

菲涅耳衍射与夫琅和费衍射相互转化研究

张建华¹, 谢宜燕², 柯献辉¹

(1. 郑州工业大学数理力学系, 河南 郑州 450002; 2. 河南省化工学校, 河南 郑州 450042)

摘 要:就菲涅耳衍射与夫琅和费衍射的相互转化条件和实验方案进行了分析,在夫琅和费衍射的 5 种装置中,如果把它们的远场条件、物象关系、焦面关系加以破坏,则夫琅和费衍射随即转变成菲涅耳衍射,就远场接受装置的夫琅和费衍射转变成菲涅耳衍射的实验现象进行讨论,并用实验方法进行验证。

关键词：菲涅耳衍射；夫琅和费衍射；实验方案

中图分类号: O 53.752 文献标识码: A

通常在讲光的衍射时,总是强调菲涅耳衍射与夫琅和费衍射的区别,似乎二者是相互独立、突然变化的两种情况.那么,它们之间又有什么联系呢?本文就两种衍射之间的关系,相互转化的条件及实验方法进行了研究,得出:在菲涅耳衍射实验条件逐渐变化时,菲涅耳衍射有可能逐渐变成夫琅和费衍射,反之亦然.

接收夫琅和费衍射的实验装置有 5 种,即:定义装置、远场接收、焦面接收、像面接收(一)、像面接收(二)^[1]。由于它们的衍射场具有相同的函数形式及衍射图样,所以,这些实验装置统归于夫琅和费衍射。如果在这些实验装置中,把它们的远场条件、物像关系、焦面关系加以破坏,则夫琅和费衍射随即转变成菲涅耳衍射。

1 实验方案

实现两种衍射的相互转化的实验方案是很多的,本文选择其中的一种,其装置如图 1 所示。^[2]激光束经透镜 L_1 及针孔 S 后,在离 S 足够远的地方(距离为 R)放置衍射屏 D ,这里是用圆孔,然后在更远的地方放置接收屏 P ,距离为 b ,则当 R 与 b 足够大时(符合远场条件),接收屏上将看到圆孔的夫琅和费衍射图样。然后将衍射屏 D 逐渐向 S 方向移动,就可以看到衍射图样逐渐由夫琅和费衍射转变成菲涅耳衍射的现象,这种图样可直接观察。由于衍射图样太小,不容易看清楚,也可在接收屏后面放置一凸透镜 L_3 ,把衍射

图样放大投影到另一个屏上(如墙上),并把屏移走,以提高衍射光效果.

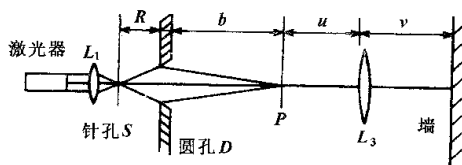


图 1 夫琅和费衍射的实验装置

图 2 为圆孔的菲涅耳衍射, ρ 为圆孔半径, 点光源 S 发出球面波, 在 P 点进行观察. 现在讨论亮、暗图样产生的条件.

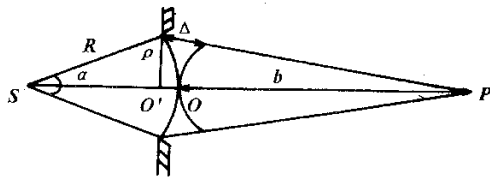


图 2 圆孔菲涅耳衍射

因为

$\rho \ll R$,

$$\Delta = \sqrt{R^2 + (R + b)^2 - 2R(R + b)\cos(\alpha/2)} - b ;$$

所以 $(\Delta + b)^2 = R^2 + R^2 + 2Rb + b^2 -$

$$2R(R + b) [1 - \rho^2/2R^2].$$

因为

$$\Delta \ll R, b,$$

所以

$$\Delta = \rho^2/2b + \rho^2/2R \; .$$

当 $\Delta = K\lambda/2$, K 为奇数时, 为亮点; K 为偶数时 ($K \neq 0$) 暗点, 即 $1/b + 1/R = K\lambda/\rho^2$, 此式与透镜成像公式类似。把 R 及 b 增大, 或在 S 与衍射屏之间加一块透镜 L 如图 3 所示, 使 S 与 P 对 L

收稿日期 :1999-10-15 ;修订日期 :1999-12-05

作者简介 张建华(1946-),男,河南省汝南县人,郑州工业大学副教授,主要从事实验物理及应用方面的研究。

而言是物象关系,则 P 处的衍射图样将由菲涅耳衍射图样变成夫琅和费衍射图样。

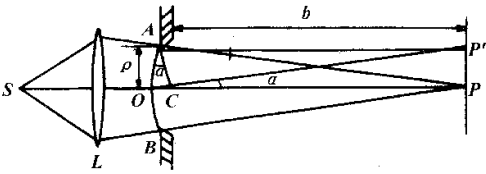


图 3 菲涅耳衍射变成夫琅和费衍射装置

这时 $\rho^2/2R = a^2/8R = a\alpha/8 \ll \lambda/2\pi$,
 $\rho^2/2b = a^2/8b \ll \lambda/2\pi$,
则 $\Delta = \rho^2/2b + \rho^2/2R \ll \lambda/2$
可视为 0,即 $K = 0$. 此时的衍射可视为菲涅耳衍射的一种特例,即 $\Delta = 0$ 时,其衍射图样中心点永远是亮点.此时屏幕上任一点 P' 上的光强情况,如图 3 所示.通过 A 点以 AP' 为半径作一弧线与 OP' 相交于 C , $OP' - AP' = OC = AO\sin\alpha$,这和讨论一般夫琅和费衍射的计算公式一样,光程差均与 $\sin\alpha$ 成正比,因而二者的衍射图样随 α 变化的规律就应该是一样的.因此,此时在屏幕上得到的衍射图样为夫琅和费衍射图样。

2 结 论

证明了 $1/R + 1/b = K\lambda/\rho^2 \approx 0$ 时(即 $K = 0$ 时)得到的是夫琅和费衍射图样,而当 R, b 连续变化,使 $1/R + 1/b = K\lambda/\rho^2$ 中的 K 依次等于 1, 2, 3, ... 时,将得到半波带数为 1, 2, 3, ... 的圆孔菲涅耳衍射图样.实验数据结果:以 $K = 1, 2, 3, \dots$ 为横坐

标, $1/R + 1/b$ 为纵坐标作图 4,一般均能得到通过原点的直线,由直线的斜率可计算出圆孔的半径.这就验证了圆孔的菲涅耳衍射规律。

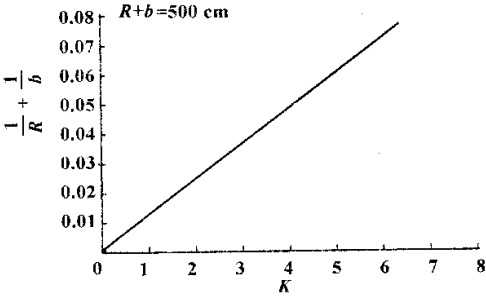


图 4 实验结果曲线

$R + b = 500 \text{ cm}$,
 $(1/R + 1/b)/K = 13 \times 10^{-4} = \lambda/\rho^2$;
 $\rho = 0.6977 \text{ mm}$; $\varphi = 1.395 \text{ mm}$.

表 1 实验数据及处理结果

| K | X_s | $X_{孔}$ | R | b | $\frac{1}{R}$ | $\frac{1}{b} \times 10^{-3}$ | $\frac{1}{R} + \frac{1}{b}$ |
|-----|-------|---------|------|-------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| 8 | 25.0 | 34.7 | 9.65 | 490.4 | 0.104 | 2.04 | 0.106 |
| 6 | 25.0 | 38.0 | 13.0 | 437.0 | 0.077 | 2.05 | 0.079 |
| 4 | 25.0 | 45.2 | 20.2 | 479.8 | 0.0495 | 2.08 | 0.0516 |
| 2 | 25.0 | 68.1 | 43.1 | 456.9 | 0.0232 | 2.19 | 0.0254 |

参考文献：

[1] 赵凯华,钟锡华.光学(下册)[M].北京:北京大学出版社,1984.81.
[2] 王其祥.工程光学原理[M].南昌:江西科学技术出版社,1983.

Study on Correlative Transformation Between Fresnel Diffraction and Fraunhofer Diffraction

ZHANG Jian - hua¹ , XIE Yi - yan² , KE Xian - hui¹

(1. Department of Mathematics , Physics & Mechanics Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002 ,China ; 2. Henan College of Chemical Engineering Zhengzhou 450066 ,China)

Abstract :This paper researches into the correlation and experiment programs of Fresnel Diffraction and Fraunhofer Diffraction. In five installations of Fraunhofer Diffraction ,If either their apogee condition ,or relationship between the matter and the elephant ,or relationship between the focal point and the face is destroyed ,Fraunhofer Diffraction will be transformed into Freshel Diffraction. This paper researches into the experimental phenomenon of the transformation from Fraunhofer Diffraction of apogee receiving installation into Fresnel Diffraction , and tests this with the experimental methods.

Key words :fresnel diffraction ; fraunhofer diffraction ; experiment program