED)

一 概况

- **材料:** GaAs (砷化镓)、GaP (磷化镓)、GaAsP (磷砷化镓)
- **核心:** PN结
- **发光原理:** PN结引入正向偏压, 电子与空穴复合发光

LED与LD的**根本区别:**

LED: 无谐振腔, 自发辐射, 荧光, 非相干光源

LD: 受激辐射, 激光, 相干光源

LED照明技术的发展历程

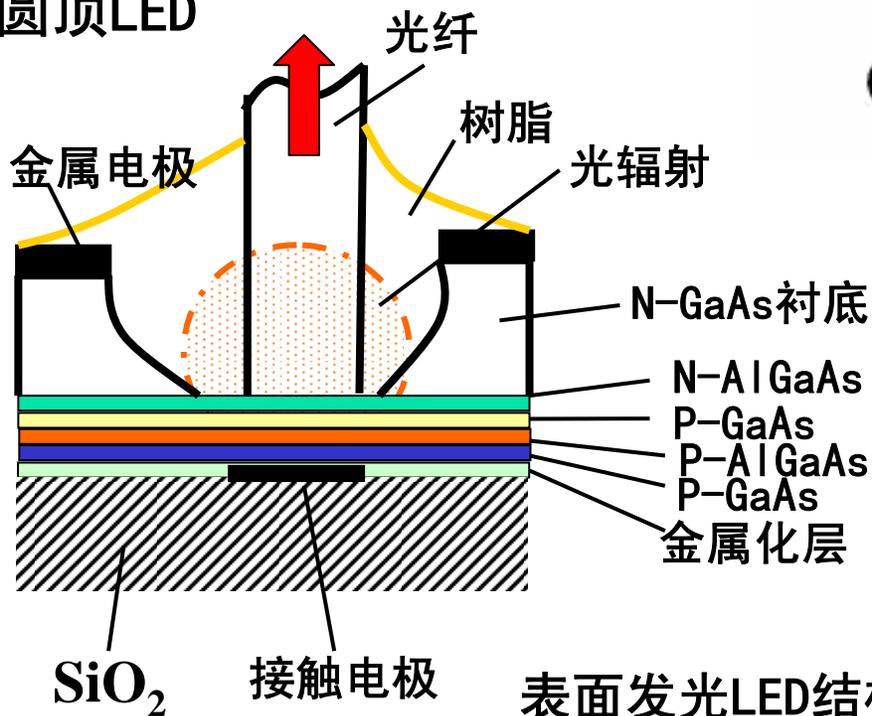
- 60年代 红光
- 70年代中期 绿光 (555nm) 黄光 (590nm) 橙光 (610nm)
- 1998年 白光LED



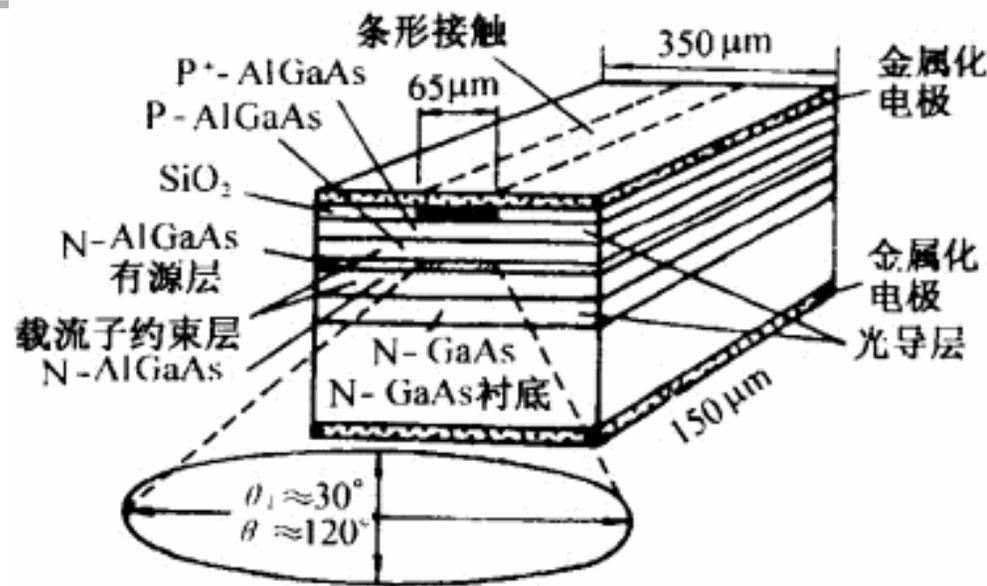
一 概况

分类:

- 表面发光二极管 (SLED)
- 侧面发光二极管 (ELED)
- 平面LED
- 圆顶LED



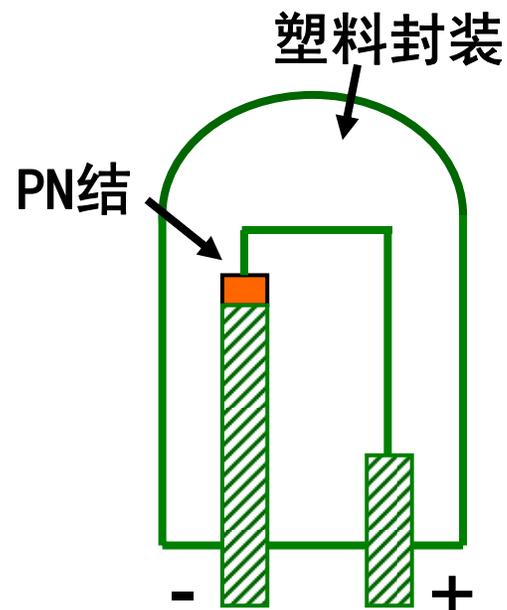
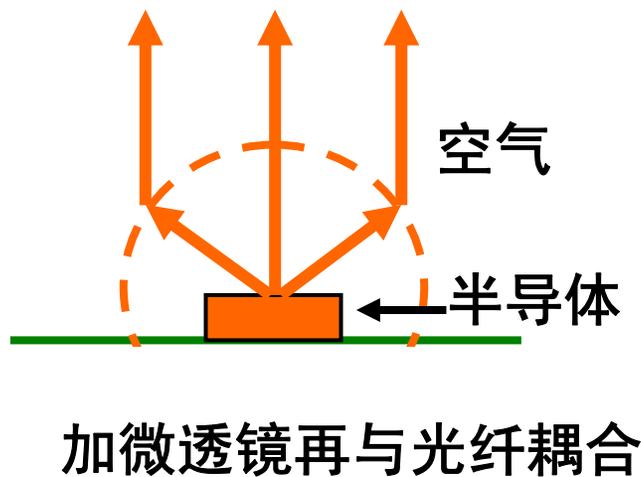
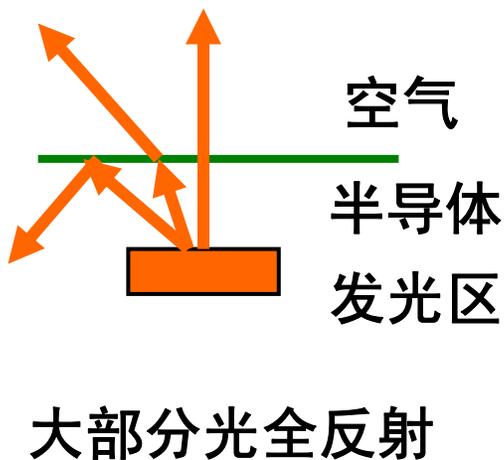
表面发光LED结构图



侧面发光LED结构图

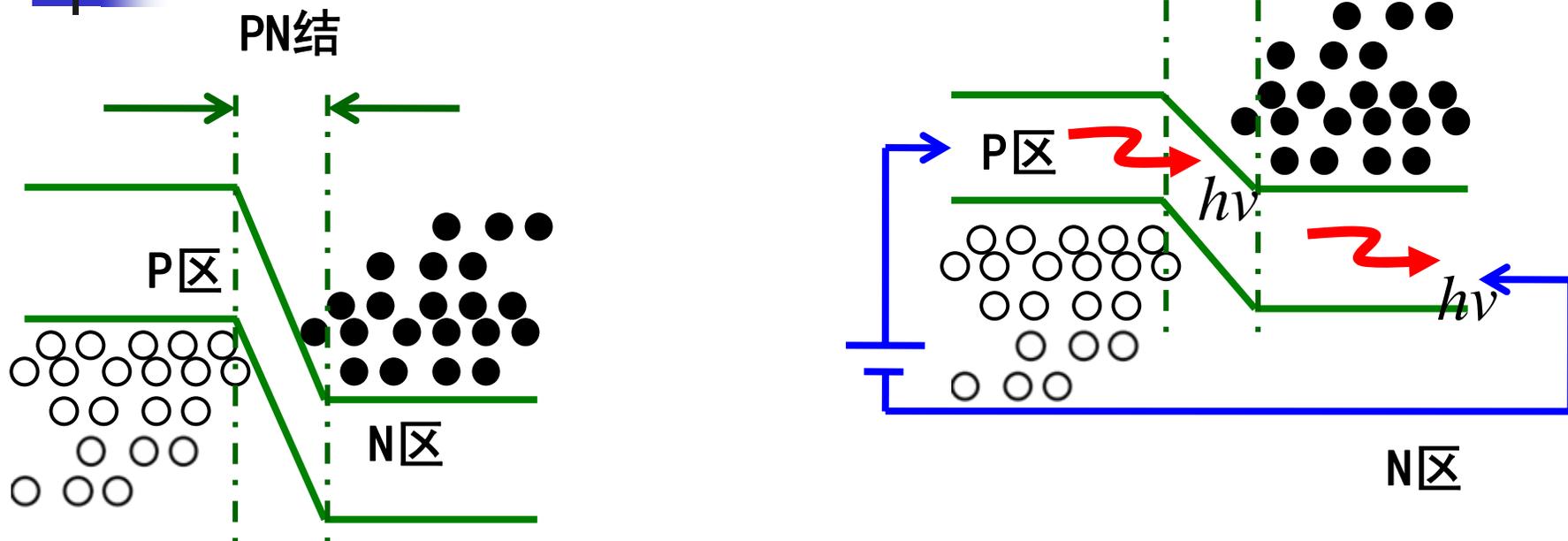
一 概况

面发光二极管的输出



塑料封装减少全反射

二 发光跃迁原理



PN结注入电致发光原理

54

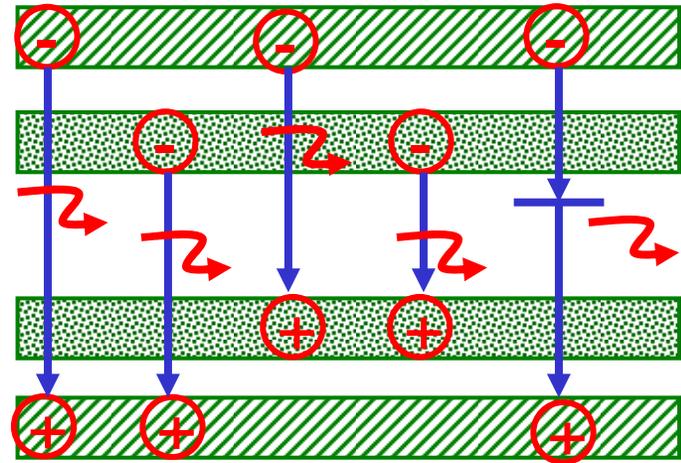
辐射复合： 电子与空穴复合释放的能量以光的形式辐射出来。

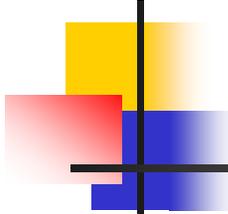
非辐射复合： 复合后释放的能量转变为热能、机械振动能形式释放。

二 发光跃迁原理

1. 辐射复合

- 导带与价带之间的跃迁
- 浅施主能级到价带之间
- 导带到浅受主能级之间的跃迁
- 一般施主能级与受主能级之间的跃迁
- 深能级之间的跃迁





二 发光跃迁原理

2. 非辐射复合

- **单声子复合**：电子与空穴复合时，多余能量赋予第三个载流子（电子或空穴），使其跃迁到同一能带中更高的能态上，当该载流子重新回到低能态时，先前获得的能量以热形式造成晶格振动。
- **多声子复合**：电子与空穴复合时，多余能量以多个声子发出的形式激发晶格振动，导致晶体升温。
- **表面复合**：注入载流子在禁带中由于晶体表面杂质或缺陷造成的一系列能级位置产生复合。

三 LED的特性参数

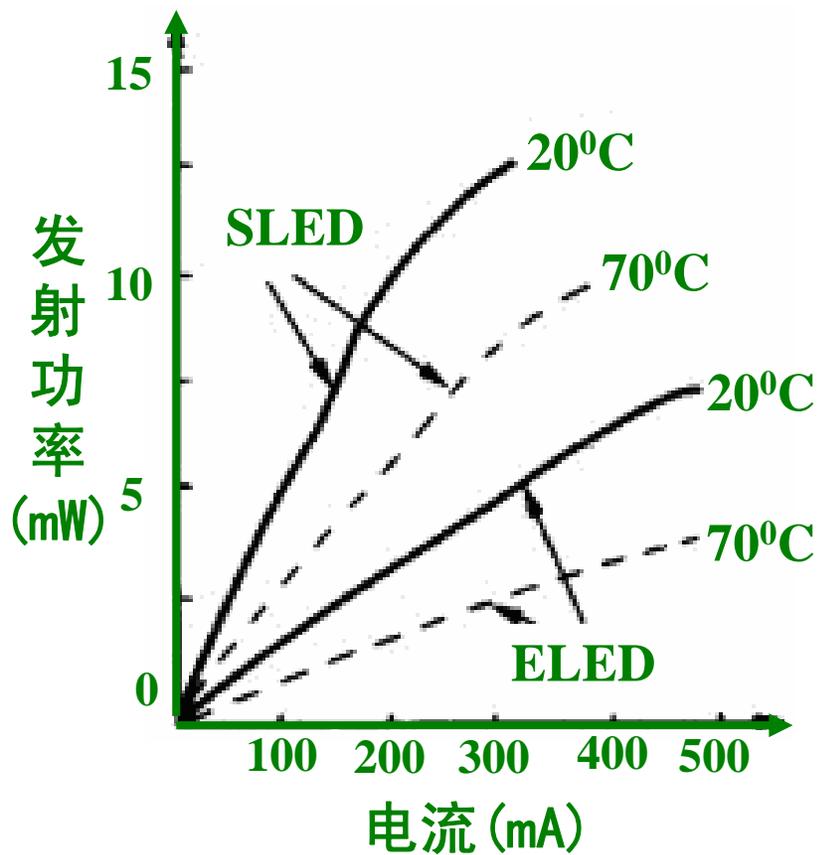
1. 输出特性

工作电流:

十到数十毫安

发射功率:

几百微瓦到毫瓦量级。



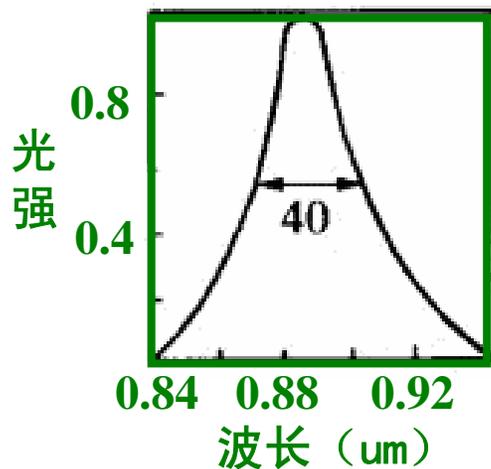
LED的P-I特性曲线

三 LED的特性参数

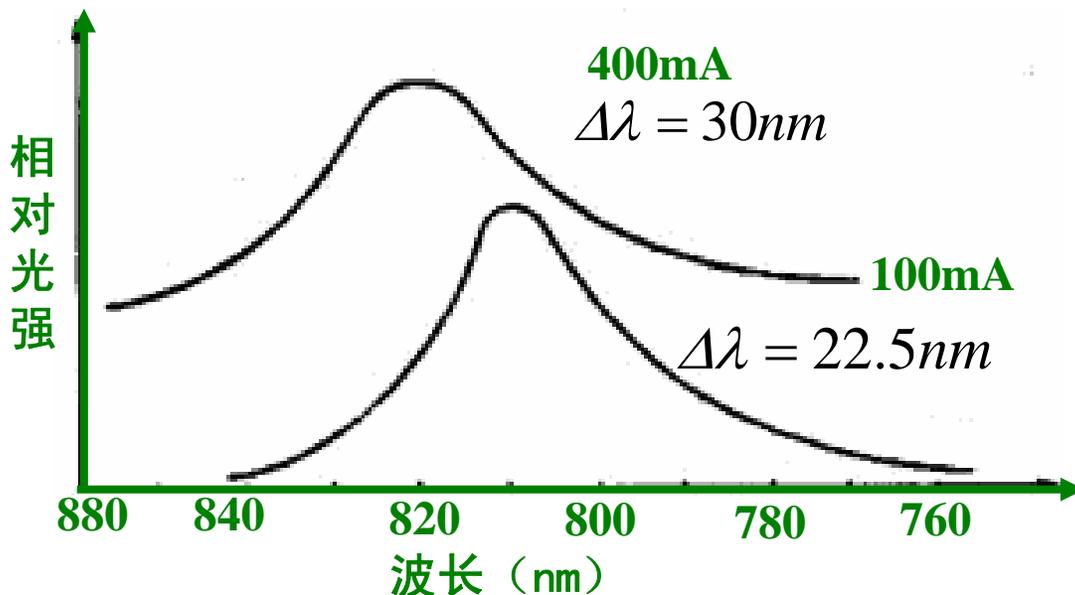
2. 光谱特性

发射光波长:

$$\lambda(\mu m) \approx 1.24/E_g(eV)$$



0.85umGaAlAs/GaA
辐射谱线



输出谱线宽度及峰值波长随温度的变化曲线

三 LED的特性参数

3. 调制特性

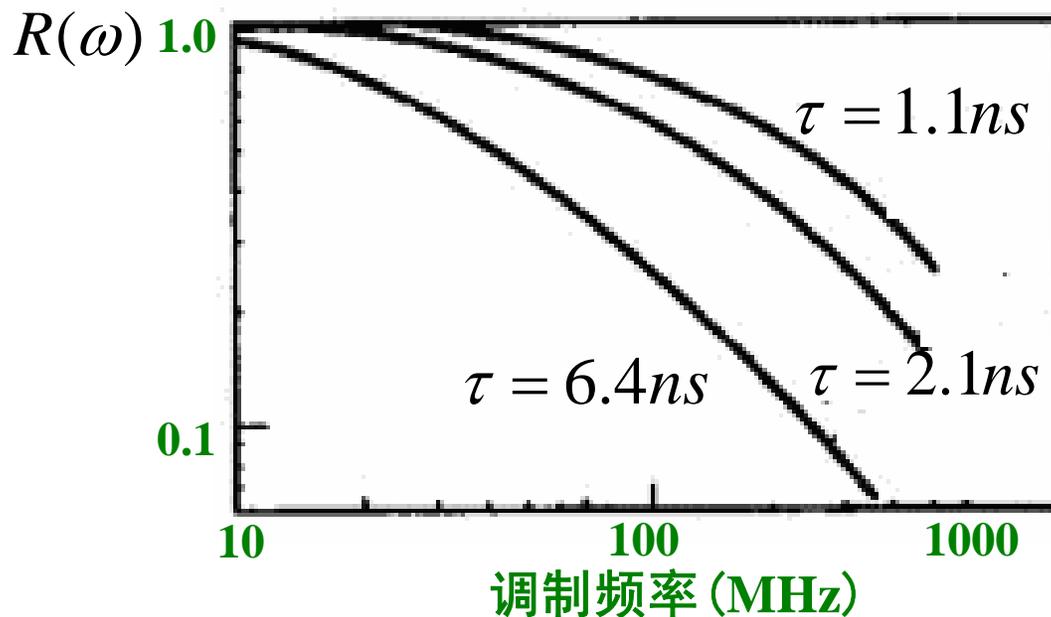
$$P(\omega) = \frac{P(0)}{\sqrt{1+(\omega\tau)^2}}$$

归一化调制响应度:

$$R(\omega) = \frac{P(\omega)}{P(0)} = 0.707 R(0)$$



调制带宽: $\omega = \frac{1}{\tau}$



LED的调制响应

三 LED的特性参数

半导体激光器（LD）和发光二极管（LED）的性能比较

	LD		LED	
工作波长 $\lambda/\mu m$	1.3	1.55	1.3	1.55
光谱宽度 $\Delta\lambda/nm$	1~2	1~3	50~100	60~120
阈值电流 I_{th}/mA	20~30	30~60		
工作电流 I/mA			100~150	100~150
输出功率 P/mW	5~10	5~10	1~5	1~3
调制带宽 B/MHz	500~2000	500~1000	50~150	30~100
辐射角 $\theta/(^{\circ})$	20×50	20×50	30×120	30×120
寿命 t/h	$10^6\sim 10^7$	$10^5\sim 10^6$	10^8	10^7
工作温度 $/^{\circ}C$	-20~50	-20~50	-20~50	-20~50

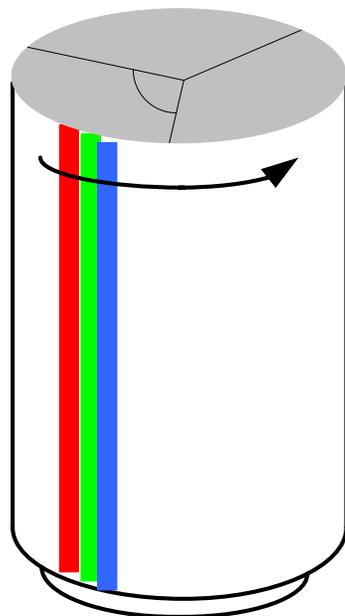
四 单色光LED的应用

- 仪器仪表的指示光源
- 交通信号灯
- 汽车信号灯
- 室外彩色广告显示屏，大面积显示屏



四 单色光LED的应用

360度环形显示器



将**红绿蓝**三色LED装在高速旋转的圆柱形旋转体上，以适当的时间与空间分割控制，将旋转中的红绿蓝三色LED在同一点上点亮混色，利用人眼的**视觉暂留原理**呈现出全彩影像。

6.5 电子束显示器件

阴极射线管 (cathode ray tube, CRT)

1897年, 布朗, 示波管

1938年, 德国人W. Fleching, 彩色显像管专利

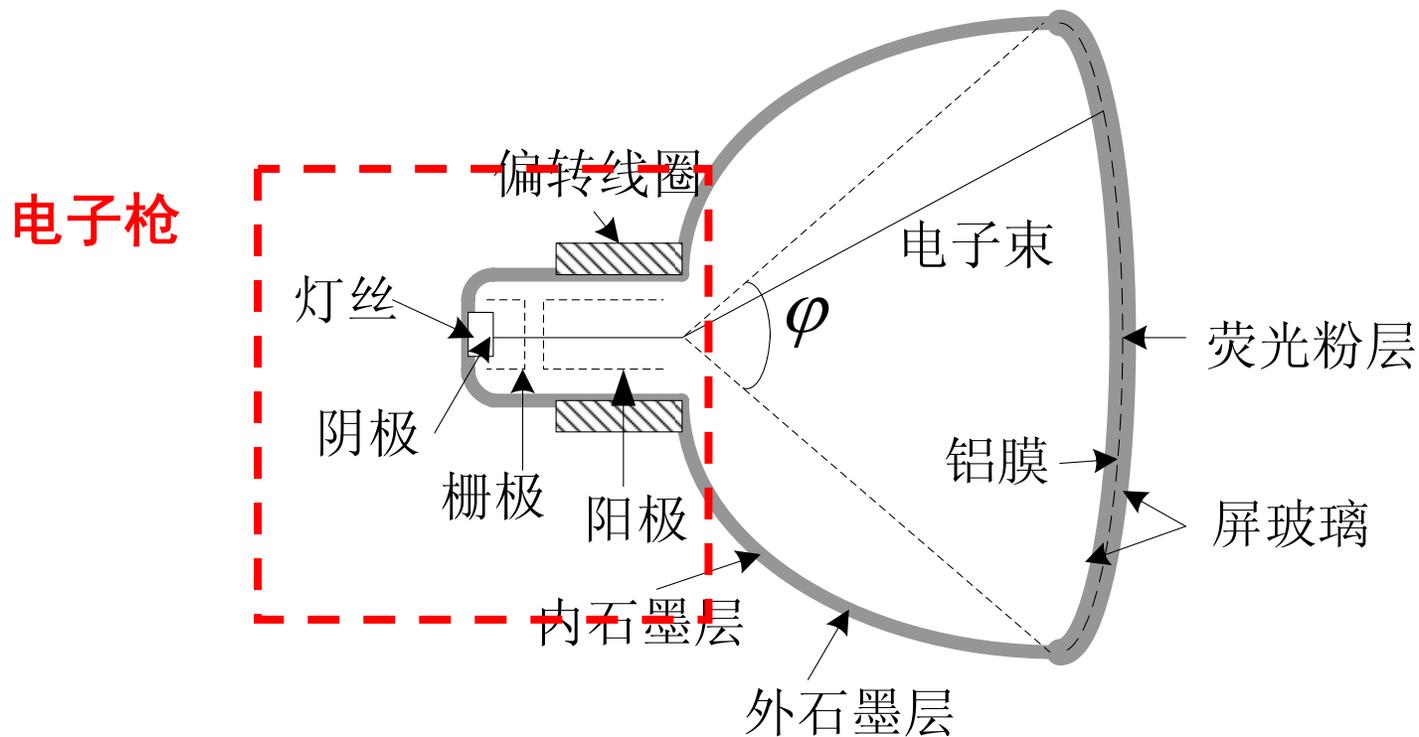
1950年, 美国RCA公司, 三枪三束荫罩式彩色显像管

1953年, 三枪三束荫罩式彩色显像管实用化



一 黑白显像管

黑白CRT: 电光转换重现电视图像的一种窄束强流电子束管



黑白显像管结构图

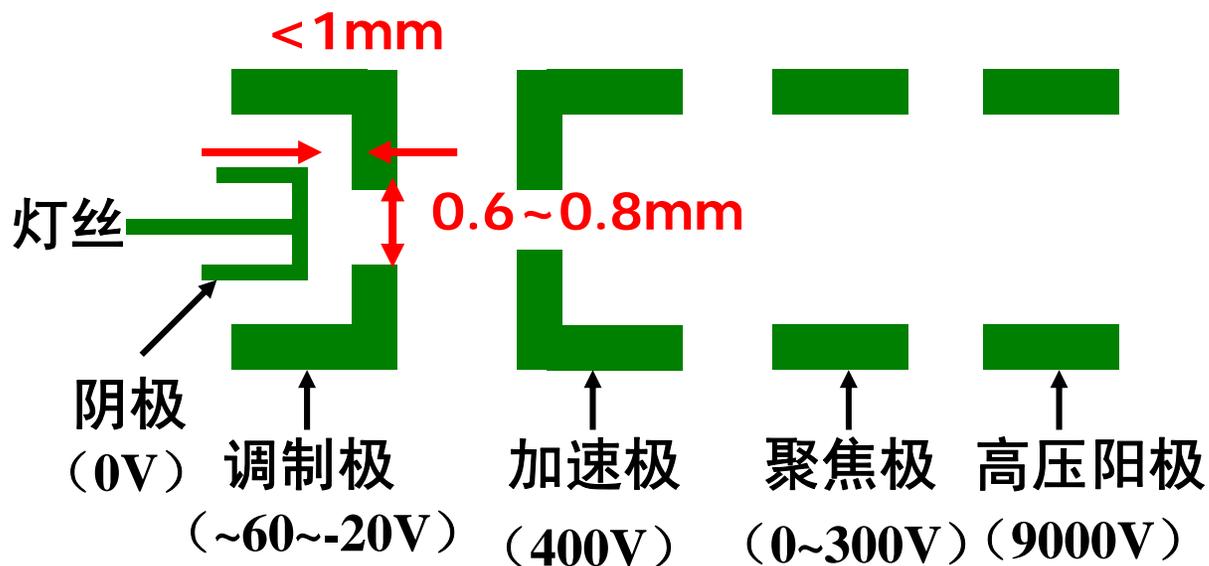
一 黑白显像管

1 电子枪

基本要求:

- 束斑大小应符合扫描线宽的要求
- 束流足够强。(50—200 μ A, 10—20KV)
- 调制特性陡

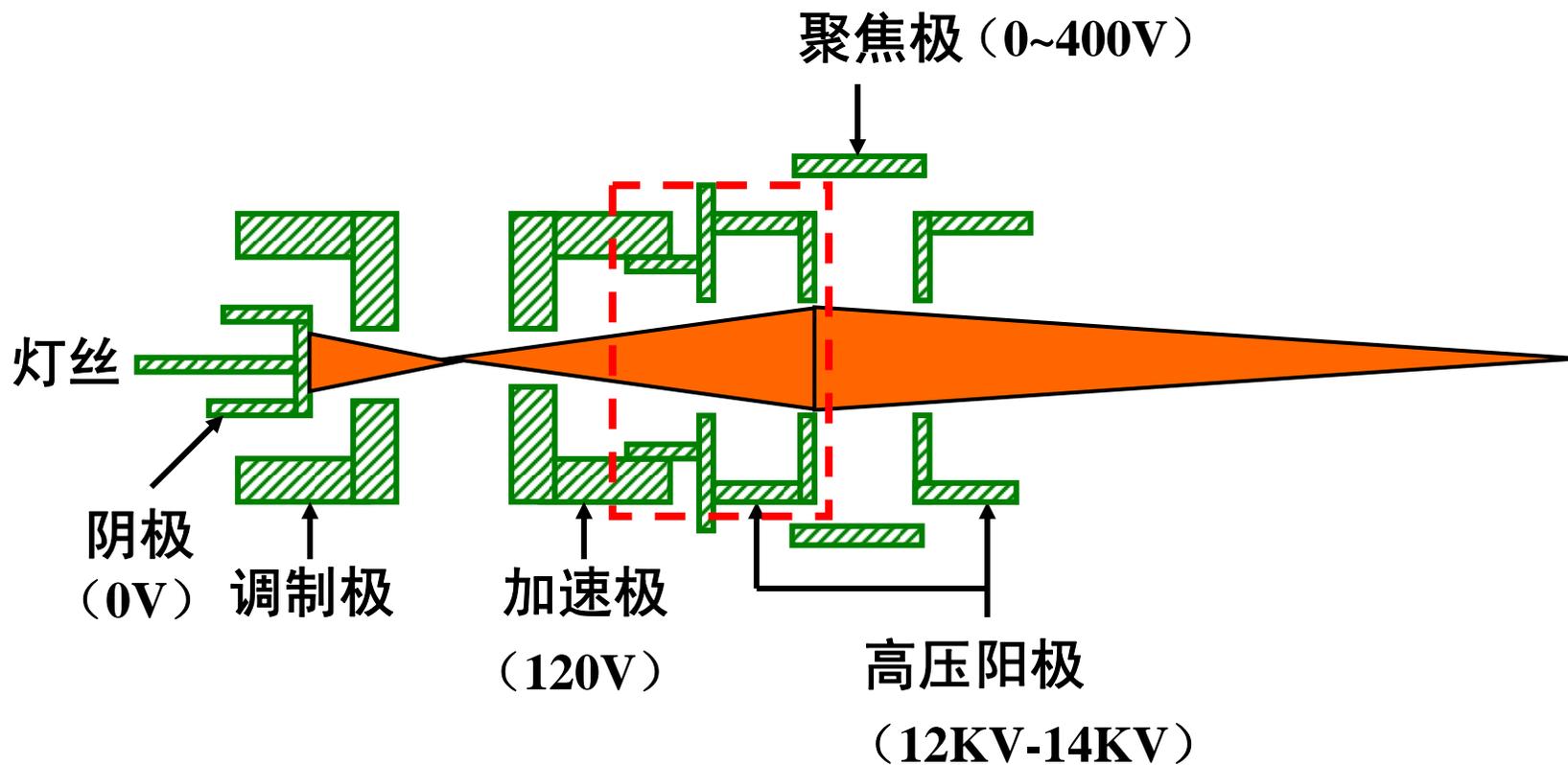
(1) 双电位电子枪



一 黑白显像管

1 电子枪

(2) 单电位电子枪（自聚焦电子枪）



黑白显像管

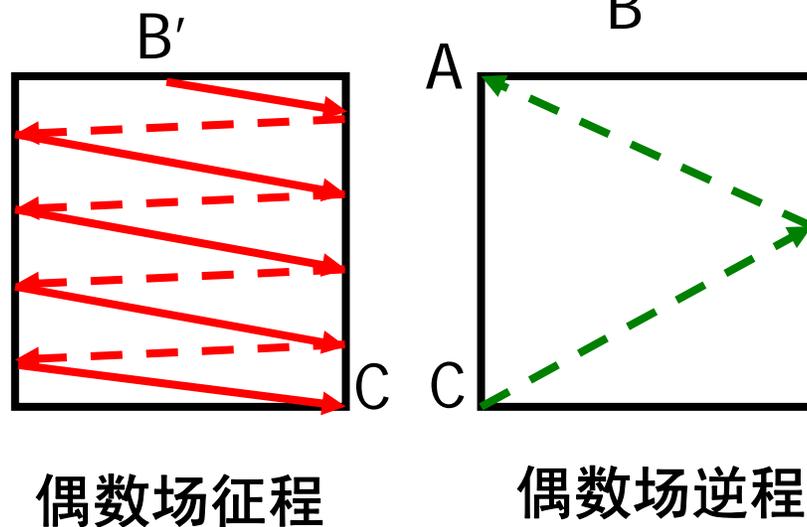
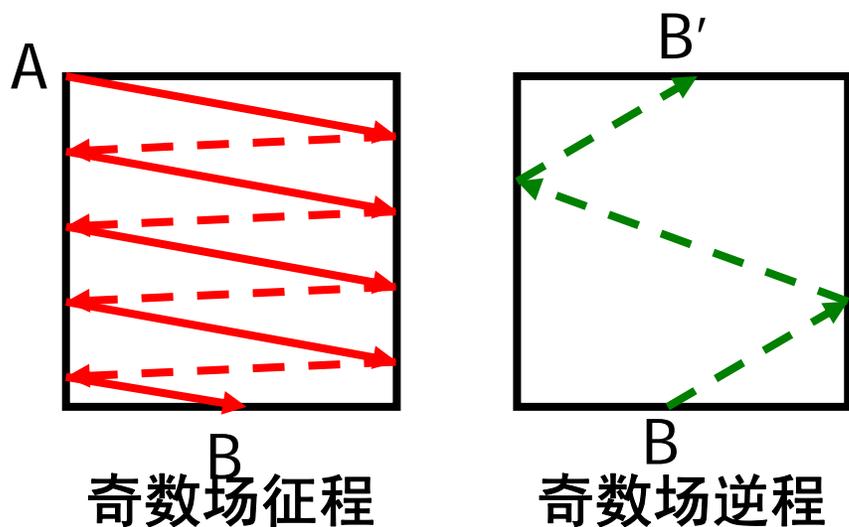
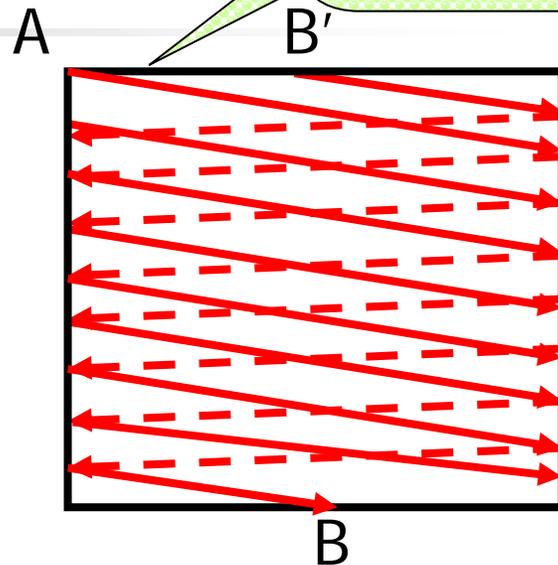
2 偏转系统

每帧625行，每秒25帧

每行水平扫描正程 $52\mu\text{s}$ ，逆程 $12\mu\text{s}$

场正程时间 18.4ms ，场逆程时间 $\leq 1.6\text{ms}$

单向匀速
直线扫描

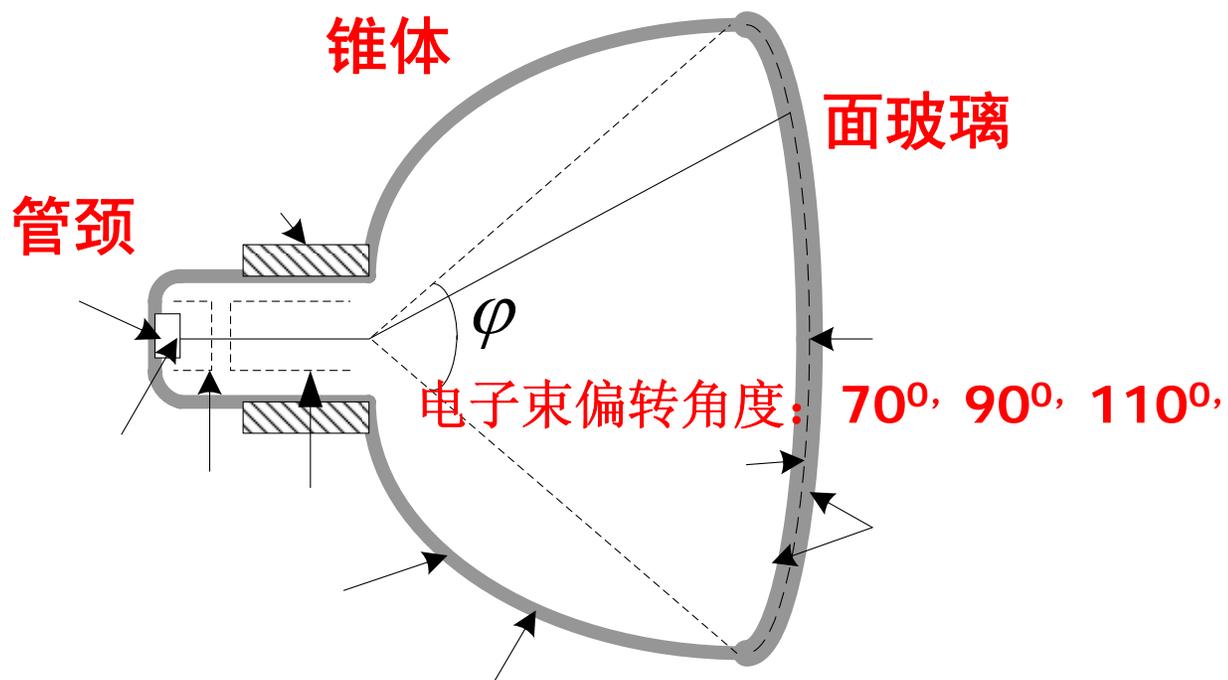


奇数场312.5行

偶数场312.5行

一 黑白显像管

3、玻璃外壳



一 黑白显像管

4、荧光屏

宽度与高度之比：4:3、5:4 等

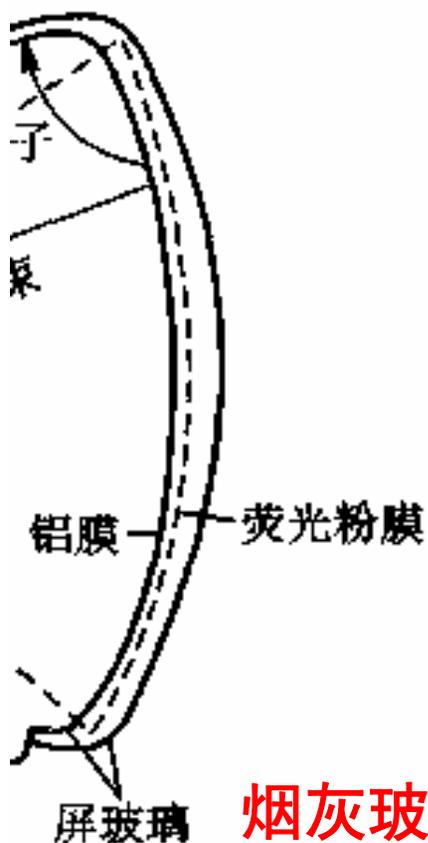
荧光粉：光电转换

余辉时间：亮度减少到1/10时所用的时间

>0.1s：长余辉荧光粉，

0.1~0.001s：中余辉荧光粉

<0.001s：短余辉荧光粉



二 彩色CRT

1、彩色合成原理

(1) 三基色的确定

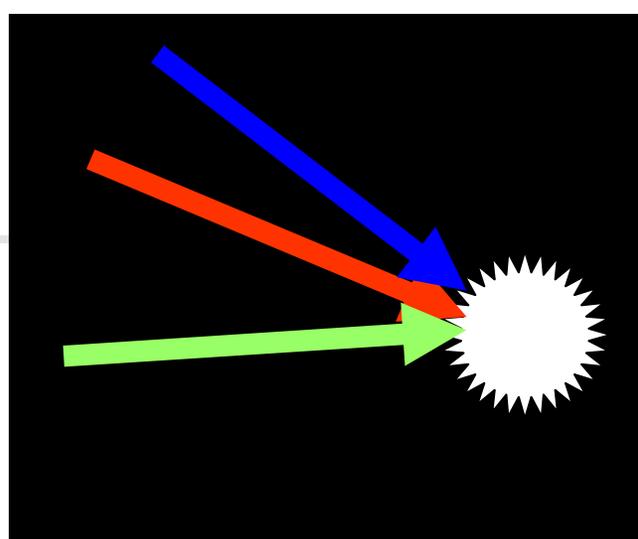
红 (700nm)、绿 (546.1nm)、蓝 (435.8nm)

(2) 相加混色原理

由两种或两种以上的色光相混合时，会同时或者在极短的时间内连续刺激人的视觉感官，使人产生一种新的色彩感觉，称这种色光混合为**加色混合**。

色光加色法：这种由两种以上的色光相混合，呈现另一种色光

红、绿、蓝亮度比例为1：4.5607：0.0601 \longrightarrow 白光。

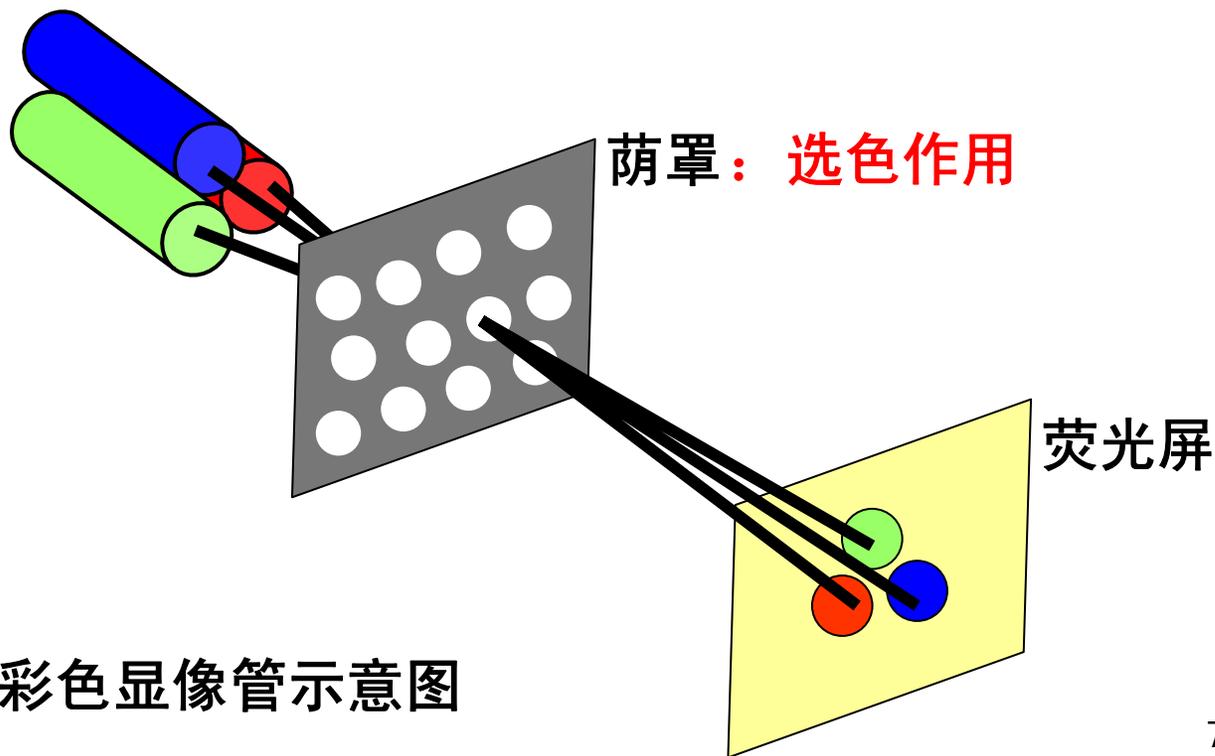


二 彩色CRT

2、彩色CRT 采用**红绿蓝**三基色**相加混色原理**实现彩色图像的显示

技术关键：确保受三个基色信号控制的三束电子束能准确轰击相应的荧光粉。

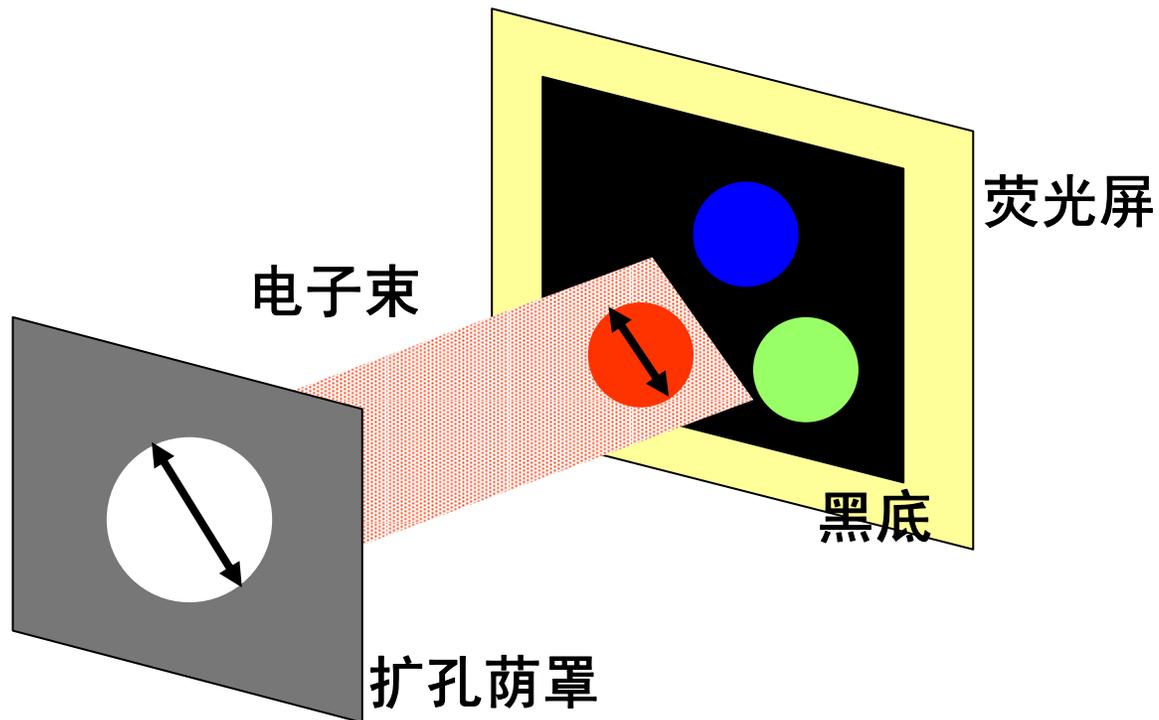
(1) 三枪三束彩色显像管



二 彩色CRT

2、彩色CRT

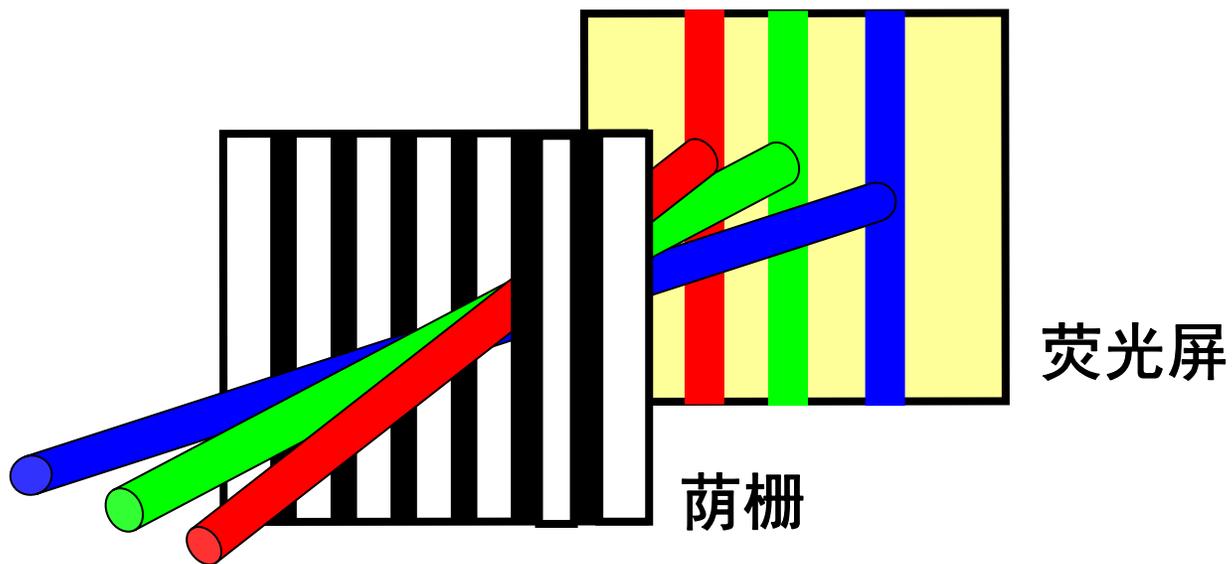
(1) 三枪三束彩色显像管



荧光屏黑底结构

2、彩色CRT

(2) 单枪三束彩色显像管



单枪三束荫栅式显像管电子枪示意图

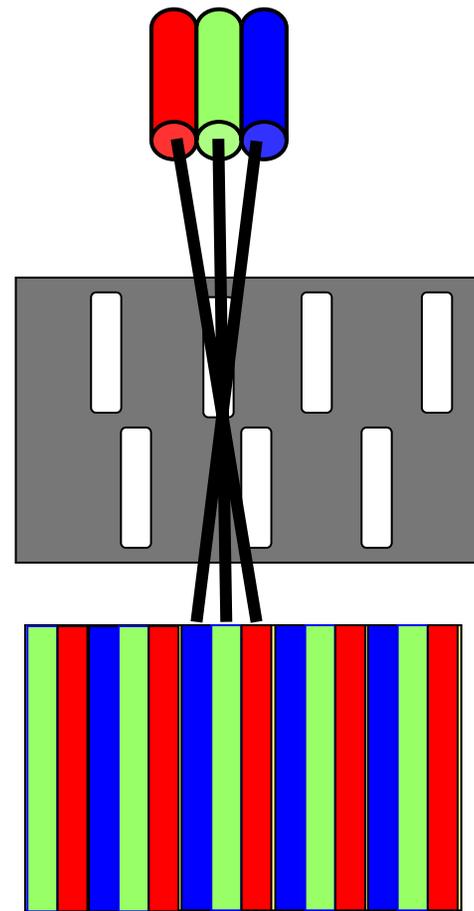
2、彩色CRT

(3) 自会聚彩色显像管

会聚： 红绿蓝三种颜色在屏幕上的重合效果。

结构特点：

- 精密直列式电子枪
- 开槽荫罩和条状荧光屏
- 精密环形偏转线圈



自会聚管工作原理

2、彩色CRT

(3) 自会聚彩色显像管

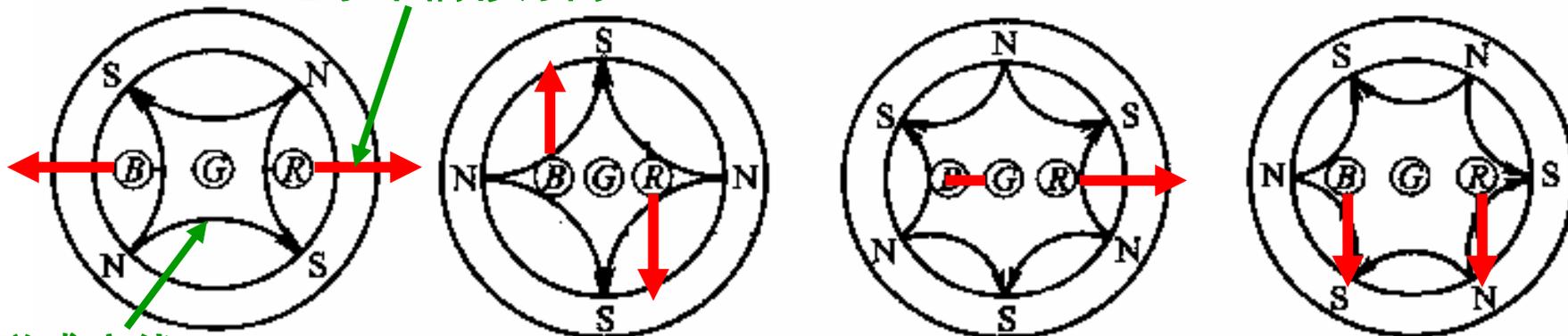
静会聚靠三对永磁环形磁铁完成：

二磁极式：三束电子束一起沿同方向移动

四磁极式：红蓝两边束产生等量反向移动

六磁极式：红蓝两边束产生等量同向移动

电子束偏移方向



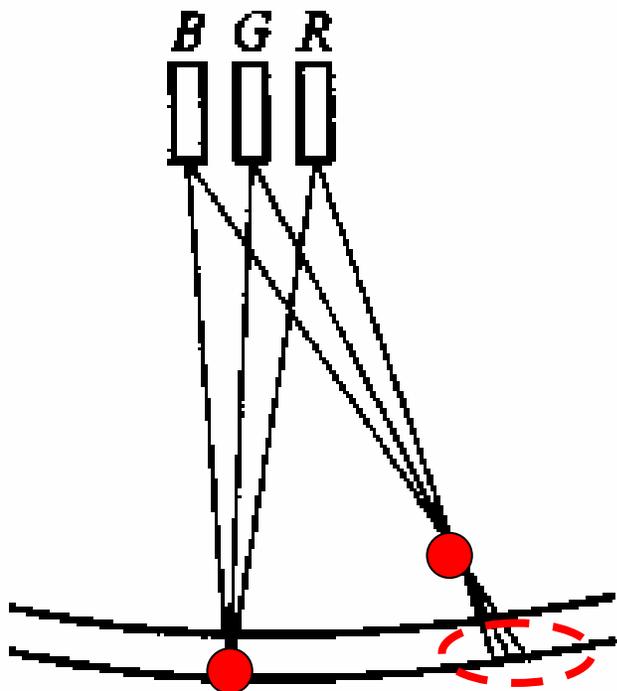
四磁极式

六磁极式

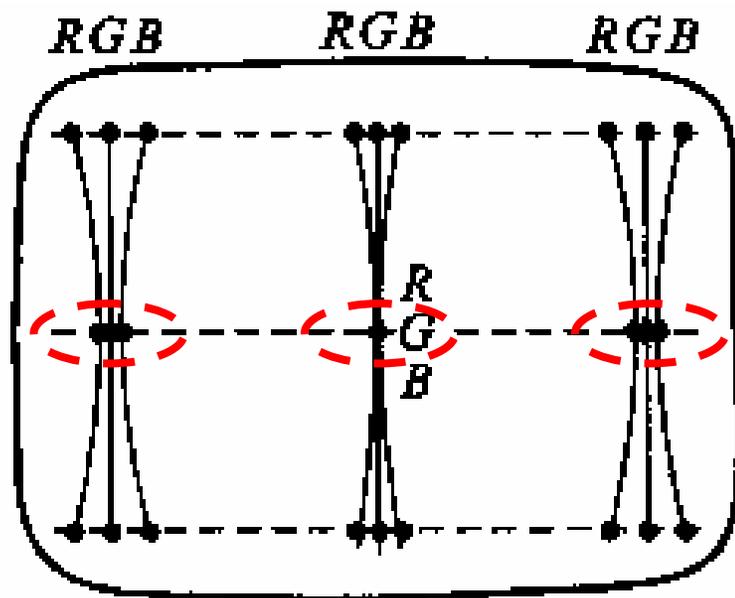
2、彩色CRT

(3) 自会聚彩色显像管

三条电子束在受到偏转场的偏转作用后，在离屏幕中心较远的区域内，会聚点将位于荫罩之前，造成有**动态会聚误差**的失会聚状态。



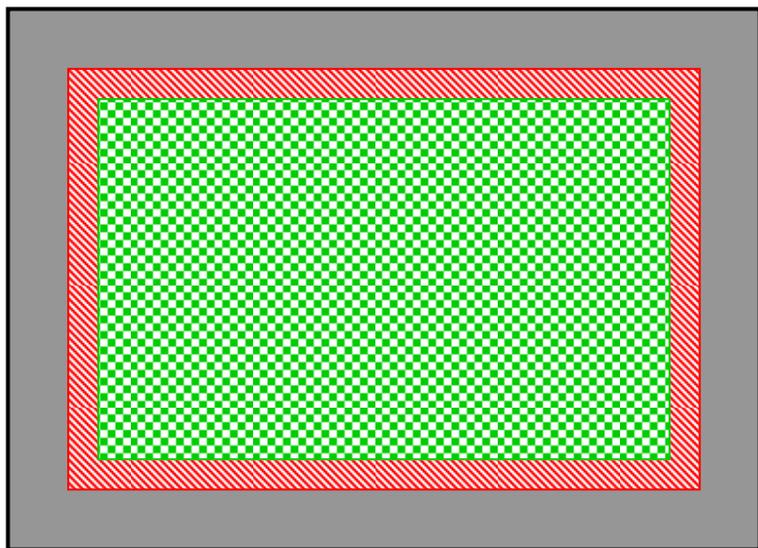
偏离中心时产生失会



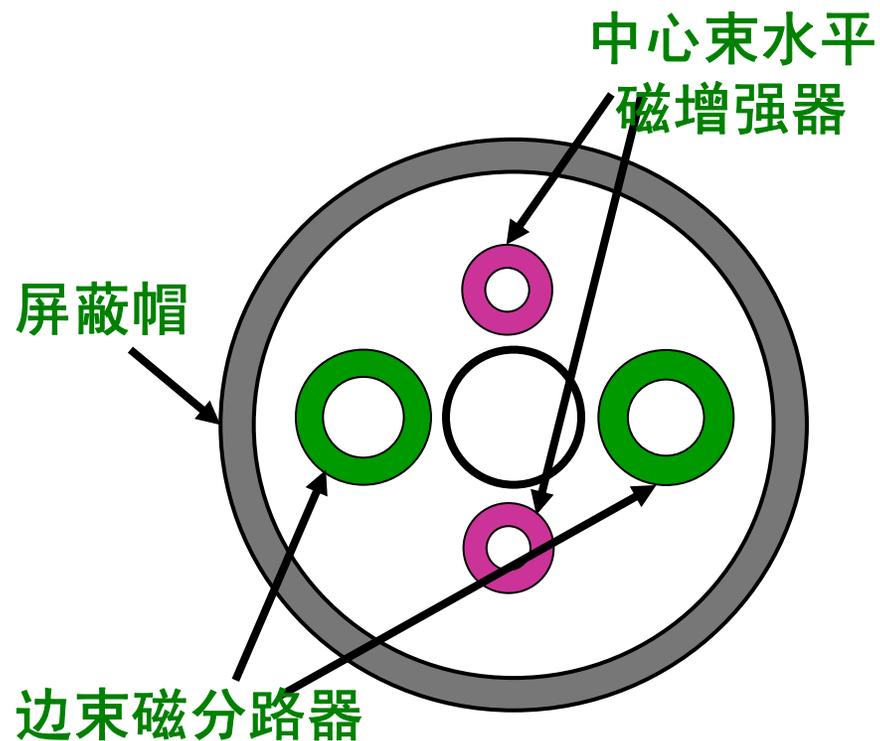
屏幕失会时的情况

2、彩色CRT

(3) 自会聚彩色显像管



RGB三电子束会聚图形



磁增强器与磁分路器的作用

2、彩色CRT



球面荫罩式彩色CRT

纯平彩色CRT



1998年

6.6 液晶显示器件

什么是
液晶？

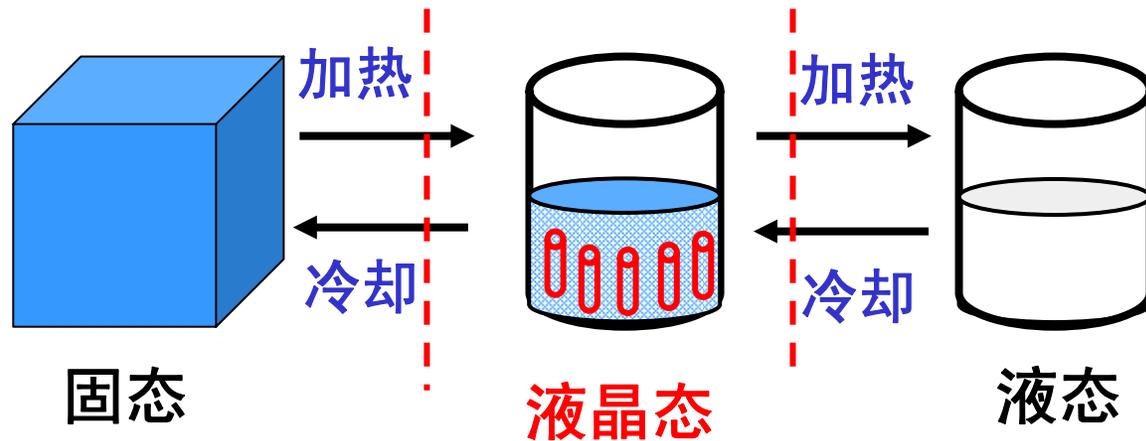


一 液晶基本知识

1 “液晶”概念

1888年，奥地利植物学家莱尼采尔

1889年，德国物理学家莱曼



定义：在机械上具有液体的流动性，在光学上具有晶体性质的物质形态被命名为流动晶体——**液晶** (Liquid Crystal)。

LCD: Liquid Crystal Displayer

液晶分为两大类：**溶致液晶**和**热致液晶**

一 液晶基本知识

2. 热致液晶液晶的分类

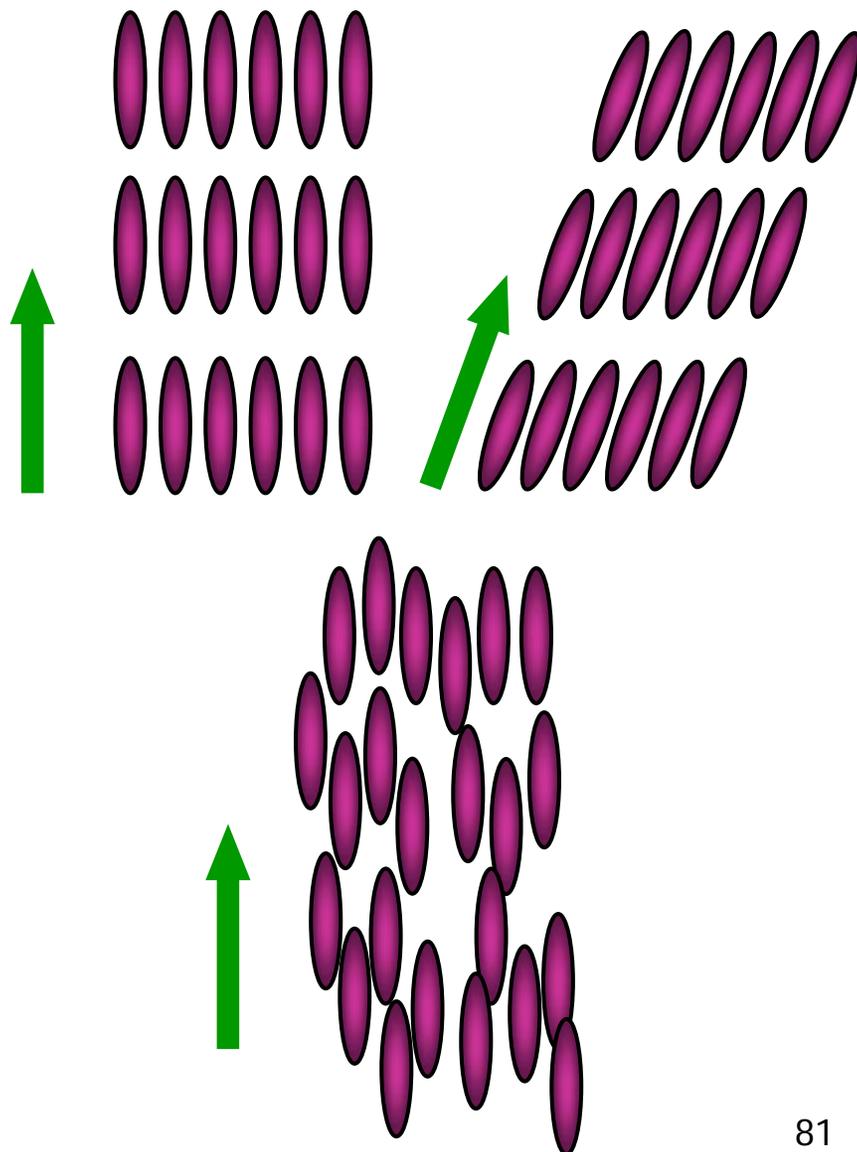
按照液晶分子排列状态可分为：

(1) 近晶相液晶（层状液晶）

分子按层状排列，长轴相互平行，其方向可以垂直于层面或与层面倾斜排列。

(2) 向列相液晶（丝状液晶）：

由长径比很大的棒状分子组成，保持与轴向平行的状态。

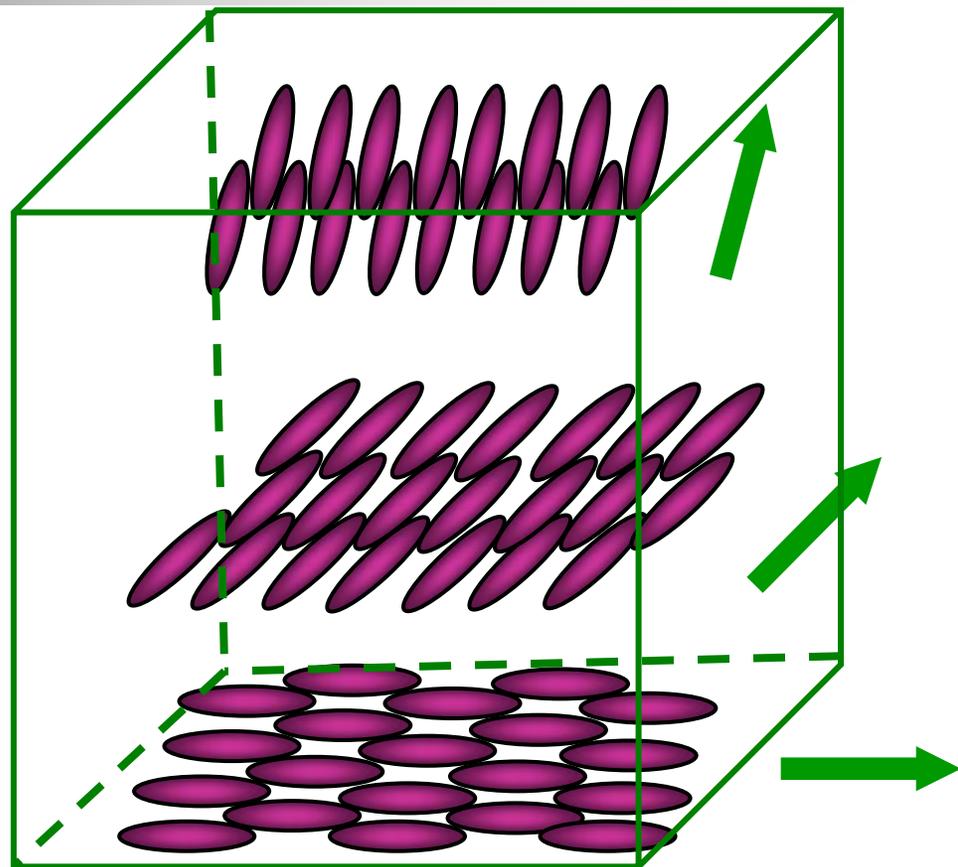


一 液晶基本知识

2. 热致液晶液晶的分类

(3) 胆甾相液晶（螺旋状液晶）：

和近晶相一样具有层状结构，但层内分子排列则与向列型液晶相似，分子长轴在层内相互平行，而在垂直这个平面上每层分子都会旋转一个角度，整体呈螺旋结构。



一 液晶基本知识

3. 液晶的光电特性

(1) 电场中液晶分子的取向

介电常数 $\epsilon_{//}$ (分子长轴方向), ϵ_{\perp} (分子短轴方向).

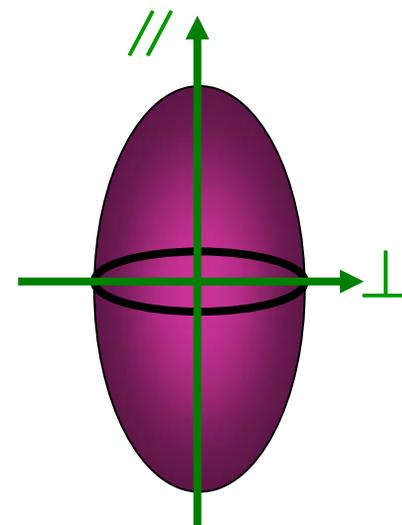
$\epsilon_{//} > \epsilon_{\perp}$: 正介电各向异性液晶; **P型液晶**

$\epsilon_{//} < \epsilon_{\perp}$: 负介电各向异性液晶; **N型液晶**

电场作用下分子排列发生**极化**:

N型液晶分子长轴 \perp 外电场;

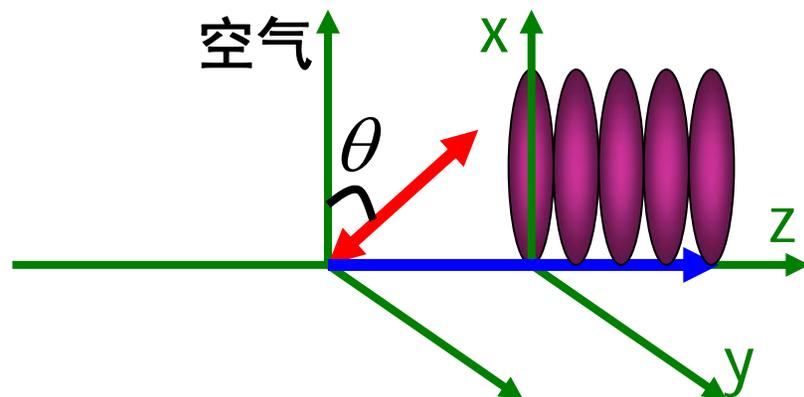
P型液晶长轴 $//$ 外电场



— 液晶基本知识

3. 液晶的光电特性

(2) 线偏振光在向列液晶中的传播



折射率的各向异性 Δn :

$$\Delta n = n_{//} - n_{\perp} = n_e - n_o$$

$$E_x = E_o \cos \theta \cos(\omega t - k_{//} z) = a \cos(\omega t - k_{//} z)$$

$$E_y = E_o \sin \theta \cos(\omega t - k_{\perp} z) = b \cos(\omega t - k_{\perp} z)$$

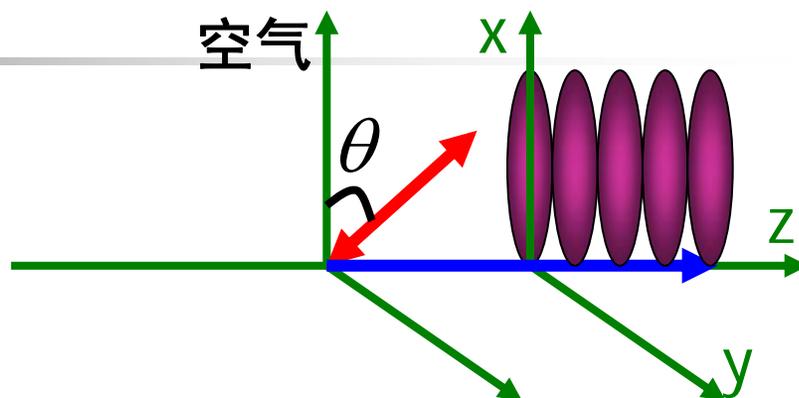
两光场位相差:

$$\delta = \frac{\omega z}{c} (n_{//} - n_{\perp})$$

— 液晶基本知识

3. 液晶的光电特性

(2) 线偏振光在向列液晶中的传播



合成光场矢端方程：

$$\left(\frac{E_x}{a}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{b}\right)^2 - 2E_x E_y \frac{\cos \delta}{ab} = \sin^2 \delta$$

$$\theta = 0, \frac{\pi}{2}$$

：偏振光的振动方向和状态不改变，
仍以线偏振光和原方向前进

$$\theta = \frac{\pi}{4}$$

：偏振方向改变，偏振态相继为椭圆、圆和线偏振光

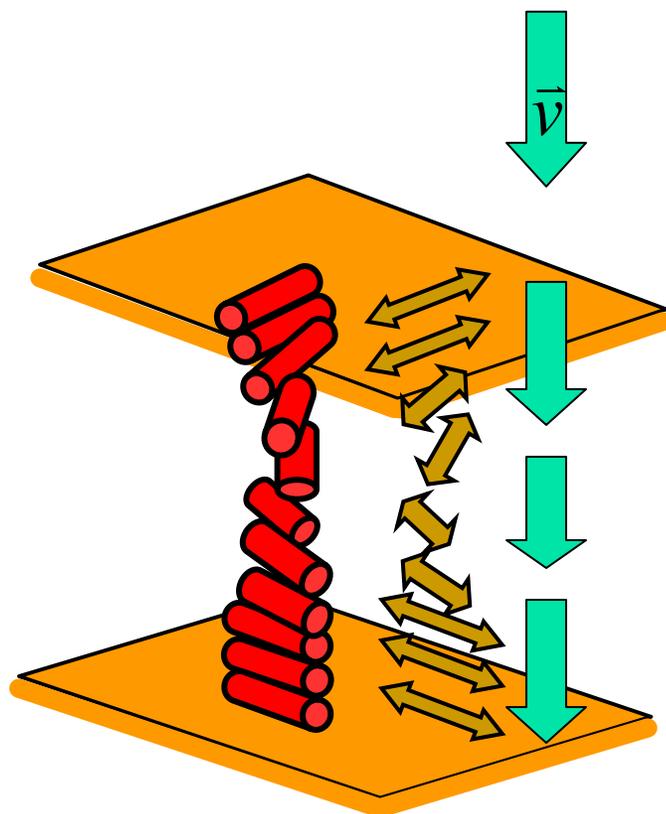
一 液晶基本知识

3. 液晶的光电特性

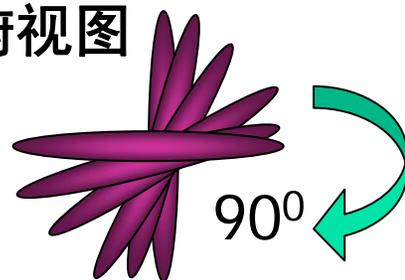
(3) 线偏振光在扭曲向列液晶中的传播

条件： 线偏振光垂直入射，
并沿液晶分子短轴方向传播

- 偏振方向和上层表面分子取向相同：
线偏振光偏振方向随分子轴旋转，
以平行于出口处分子轴的偏振方向输出
- 偏振方向和上层表面分子取向垂直：
以垂直于出口处分子轴的偏振方向输出
- 其它方向线偏振光入射：
根据平行分量和垂直分量的相位差值，
以椭圆、圆或直线等偏振态输出

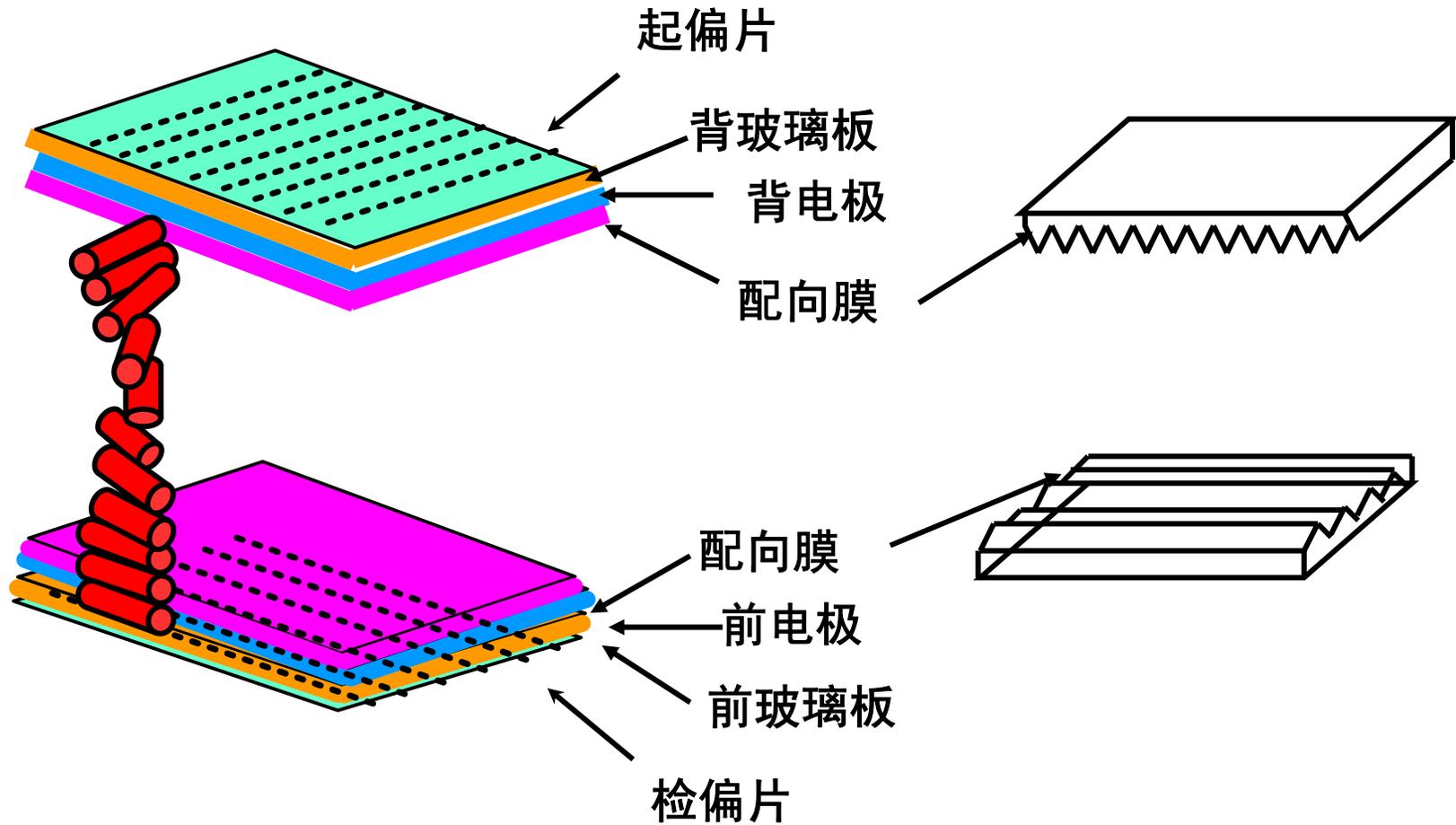


俯视图



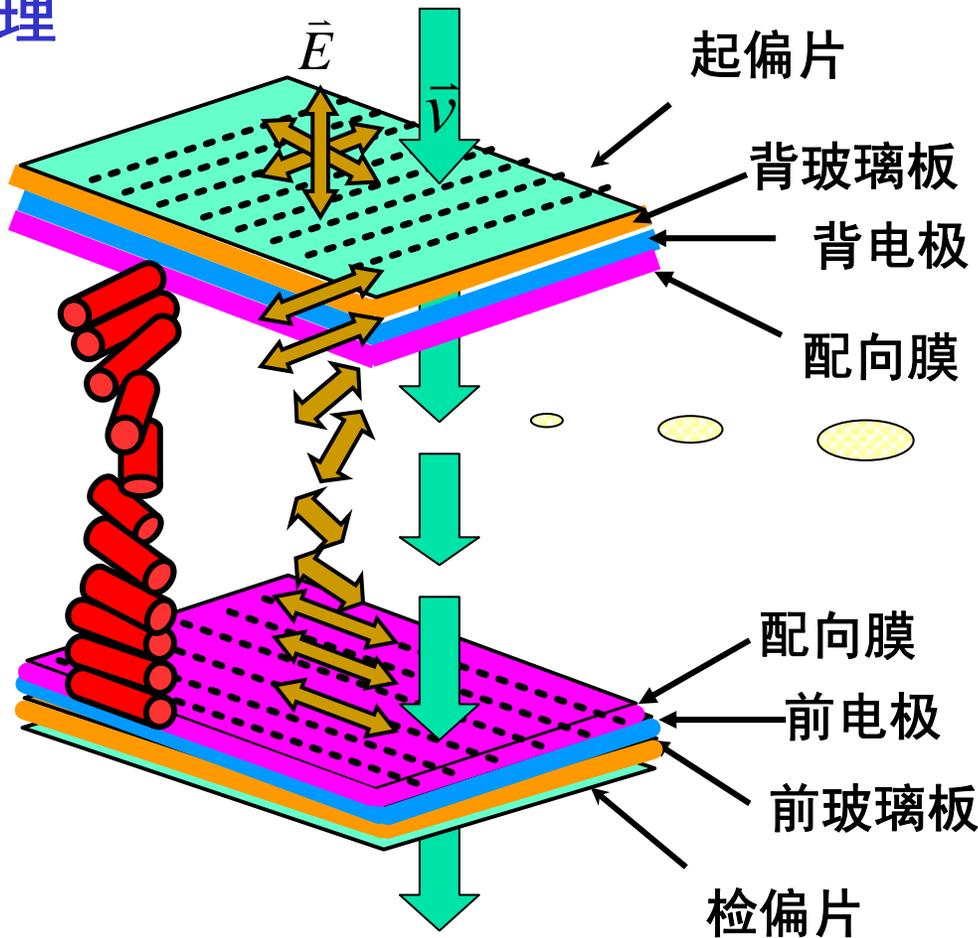
二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

1 结构



二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

2 工作原理



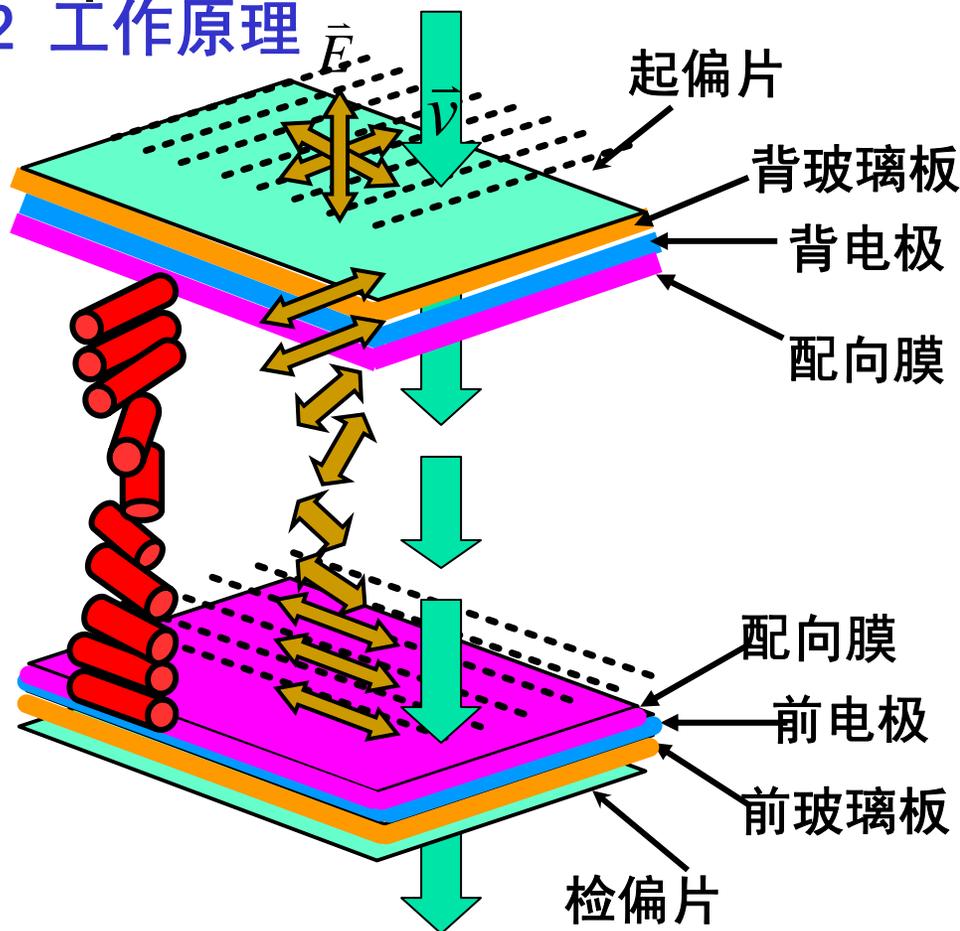
液晶分子层的
旋光效应

$$d \cdot \Delta n \gg \lambda / 2$$

屏幕发光：亮显示

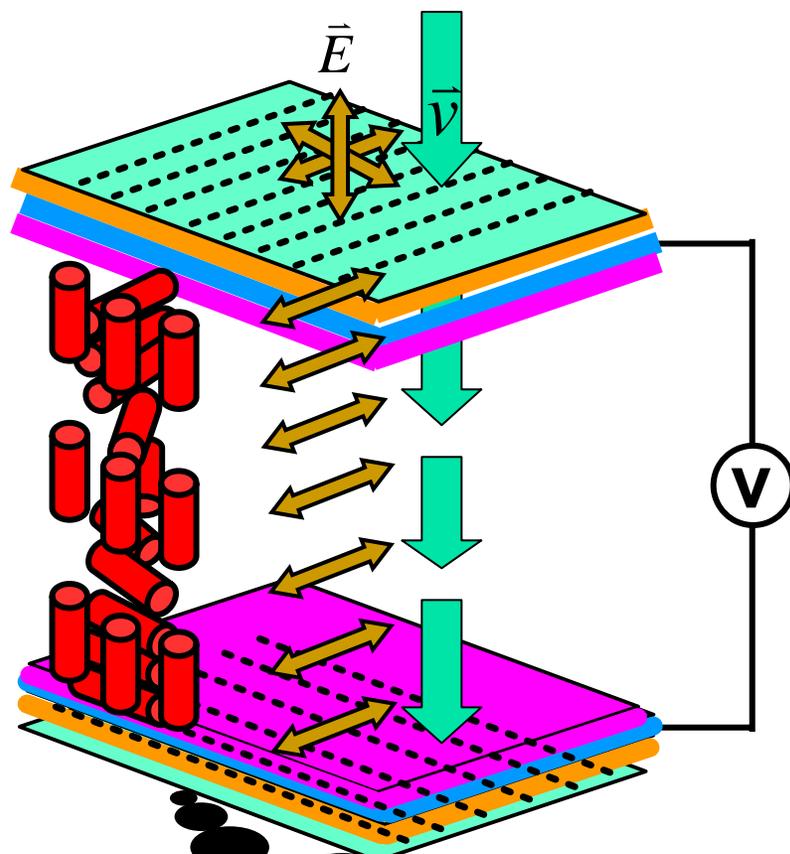
二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

2 工作原理



屏幕发光：亮显示

正显示模式：白底黑字；负显示模式：黑底白字



咋没光
呀？真黑

二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

3 电光特性

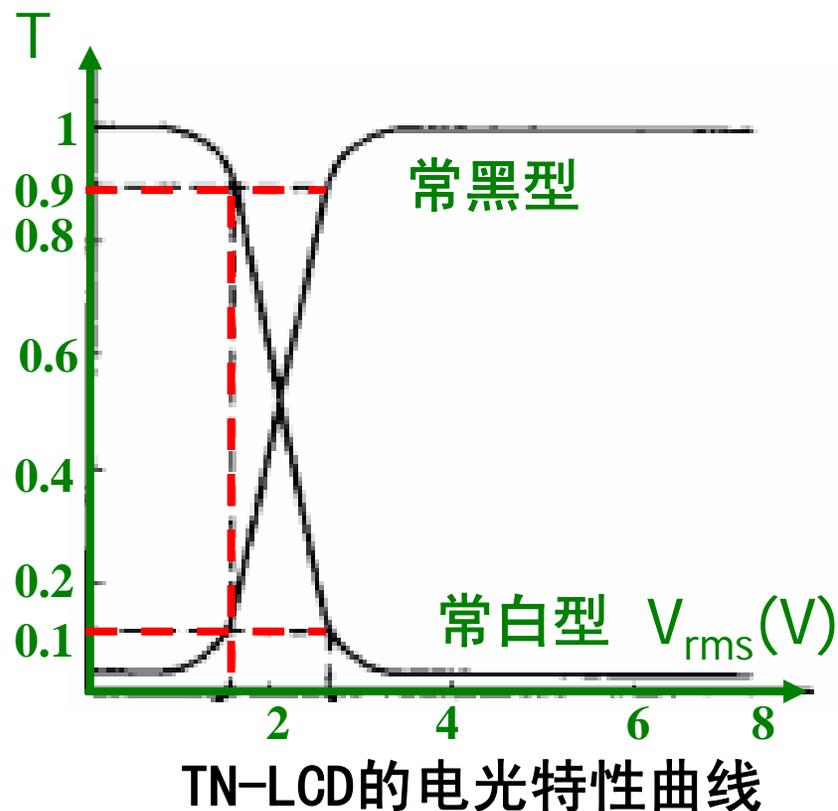
阈值电压 V_{th} ——透射率为器件最大透射率的10% (常黑型) 所对应的电压有效值, 1—2V

饱和电压 V_{sat} ——透射率为器件最大透射率90% (常黑型) 所对应的电压有效值

陡度

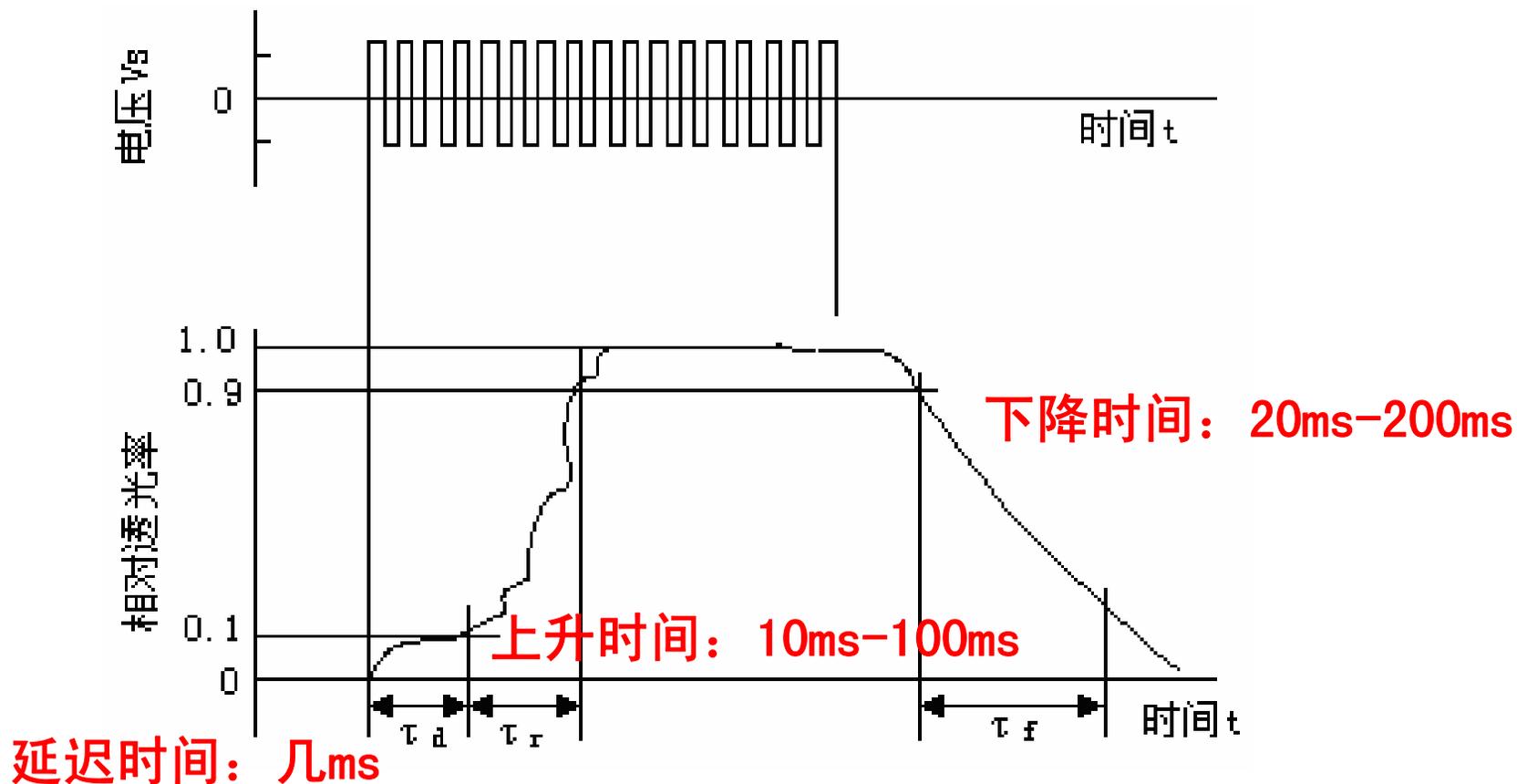
$$\gamma = \frac{V_{sat}}{V_{th}}$$

决定器件的**多路驱动能力**和**灰度性能**



二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

3 电光特性



TN-LCD的响应速度

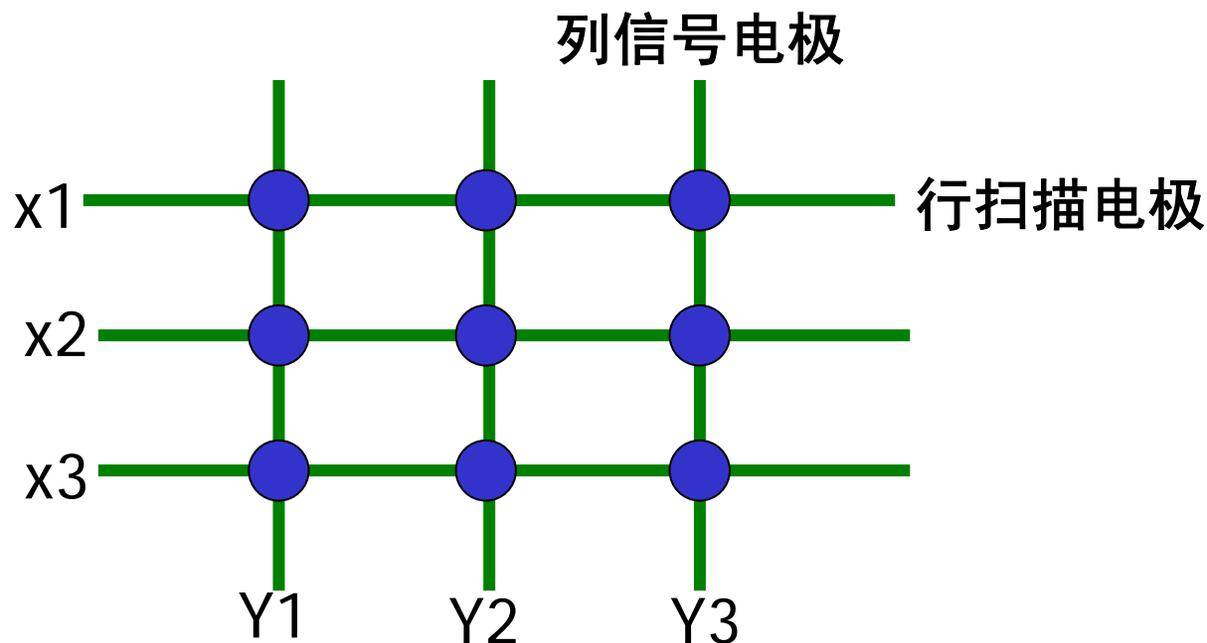
二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

4 驱动

驱动方式：静态驱动、矩阵寻址驱动

静态驱动——在需要显示的时间里分别同时给所需显示的段电极加上驱动电压，直到不需要显示的时刻为止。

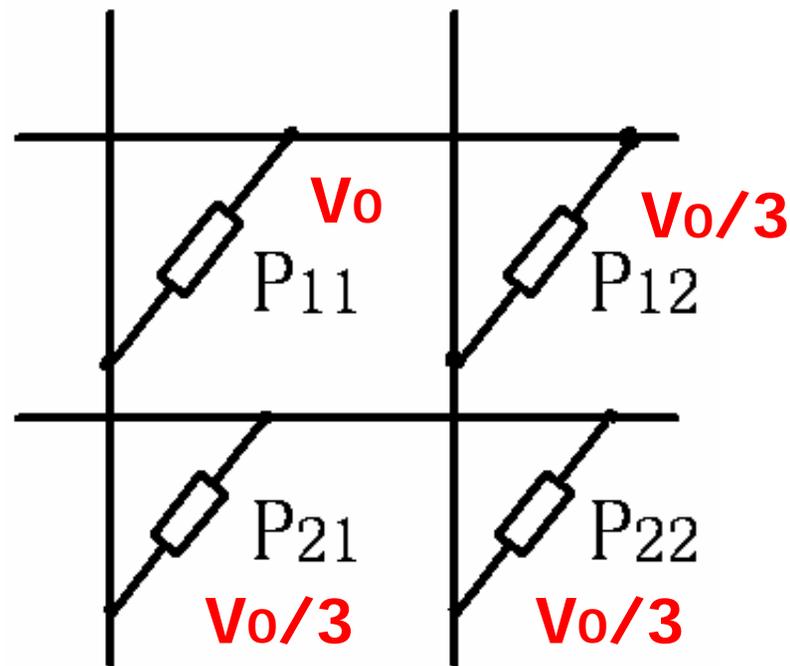
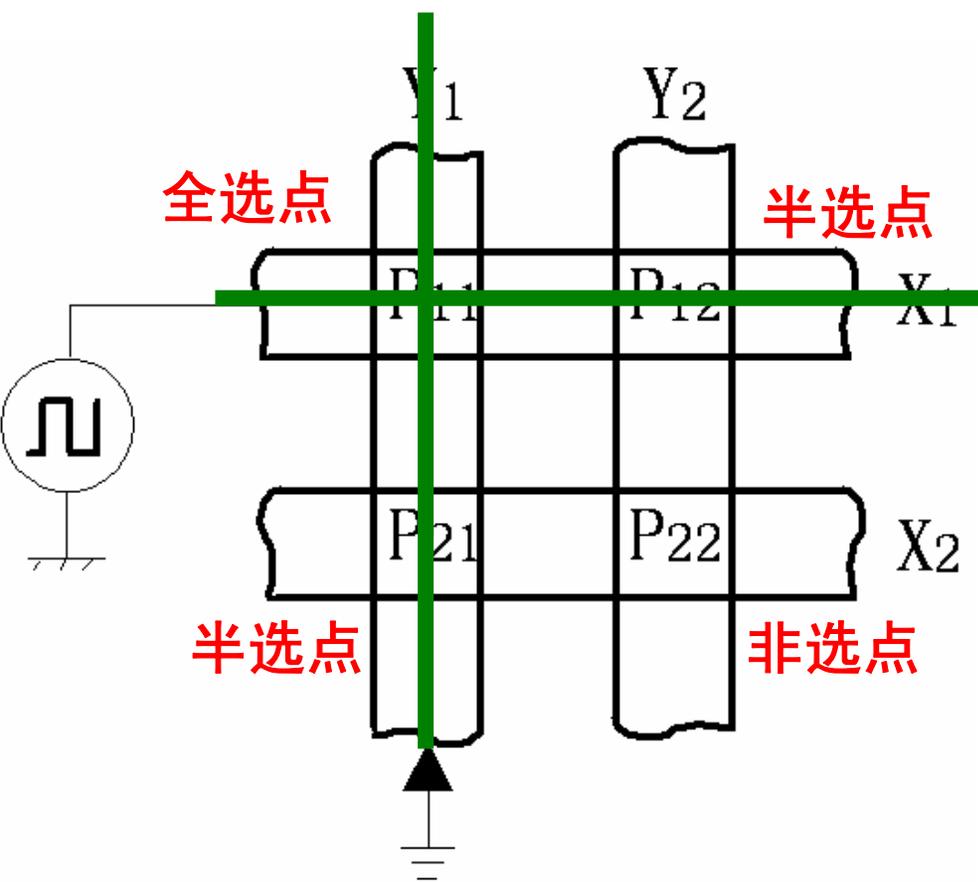
矩阵寻址驱动



二 扭曲向列型液晶显示 (TN-LCD, 第二代, 1971-1984)

4 驱动

矩阵寻址驱动交叉效应

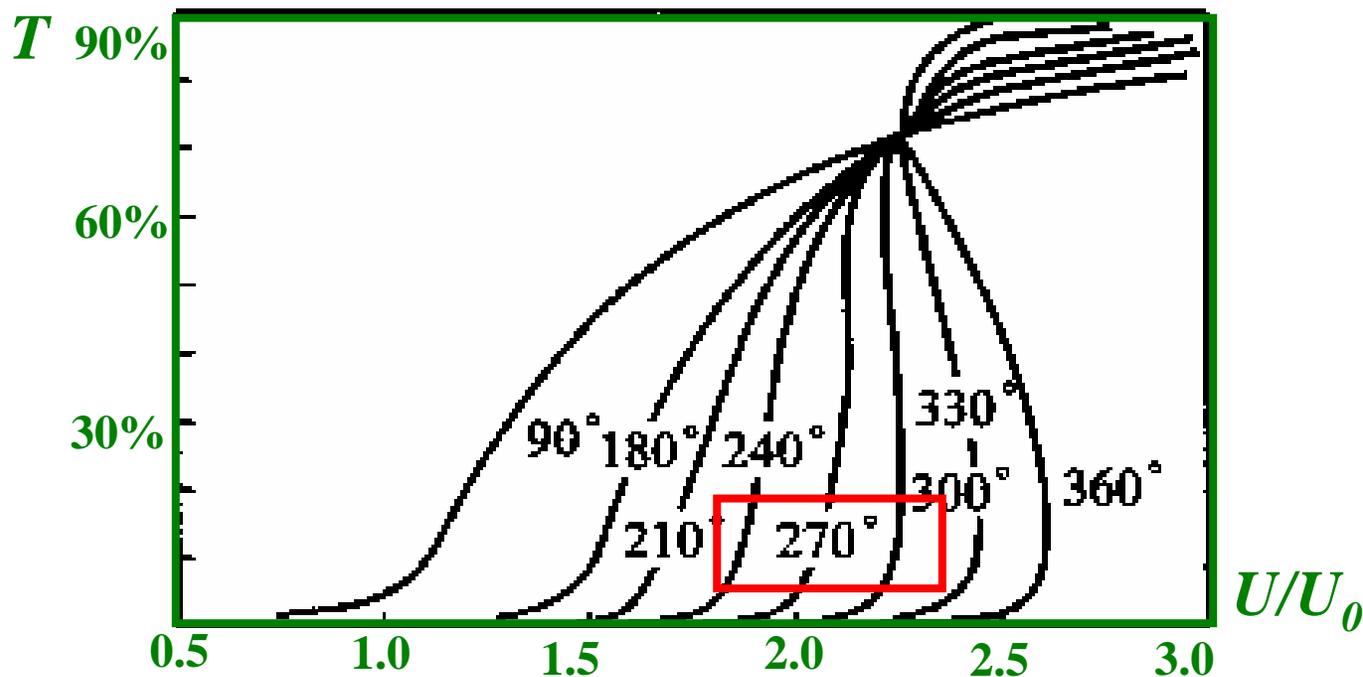


三 超扭曲向列相液晶显示器 (STN-LCD, 1985-1990)

1. 结构

组成部分：和TN-LCD类似，增加补偿膜用于有色背景的补偿。

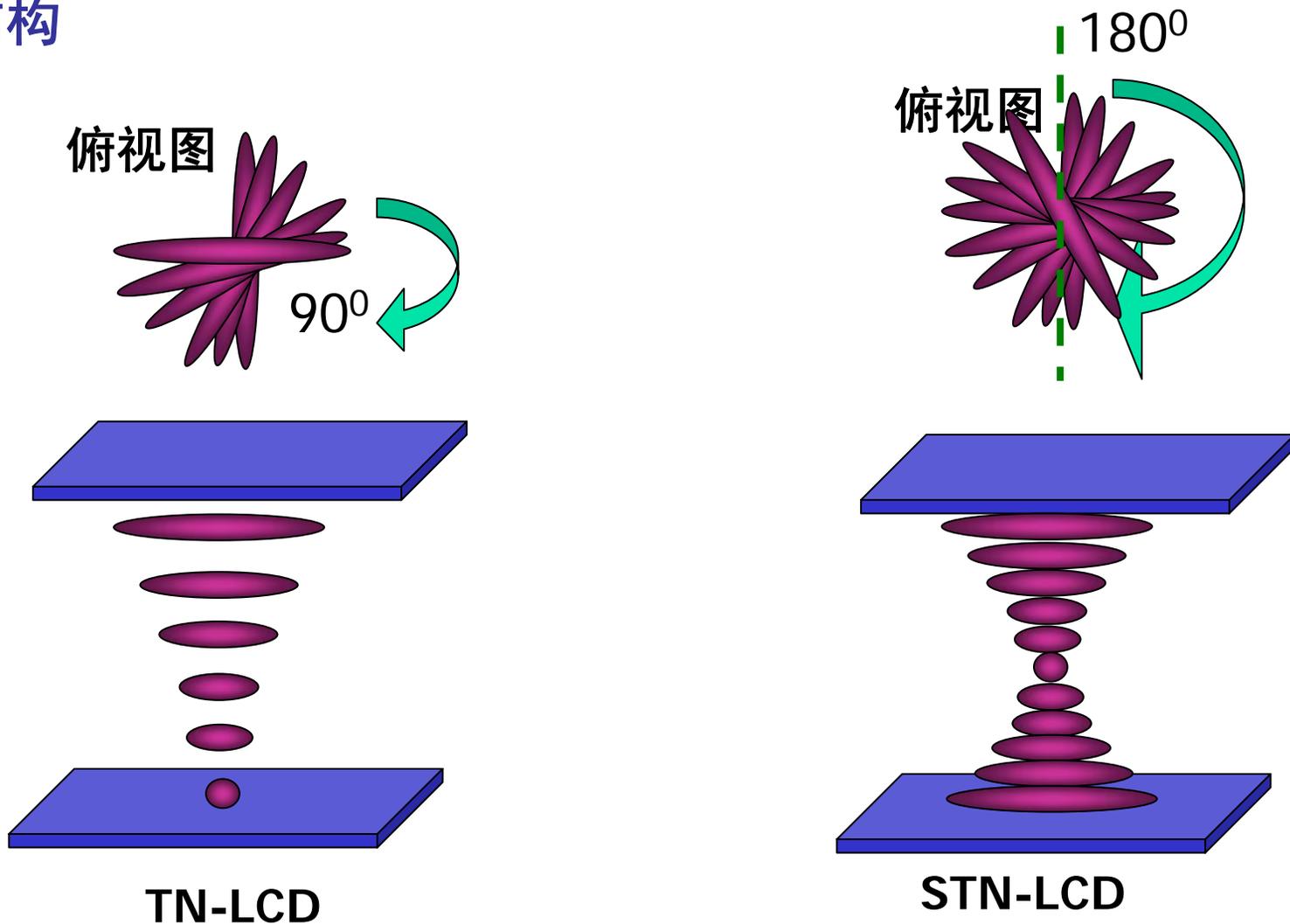
特点：上、下表层分子空间呈 $180^\circ \sim 240^\circ$ 扭曲分布。



TN与STN型LCD对电压穿透率曲线

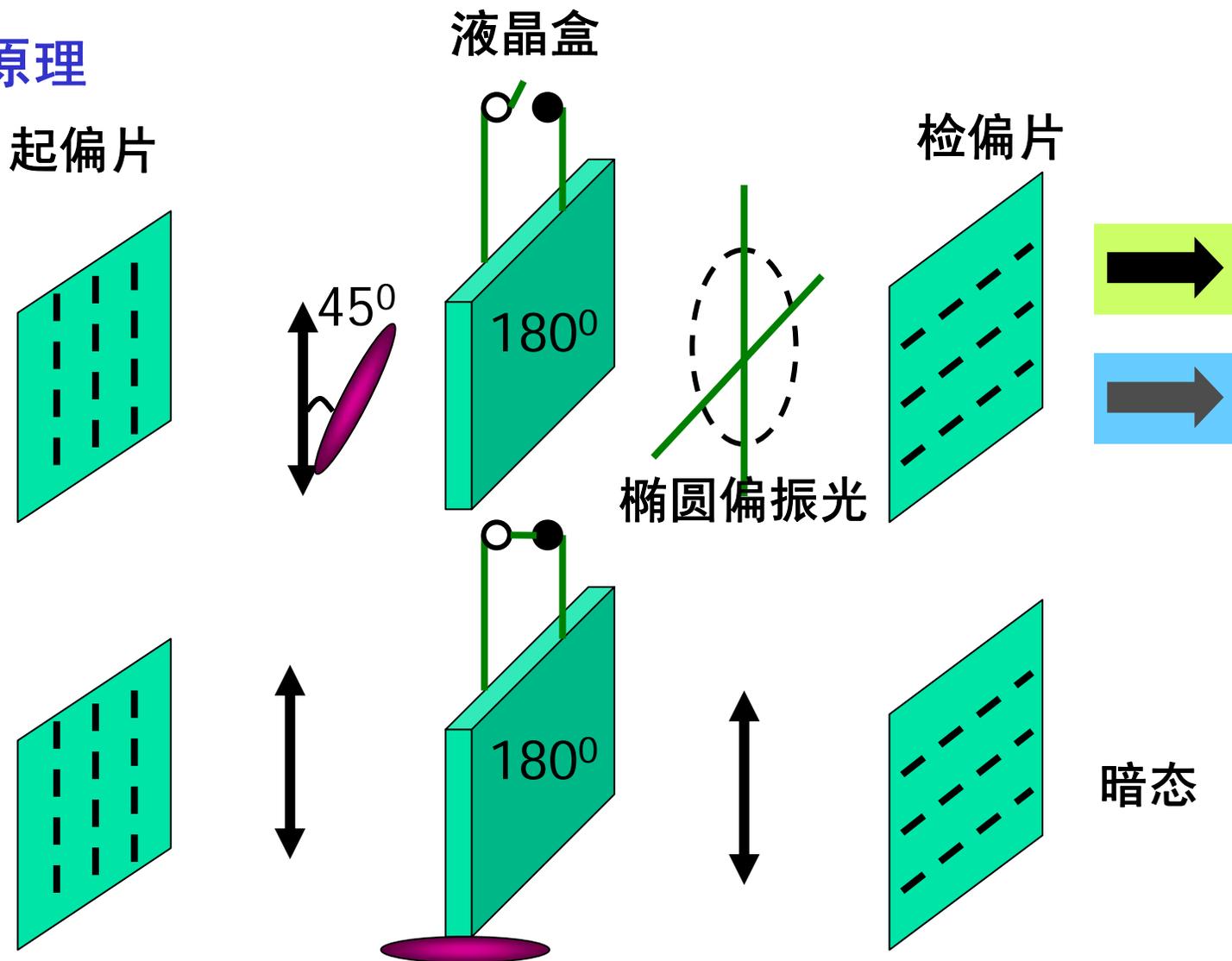
三 超扭曲向列相液晶显示器 (STN-LCD, 1985-1990)

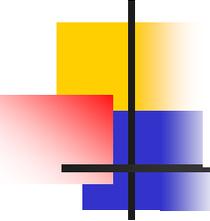
1. 结构



三 超扭曲向列相液晶显示器 (STN-LCD, 1985-1990)

2. 工作原理





四 有源矩阵液晶显示器件AM-LCD

TN、STN-LCD的缺点：

- 采用矩阵寻址法，产生“交叉效应”。
- 每个像素相当于一个平行板电容器，该电容并无法将电压保持到下一次再更新画面数据的时候。

AM-LCD的设计思路：

- 在每个像素上设计一个非线性有源器件，使像素被独立驱动，克服交叉效应。
- 借助存储电容，使像素两端电压在一帧时间内保持不变。

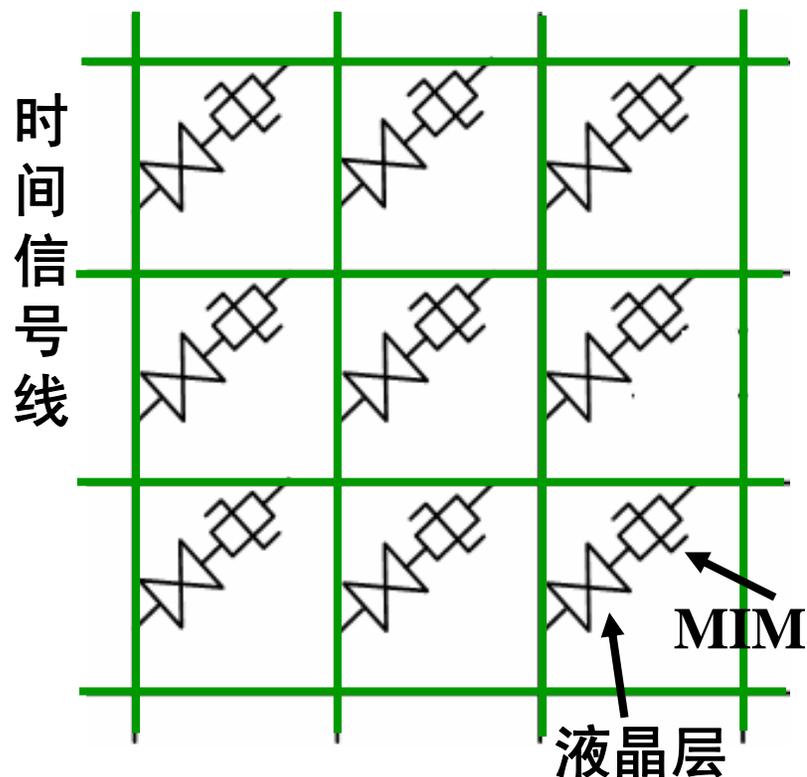
AM-LCD的种类：

- 二端型：以MIM（金属-绝缘体-金属）二极管阵列为主
- 三端型：以薄膜晶体管（TFT）为主

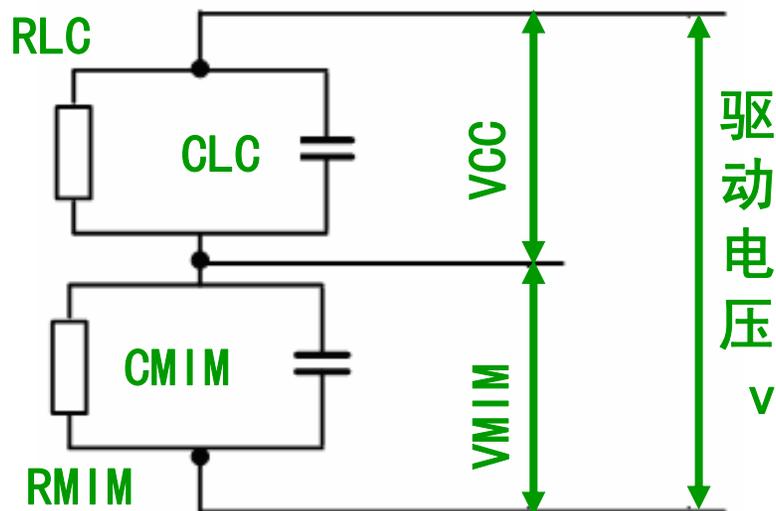
四 有源矩阵液晶显示器件AM-LCD

1. 二端有源矩阵液晶显示

数据信号线



二端有源矩阵液晶显示的电极排列结构

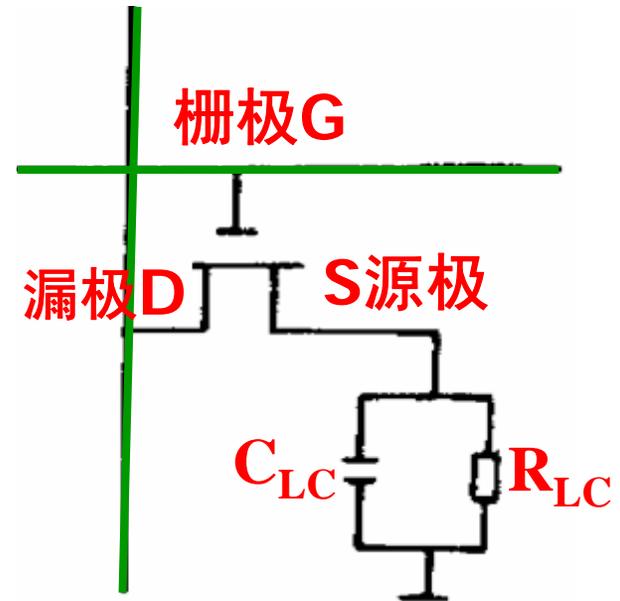
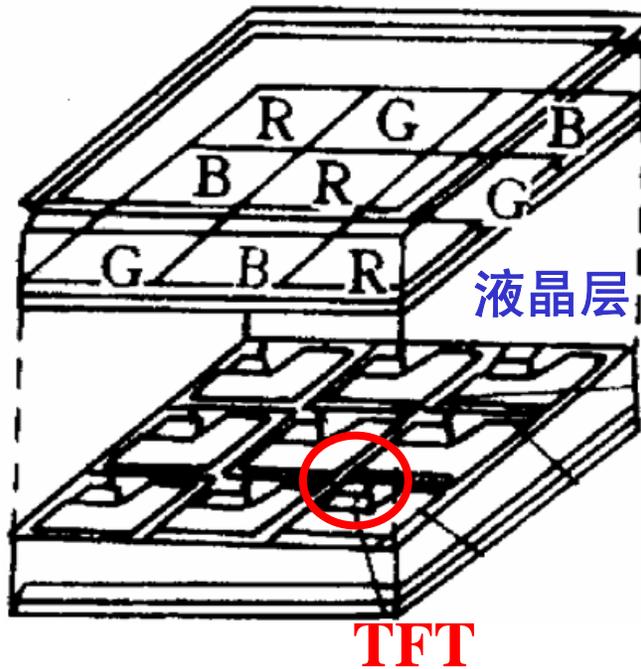


MIM矩阵等效电路

四 有源矩阵液晶显示器件AM-LCD

2. 三端有源矩阵液晶显示

结构特点：在每个像素上串联一个薄膜晶体管。



三端有源矩阵液晶显示的结构和等效电路

五 LCD中的其它元件

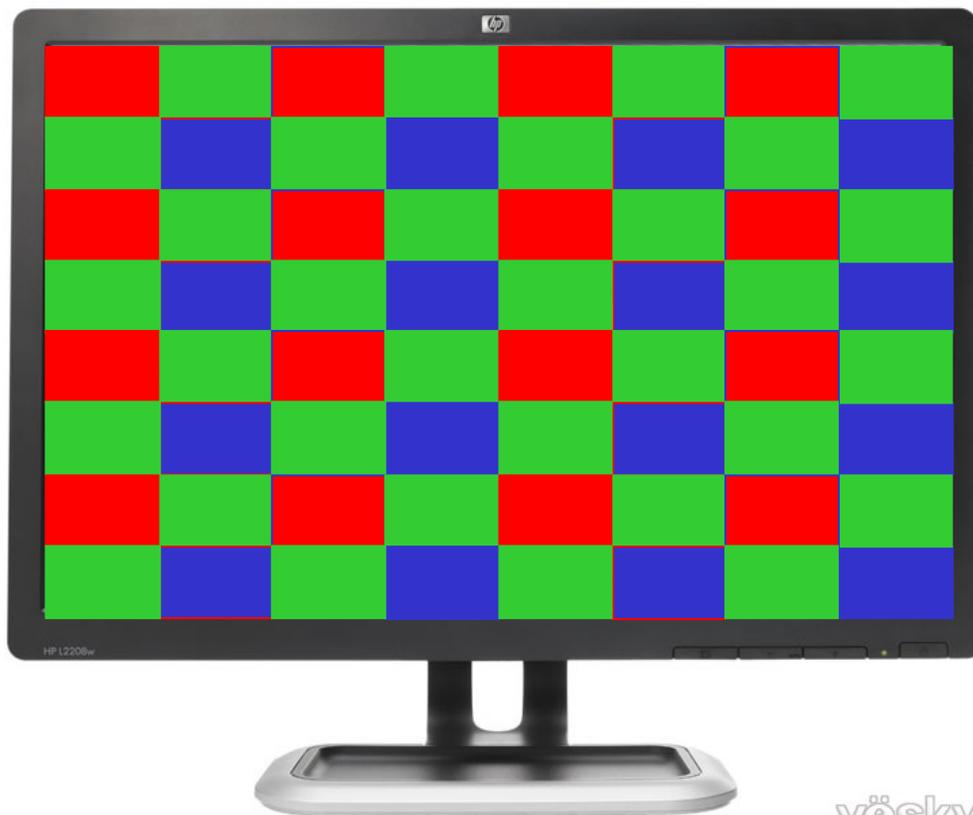
1. 背光源



2010, 三星, LED液晶电视, 厚度7.9mm, 全球最薄电视

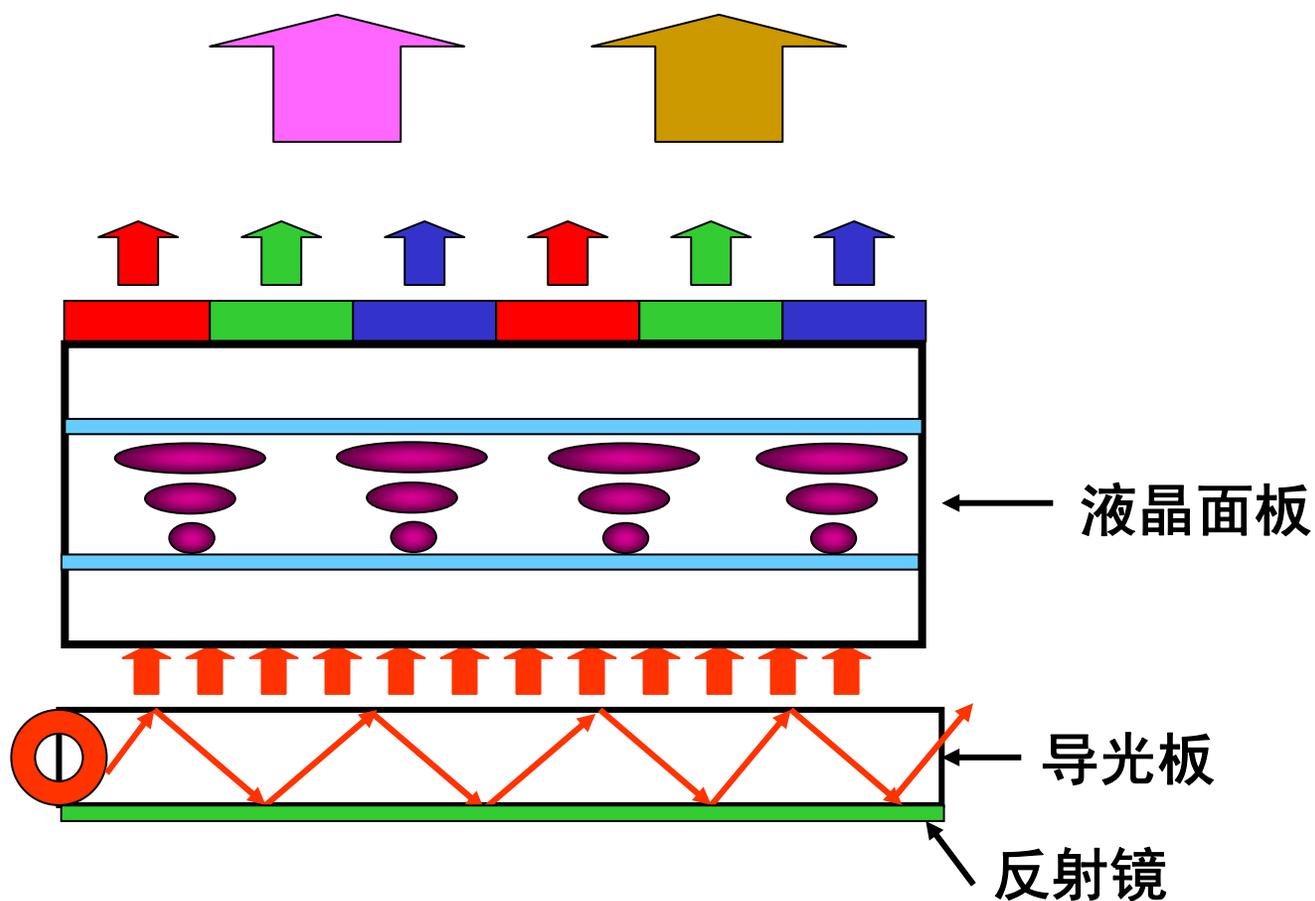
五 LCD中的其它元件

2. 滤色片



五 LCD中的其它元件

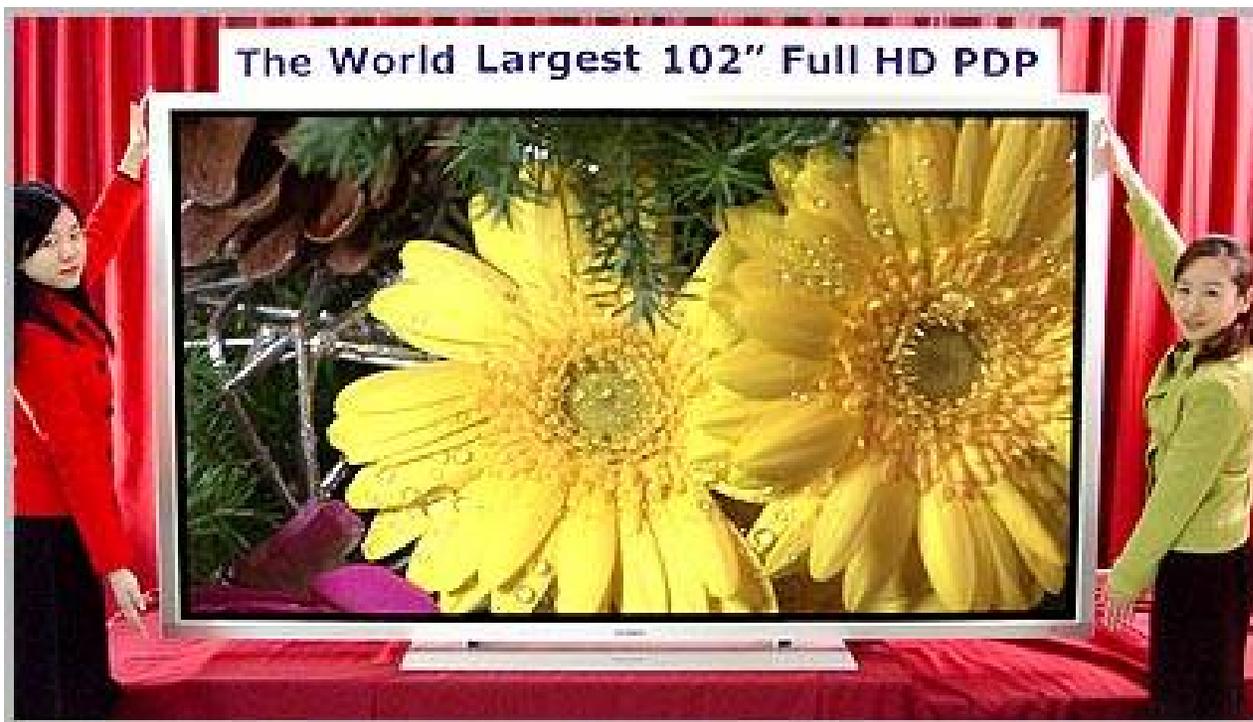
2. 滤色片



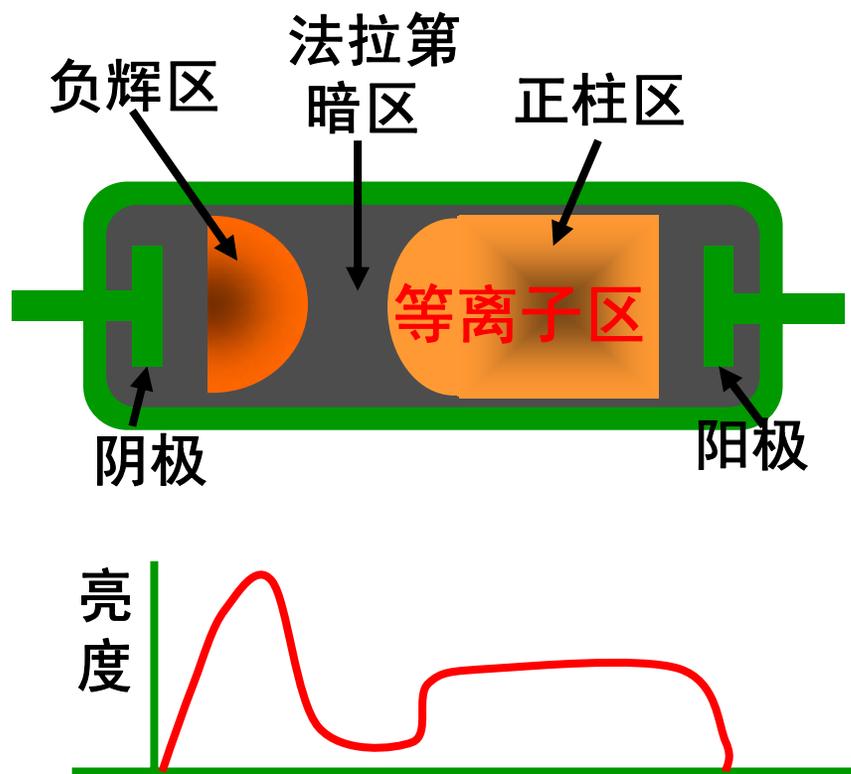
6.7 等离子体显示

(PDP Plasma Display Panel)

——利用**气体放电**产生发光现象的平板显示



一 气体放电基本知识



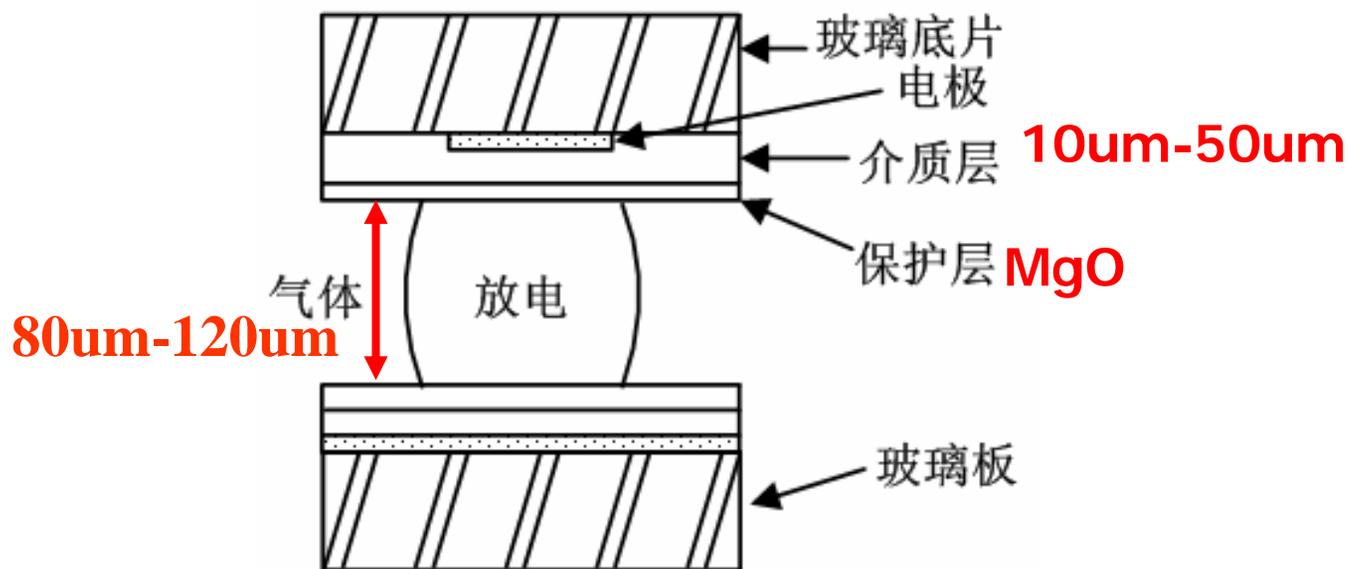
电极通电——电子逸出形成
电流——自由电子和气体原子碰撞——惰性气体激发为
等离子状态——新产生电子
再次参加电离——气体中带
电粒子不断增值

氖气：400–700nm，其中
582 nm的光辐射占整个光强的
35–40%，氖气发**橙红色**
光。

放电单元极间放电时的发光区域和光强度分布

二 单色等离子体显示

1. 基本结构

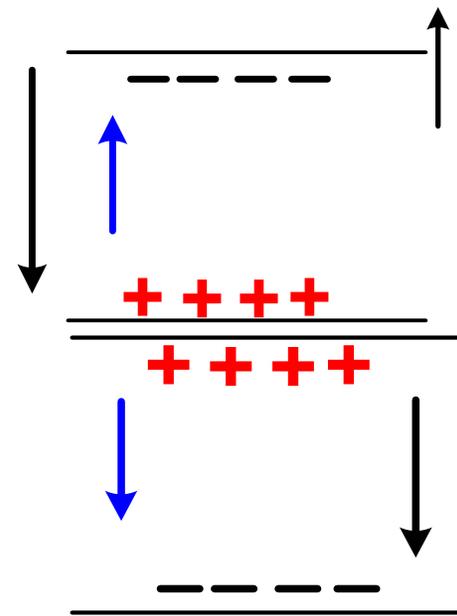
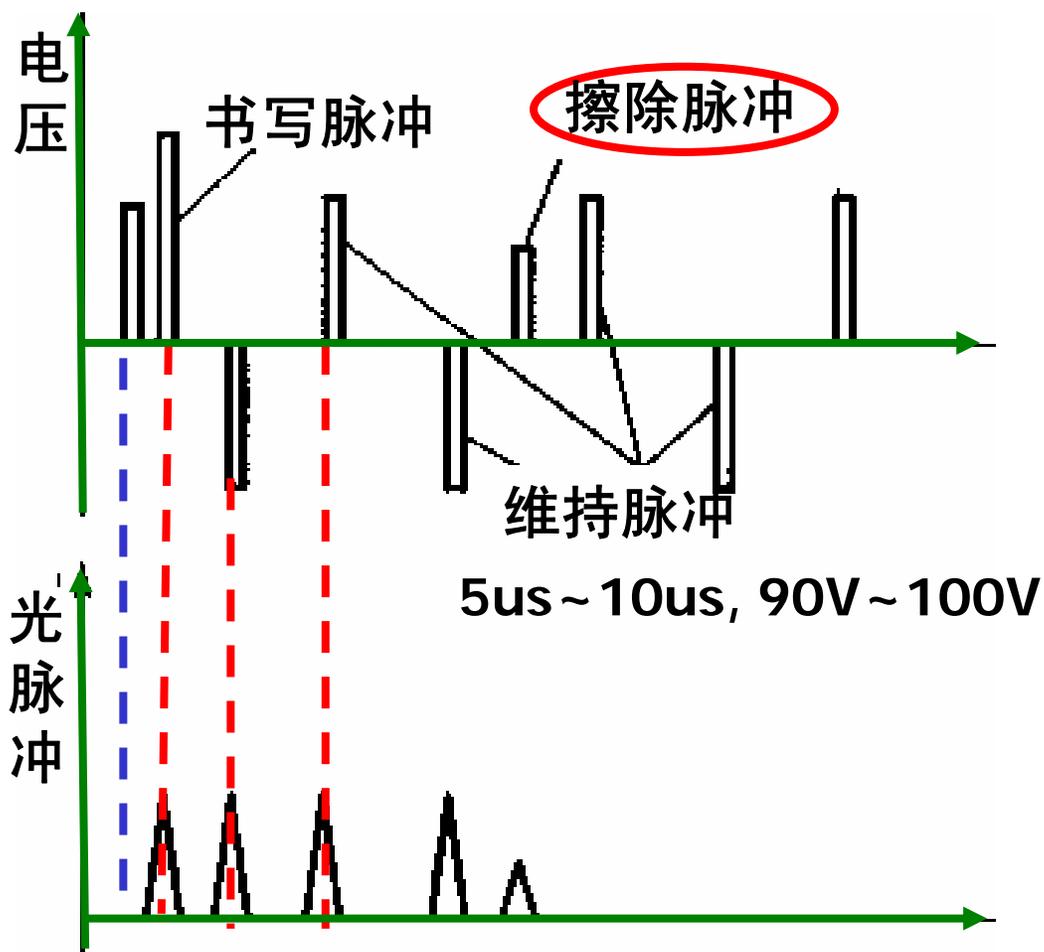


AC-PDP结构示意图

二 单色等离子体显示

存储特性

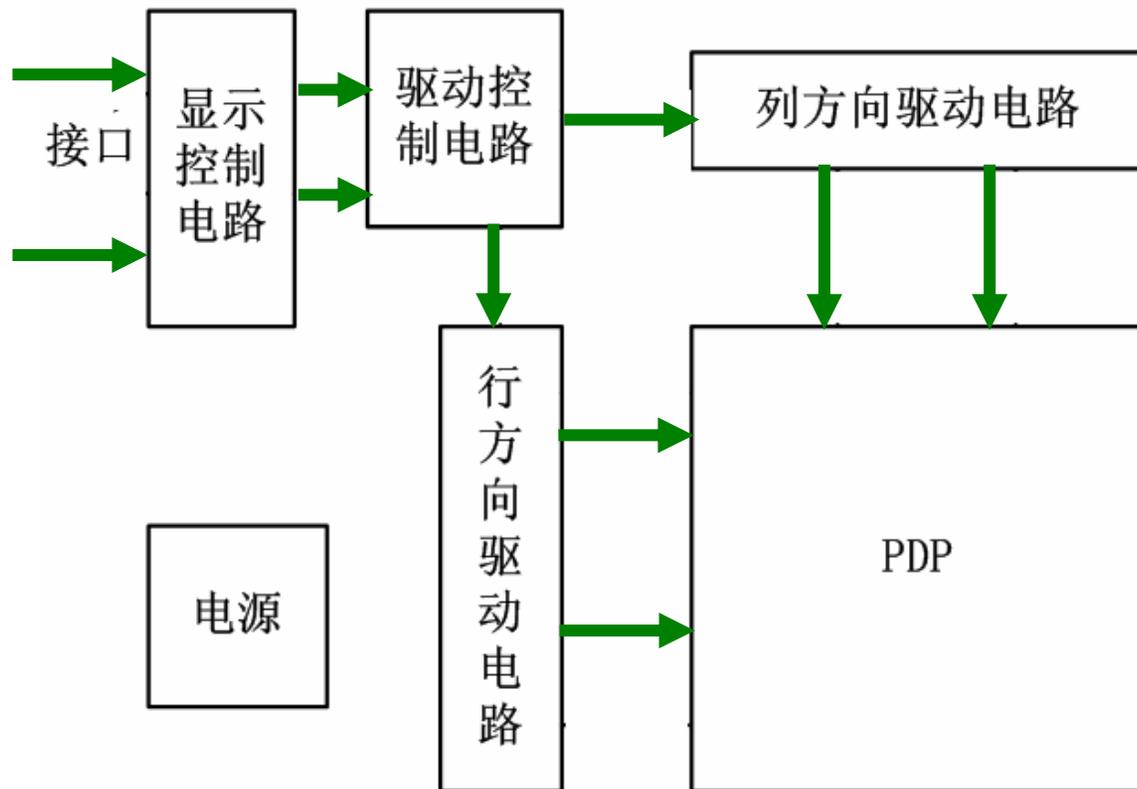
2. 工作原理



AC-PDP的维持、书写和擦除脉冲工作方式

二 单色等离子体显示

3 AC-PDP的驱动



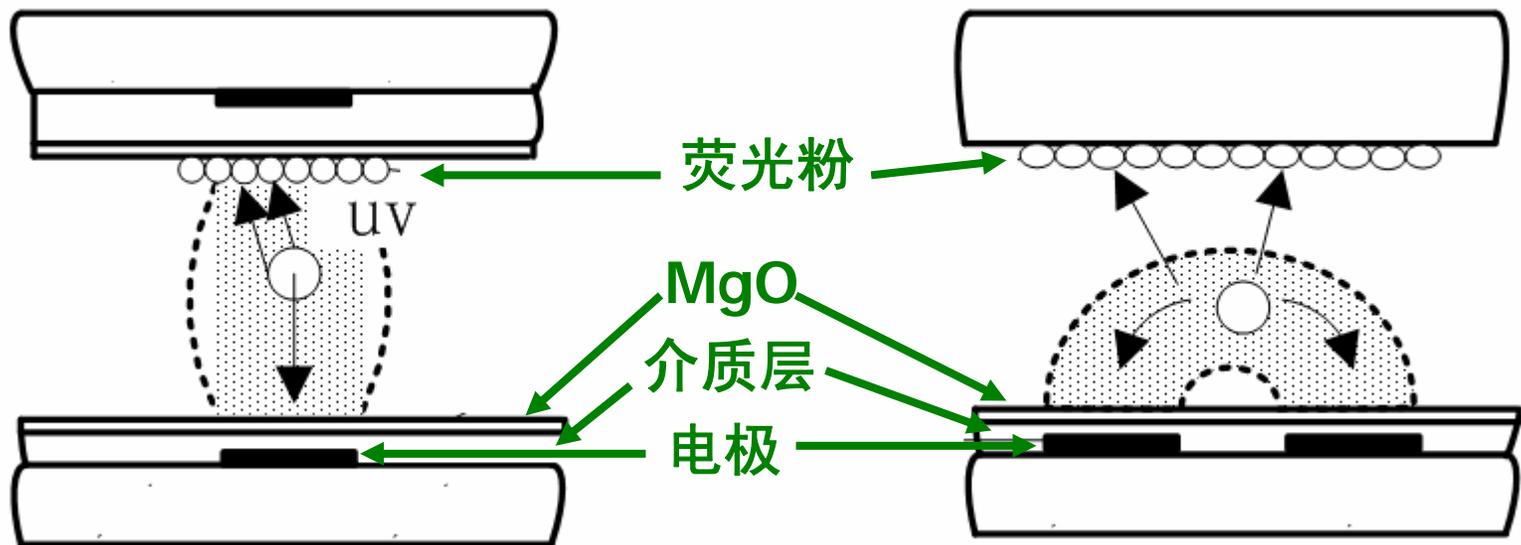
单色AC-PDP驱动电路原理图

三 彩色PDP显示器工作原理

1. 原理

利用气体放电产生的电子或**紫外光**激发低压荧光粉或光致荧光粉发出彩色光，实现彩色图像显示。

2. 基本结构

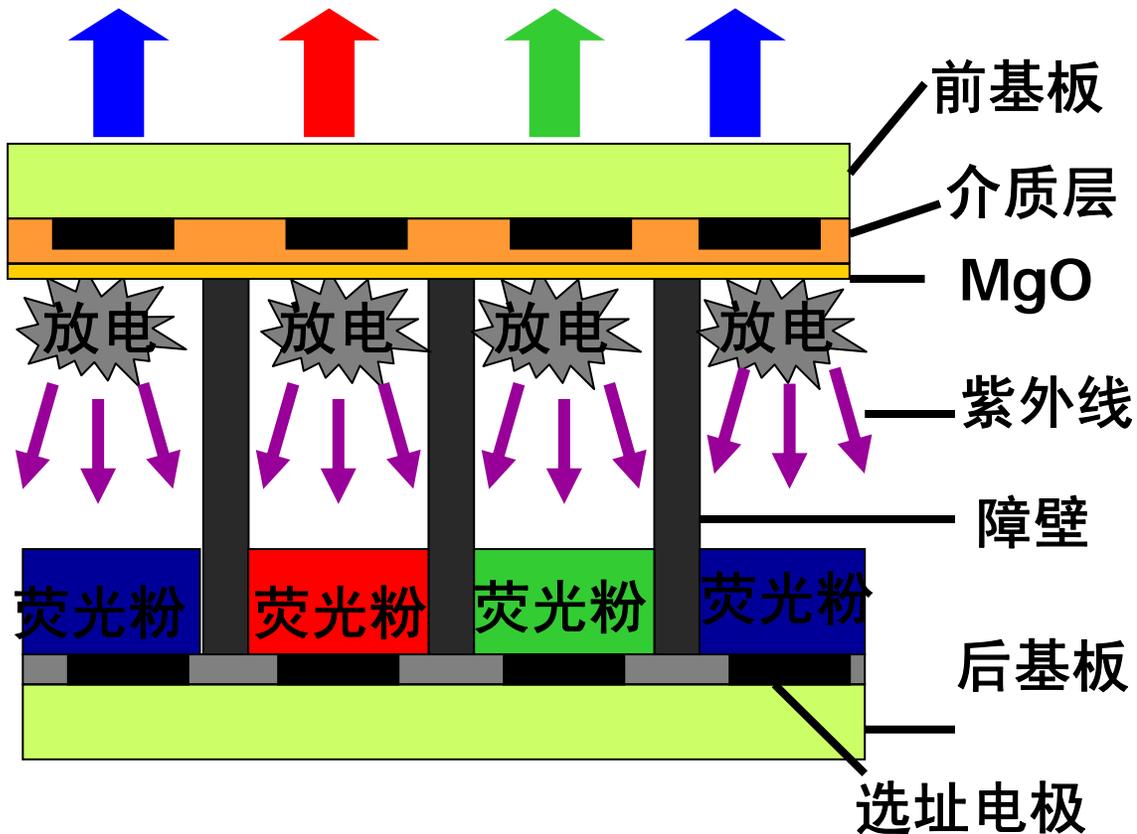


对向放电式AC-PDP

表面放电式AC-PDP

三 彩色PDP显示器工作原理

2. 基本结构



表面放电式彩色AC-PDP结构图