

吉林大学 珠海学院

大学物理实验 B

设计性实验报告

学院、系	计算机学院软件工程系
专业班级	软件 1903
学号姓名	04191315 何翔、04191318 黄文斌
设计题目	半导体发光二极管基本特性的实验研究
指导教师	张亚军
完成时间	2020 年 12 月 15 日

半导体发光二极管基本特性的实验研究

摘要：发光二极管的波长范围是描述二极管光谱特性的重要参量。实验中，使用分光计测量出第 1 级亮条纹的衍射角，根据光栅衍射产生亮条纹的条件计算出发光二极管的辐射光的波长范围。首先，将光源由钠光灯更换为 LED 灯，其次把准备好的三种不同型号 LED 灯依次固定于分光计目镜后方，保证 LED 灯与分光计光管基本处于同一高度，并在 LED 灯两端使用直流稳压源施加恒定电压，电压值略高于 LED 灯对应的阈值电压，通过分光计衍射光栅法测量出 LED 灯的波长范围。实验结果表明，这种测量方法得出发光二极管的的波长范围与在厂家提供值范围大同小异，因此，这也为发光二极管的波长范围的测量提供了一种新的方法。

关键词：发光二极管；光栅衍射；分光计；波长范围

【实验引言】

在科学和信息技术高速发展的背景下，半导体技术在近二三十年得到十分迅猛的发展，它的发展和带给人们带来了福祉，尤其是在通信、高速计算、大容量信息处理、电子对抗以及武器装备的微型化、智能化等等这些对国民经济和国家安全至关重要的领域出现了巨大的进步，受到了人们的欢迎和重视。在我国，LED 逐渐在进行普及，中国家庭中很多照明设备均采用 LED 灯。而国家主要公路的路灯也采用 LED 灯进行照明，一些路灯还和太阳能发电技术相结合，从而节约了大量的能源。半导体发光二极管，是目前应用最为广泛的的半导体材料之一。本实验以市面上销售的红光、黄光、蓝光三种 LED 为研究对象，通过分光计衍射光栅的方法得到其波长范围。

【实验目的】

1. 了解分光计的原理与结构，熟悉分光计的调节和使用
2. 学会利用光栅衍射的方法来测量发光二极管的波长范围

【实验原理】

本实验采用透射光栅。如图 1 所示，透射光栅是在透明的光学玻璃上刻制(或通过照相等办法制成)很多条相互平行、等距、等宽的狭缝，其中狭缝透光部分宽度为 a ，不透光部分宽度为 b 。则光栅周期长度，即光栅常量为

$$d = a + b \quad (1)$$

如图 2 所示，波长为 λ 的单色平行光垂直入射在光栅上，透过光栅上各狭缝的光线发生衍射、干涉，光栅后方放置一透镜，则可在透镜焦平面处的接收屏上观察到若干条亮条纹，称为谱线。这就是光栅衍射现象。

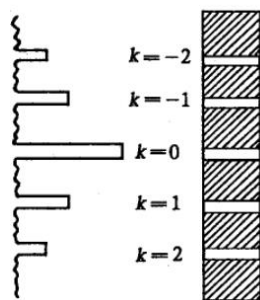


图 1 光栅

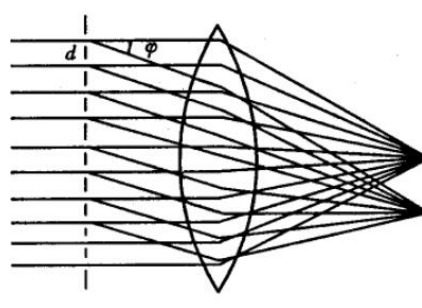


图 2 光栅衍射

根据夫琅禾费衍射理论，光线垂直入射光栅，衍射光谱中出现明纹(即主极强)的条件是：

$$d \sin \phi_k = k\lambda, \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

式中， ϕ 称为衍射角， k 是衍射条纹的级数。

不难看出，通过测量第 k 级光栅衍射条纹的衍射角 ϕ ，则可通过已知的光栅常量 d 计算出光波波长 λ ，或可通过已知的光波波长 λ 计算出光栅常量 d 。

【实验仪器】

分光计(含双面平面镜、读数小灯)、三棱镜、透射光栅、LED 灯(红、黄、蓝)

如图 3 所示，分光计主要由五个部分构成：底座、平行光管、望远镜、载物台和读数装置。不同型号分光计的光学原理基本相同。

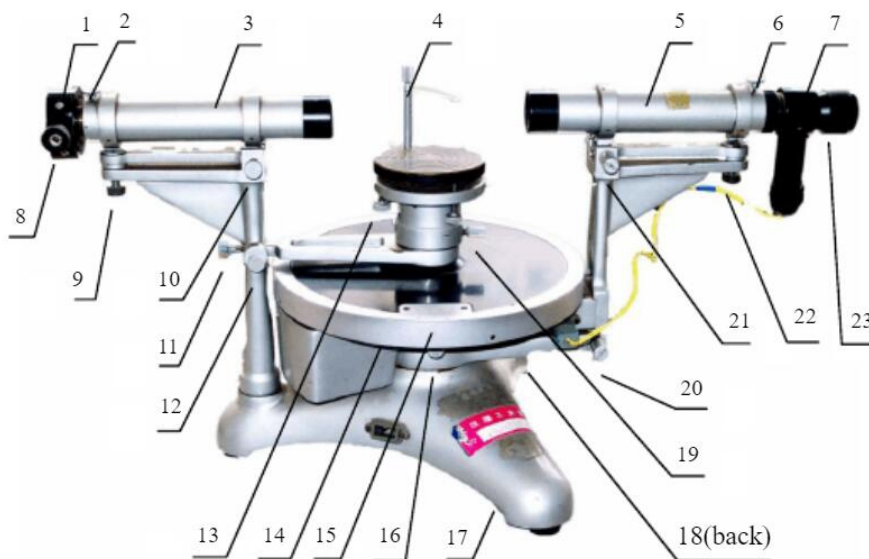


图 3 分光计结构示意图

1. 狭缝装置 2. 狭缝装置锁紧螺钉 3. 平行光管 4. 元件夹 5. 望远
6. 目镜锁紧螺钉 7. 阿贝式自准直目镜 8. 狭缝宽度调节旋钮

9. 平行光管光轴高低调节螺钉 10. 平行光管光轴水平调节螺钉
 10. 游标盘止动螺钉 12. 游标盘微调螺钉 13. 载物台调平螺钉 (3 只)
 14. 度盘 15. 游标盘 16. 度盘止动螺钉 17. 底座 18. 望远镜止动螺钉
 19. 载物台止动螺钉 20. 望远镜微调螺钉 21. 望远镜光轴水平调节螺钉
 22. 望远镜光轴高低调节螺钉 23. 目镜视度调节手轮

底座一分光计底座 (17) 中心固定有一中心轴, 望远镜、度盘和游标盘套在中心轴上, 可绕中心轴旋转。

平行光管—平行光管安装在固定立柱上, 它的作用是产生平行光。平行光管由狭缝和透镜组成, 狭缝宽度可调 (范围 $0.02 \sim 2\text{mm}$), 透镜与狭缝间距可以通过伸缩狭缝筒进行调节。当狭缝位于透镜焦平面上时, 由狭缝经过透镜出射的光为平行光。

望远镜—望远镜安装在支臂上, 支臂与转座固定在一起并套装在度盘上。它用来观察和确定光线行进方向。望远镜由物镜、目镜、分划板等组成, 三者间距可调。其中, 分划板上刻有 “+” 形叉丝; 分划板下方与一块 45° 全反射小棱镜的直角面相贴, 直角面上涂有不透明薄膜, 薄膜上划有一个 “十” 形透光的窗口, 当小电珠光从管侧经另一直角面入射到棱镜上, 即照亮 “十” 字窗口。调节目镜, 使目镜视场中出现清晰的 “+” 形叉丝。在物镜前方放置一平面镜, 然后调节物镜, 使分划板位于物镜焦平面上, 那么从棱镜 “十” 字口发出的绿光经物镜后成为平行光射向前方平面镜, 其反射光又经物镜成像于分划板上。这时, 从目镜中可以看到清晰的 “+” 形叉丝和绿色 “十” 字像。此时望远镜已调焦至无穷远, 适合观察平行光了。如果平面镜的法线与望远镜光轴方向一致, 则绿色 “十” 字像位于分划板 “+” 形叉丝的上横线上。目镜中可观察到的分划板的样子如图 4 所示。

载物台—一套装在游标盘上, 可以绕中心轴转动, 它用来放置光学元件。载物台的高低、水平状态可调。

刻度盘—读数装置由度盘和游标盘组成。度盘圆周被分为 720 份, 分度值为 $30'$, $30'$ 以下需用游标来读数。游标盘采用相隔 180° 的双窗口读数; 游标上的 30 格与度盘上的 29 格角度相等, 故游标的的分度值为 $1'$, 图 5 所示的位置应读作 $113^\circ 45'$ 。

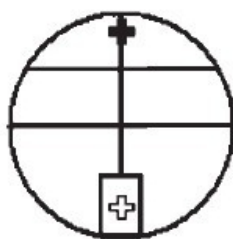


图 4 目镜分划板

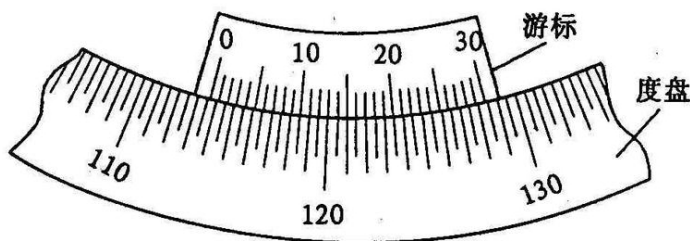


图 5 刻度盘

【实验内容与步骤】

1. 分光计的调整

分光计的调整应做到：1、叉丝清晰；2、望远镜对平行光聚焦；3、望远镜垂直于中心轴；4、平行光管发出平行光(钠黄光)；5、平行光管垂直于中心轴。

2. 依次测量红、黄、蓝光波的波长范围

调整好分光计状态后，转动望远镜，使平行光管狭缝的像落在目镜分划板竖叉丝处，此时，平行光管与望远镜成一条直线状态，且与仪器中心轴垂直。

(1) 放置光栅：将光栅放置于载物台上，即令光栅压住载物台上的一条刻线，这样放置光栅的好处是：调节载物台 B，或 B，两个螺钉即可控制光栅平面的倾仰。

(2) 调节平行光垂直入射光栅：因望远镜与平行光管在一条直线上，所以只要调整光栅使其垂直于望远镜，即可实现平行光管出射的平行光垂直入射光栅。转动载物台，使光栅反光较好的一面朝向望远镜，并找到望远镜所发出的平行光经光栅平面反射后在目镜分划板上形成的绿色“十”字像，调节载物台 B，或 B，螺钉将“十”字像调整至目镜分划板上水平上叉丝处，然后再小角度转动载物台，使“十”字像落在分划板中心竖叉丝处，光栅平面与望远镜即达到垂直。此时，分划板中心竖叉丝、平行光管狭缝的像(光缝)、望远镜“十”字像三者重合。在调整时，切勿转动望远镜，更不能调节望远镜水平调整螺钉，否则必须重新校准分光计状态。

(3) 调节光栅狭缝平行于分光计主轴，并观察红光谱线：此状态下观察到的狭缝的像即为光栅衍射的中央明纹($k=0$)；向左缓慢转动望远镜，仔细寻找其 $k=-1$ 级谱线，然后将望远镜向右转动，转过中央明纹后，仔细寻找 $k=1$ 级谱线，注意观察谱线的条数以及强度。比较中央明纹两侧谱线的高度，如果高度不一致，可调节载物台 B，螺钉调节光栅水平，直至中央明纹两侧谱线高度一致。

调节后，中央明纹处分划板中心竖叉丝、光缝、“十”字像三者可能不再重合，遇到这种情况，先转动望远镜使分划板中心竖叉丝与光缝重合，然后按照第(2)步方法调节。

(4) 测量第 1 级衍射角 ϕ_1 ：转动望远镜(可配合调整望远镜转角微调螺)，使目镜分划板竖叉丝与光栅衍射第 $k=-1$ 级光谱重合，利用两游标读出望远镜的角位置 θ_{-1} ，和 θ'_{-1} ；再绕过中央明纹转动望远镜使目镜分划板竖叉丝与光栅衍射第 $k=+1$ 级光谱重合，利用两游标读出望远镜的角位置 θ_{+1} ，和 θ'_{+1} ，如图 6 所示。此即完成一次完整测量，将测量结果记录在表 1 中。

望远镜转过的角度为 $\theta_1 = |\theta_{-1} - \theta_{+1}|$ 或 $\theta'_1 = |\theta'_{-1} - \theta'_{+1}|$ ，光栅衍射的第一级衍射角

$$\phi_1 = \frac{1}{4}(\theta_1 + \theta'_1)$$

同样的方法，再次测量黄 LED 灯、蓝 LED 灯，将记录结果记录到表 1 当中。

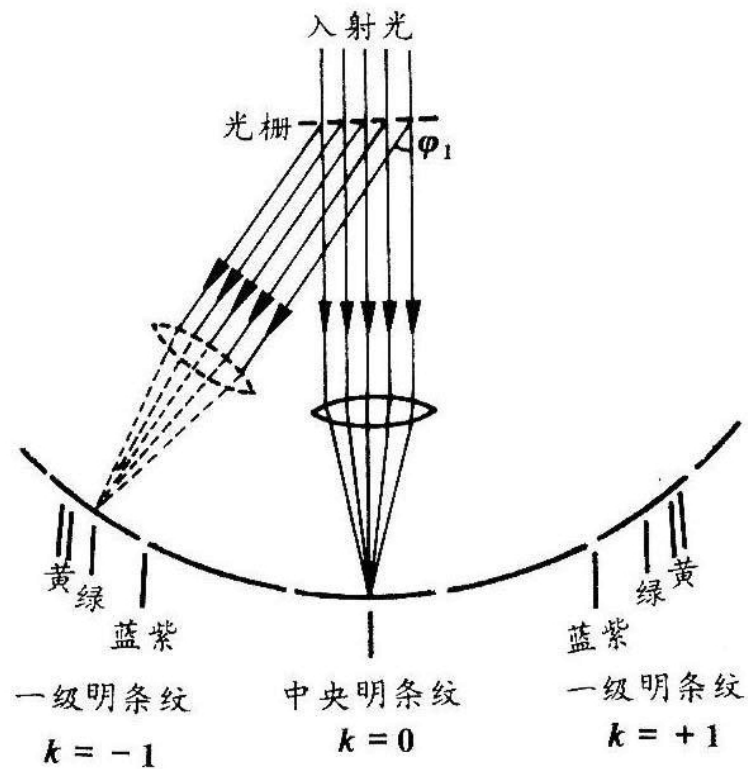


图 6 第 1 级衍射角的测量

【数据记录与处理】

表 1 LED 灯光谱线第 1 级衍射角测量数据记录

LED 型号	λ_{\min}				λ_{\max}				
	k=-1		k=+1		k=-1		k=+1		
	θ_{-1}	θ'_{-1}	θ_{+1}	θ'_{+1}	θ_{-1}	θ'_{-1}	θ_{+1}	θ'_{+1}	
红	101.9°	281.9°	78.3°	258.3°	103.6°	283.6°	79°	259°	
黄	100.5°	280.5°	80.5°	260.5°	102.5°	282.5°	81.5°	261.5°	
蓝	98°	278°	84°	264°	100°	280°	85°	265°	

表 2 LED 灯光谱线第 1 级衍射角测量数据处理

光栅常量 $d = 1/300 \text{ mm}$

LED 型号	$\theta_1 = \theta_{-1} - \theta_{+1} $		$\theta'_1 = \theta'_{-1} - \theta'_{+1} $		$\phi_1 = \frac{1}{4}(\theta_1 + \theta'_1)$		$\lambda = d \sin \phi_1 / \text{nm}$		
	λ_{\min}	λ_{\max}	λ_{\min}	λ_{\max}	λ_{\min}	λ_{\max}	λ_{\min}	λ_{\max}	$\bar{\lambda}$
红	23.6°	24.6°	23.6°	24.6°	11.8°	12.3°	681.7	710.6	696.15
黄	20°	21°	20°	21°	10°	10.5°	578.5	607.5	593.15
蓝	14°	15°	14°	15°	7°	7.5°	406.2	435.1	420.65

【数据分析】

利用分光计，通过光栅衍射的方法，可以计算出 LED 灯的波长，将衍射角数据代入公式(2)中，得出三种颜色的 LED 灯的波长范围，这种方法测得的 LED 的波长与厂家提供的波长范围进行比较，如表 3 所示。

表 3 光栅衍射法测得的 LED 的波长范围比较

LED 型号	红	黄	蓝
实验测得的波长范围/nm	681.7~710.6	578.5~607.5	406.2~435.1
厂家提供的波长范围/nm	700~730	580~610	400~430

【实验结语】

综上所述，新时期在社会经济不断发展的过程中，科学技术也在不断的进步，科技正在逐步的改变我们的生活。而发光二极管已经普遍存在我们身边，它作为光源具有耗电少，节能环保，安全可靠等优点。各行各业对发光二极管的应用同时也从促进了半导体发光二极管的制造和使用。所以，若想更好地应用二极管，我们就必须了解它的基本特性。

本实验中，通过分光计衍射光栅的方法测量 LED 的波长范围。由表 3 数据可以看出，通过这两种方法得到的 LED 的波长范围，与在厂家给定值范围大同小异，通过实验可知，这为我们测定 LED 的波长范围提供了一种简便易行的实验方案。

【实验心得】

通过大学物理实验的课程，我学到了很多在平时的学习中学习不到的东西。它教会我更多的应该是一种对待科学，对待学习的态度和精神。如今，大学物理实验课程就要画上一个圆满的句号了，回顾这学期的学习，感觉十分的充实，通过亲自动手，使我进一步了解了物理实验的基本过程和基本方法，为我今后的学习和工作奠定了良好的实验基础。我很感谢能够有机会学习物理实验，因为每一位老师都教会了我很多。每次上实验课，老师都给我们认真的讲解实验原理，轮到我们自己动手的时候，老师还常常给予我们帮助，不厌其烦地为我们讲解，直到我们做出来。

对于本次实验，虽然之前做过类似的基础性实验，但设计起来远没有我想象的那样简单，要想做好一个物理实验，容不得半点马虎。大学物理实验正是一门培养我们耐心、恒心和信心的课，让我的思维和创造力得到了大幅度的提高，让我的科学素养有了很大的飞越，真真正正让我学会了主动学习，激发了我的学习热情，不管实验成功或是失败，我都能从中获得很多从其它地方得不到的知识，让我获益匪浅！

参考文献

- [1] 王天会, 李昂, 张玲玲, 等编. 物理实验简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [2] 辛琨, 等. 关于发光二极管峰值波长的实验研究[J]. 大学物理实验, 2017(30): 40-43.
- [3] 赵清泉, 夏晓玲. 半导体发光二极管的应用及其前景[J]. 大众科技, 2005(6): 30-31.
- [4] 朱世国, 周积骏. 半导体光电二极管伏安特性的实验测定[J]. 物理实验, 2000(2): 12-14.
- [5] 蒋芸, 鲍丽莎, 曹正东. 发光二极管的特性研究[J]. 实验室研究与探索, 2007(6): 30-33.
- [6] 吕斯骅, 段家低, 张朝晖. 新编基础物理实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [7] 方志烈. 发光二极管材料与器件的历史、现状和展望[J]. 物理学和高新技术, 2003(5): 295-301.

