

干涉仪指南 | Interferometers Technical Note

干涉仪指南

从零开始挑选光学元件，支架，底座等组建一套光学实验装置，即使是经验丰富的专家也是一件相当费力的事情。

如果是一个光学系的初学者，很可能不知道从何下手，甚至会手足无措了。

为了帮助初学者，和节省专家们的宝贵时间，我们可提供整套干涉仪或纹影法光学干涉系统的套件。

该套件可被用作初学者的入门教材，或构建光学系统的参考，也可作为实验原理验证，或产品化试验的实验装置。

- 通用干涉仪 常见于学校，用于教学现场的各种干涉仪，一般可以自由地改变其模块的组合排列，构建各种各样的干涉仪。此类干涉仪也可用于一般的实验验证，是光学实习的必需品。
- 流体可视化光学系统 ... 纹影法不是严格意义上的干涉仪，它常用于定性观测流体的流动。实例中使用了白色光源，便于观测到微妙的对比度变化，方便计算机图像处理。
- 集成光学干涉系统 它和通用干涉仪相比，看起来更像一个光学仪器了。不但体积小，而且功能性也好。方便观测那些不容易用通用干涉仪观测的微小样品。

干涉仪的特点

通常，我们不容易直接观测到1微米量级的动态现象的，此时，我们会选择光学干涉仪进行观测。

例如，测量光学镜头的面精度的干涉仪，精密测量距离或位移的测长仪，需要精密测量位移变化的速度计或振动仪等，都是利用了光学干涉原理的典型仪器。

市场上销售的大部分干涉测量装置是由光学干涉部分和信号解析部分组成的。

采用先进的电信号处理技术，可以同时实现高分辨率和很宽的测量范围。

但是，我们这里介绍的光学干涉装置，并不包含干涉条纹的电信号处理内容，我们重点介绍了其光学部分。因此，虽然其可观测的范围有限，但足以进行干涉计测的基础实验和理论验证。

干涉技术并不仅仅限于干涉计测，它在很多领域都有广泛应用。此处介绍的内容也可作为其基础实验的有益参考。

干涉原理

把激光这样的周期很规则的光分成2束后重新合成到一起就会观测到干涉现象。

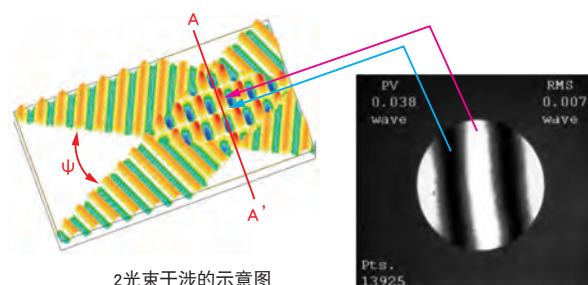
这是一种波的叠加，它会出现波峰和波峰，或波谷和波谷的重叠，而导致周期性的明暗条纹。

这个干涉条纹，实际显示的是两束光的光程差。条纹的周期反映了一个波长长度（折返光路是其1半）的相位差。但是，不能根据干涉条纹识别波长整倍数部分的差异，所以实际观测到的是小于波长整倍数部分的相位差，或连续的相位变化。

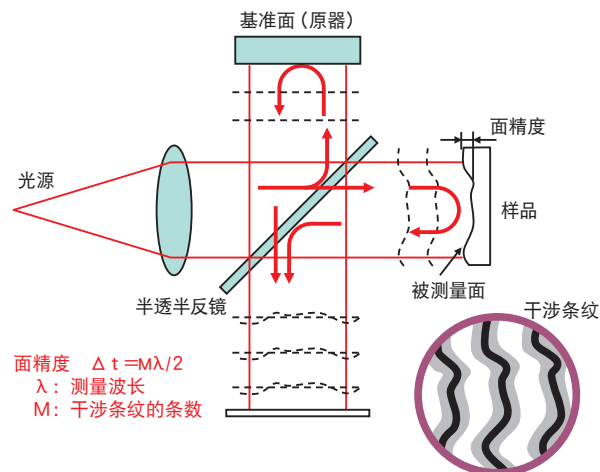
选用He-Ne激光作为光源时，其波长为632.8nm，在折返式干涉仪中，一个条纹仅相当于约0.3微米。所以，应用干涉原理，可以测量微小的位移，或变形。

干涉仪的感度好，容易得到高精度的测量结果。但同时，也容易受到振动，或空气扰动等的影响。因此，干涉实验装置通常会设置在防振平台上，并置于暗室之中的。

- 干涉是2个波的叠加
- 规则的周期波叠加时，就会观察到干涉条纹



2光束干涉的示意图



用干涉仪测量面精度时，在光路的一侧放置被测样品，让被测量面的反射波面和另一个来自基准面的波面叠加。

这样，我就会得到一个反映了被测量面形状的弯曲的干涉条纹。

我们可从此干涉条纹的弯曲程度推测出被测量面的面精度。

应用系统

光学元件·
薄膜产品

镜架

底座

手动平台

驱动装置

自动平台

光源

目录

显微镜

光通讯

干涉仪

检查 / 观察

生物光学

激光加工

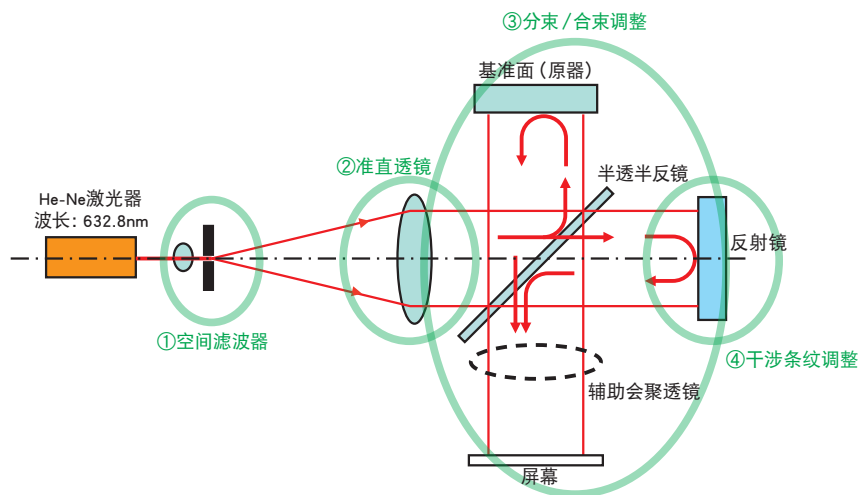
组装调试的要点

如果掌握了此处提到的窍门，如果选用了西格玛的标准组件，我们都可简单地组装调试干涉仪了。这里我们分别介绍一下这些窍门，还有那些标准组件的信息。

首先，调整立柱等的高度，把各器件的光轴调整到大致一样。调整He-Ne激光器，使其光束和平台面大致平行。

考虑各器件调整时所需空间，根据光路图，把各器件摆放到相应位置。

从激光光源开始，依次调整支架，使光束正常入射。

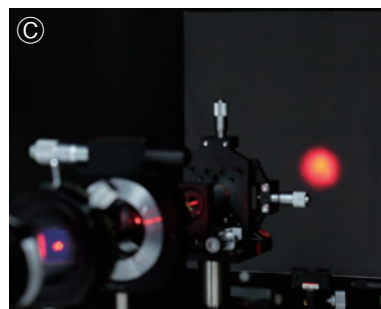
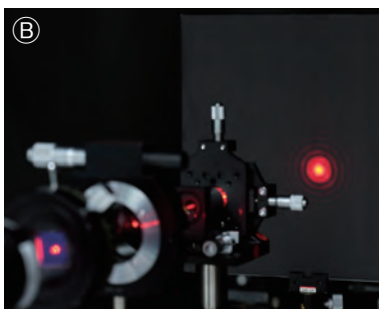
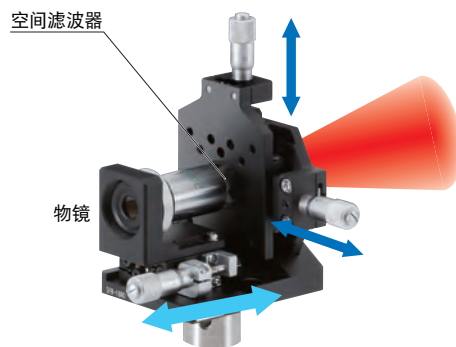


设置标准组件时，请锁紧好各个可调节部，不要让其乱动。比如，镜架的转动，调整机构的粗微调切换钮，立柱支架的锁紧钮，磁力表座的ON/OFF等。假如没有固定好连接部或锁紧钮等，容易发生振动，不容易观测到稳定的干涉条纹。

①空间滤波器

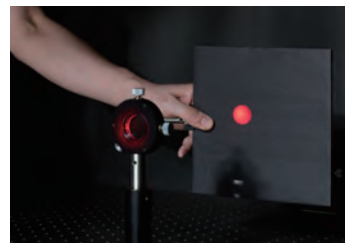
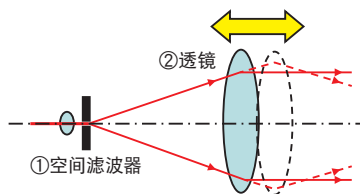
空间滤波器是由物镜和针孔组成的器件，它使激光束成为发散状态的同时，去除光束波面的畸变成份或由于灰尘颗粒等造成的衍射环等成份，从而可以得到更理想的高斯分布光束。

调整空间滤波器的位置，使激光束垂直入射到物镜的中央。调整支撑物镜的平台的角度，使物镜远离针孔，同时观测透过针孔的微弱光束(A)。然后，上下左右调整针孔位置，找出透光最强的位置(B)。调整物镜一点点接近针孔，透过针孔的光会逐渐变强。当两者的距离过近后，透过光会逐渐变暗。这时，重新微调针孔的位置，找出最亮的位置。重复以上操作，一直调整到光强最大，同时也没有出现衍射环为止(C)。



②准直透镜

把来自空间滤波器的发散光束照射到透镜组件上，得到一个直径更大的平行光束。其平行度的调整要领为：使用屏幕，放置光束的不同位置，确认其光斑的大小。调整其准直透镜在光轴方向的位置，直至不同位置时光斑的直径一样。



应用系统

光学元件·
薄膜产品

镜架

底座

手动平台

驱动装置

自动平台

光源

目录

显微镜

光通讯

干涉仪

检查 / 观察

生物光学

激光加工

干涉仪指南 | Interferometers Technical Note

应用系统

光学元件·
薄膜产品

镜架

底座

手动平台

驱动装置

自动平台

光源

目录

显微镜

光通讯

干涉仪

检查 / 观察

生物光学

激光加工

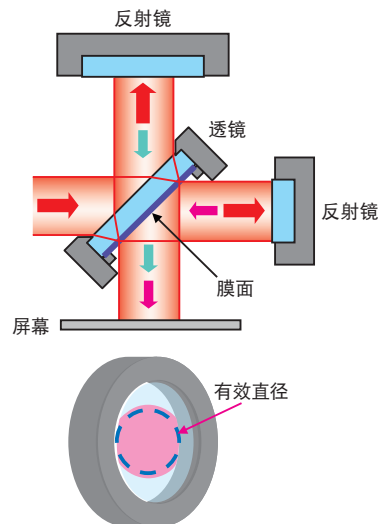
③分束和合束

平行光束经半透半反镜分束后，又再次合束。半透半反镜的出射光束互相垂直。平板的半透半反镜时，受其厚度和镜框的影响，光束容易被遮挡，一般只在中心附近的较小区域可观测到干涉条纹，尤其是迈克尔逊干涉仪。把反射镜片反过来组装（镀膜面放到螺纹环侧）的话，可得到改善，容易得到更大的有效通光口径。

※另外，如选用分光镜镜架（BHAN）的话，即使镀膜面的位置不变（朝外安装），也可以避免光束遮挡的。▶参照网页 目录编号 W4011

设置并调整镜架组件，使光束照射在反射镜的有效区域之内，并尽可能地使照射到屏幕上的2个光斑大小一致。

如果选用的是有夹角的平板分光镜，透过光束受折射的影响，出射光束和入射光束会有一个角度。此时，反射光束和透过光束不再垂直，但并不影响干涉条纹的观测。



④光束的角度调整

在上述③的调整中，即使保证了在屏幕上的光斑完全重合，在绝大多数情况下，还是无法观测到干涉条纹的。为了观测到干涉条纹，两个光束的平行度须在1分以内。

这里介绍一个使用辅助会聚透镜的调整其平行度的方法。

准备一个焦点距离较长的辅助会聚透镜组件（调整透镜组件IFC2-AL ▶参照 A052），将其插入半透半反镜和屏幕之间，并调整其位置，使其焦点正好在屏幕上。照片④

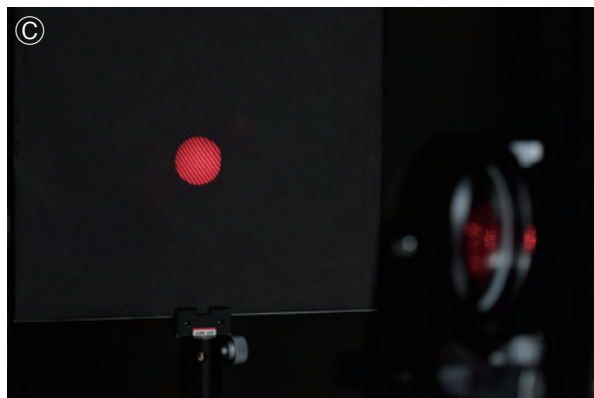
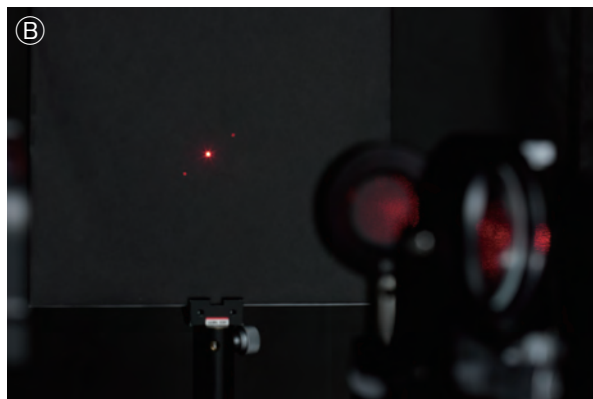
调整其中某个光路的角度，使2个汇聚光斑的位置重合。照片⑤（尽可能让光斑小一些，让光斑暗一些，这样的话比较容易观测调整。）

之后，拿掉辅助会聚透镜组件的话，通常在屏幕上就可观察到很多很细的干涉条纹。照片⑥（万一不顺利的话，请耐心地重复上述调整步骤，直至出现干涉条纹。）

然后，边观测屏幕上的干涉条纹，边调整某个光路的镜架角度，把干涉条纹的间隔变大。（注意，如果同时调整2个光路的镜架角度，容易把干涉条纹弄丢了。）

调整镜架的方位角度，干涉条纹的水平方向间隔会变化。调整镜架的俯仰角度，会影响干涉条纹的垂直方向间隔。

垂直或水平方向有3~4根干涉条纹时，是最容易观测的了。照片⑦



实验方法

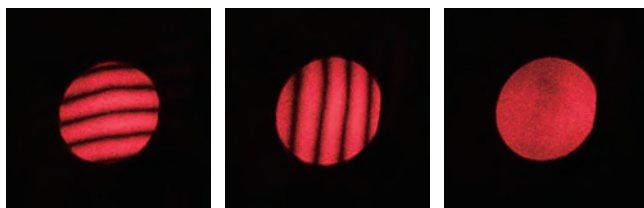
在介绍各个具体的干涉系统之前,为了更好地熟悉干涉装置的特性,我们一起来做几个简单的实验,可以体会到一些教科书或用计算公式很难得到的经验。
这里介绍的4个实验方法,它们都不需要使用特殊的工具。

干涉条纹的控制

调整反射镜的方位和俯仰,可以改变干涉条纹的方向。进一步调整,扩大条纹的间隔,使其整体成为一个均一亮度的光斑。
干涉条纹的数量反应了两个光束的夹角。干涉条纹是0个的时候,说明两个入射光束完全平行。
然后,调整反射镜的方位角度,增加干涉条纹的数量。我们可根据干涉条纹的数量计算角度。

$$\sin \psi = \frac{N\lambda}{2D}$$

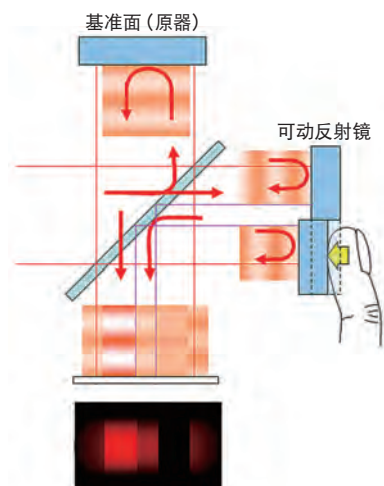
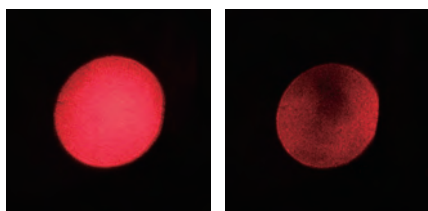
N: 干涉条纹的数量, D: 光束直径, ψ : 夹角, λ : 波长



相位差

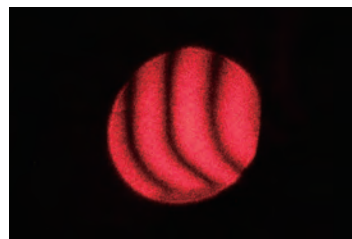
在两个光束平行(0个干涉条纹)时,在光轴方向轻轻触摸(推)某个反射镜的话,光斑的亮度会剧烈变化。光斑最亮时,说明两路光束的相位正好一致,最暗的位置表示其相位差为半个波长。

每推动反射镜移动半个波长的距离,其明暗交替出现一次。



空气扰动

很小心地把手伸到干涉仪的某一光路下方,我们也可以观测到干涉条纹的波动。这是因为受手掌温度的影响,空气被加热,引起空气折射率发生了变化的缘故。手掌离光路越近,可以发现干涉条纹的扰动也越大。



反射镜变形

稍微把固定干涉仪的反射镜的紧定螺钉进一步拧一下,我们也可观测到干涉条纹的变化。这个拧紧螺钉的动作,会导致反射镜内部的应力变化而引起镜面面精度的变化。使用干涉仪,我们通过干涉条纹的变化,可观测到通常无法直接感知的微小变形。



应用系统

光学元件·
薄膜产品

镜架

底座

手动平台

驱动装置

自动平台

光源

目录

显微镜

光通讯

干涉仪

检查/观察

生物光学

激光加工