

单缝衍射和光强分布

衍射各干涉都是波动的重要特征。波在传播的过程中遇到障碍物时，能够绕过障碍物的边缘前进，这种偏离直线传播的现象称为波的衍射现象。光在通过小孔或狭缝时，将出现明显的衍射现象。说明光具有波动性。本实验旨在通过测量单缝夫琅和费衍射的光强分布，学会怎样用光电二极管测量相对光强的实验方法，进而加深对单缝衍射现象的理解。

实验仪器：

光具座、氦氖激光器及其电源、小灯泡、光电二极管及其电源、可调狭缝、光电流计G、白屏。

实验原理

1. 单缝夫琅和费衍射公式成立条件

平行光的衍射称为夫琅和费衍射，它的特点是只用简单的计算就可以得出准确的结果，便于和实验结果比较并且实用。

如图1所示，从光源S发出经透镜 L_1 形成的平行光束垂直照射到狭缝上。根据惠更斯-菲涅耳原理，狭缝上各点可以看成是新的波源。新波源向各方向发出球面波、次波在透镜 L_2 的后焦面叠加形成一组明暗相间的条纹。和狭缝平面垂直的衍射光束会聚于屏上。 P_0 处是中央亮纹的

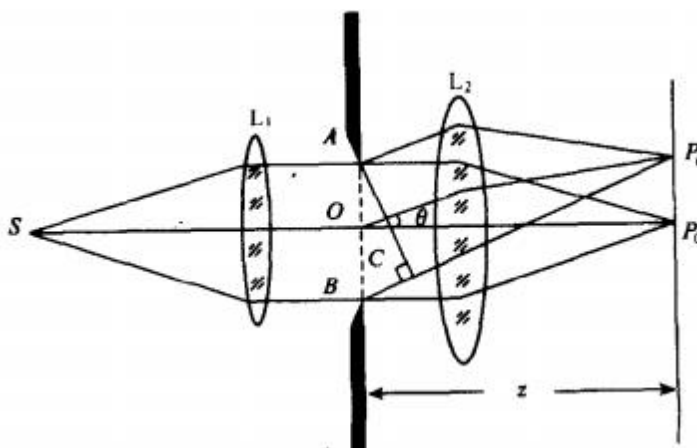


图 1 惠更斯-菲涅耳原理

心，其光强度设为 I_0 。与 OP_0 成 θ 角的衍射光束则会聚于屏上 P_θ 处。计算得出 P_θ 处的光强度，其中 a 为狭缝宽度， λ 为单色光的波长。

当 $\theta=0$ 时， $u=0$ ，这时光强最大，称为主极强。主极强的强度决定于光源的亮度，还和狭缝宽 a 的平方成正比。

当 $\sin \theta = \frac{k\lambda}{a}$, ($k=\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$)时， $u=k\pi$ ，则 $i_\theta=0$ ，也就是暗条纹。实际上 θ 往往是很小的，因此可以近似地认为暗纹在 $\theta = \frac{k\lambda}{a}$ 处。

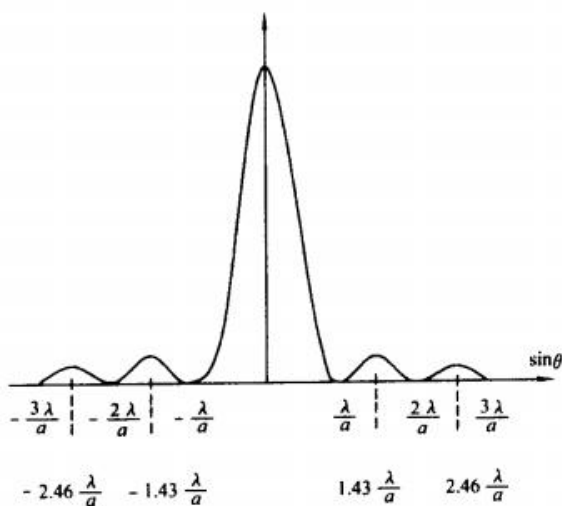


图2 单缝夫琅和费衍射光强分布

由此可见，主极强两侧暗纹之间 $\Delta\theta = \frac{k\lambda}{a}$ ，而其他相邻暗纹之间 $\Delta\theta = \frac{k\lambda}{a}$ 。

除了中央主极强以外，两相邻暗纹之间都有一次极强。由数学计算得出，这些次极强在下列位置：

$$\theta \sim \sin\theta = \pm 1.43 \frac{\lambda}{a}, \pm 2.46 \frac{\lambda}{a}, \pm 3.47 \frac{\lambda}{a}$$

它们的相对强度

$$\frac{I_{\theta}}{I_0} = 0.047, 0.017, 0.008 \dots$$

以上是单缝夫琅和费衍射的主要结果，如图2所示。

平行光的概念是理想化的概念。实际上，不论采用什么仪器和方法，例如，把太阳光看作平行光，采用激光光源产生平行光，用透镜产生平行光等等都不能获得绝对的平行光。也就是说，光束总有一定的发散角。同样地，屏上接受的也不会是绝对的平行光束。两者都只能做到一定程度的近似。那么，在本实验中，用什么样的仪器和方法才能满足产生和接受平行光这一要求呢？下面只就接受平行光提出讨论，至于产生平行光的问题留给大家来回答。

图1所示，当平行光束垂直照射在狭缝AB上，狭缝宽度为a，屏置于距狭缝z处，P₀为衍射花样主极强的中心。根据原来对平行光单缝衍射的计算，P₀对应的应是垂直于狭缝平面的衍射光束，也就是说，先程AP₀，OP₀，BP₀都应该相等，显然，这只有把屏移至无穷远才能真正做到。实际上，z虽然是有限的，但只要AP₀，OP₀，BP₀的差别远小于λ，就不会影响计算的结果。即

$$\overline{BP_0} - \overline{OP_0} \ll \lambda$$

$$\sqrt{z^2 + \frac{a^2}{4}} - z \ll \lambda$$

$z \gg a$,

$$\sqrt{z^2 + \frac{a^2}{4}} - z \ll \lambda \approx z \left(1 + \frac{a^2}{8z^2} \right) - z = \frac{a^2}{8z^2}$$

$$\frac{a^2}{8z\lambda} \ll 1$$

式就是本实验需要满足的接受平行光的条件。

2. 测量光强的器件——光电二极管

本实验用光电二极管测量相对光强。下面以2DU1为例说明光电二极管的结构和使用。

2DU1用半导体材料硅制成，它有三个电极引线，称为前极、后极和环极。外形如图3所示。前极是光敏区(型区)的引线，后极为衬底(型区)的引线。环极的作用是减小光电管的暗电流和防止外界的干扰。光通过管壳上的光窗照射到光敏区。管子一般处在反向电压下工作，线路如图4所示。



图3 2DU1光电二极管

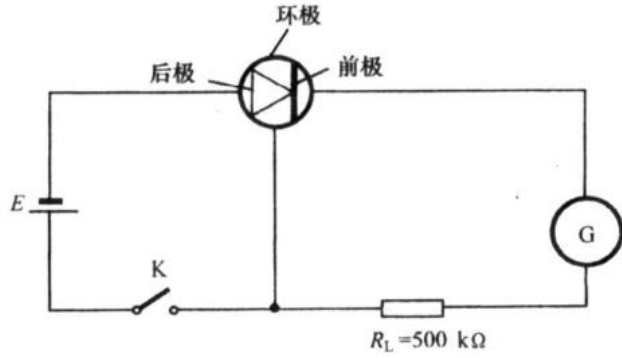


图4 2DU1光电二极管工作电路

在不受光照时，光电二极管的反向电阻很大，达到几兆欧，因此电流很小。随着外电压的加高，电流开始增加但逐渐趋向饱和，无光照时的反向饱和电流称为暗电流。当接上环极之后，可以把暗电流减小到1微安以下。当二极管受光照后，N区的电子受激发，自由电子增多，线路中出现较大的电流，称为光电流。

光电二极管的性能一般用它的伏安特性和光电特性(有时还要知道光谱特性)来描写。型号相同的不同管子的特性曲线亦稍有差异，图5是这类管子的典型曲线。

从伏安特性可知，入射光能一定时，光电流随外电压的增加而增加，逐渐趋向饱和，特性曲线的形状和半导体三极管的输出特性曲线很类似。又从光电特性可看出，光电流和入射光能量成正比，只要工作电压不太小，光电流是和外电压无关(已饱和)的。光电特性是线性的这一点对测量是最方便的，只要读出光电流的相对强度就直接表示了光的相对强度。

图4的线路中串接了负载电阻 R_L ，主要是为保护电流计而设。但 R_L 的串入会减小光电二极管前后极间的工作电压。从伏安特性曲线看，工作电压过小，光电流不能饱和。甚至落入曲线的拐弯区域，光电特性不再保持线性。而且一旦落入拐弯区后光电流大小会和上作电压有关，工作不容易稳定，所以 R_L 的数值也要选用适当。

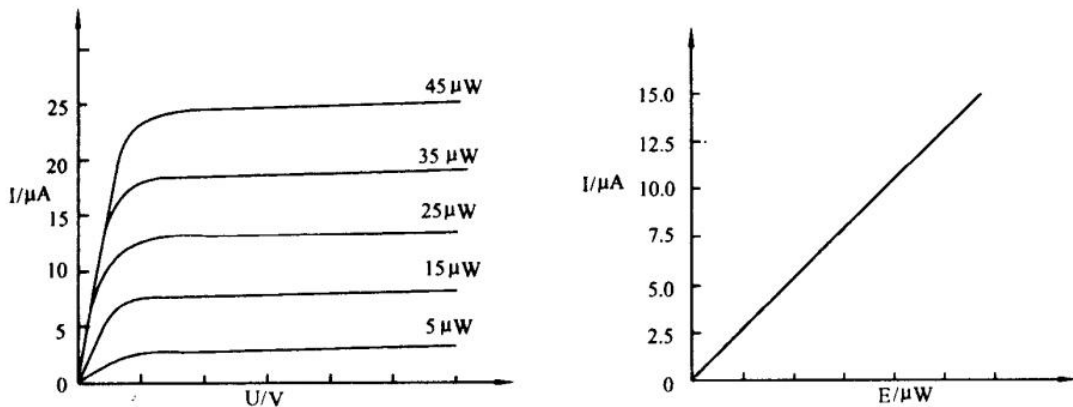


图5 二极管伏安特性和光电特性

实验内容和步骤

1、测定单缝衍射和光强分布

(1) 按图3所示在光具座上安装激光管、狭缝和光电二极管。光电二极管装在一

个测距目镜的架子上，可以沿x方向移动，这就相当于改变衍射角 θ 。

(2) 点燃氦氖激光器，取工作电流为4mA。一般应在激光器点燃半小时后作测量，以保证光强的稳定性。

(3) 接通二极管工作电源，取工作电压为30V。调节测距目镜架的位置及狭缝宽度，使二极管至少能完整地测量衍射图样的主峰和两个第一次峰，同时使中央

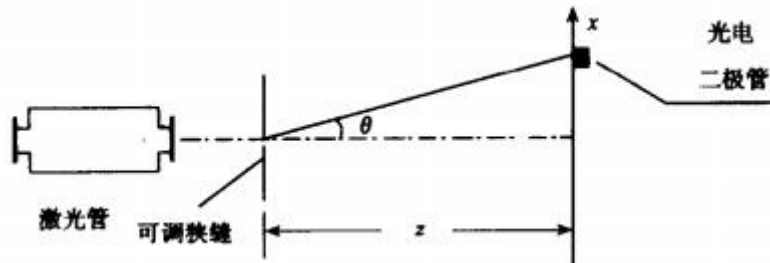


图3

主极强处电流为100格左右。注意光电二极管移动时，应保持光窗不离开衍射花样。

(4) 测量光强分布，从左到有(或从右到左)单向移动光电二极管，测量相应位置的光电流，可每隔1mm取一数据。(应先测量暗电流，如暗电流较大，应对测量数据做修正。)

(5) 根据测量数据，在坐标纸上作出相对光电流 $\frac{i}{i_0}$ (在光电二极管线性条件下即相对光强 $\frac{I}{I_0}$)与位置 x 的关系曲线，即衍射光强分布图，并与理论结果进行比较。

(6) 从上面衍射光强分布图求单缝的缝宽 a 。

(7) 改变缝宽，观察衍射花样的变化。