



南京工业大学  
NANJING TECH  
UNIVERSITY

光电信息科学与工程

# 第3章 光源及辐射源

## 3.1 光源选择的基本要求和光源的分类

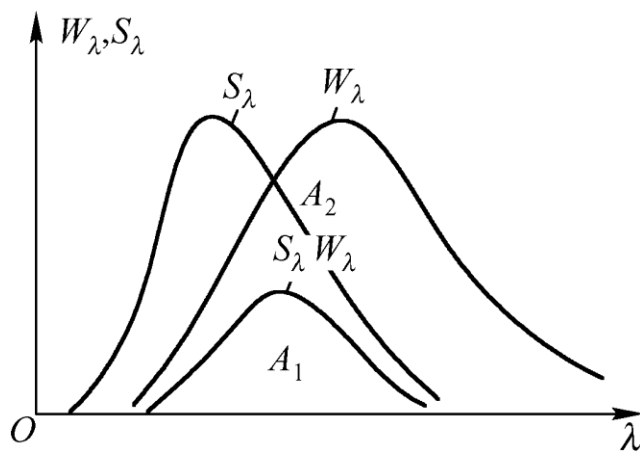
### 1. 对光源发光光谱特性的要求

一般的光电检测系统都要求光源特性满足检测需要

为增大光电检测系统的信号和信噪比，这里引入光源和光电探测器之间光谱匹配系数的概念，以此描述两光谱特性间的重合程度或一致性。光谱匹配系数 $\alpha$ 定义为：

$$\alpha = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\int_0^{\infty} W_{\lambda} \cdot S_{\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} W_{\lambda} d\lambda}$$

$W_{\lambda}$ ——波长 $\lambda$ 时，光源光辐射通量的相对值； $S_{\lambda}$ ——波长 $\lambda$ 时，光电探测器灵敏度的相对值； $A_1$ 和 $A_2$ 的物理意义如图3-1所示，它们分别表示 $W_{\lambda} \cdot S_{\lambda}$ 和 $W_{\lambda}$ 两曲线与横轴所围成的面积。



## 2. 对光源发光强度的要求

为确保光电检测系统的正常工作，通常对系统所采用的光源或辐射源的强度有一定的要求

## 3. 对光源稳定性的要求

不同的光电检测系统对光源的稳定性有着不同的要求。稳定光源发光的方法很多，一般要求时，可采用稳压电源供电。当要求较高时，可采用稳流电源供电，所用光源应预先进行老化处理。当有更高要求时，可对发出光进行采样，然后反馈控制光源的输出。计量用标准光源通常采用高精度仪器控制下的稳流源供电

#### 4. 对光源其它方面的要求

广义来说，任何发出光辐射的物体都可以叫作光辐射源。这里所指的光辐射包括紫外光、可见光和红外光的辐射。通常把发出可见光为主的物体叫作光源，而把发出非可见光为主的物体叫做辐射源。

按照光辐射来源不同，通常将光源分成两大类：自然光源和人工光源。

表3-1列出了不同天空条件下地面景物的自然照度；表3-2列出了不同天空条件下近地天空的亮度。表3-3列出了各自然辐射源的星等和对地面产生的照度。

表 3-1 地面景物的自然照度

天 空 情 况	照度(lx)	天 空 情 况	照度(lx)
阳光直射	$1 \sim 1.3 \times 10^5$	暗晨昏朦影	1
日间晴天(无直射阳光)	$1 \sim 2 \times 10^4$	满月	$10^{-1}$
阴天	$10^3$	上、下弦月	$10^{-2}$
浓天白天	$10^2$	无月晴空	$10^{-3}$
晨昏朦影	10	无月阴空	$10^{-4}$

表 3-2 近地天空的亮度

天 空 情 况	亮度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	天 空 情 况	亮度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
晴天	$10^4$	晴天(日落后半小时)	$10^{-1}$
阴天	$10^3$	明亮月光	$10^{-2}$
阴沉天	$10^2$	无月晴空	$10^{-3}$
阴天(日落时)	10	无月阴空	$10^{-4}$
晴天(日落后一刻钟)	1		

表 3-3 各自然辐射源的星等和对地面的照度

辐 射 源	星 等	对地面的照度(lx)
太阳	-26.73	$1.30 \times 10^5$
点光源(1cd 距 1m 处)	-13.9	1.00
满月	-12.5	$2.67 \times 10^{-1}$
金星(最亮时)	-4.3	$1.39 \times 10^{-4}$
天狼星	-1.42	$9.8 \times 10^{-6}$
零等星	0	$2.65 \times 10^{-6}$
一等星	1	$1.05 \times 10^{-6}$
六等星	6	$1.05 \times 10^{-8}$

## 3.2 热光源

### 3.2.1 黑体及黑体光强标准器

#### 1. 黑体辐射的主要公式

在任意温度条件下，能全部吸收入射在其表面上的任意波长辐射的物体叫做绝对黑体，或简称黑体。

研究黑体辐射的最基本公式是普朗克公式，它给出了绝对黑体在绝对温度为  $T$  时的光谱辐射出射度：

$$M_{\lambda} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5 (e^{hc/k\lambda T} - 1)}$$

式中  $M_{\lambda}$ ——波长  $\lambda$  处的单色辐射出射度；

$\lambda$ ——波长 (m)；

$h$ ——普朗克常数，其值为  $6.626 \times 10^{-34} (J \cdot s)$ ；

$c$ ——真空中光速，其值为  $2.998 \times 10^8 (m/s)$ ；

$k$ ——波尔兹曼常数，其值为  $1.38 \times 10^{-23} (J/K)$ ；

$T$ ——绝对温度 (K)；

$d$ ——第一辐射常数，其值为  $3.74 \times 10^{-16} (W \cdot m)$ ；

$c_2$ ——第二辐射常数，其值为  $1.439 \times 10^{-2} (m \cdot K)$ 。

利用上述普朗克公式可以导出以下各实用公式。

① 斯蒂芬-波尔兹曼公式

$$M = \sigma T^4$$

式中  $\sigma$  称为波尔兹曼常数

② 黑体最大辐射波长  $\lambda_m$  公式，即维恩位移定律

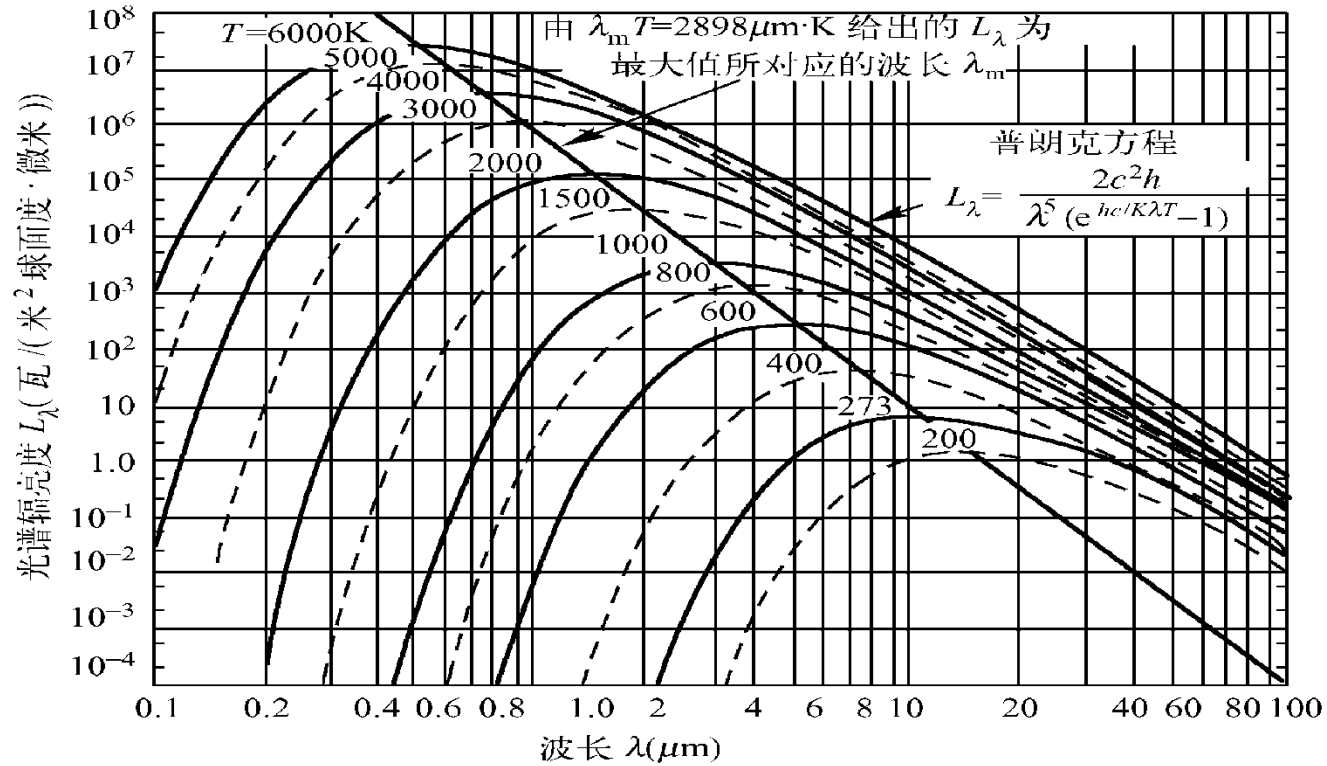
$$\lambda_m T = 2898$$

③ 黑体最大辐射波长处的辐射出射度公式

$$M_{\lambda_m} = BT^5$$



黑体辐射的光谱分布如图3-2中曲线所示。



为方便实际能量的估算，给出有关部分能量的分布，如表3-5所示。

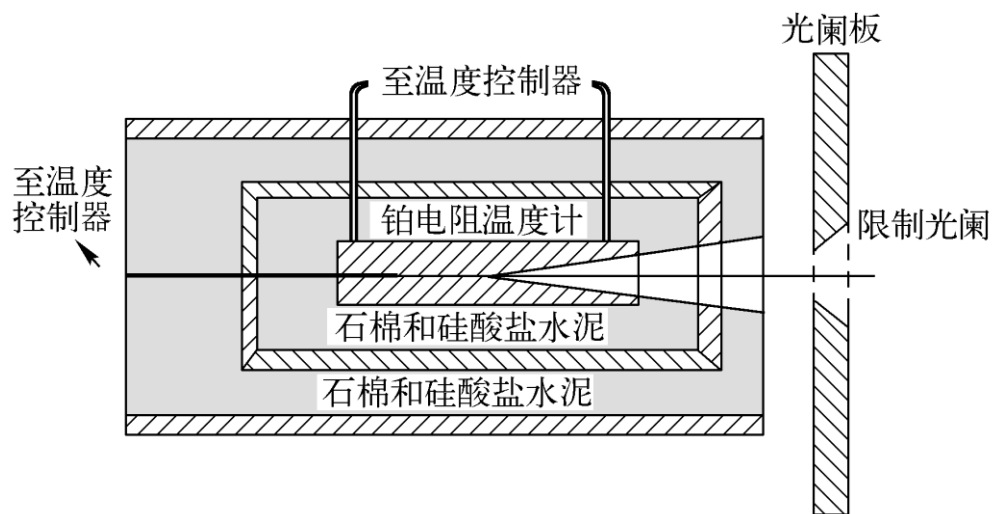
表 3-5 特征波长公式及能量分布

波 长	关 系 式	能 量 分 布
峰值波长	$\lambda_m T = 2898$	$0 \sim \lambda_m, 25\%$
		$\lambda_m \sim \infty, 75\%$
半功率波长	$\lambda' T = 1728$ $\lambda'' T = 5270$	$0 \sim \lambda', 4\%$
		$\lambda' \sim \lambda'', 67\%$
		$\lambda'' \sim \infty, 29\%$
能量中心波长	$\lambda''' T = 4110$	$0 \sim \lambda''', 50\%$
		$\lambda''' \sim \infty, 50\%$

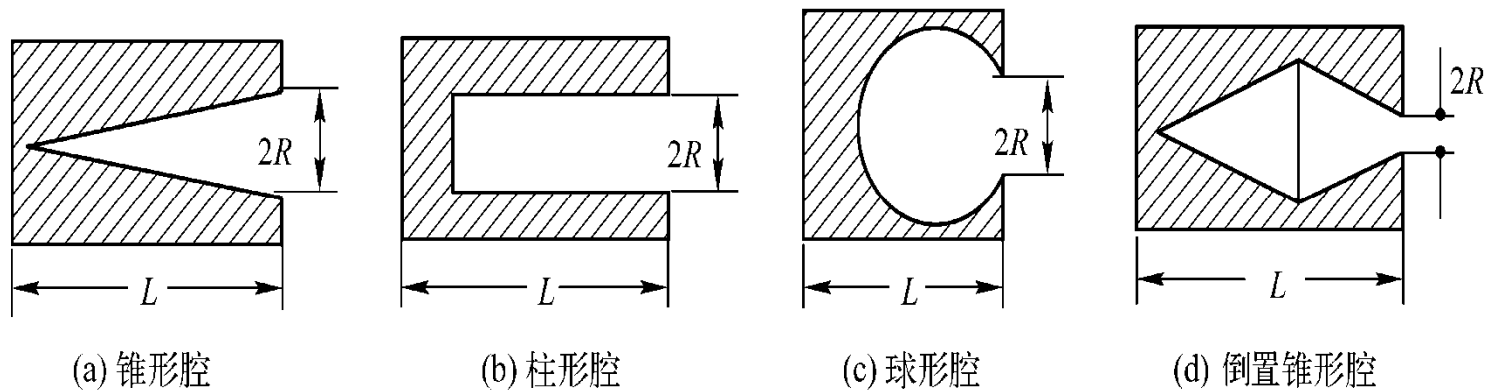
## 2. 腔型黑体辐射源

按照物理学的原理可知，等温密闭空腔中的辐射是黑体辐射

典型的腔型黑体辐射源的基本结构原理如图3-3所示，它主要由黑体腔子、加温绕组、测温计和温度控制器等部分组成。



常用的黑体腔子有四种基本结构，其断面如图3-4所示。它们分别是锥形腔、柱形腔、球形腔和倒置锥形腔。



理想黑体的比辐射率为1，对于实际工作中的标准黑体应该做到：  
(1)比辐射率接近1并已知；(2)腔体内温度均匀；(3)温度可调，并可知调定的温度；(4)限制光阑的面积可调并可知调定的面积。黑体源的标准类别及特征如表3-6所示。

表 3-6 黑体源的标准类别及特征

类 别	特 征	温 度 范 围
一级标准	金属的凝固点温度	金、银、锌、锡、铅、铂的凝固点温度
二级标准	倒置锥形腔体 温度非常均匀	10 ~ 3300K
工作标准	腔体可用各种形状和尺寸	10 ~ 3300K

### 3. 面型黑体源

红外热成像系统的校准和红外辐射计量需要采用大面积的面型黑体辐射源。面型黑体源主要用于均匀性和系统响应等的测量或标定，此外，常采用差分黑体源(Differential Blackbody)方式作为热成像系统信号响应和性能测量的辐射源(如图3-5)。黑体源通常采用高导热性的材料制作面型黑体面，并在其表面涂高辐射率的涂料，并采用半导体帕尔帖效应实现黑体温度的控制；同样，靶标采用高导热性的金属制作，上面掏出相应的靶标形状；靶标处于环境温度中，通过靶标温度传感器测得靶标温度后，则可以根据设定的黑体温差设置黑体温度。由于测量靶标可以有各种形状或参量(如图3-6)，因此，实际应用中常采用在靶标轮上安置多种靶标，实现多种靶标的快速调整或选择。

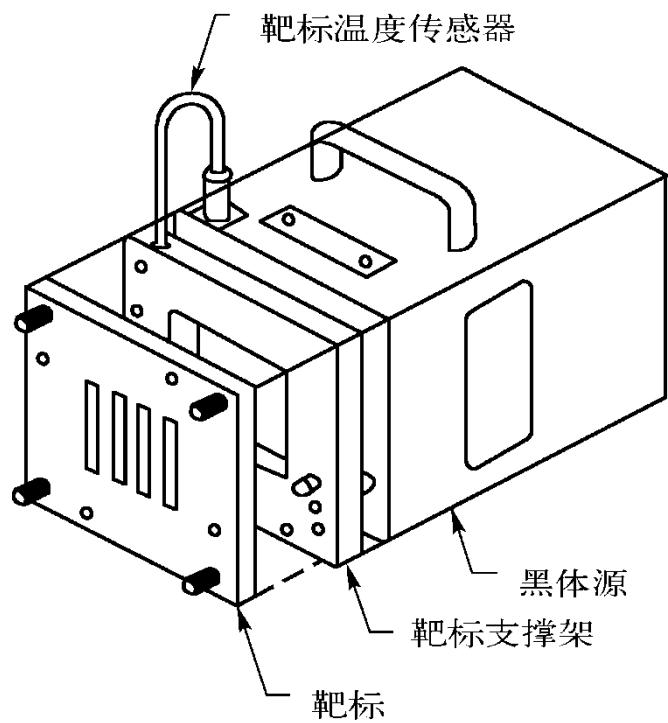


图3-5 面型差分黑体源

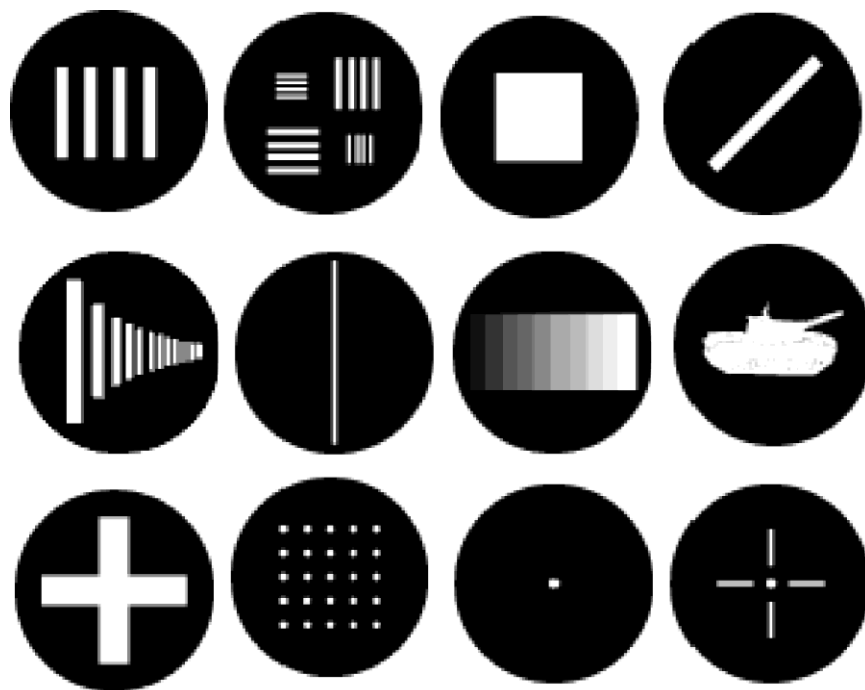


图3-6 差分黑体源的靶标图案

#### 4. 黑体光强标准

在各光度量中，发光强度是国际规定的七个基本物理量之一。其定义为，某光源发出频率为 $540 \times 10^{12} \text{Hz}$ 的单色辐射，在给定方向上的辐射强度为 $1/683 \text{W/sr}$ 时，定义该光源在该方向上的发光强度为 $\text{cd}$ 。定义个的光源并不存在，而发光强度标准的实物基础是黑体光强标准器。这是一个被定义在铂熔点温度 $(2046.05\text{K})$ 的黑体辐射器，其结构原理如图3-7所示。

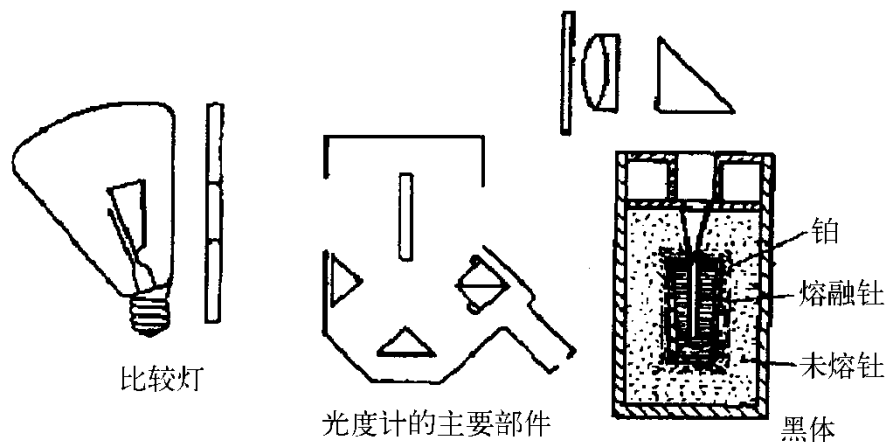


图3-7 黑体光强标准器原理



由光度标准器向外传递的光度标准将寄存在特制的钨丝白炽灯，即标准灯中。利用目视光度计进行传递，通过对标准灯的光强度校准，从而将标准通过标准灯传出。目视光度计结构原理如图3-8所示。在(a)中光度标准器的发光和标准光源的发光分别由两入口O1和O2同时输入目视光度计，经光路调整后由目镜L0处输出，人眼通过目镜观察到棱镜P3和P4介面处透射和反射过来的条状光带。在(b)中的光带是由两光源发出光相间组成。改变两光源至光度计的距高，使光带在光强度上相等，即光带消失，利用距离平方反比定律就可定出标准光源的发光强度。

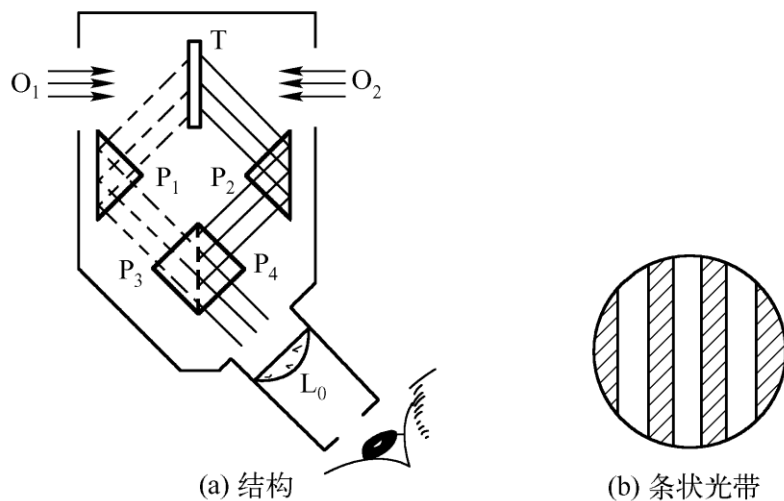


图3-8目视光度计工作原理

### 3.2.2 白炽灯

#### (1) 对灯丝材料的要求

对所用炽热灯丝材料应有以下要求：1. 熔点高，使之可适用于较高的工作温度，从而使光源发光光谱向短波方向移动；2. 蒸发率小，要求在高温炽热条件下蒸发愈小愈好，以提高白炽灯的使用寿命；3. 对可见光的辐射效率高，从而产生较多的可见光辐射；4. 其它要求，如加工性能、机械性能等。按照上述要求，目前白炽灯几乎仍全采用钨丝作为炽热灯丝。

#### (2) 白炽灯的种类

白炽灯主要有真空白炽灯、充气白炽灯和卤钨白炽灯等三类。

除以上的钨丝白炽灯外，还有两种在光电检测中用到的白炽光源。简介如下：(1)钨带灯，它把钨带做为发光体，可作条状平面光源和亮温、色温等工作标准灯泡；(2)黑体灯，它是一种稳定性良好的标准光源，其结构如图3-9所示。它可作为温度标准或传递温度的标准。我国研制的真空型黑体灯的黑度系数大于0.92。

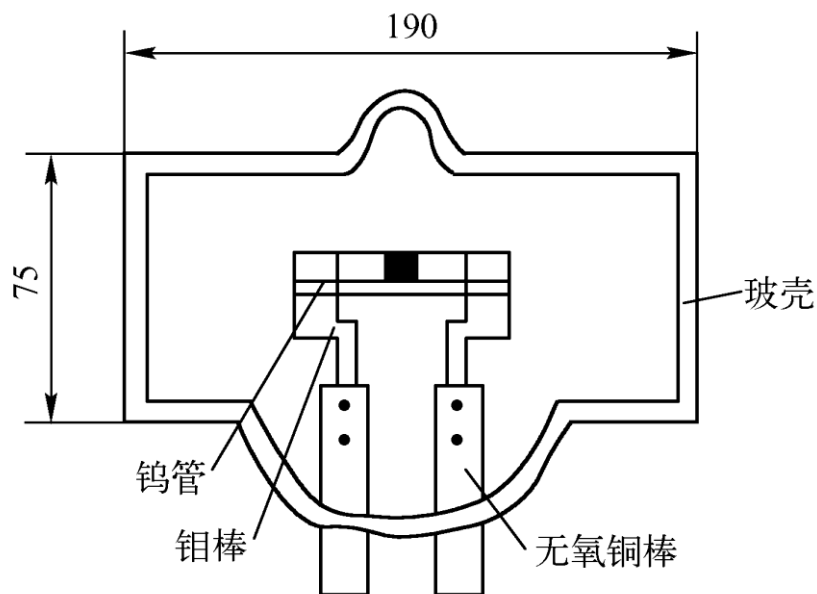


图3-9 黑体灯

### 3.2.3 其他

#### 1. 红外辐射灯

##### (1) 能斯特灯

它是一种条状的辐射源，是用15%的氧化钨粉末和钴粉压制成小棒，长约25mm，直径约2mm，可用直流或交流供电。在空气中可加热到2000K左右。它发出的连续光谱可从 $0.3\mu m$ 一直延伸到远红外，其最大辐射波长约在 $2\mu m$ 处。为使能斯特灯工作稳定，可采用直流蓄电池组供电。此外还应注意这种灯的材料具有较大的负电阻温度系数，所以工作时常外加电阻来进行补偿，这样通过稳定工作电流达到稳定辐射的目的。

##### (2) 硅碳棒

要获得波长更长的红外辐射，能斯特灯就不能胜任了。这时可采用硅碳棒作为红外辐射源。它的长度一般为50~100mm，直径为5~6mm。在空气中用直流或交流供电，加热温度一般在1500K以下。温度过高会引起自身燃烧。有时为提高它的耐温性，可在其外表面涂敷氧化钍层来进行保护，这样就可加热到2500K左右。

## 2. 火焰

火焰也是一种热光源，由于火焰分层又不稳定，因此不把它用做检测用光源。这里只列出常用火焰的最高温度，如表3-8中所示

表 3-8 常用火焰的最高温度

燃 料	温度(K)	燃 料	温度(K)
灯用煤气 - 空气	2100	乙炔 - 氧气	3300
灯用煤气 - 氧气	3000	丙烷 - 空气	2170
乙炔 - 空气	2600	丁烷 - 空气	2160

## 3.3 气体放电光源

### 3.3.1 开放式气体放电光源

#### (1) 直流电弧

它采用碳或金属作为工作电极，在外加直流电源供电下工作。点燃时需先将两电极短暂接触，然后抗开而随之起弧。

#### (2) 高压电容火花

利用高压在两电极间产生火花放电的原理如图3-10所示

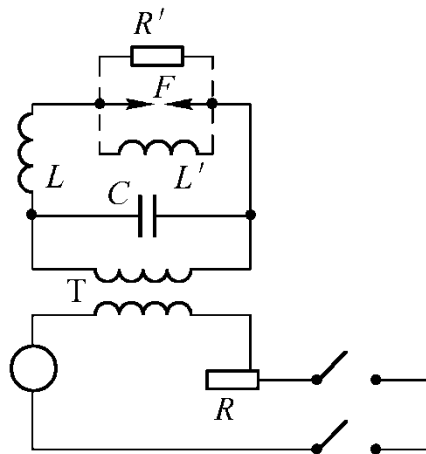


图3-10 高压电容火花

### (3) 高压交流电弧

高压交流电弧的简单线路原理如图3-11所示。

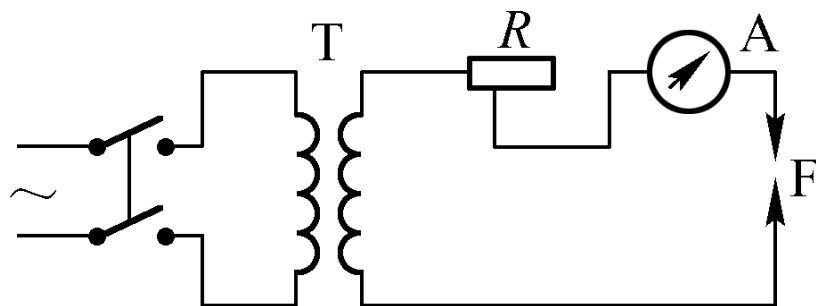


图3-11 高压交流电弧

### (4) 碳弧

碳弧主要用于照明，按其发光类型不同又可分为普通碳弧、火焰碳弧和高强度碳弧。它们一般都采用直流供电，只有火焰碳弧可用交流供电。

### 3.3.2 气体灯

气体灯是将电极间的放电过程密封在泡壳中进行，所以又叫做封闭式电弧放电光源。

气体灯的特点是辐射稳定，功率大，且发光效率高。因此在照明、光度和光谱学中都起着很重要的作用。

#### (1) 脉冲灯

这种灯的特点是在极短的时间内发出很强的光辐射，其结构和工作电路原理如图3-12所示。

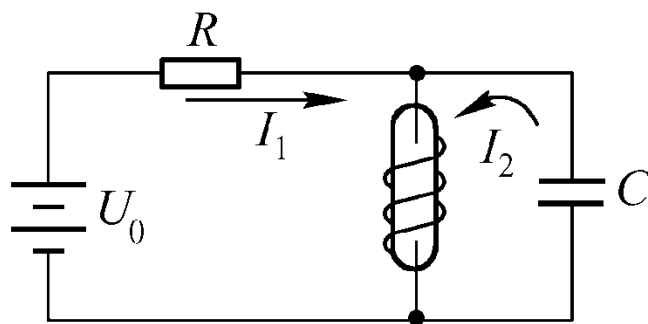


图3-12脉冲灯原理



## (2) 燃烧式闪光泡

这种灯泡只能使用一次，所以又叫做单次闪光泡，它的特点是瞬时光强大、耗电少、体积小而携带方便等。

闪光泡的结构及点燃电路如图3-13所示。

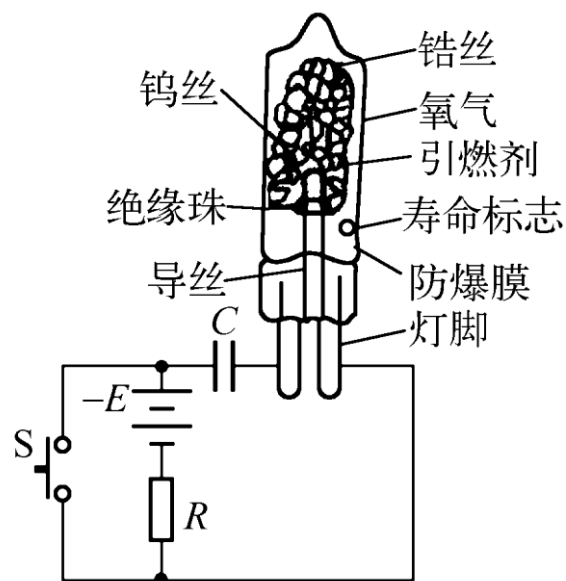


图3-13 燃烧式闪光泡结构及电路原理

### (3) 原子光谱灯

原子光谱灯又称空心阴极灯，其结构如图3-14所示

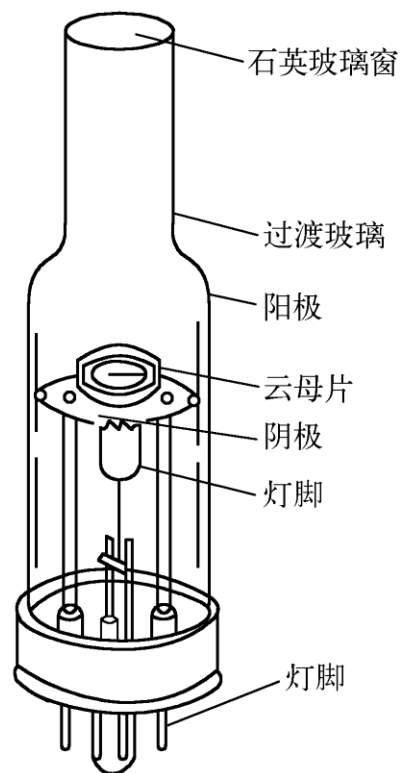


图3-14 原子光谱灯结构原理

## 3.4 固体发光光源

### 3.4.1 电致发光屏

当荧光材料在足够强的电场或电流作用下，被激发而发光构成电致光屏。按激发电源不同，又有交流和直流电致激发屏两种。

#### 1. 交流粉末场致发光屏

该发光屏的结构如图3-15所示。

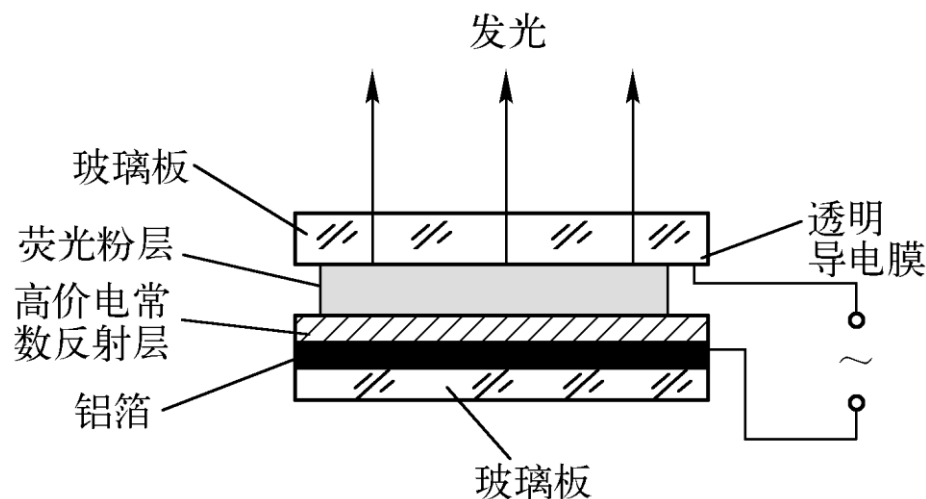


图3-15 交流粉末场致发光屏

交流场致发光屏的工作原理是：由于发光屏两电极间距离很小，只有几十微米，所以即使在市电电压的作用下，就可得到足够高的电场强度，如 $E=10^4\text{V/cm}$ 以上。粉层中自由电子在强电场作用下加速而获得很高的能量，它们撞击发光中心，使其受激而处于激发态。当激发态复原为基态时产生复合发光。由于荧光粉与电极间有高介电常数的绝缘层，自由电子并不导走，而是被束缚在阳极附近，在交流电的负半周时，电极极性变换，自由电子在高电场作用下向新阳极的方向，也就是向正半周时相反的方向加速。这样重复上述过程，使之不断发光。

## 2. 直流粉末场致发光屏

该发光屏依靠传导电流产生激发发光。目前实用的发光材料是 $ZnS:Mn, Cu$ , 发光为橙黄色。这种发光屏结构与交流发光屏相类似。

直流发光屏具有光亮度较高, 且亮度随传导电流的增大而迅速上升的特点。此外还具有驱动电路简单、制造工艺简单和成本低等优点。其主要缺点是效率低、寿命短。

这种发光屏的典型参数为: 在100V的直流电压的激发下, 光亮度约为 $30cd/m^2$ ; 光亮度下降到初始值一半所对应的寿命约上千小时; 发光效率 $0.2\sim0.5lm/W$ 。它适宜于脉冲激发下工作。主要用于数码、字符和矩阵的显示。

### 3. 薄膜电致发光屏

薄膜发光屏与粉末发光屏在形式上很相似，其结构原理如图3-16所示。在薄膜的两电极间施加适当的电压就可发光。可以制成交流或直流的薄膜电致发光屏。

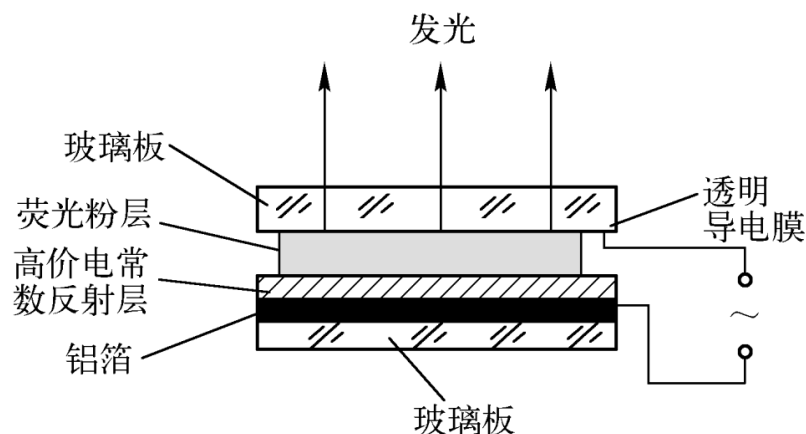


图3-16 薄膜场致发光屏

薄膜电致发光屏的主要特点是致密、分辨力高，对比好。可用于隐蔽照明，固体雷达屏幕显示和数码显示等。

#### 4. 标准发光屏

标准发光屏是用性能良好，寿命很长的白色荧光粉和具有半衰期极长的放射性物质以及其它材料混合制成。荧光质在放射性射线作用下发光，如果放射性物质的半衰期达几十年或百年以上，那么在几个月或一年时间内其发出射线基本稳定，对应发光屏的发光也基本恒定。所以把它叫做标准发光屏。

在各种光度仪器中，常将标准发光屏做为自校准的标准。每次检测都可用它检查光度计工作是否正常，测值是否正确。而标准发光屏在光度仪器进行标定时，同时送计量部门标定。

### 3.4.2 发光二极管

发光二极管也叫做注入型电致发光器件。它是由P型和N型半导体组合而成的二极管，当在P—N结上施加正向电压时产生发光。其发光机理是：在P型半导体与N型半导体接触时，由于载流子的扩散运动和由此产生内电场作用下的漂移运动达到平衡而形成P—N结。若在P—N结上施加正向电压，则促进了扩散运动的进行，即从N区流向P区的电子和从P区流向N区的空穴同时增多，于是有大量的电子和空穴在P—N结中相遇复合，并以光和热的形式放出能量。

发光二极管的结构原理如图3-17所示。

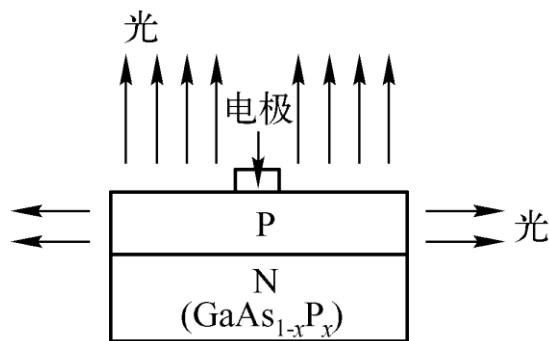


图3-17 发光二极管的结构原理



发光二极管的主要特点如下：

(1) 发光二极管的发光亮度与正向电流之间的关系如图3-18所示。工作电流低于25mA时，两者基本为线性关系；

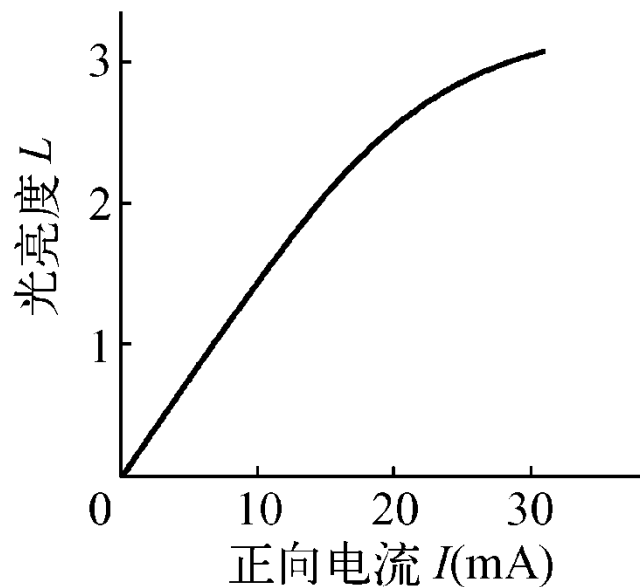


图3-18 发光二极管的发光特性

发光二极管的主要特点如下：

(2) 发光二极管的响应速度极快，时间常数约为  $10^{-6} \sim 10^{-9}$  s；

(3) 光二极管的正向电压很低，约 2V 左右；

(4) 发光二极管还具有小巧轻便、耐振动、寿命长（大于 50000h）和单色性好等优点；

(5) 发光二极管的主要缺点是发光效率低，有效发光面很难做大。另外，发出短波光（如蓝紫色）的材料极少，制成的短波发光二极管的价格昂贵。克服这些缺点将使发光二极管作用及应用范围剧增。

下面介绍目前常用的几种发光二极管及特点

### 1. 磷化镓 (GaP) 发光二极管

在磷化镓中掺入铋和氧时，所形成的复合物可发红光、发光中心波长为  $0.69\mu m$ ，其带宽为  $0.1\mu m$ 。当掺入铋和氮时，器件可发绿光，其发光的中心波长为  $0.565\mu m$ ，而带宽约为  $0.035\mu m$ 。图3-19所示是磷砷化镓发光二极管的伏安特性曲线

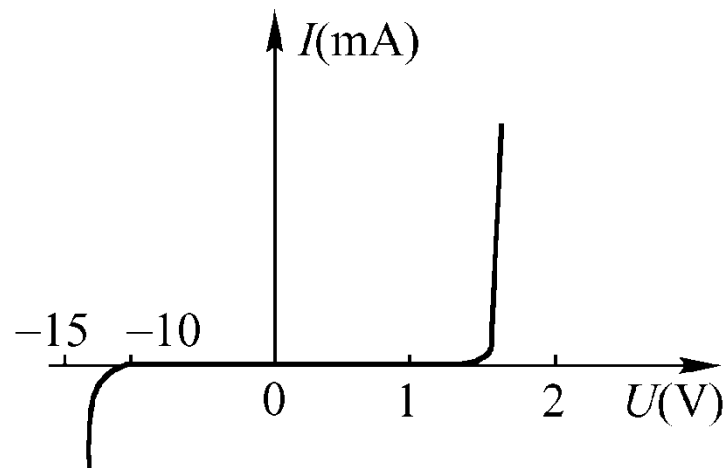


图3-19 GaP发光二极管伏安特性曲线

## 2. 砷化镓 (GaAs) 发光二极管

砷化镓发光二极管的发光效率较高。反向耐压约为  $-50V$ ，正向交变电压约为  $1.2V$ 。该二极管发出近红外光，中心波长为  $0.94\mu m$ ，带宽为  $0.04\mu m$ 。当温度上升时，辐射波长向长波方向移动。这种发光二极管的最大优点是脉冲响应快，时间常数约为几十毫微秒，所以能产生高频调制的光束，这使它的应用十分广泛。如用于光纤通讯、红外夜视等多种领域中。

### 3. 磷砷化镓 ( $GaAs_{1-x}P_x$ ) 发光二极管

当磷砷化镓的材料含量不同时, 即 $x$ 由1~0变化, 其发光光谱可出 $0.565\mu m$ 变化到 $0.9\mu m$ 。所以, 可以制成不同发光颜色的发光二极管。一般取 $x\approx 0.4$ , 于是有 $\lambda_m=0.65\mu m$ ,  $\Delta\lambda=0.04\mu m$ 。正向电流为 $10mA$ , 正向突变电压为 $1.6V$ ; 反向耐压 $-3V$ , 反向电流约 $10\mu A$ 。它可在 $-55\sim 100^\circ C$ 温度下工作, 随着温度上升, 工作电流下降, 同时发光也减弱。为了使发光二极管降温, 可使用散热器或冷却器。

这种发光二极管的特点是PN结制备比较简单, 当电流升高时, 发光曲线饱和现象不太明显。另外, 这种光源也适用于高频调制, 所以也有着广泛的应用。

发光二极管的部分商品型号与性能参数见表3-11。

表 3-9 典型灯的特性参数

灯 型	直流输入 功率(W)	弧光尺寸 (mm)	光通量 (lm)	发光效率 (lm/W)	平均亮度 (cd/mm <sup>2</sup> )	温度 (K)
短弧汞灯(高压)	200	$2.5 \times 1.8$	9500	47.5	250	—
短弧氙灯	150	$1.3 \times 1$	3200	21	300	—
短弧氙灯	$2 \times 10^4$	$1.25 \times 6$	$1.15 \times 10^6$	57	3000	—
锆弧灯	100	$D = 1.5$	250	25	100	—
氙弧灯	$2.48 \times 10^4$	$3 \times 10$	$4.22 \times 10^5$	17	1400	—
钨丝灯	10	—	79	7.9	10 ~ 25	2400
钨丝灯	100	—	1630	16.3	10 ~ 25	2856

灯 型	直流输入 功率(W)	弧光尺寸 (mm)	光通量 (lm)	发光效率 (lm/W)	平均亮度 (cd/mm <sup>2</sup> )	温度 (K)
钨丝灯	1000	—	$2.15 \times 10^4$	21.5	10 ~ 25	3000
标准色温白荧光灯	40	—	2560	64	—	—
非转动碳弧灯	2000	$\approx 5 \times 5$	$3.68 \times 10^4$	18.4	175 ~ 800	—
转动式碳弧灯	$1.58 \times 10^4$	$\approx 8 \times 8$	$3.5 \times 10^5$	22.2	175 ~ 800	—
太阳	—	—	—	—	1600	5900

## 3.5 激光光源

特点:

(1)极小的光束发散角;

(2)激光的单色性好;

(3)激光的输出功率密度很高

分类:

(1)气体激光器;

(2)固体激光器;

(3)染料激光器和半导体激光器

### 3.5.1 气体激光器

气体激光器采用的工作物质为气体，目前可采用的物质最多，激励方式多样，发射的波长也最多。

氦氖激光器要输出波长有 $0.6328\ \mu\text{m}$ 、 $1.15\ \mu\text{m}$ 和 $339\ \mu\text{m}$ ，图3-20所示为三种不同腔式结构的氦氖激光器

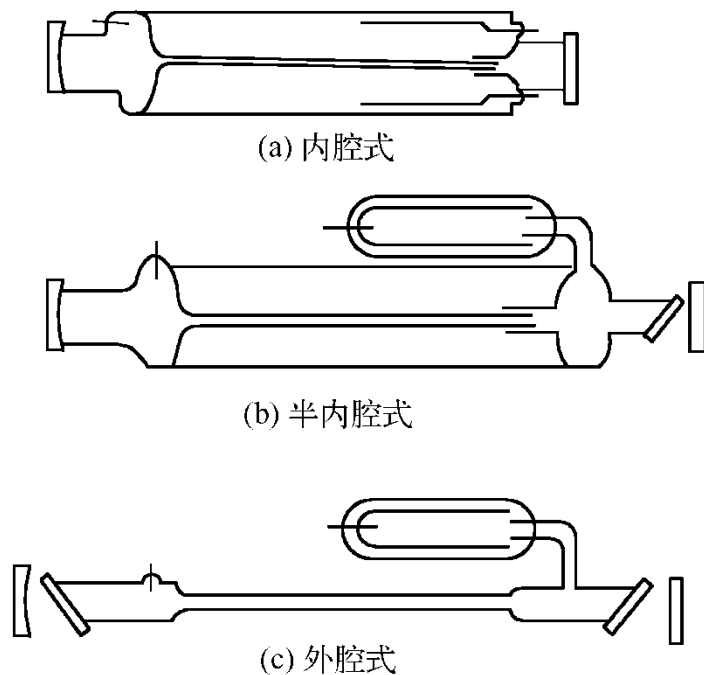


图3-20 氦氖激光器示意图



氦氖激光器的单色性好、相干长度可达十米以至数百米，氦氖激光器的主要类型及特性参数如表3-12所示。

表 3-12 氦氖激光器的特性参数

结构	激光器长度(mm)	功率(mW)	功率稳定度 <sup>①</sup> (%h)	发散度(mrd)	横模	寿命(h)	光束直径(mm)
内腔式	185	0.5	$< \pm 10$	1.5	TEM00	2000	1
	210	1	$< \pm 10$	1.5		3000	1
	250	1.5	$< \pm 5$	1.5		5000	1
	330	3	$< \pm 10$	1.5		5000	1.5
	480	4	$< \pm 10$	1.5		5000	1.5
半内腔式	150	0.5	$< \pm 1$	1.5	TEM00	5000	0.7
	200	0.2	$< \pm 1$	2		4000	0.7
	260	1.5	$< \pm 3$	1.5		5000	1
外腔式	400	8	$< \pm 2.5$	1	TEM00	5000	0.7
	700	14	$< \pm 2.5$	0.9		5000	0.9
	1000	25	$< \pm 2.5$	0.7		5000	1.1
	1500	40	$< \pm 5$	0.7		5000	1.6
	2000	60					3

① 每小时不超过输出功率的百分比。

氩离子激光器是用氩气为工作物质，在大电流的电弧光放电或脉冲放电的条件下工作。输出光谱属线状离子光谱。它的输出波长有多个，其中功率主要集中在 $0.5145\mu m$ 和 $0.4880\mu m$ 两条谱线上。表3-13所示为国内生产的几种氩离子激光器的主要特性参数。

表 3-13 氩离子激光器特性参数

激光器长度(mm)	输出功率(W)	光束发散度(mrd)	光管外径(mm)	冷却方式
750	0.3	1.5	100	水冷
1050	0.8	1.5	100	
1250	2	1	100	
1450	4	1	100	

二氧化碳激光器中除充入二氧化碳外，还充入氦和氮，以提高激光器的输出功率，其输出谱线波长分布在 $9\sim 11\mu m$ ，通常调整在 $10.6\mu m$ 。这种激光器的运转效率高，连续功率可达 $104w$ 以上，脉冲能量可从 $mJ$ 到 $10kJ$ ，小型 $CO_2$ 激光器可用于测距，大功率 $CO_2$ 激光器可用作工业加工和热处理等。国内生产的 $CO_2$ 激光器的性能参数如表3-14所示。

表 3-14  $CO_2$  激光器的特性参数

激光器长度(mm)	输出功率(W)	工作电流(mA)	输出波长( $\mu m$ )	横向间模	冷却方式
150	2	9	10.6	低次模	水冷
250	5	10			
500	15	18			
800	35	22			
1000	50	26			
1200	60	30			
1600	80	32			

### 3.5.2 固体激光器

红宝石激光器是最早制成的固体激光器，其结构原理如图3-21所示。

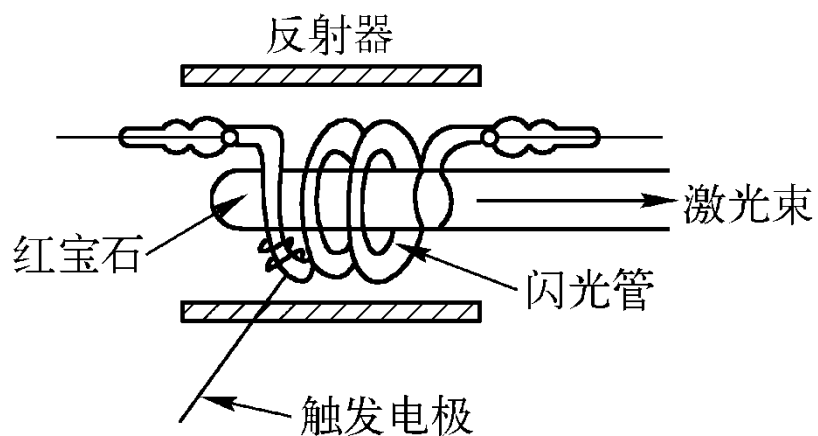


图3-21红宝石激光器结构原理

玻璃激光器常用铍玻璃作工作物质，它在闪光氙灯照射下， $1.06\mu m$ 波长附近发射出很强的激光。铍玻璃的光学均匀性好，易做成大尺寸的工作物质，可做成大功率或大能量的固体激光器。目前利用掺铒(Er)玻璃制成的激光器，可产生对人眼安全的 $154\mu m$ 的激光。中小型固体激光器的典型结构如图3-22所示。

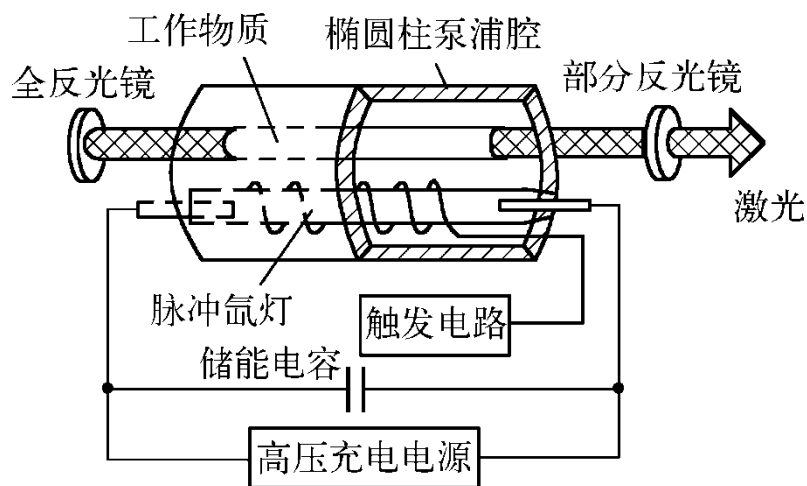


图3-22 固体激光器基本结构

### 3.5.3 可调谐染料激光器

这种激光器是液体激光器的一种。其工作物质可分为两类：一类是有机染料溶液；另一类是含有稀土金属离子的无机化合物溶液。若单明69就是一种有机染料，它在氦灯闪光或其它激光激发下可发出激光。由于液体中能带宽，发出激光有的宽达100。当采用如图3-23所示的调谐机构时，激光宽度可减到1左右

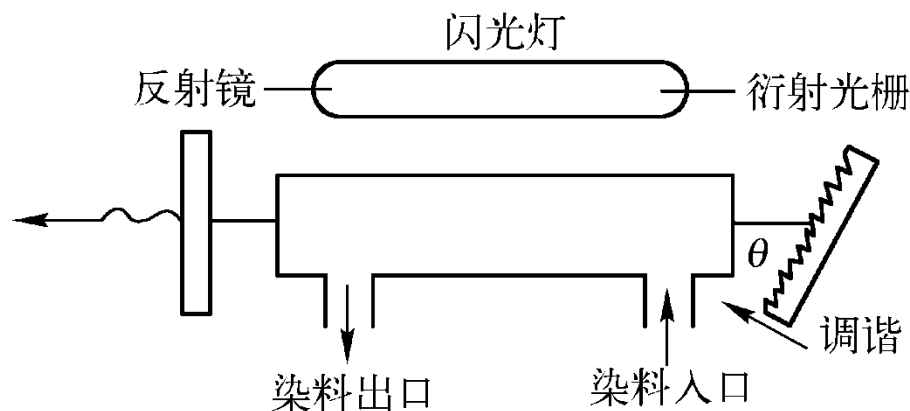


图3-23 可调谐染料激光器

更换其它染料，可获得其它波长范围的激光。表3-15给出了各种染料所发激光的光谱范围。

表 3-15 主要染料的激光波长范围

染 料	溶 剂	可调范围( $\mu\text{m}$ )
Calcein 蓝	乙醇	0.449 ~ 0.490
二苯基苯并呋喃	乙醇	0.484 ~ 0.518
荧光素	碱性水溶液	0.527 ~ 0.570
若旦明 6G	乙醇、水	0.560 ~ 0.650
若旦明 B	乙醇、水	0.590 ~ 0.700
甲酚紫	乙醇	0.630 ~ 0.690

### 3.5.4 半导体激光器

它们是以半导体材料作为工作物质的激光器。如图3-24所示为注入式砷化镓激光器，最常用波长为 $0.84\mu m$ 。

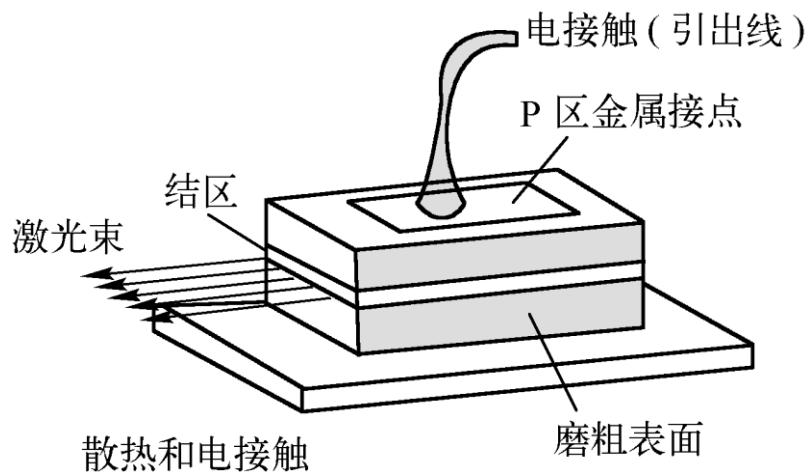


图3-24 半导体激光器结构原理



激光器除可作为检测光源外，还有着广泛的应用，其它主要用途有：(1)激光用作热源。激光光束细小，且带着巨大的功率，如用透镜聚焦，可将能量集中到微小的面积上，产生巨大的热量。可应用于打细小孔、切割等工作；在医疗上做手术刀；大功率的激光武器等。(2)激光测距。激光作为测距光源，由于方向性好、功率大，可测很远的距离，且精度很高。(3)激光通讯。(4)受控核聚变中的应用。

## 3.6 新型电调制红外光源

### 1. 脉冲红外光源原理与特性

#### (1) 红外灯丝技术

如图3-25所示，通过生成随机的表面纤维（亚微米尺度的条形和锥形），这些红外光源金属丝的发射率得到增强和控制。

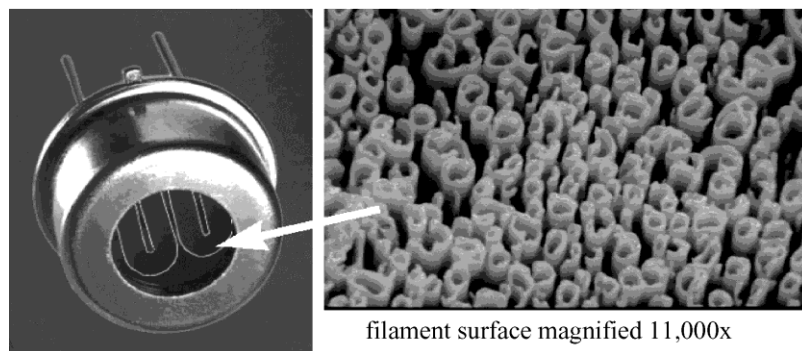
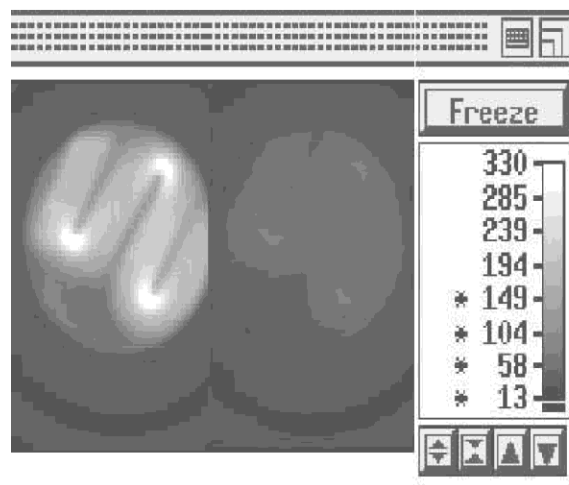


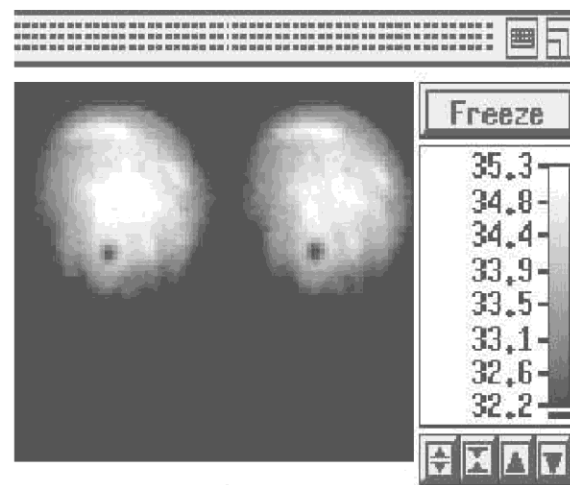
图3-25 *pulseIR*® 及其SEM显微图

## (2) 温度调制

离子束处理过的发射体表面的高发射率，使之可以经由热发射后有效而迅速地冷却。图3-26(a)所示红外图像为 Ion Optics 光源由电脉冲驱动下的红外图像；图3-26(b)显示的为一传统光源在电脉冲驱动下的红外图像。



(a) Ion Optics 光源



(b) 传统红外灯丝光源

图3-26红外光源和传统红外灯丝光源在脉冲调制下的红外热图比较

## 2. 脉冲红外光源类型与参数

Ion Optics现提供三种封装形式的脉冲红外光源，其主要参数如表3-17所列：

表 3-17 Ion Optics 电子调制脉冲红外光源主要参数

封 装	额定温度(℃)	最大功率*(W)	最大电压*(V)	最大电流*(A)
TO-5	850	2.0	2.6	0.77
TO-8	850	2.25	2.81	0.80
Parabola	1000	1.7	1.75	0.97

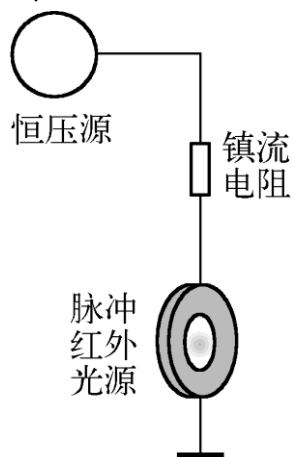
### 3. 光源供电电路

#### (1) 恒压驱动

在恒压系统中，负载电阻消耗的功率为：

$$P = U^2 / R$$

给负载提供的功率与负载电阻成反比。如果加入一串联镇流电阻，负载上的压降会随着负载电阻的增大而增大，从而在很大程度上抵消了其消耗功率的波动，电路示意图如图3-28所示。图3-29为有无镇流电阻情况下，光源消耗功率的比较



3-28 恒压驱动电路示意图

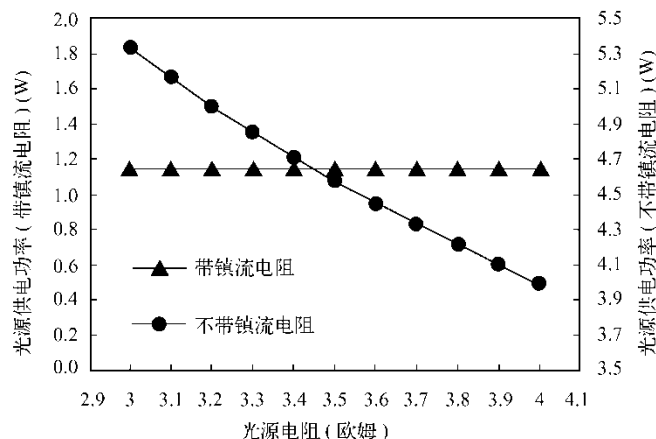
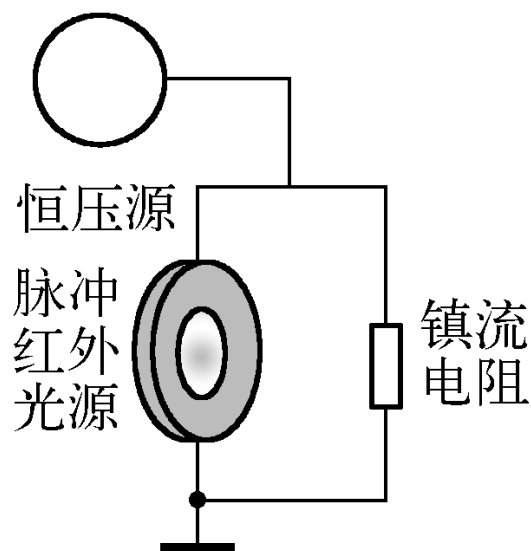


图3-29 镇流电阻对恒压驱动下光源供电功率的影响

## (2)恒流驱动

在恒流系统中，负载电阻消耗的功率为：
$$P = I^2 R$$

给负载提供的功率与负载电阻成正比。如果加入一并联镇流电阻，负载上的电流会随着负载电阻的增大而减小。电路示意图如图3-30所示。图3-31为有无镇流电阻情况下，光源消耗功率的比较



3-30 恒流驱动电路示意图

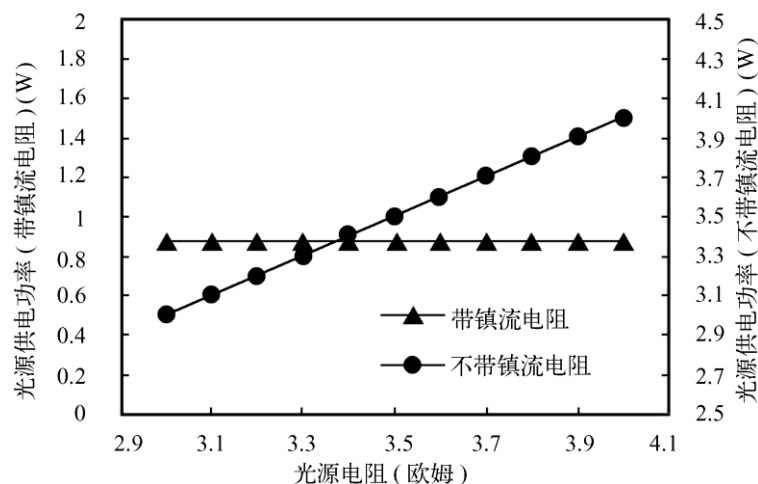


图3-31 镇流电阻对恒流驱动下光源供电功率的影响