

用 CCD 成像系统观测双棱镜干涉

采用分波阵面的方法，可以获得相干光源，双棱镜颇具有代表性。虽然在激光出现之后，设法获得相干光源的工作已不如早期那样的重要，但双棱镜干涉在实验构思及装置调整等问题上仍然具有重要意义。

【实验目的】

1. 了解双棱镜干涉装置及光路调整方法；
2. 观察双棱镜干涉现象并用它测量光波波长；
3. 利用 CCD 成像系统观测双棱镜干涉条纹，学习对 CCD 成像系统进行长度单位定标。

【实验原理】

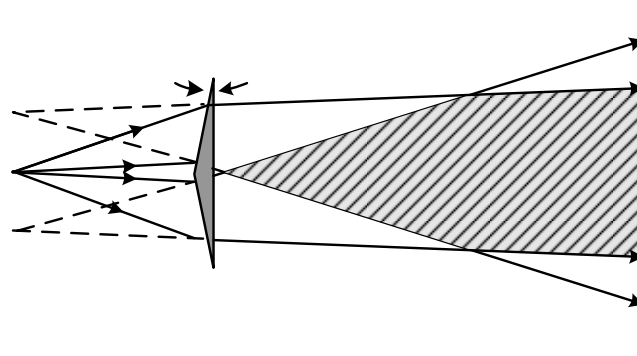


图 1 双棱镜干涉原理图

双棱镜可看作是有两个折射棱角 α 很小（小于 1° ）的直角棱镜底边相接而成。借助于双棱镜可使从光源 S 发出的光的波阵面沿两个不同方向传播。相当于虚光源 S_1 及 S_2 发出的两束相干光。在两束光交迭空间的任何位置上将有干涉发生，在该区域内可以接受并观察到干涉条纹。

双棱镜干涉条纹间距的计算方法，与杨氏双缝干涉的计算方法相同。在图 2 中，若 S_1 和 S_2 之间的距离为 d ， S 至观察屏的距离为 D （当用测微目镜代替屏进行观察时，则为 S 至目镜的可动分划板间的距离）， P_0 为屏上与 S_1 及 S_2 等距离的点，在该点处两束光波的光程差也为零，因而两波相互加强而成零级的亮条纹。在 P_0 点的两边还排列着明暗相间的干涉条纹。

设 S_1 和 S_2 到屏上距 P_0 点的距离为 x_k 的 P_k 点的光程差为 δ ，当 $D \gg d$ 、 $D \gg x$ 时，有

$$\delta = \frac{x_k}{D} d \quad (1)$$

根据相干条件，当光程差 δ 满足：

S_1

S

S_2

α

$\delta = \pm 2k(\frac{\lambda}{2})$ 时, 即在 $x = \pm \frac{D}{d} k\lambda$ 处 ($k = 0, 1, 2 \dots$), 产生亮条纹;

$\delta = \pm (2k - 1)(\frac{\lambda}{2})$ 时, 即在 $x = \pm \frac{D}{d} (2k - 1)$ ($k = 1, 2 \dots$), 产生暗条纹。

这样, 两相邻亮条纹的距离为

$$\Delta x = x_{K+1} - x_K = \frac{D}{d} \lambda \quad (2)$$

如果测得 D , d 及 Δx 便可由 (2) 式求出 λ 值。

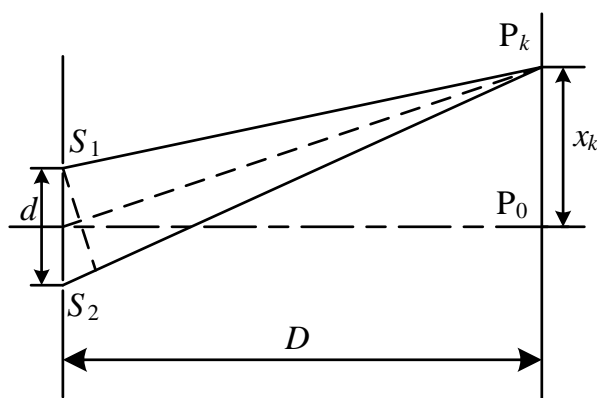


图 2 几何关系图

【实验内容】

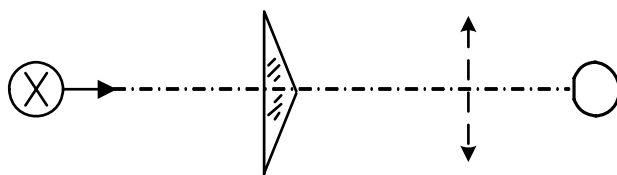


图 3

一. 双棱镜干涉

1. 调节

- (1) 实验在光具座上进行, 各光学元件及仪器可按图 3 放置, 按同轴等高的要求调整各元件;
- (2) 利用观察屏, 观察干涉条纹, 调整棱镜至干涉条纹成垂直状态;
- (3) 缓慢调节观察屏与双棱镜间的距离, 观察干涉条纹疏密程度的变化, 找出变化规律, 并加以解释。

2. 测量

- (1) 用 CCD 代替观察屏，调整双棱镜和 CCD 之间的距离，至显示屏上能观察到清晰、垂直的干涉条纹约 20 条；
- (2) 利用测量软件测量出约 20 条干涉条纹间的间距（像元数）；
- (3) 记录此时棱镜及 CCD 的所在位置，同时记录实验室提供各元件偏离轴心的修正值；
- (4) 借助辅助透镜，利用透镜成像原理，测量两虚光源之间的距离（光源通过透镜成大像）；
- (5) 记录此时透镜所在位置。

二. 定标

1. 利用软件所测的实验数据，其长度单位都为像元，在实际运用中需将像元换算成 mm 单位。因此须通过定标求出 1mm 所对应的像元素；
2. 将光源换成钠灯，双棱镜换成狭缝板，根据透镜成像原理，仔细调节辅助透镜与 CCD 至显示器上能呈现出清晰的狭缝像；
3. 利用软件测出狭缝像宽度。记录各元件坐标，根据透镜成像原理及狭缝实际缝宽，计算出 1mm 所对应的像元素的平均值（狭缝像应取上、中和下三个部位取值）。
4. 利用公式（2）计算出激光的波长。

三. 选作：采用钠灯作为双棱镜干涉的光源，自行设计光路，测量钠光灯的波长。实验室提供了钠灯、狭缝和测微目镜等。

【实验仪器】

Ne-Na 激光器（波长：632.8nm）、钠光（波长：589.3nm）、双棱镜、透镜、CCD 摄像头、狭缝板、狭缝和观察屏等。

【注意事项】

1. 不可直接用手触摸光学元件，可用专用清洁用品；
2. 激光在没有扩束前，眼睛不得直视，以免损伤眼睛；
3. 实验开始前，请仔细阅读实验室提供的微机使用方法。

【思考题】

1. 若实验时光源改成白炽灯，将会看到怎样的干涉条纹？请分析。
2. 实验过程中，你是如何判断虚光源的，为什么？