



北京航空航天大学 实验报告

学 班 姓 姓 同 日 评 分:

实验名称: 阿贝成像原理和空间滤波

一. 实验目的

1. 认识光波衍射的傅氏变换特性.
2. 结合阿贝成像原理, 刀刻实验, 了解傅氏光学有关空间频率, 频谱, 滤波的特点.
3. 巩固光学实验中的基本技能.

二. 实验原理

1. 光学傅里叶变换

傅里叶分析: 联系时域与频域.

2. 阿贝成像原理

第一步通过物体的衍射光在物镜焦平面上形成衍射斑; 第二步这些衍射斑上各光点向前发出球面波, 干涉叠加形成目镜焦面附近的像, 即一个聚点, 同一级衍射.

$$g(x, y) \rightarrow G(\xi, \eta) \rightarrow g'(x', y')$$

物面 频谱面 像面

3. 空间滤波 (子频谱面)

在频谱面上放一些模板, 以减弱某些空间频率成分/相位, 必然在像面上发生相应的变化, 即为空间滤波.

三. 实验仪器

He-Ne 激光器, 白光光源, 透镜, 可调狭缝, 样品模板, 刀刻实验, 白屏.

四. 实验内容

1. 光路调节.
2. 阿贝成像原理实验
3. 衍射滤波
4. 刀刻实验.

五. 数据处理

1. 一维光栅成像及滤波实验

级次	± 1	± 2	± 3
间距/mm	0.91	0.82	1.13

$$\lambda = 632.8 \text{ nm}$$

$$F = 260 \text{ mm}$$

$$1\text{级与0级间距 } d_1 = \frac{0.91}{2} = 0.20 \text{ cm}$$

~~$$d_2 = \frac{0.82}{2} = 0.34 \text{ cm}$$~~

$$2\text{级与0级间距 } d_2 = \frac{0.82}{2} = 0.41 \text{ cm}$$

$$3\text{级与0级间距 } d_3 = \frac{1.13}{2} = 0.56 \text{ cm}$$

$$\text{由 } f = \frac{c}{\lambda F} \text{ 有 } f_1 = \frac{c}{\lambda F} = 1.2156 \times 10^4 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 2.4920 \times 10^4 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3.4037 \times 10^4 \text{ Hz}$$

$$\text{基频: } f_0 = f_1 + \frac{1}{2}f_2 + \frac{1}{3}f_3 = 3.5962 \times 10^4 \text{ Hz}$$

通过衍射点	状况	简要解释	条纹间距/mm
全部	均匀条纹	衍射点全部通过 信息无损失	1.30
0级	无条纹, 暗野暗	只有0级衍射光通 过, 干涉, 亮度损失	NULL
0, ± 1 级	均匀条纹	允许0, 1通过, 已经 能出现一定细节, 但 条纹不够细致	1.45
0, ± 2 级	均匀条纹, 但更暗更 细	允许0和2通过, 0有 整体, 2有细节, 条纹更 锐利, 无1亮度低	0.66
0, $\pm 1, \pm 2$ 级	两亮纹之间有一次 级亮纹, 颜色暗	± 2 级条纹间距与 ± 1 也产生, 间距为2级 的2倍, 要加多次亮纹	1.30

2. 二维光栅成像及滤波实验

原面上光栅条纹间距: y 方向: $\Delta y_0 = 2.38 \text{ cm}$, $\Delta y = \frac{\Delta y_0}{10} = 2.38 \text{ mm}$

x 方向: $\Delta x_0 = 2.40 \text{ cm}$, $\Delta x = \frac{\Delta x_0}{10} = 2.40 \text{ mm}$

光栅形式 无光栅	成像情况 x - y 方向有均匀点阵.	衍射解释 级谱面上所有信息通过,因此图像与景物相差不多,形状相同.	条纹间距/mm $x = 2.40 \text{ mm}$ $y = 2.38 \text{ mm}$
狭缝光栅	无条纹,视野模糊	只允许0级衍射点通过,无法显示细节,故无条纹.	NULL
竖直光栅	有水平衍射条纹	级谱面上允许通过竖直光点,等效于水平光栅所成的级谱,因此图像也相似于水平光栅.	$y = 2.35 \text{ mm}$
水平光栅	有竖直衍射条纹	等效于竖直光栅所成的级谱,相似于竖直光栅,且级谱面上光间距与竖直光栅相同,说明0级谱级相同.	$x = 2.29 \text{ mm}$
斜光栅	有斜衍射条纹,条纹与光栅方向垂直.	条纹与光栅垂直,且光点间距为合构膜间距,故条纹间距也服从.	$d = 1.59 \text{ mm}$

3. 衍射光栅

样品	滤波器	图像情况	简要分析
"光"字	无	有清晰、明亮、带网格光字	能通过所有频率面上的点，因此能还原物体的信息，无损失。
	3号	图像变暗，无网格边界模糊。	使用高通滤波器，因此滤掉低频部分，图像高频显示细节，故图像细节清晰。
	4号	图像更暗，无网格边界模糊。	同理同上，但由于截止频率小，因此更暗。
	不在光轴上的某个光点通过无网	图像不全，不明显，无网格模糊。	非零级光纹，因此很暗，因为级数不为0，只显示细节，因此不明显，模糊，无法显示全部细节，因此无网格。
"十"字	全通	清晰"十"字，空白亮	能通过所有频率面上的点，因此能还原物体的信息，没有损失，能显示大体和细节。
	5号	清晰"十"字	通过频率面上高频部分，因此能还原图像上的所有细节，缺少低频部分，无法显示大体，因此边缘模糊。

六思总结

- ①. 正交光栅为 $12\text{条}/\text{mm}$ ，光栅常数 $a = 12 \times 10^3 \text{ m}$ ，放光栅产生的光点间距为 $a \lambda F$ ， $197 \times 10^3 \text{ m}$ ，小孔半径 $r < 1.97 \times 10^3 \text{ m}$ ，而光栅粗 0.5 mm ，故为字模视为 $d = 1 \text{ mm}$ 的光栅，产生光点为 $a \lambda F = \frac{a F}{d} = 1.65 \times 10^4$ ，至少能通过1级光纹，故光栅半径在 $1.65 \times 10^4 \text{ m}$ 和 $1.97 \times 10^3 \text{ m}$ 之间，直径在 $3.29 \times 10^4 \text{ m}$ 到 $3.94 \times 10^3 \text{ m}$ 间。
- ②. "光"字间距为 $1.65 \times 10^4 \text{ m}$ ，网格光间距为 $1.97 \times 10^3 \text{ m}$ ，若仅能通过 $r > 1.97 \times 10^3 \text{ m}$ 光纹，则可以滤掉中央亮点，光字0级部分，故光字无法显示，但能显示网格。
有滤波器：仅能通过 $r > 1.97 \times 10^3 \text{ m}$ 的光点，为高通滤波器。
- ③. 显微镜，望远镜孔径有限，只能允许一定量低频光通过，损失信息，无法显示所有细节，因此边界部分比较模糊，因此不能分辨微小。增大放大倍数不能使更多谱线通过，因此不能提高分辨率，但增大物镜口径可以。



北京航空航天大学 实验报告

学号: _____
 班级: _____
 姓名: _____
 同组者: _____
 日期: _____
 评分: _____

实验名称: _____

光屏 190 mm

- 级光栅 1 ~ -1 级 0.40
 2 ~ -2 级 0.82
 3 ~ -3 级 1.13

级	通过衍射点	状态	条纹间距 (mm)	说明
A	全部	均清晰	1.01 (0.1-10.2 mm) (0.1-12.9 mm)	
B	0 级	无条纹		
C	0, ±1 级	均清晰	1.45 (-0.3-14.2 mm)	
D	0, ±2 级	均清晰更细更暗	0.64 (0.1-6.5 mm)	
E	0, ±1 级	两亮纹间有一较暗亮纹	1.31 (0.1) - 13.0 mm	

二、结论

④ Ls:
~~Ls = 17.9 mm~~

无边缘衍射: $x = 24.0 \text{ mm}$ $y = 23.8 \text{ mm}$
 ~~$x = 13.2 \text{ mm}$ $y = 13.0 \text{ mm}$~~
 小孔 $y = 25.5 \text{ mm}$
 ~~$y = 17.0 \text{ mm}$~~
 垂直 $x = 15.4 \text{ mm}$ $x = 22.9 \text{ mm}$
 可平 ~~$x = 13.2 \text{ mm}$~~ 15.9 mm
 斜 $(x: 23, y: 22)$

状态
 x-y 轴均清晰
 视野较暗无条纹。
 有水平方向均匀条纹。
 有垂直方向均匀条纹
 有均匀条纹垂直于光轴

无 3: 有清晰, 明亮, 带网格光字.

~~无 3~~ 3: 模糊, 无网格 光字几乎消失

~~无 4~~ 4: 模糊, 无网格, 更暗

无 5: 图像模糊不全, 无网格

十字 5: 模糊, 十字变镂空, 变暗,

十字全通: 十字中间更亮, 较清晰, 亮

2017年12月