

光干涉 测量技术

吴 震 等编著



中国计量出版社

光干涉测量技术

吴 震 等编著

中国计量出版社

(京) 新登字 024 号

图书在版编目 (CIP) 数据

光干涉测量技术 / 吴震等编著. - 北京: 中国计量出版社,
1995.7

ISBN 7-5026-0735-8/TB·454

I. 光… I. 吴… II. 光学干涉仪-干涉测量法 IV. TH744.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 06385 号

光干涉测量技术

吴震 等编著

责任编辑 陈小林

—

中国计量出版社出版

北京和平里西街 2 号

邮政编码 100013

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

—

开本 850×1168/32 印张 16.625 字数 434 千字

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3000 定价 20.00 元

前 言

自激光和电子计算机问世以来,光干涉测量技术已成为一个重要的光学分支,以崭新的面貌呈现在人们的面前。随着大量的近代新型干涉仪和新的测量原理与方法的出现,光干涉测量的应用领域正在不断地扩大,并且已经成为高准确度计量测试的主要手段之一。

光干涉测量技术不但可以用于光学量的测试,也可以用于非光学量的测试。而且后者的重要性不亚于前者。由于光学方法或光电结合的方法具有高准确度和直观、非接触等特点,后者的发展尤为迅速。因此,光干涉测量技术的理论与应用越来越受到人们的重视,其基本知识不仅为从事光学测试人员,同时也为从事几何量、力学量、温度、材料力学、声学等有关测试人员所必需。鉴于目前我国较为系统地介绍光干涉测量技术的专著甚少,作者编著了此书。本书在简要地阐述光干涉测量技术的理论基础,除了以一定的篇幅介绍传统的干涉仪外,以较大的篇幅介绍了基于新的测量原理和方法的新型干涉仪,论述了其原理、结构、特点、操作方法及其在长度、角度、形状、光学元件和光学系统、光学传递函数、形变、流速、振动、位移等测量领域中的应用。

本书由吴震主编,陈进榜主审。书中第三、四章由张平撰写;第七章由李剑白撰写;其余章节及附录均由吴震撰写。

在本书撰写过程中,得到了张以谟教授的指教与帮助,在此深表谢意。

由于水平所限,书中错误与不足之处在所难免,望读者不吝指正。

作者

1993年4月

目 录

第一章 光干涉测量技术的理论基础

§ 1.1 单色光和非单色光的复数表示	(1)
§ 1.2 几何光学	(5)
§ 1.2.1 光在边界面上的反射与折射	(5)
§ 1.2.2 光在棱镜和球面上的折射	(8)
§ 1.2.3 激光束的扩束和准直	(10)
§ 1.3 光振动和波的叠加	(11)
§ 1.3.1 同频率、同方向振动的两单色光波的叠加	(11)
§ 1.3.2 同频率、振动方向相互垂直的光波的叠加	(12)
§ 1.3.3 振动的相干	(13)
§ 1.3.4 由一个原子发出不同频率振动的相干	(16)
§ 1.3.5 一个原子产生的相同频率振动的相干	(17)
§ 1.3.6 空间相干和时间相干	(18)
§ 1.4 光的干涉	(19)
§ 1.4.1 分波面干涉	(20)
§ 1.4.2 分振幅干涉	(22)
§ 1.4.3 条纹对比度与条纹的定域	(26)
§ 1.5 衍射	(33)
§ 1.5.1 基尔霍夫衍射理论	(33)
§ 1.5.2 夫琅和费衍射和菲涅尔衍射	(35)
§ 1.5.3 矩孔和狭缝的夫琅和费衍射	(37)
§ 1.5.4 圆孔的夫琅和费衍射	(39)
§ 1.5.5 双缝衍射	(39)
§ 1.5.6 多缝衍射	(41)
§ 1.6 偏振	(41)
§ 1.6.1 偏振的矩阵表示	(42)
§ 1.6.2 偏振光的干涉	(43)

§ 1.7 全息	(48)
§ 1.7.1 全息图的形成	(50)
§ 1.7.2 全息象的大小	(52)
§ 1.7.3 全息系统的分辨率	(53)
§ 1.7.4 计算机全息	(55)
§ 1.8 散斑	(59)
§ 1.8.1 客观散斑(衍射散斑)	(59)
§ 1.8.2 主观散斑(象面散斑)	(62)
§ 1.9 傅里叶变换	(63)
§ 1.9.1 复杂形式光场的傅里叶表示法	(66)
§ 1.9.2 多色光和激光束的特性	(67)
第二章 常用干涉仪与现代新型干涉仪	
§ 2.1 迈克尔逊干涉仪	(69)
§ 2.2 牛顿干涉仪	(73)
§ 2.3 斐索干涉仪	(77)
§ 2.4 海丁格干涉仪	(79)
§ 2.5 泰曼-格林干涉仪	(80)
§ 2.5.1 空间相干性和时间相干性的要求	(83)
§ 2.5.2 泰曼-格林干涉仪的基本结构	(86)
§ 2.6 雅敏干涉仪	(86)
§ 2.7 马赫-詹德尔干涉仪	(89)
§ 2.8 瑞利干涉仪	(91)
§ 2.9 横向剪切(错位)干涉仪	(96)
§ 2.9.1 横向剪切干涉测量的基本理论	(97)
§ 2.9.2 待测波面的评价与确定	(100)
§ 2.9.3 光源的大小	(106)
§ 2.9.4 平行光横向剪切干涉仪	(106)
§ 2.9.5 会聚光横向剪切干涉仪	(109)
§ 2.10 径向剪切干涉仪	(110)
§ 2.11 共光路干涉仪	(114)
§ 2.12 多通干涉仪	(116)

§ 2.13	三光束干涉仪	(116)
§ 2.14	多光束干涉仪	(119)
§ 2.15	偏振干涉仪	(122)
§ 2.15.1	全重合干涉仪	(124)
§ 2.15.2	局部重合干涉仪	(125)
§ 2.16	强度干涉仪	(126)
§ 2.16.1	迈克尔逊星体干涉仪	(126)
§ 2.16.2	强度干涉仪	(128)
§ 2.17	全息干涉仪	(131)
§ 2.17.1	实全息图干涉仪	(132)
§ 2.17.2	计算机全息干涉仪	(135)
§ 2.18	散斑干涉仪	(135)
§ 2.18.1	散斑摄影	(135)
§ 2.18.2	散斑干涉测量	(138)
§ 2.19	莫尔干涉仪	(140)
§ 2.20	移相干涉仪	(142)
§ 2.20.1	干涉条纹的检测	(143)
§ 2.20.2	扫描泰曼-格林干涉仪	(147)
§ 2.20.3	波面的探测与处理	(149)
§ 2.21	电子散斑相关干涉仪	(151)
§ 2.21.1	视频信号相减形成散斑相关条纹	(152)
§ 2.21.2	视频信号相加形成散斑相关条纹	(153)
§ 2.21.3	电子散斑相关干涉仪的基本光学结构	(154)
§ 2.22	红外激光干涉仪	(156)
§ 2.23	光纤干涉仪	(159)
第三章 长度干涉测量		
§ 3.1	透明平行板的厚度测量	(163)
§ 3.2	绝对测量	(166)
§ 3.2.1	测量大尺寸的通用干涉仪	(168)
§ 3.2.2	柯斯特干涉仪	(169)
§ 3.2.3	NPL 干涉仪	(172)
§ 3.2.4	洪辰格干涉仪	(174)

§ 3.2.5 黑尔格-华茨干涉仪	(176)
§ 3.2.6 激光干涉测长仪	(177)
§ 3.2.7 双频激光干涉测长仪	(182)
§ 3.2.8 布朗-波维利干涉仪	(185)
§ 3.2.9 膜厚干涉仪	(186)
§ 3.2.10 透明环规内径的干涉测量	(187)
§ 3.2.11 内径干涉测微仪	(188)
§ 3.3 比较测量	(191)
§ 3.3.1 光波干涉法	(191)
§ 3.3.2 接触式干涉仪	(193)
§ 3.3.3 不接触干涉内径测微仪	(195)
§ 3.3.4 不接触式干涉指示仪	(197)

第四章 角度的干涉法测量

§ 4.1 用牛顿干涉法测量微小角度	(200)
§ 4.2 用海丁格干涉仪测量楔角	(202)
§ 4.3 双频激光干涉仪测量小角度	(205)
§ 4.4 干涉法楔角的精确测量	(206)

第五章 形状的干涉测量

§ 5.1 全息干涉法测量	(211)
§ 5.1.1 双波长全息等高条纹理论	(212)
§ 5.1.2 实用光路	(213)
§ 5.1.3 物体大小及形状的限制	(214)
§ 5.2 电子散斑干涉仪	(215)
§ 5.2.1 电子散斑干涉仪测量形状	(215)
§ 5.2.2 条纹图形的解释	(218)
§ 5.2.3 部分视场的衔接合成	(220)
§ 5.2.4 电子散斑干涉仪形状测量的误差	(222)
§ 5.2.5 用常用光学件产生标准波面的电子散斑干涉仪形状测量	(223)
§ 5.2.6 电子散斑干涉仪被测件表面粗糙度的限制	(225)
§ 5.2.7 用双波长电子散斑干涉仪直接比较测量元件形状	(226)

§ 5.3	投影干涉条纹法测量形状	(227)
§ 5.4	用夹层全息测量复杂形状的物体	(229)
§ 5.5	任意表面形状的干涉检测法	(230)
§ 5.5.1	二次曲面的检测	(232)
§ 5.5.2	圆柱表面的检测	(234)
§ 5.5.3	滚动轴承滚道的检验	(235)
§ 5.5.4	复杂表面的莫尔等高线干涉检测	(237)

第六章 光学元件及系统的干涉测量

§ 6.1	光学元件质量的检测	(241)
§ 6.1.1	泰曼-格林干涉仪法	(242)
§ 6.1.2	斐索干涉仪法	(258)
§ 6.1.3	平面的干涉仪检测	(265)
§ 6.1.4	球面的干涉仪检测	(275)
§ 6.1.5	小球面的干涉仪检测	(279)
§ 6.1.6	大曲率半径凹面镜的高准确度检测	(281)
§ 6.1.7	表面粗糙度的干涉测量	(284)
§ 6.1.8	大表面轮廓直线性的干涉仪检测	(292)
§ 6.1.9	非球面的干涉仪检测	(293)
§ 6.2	光学系统的象质检验	(322)
§ 6.2.1	物镜的象质评价标准与方法	(322)
§ 6.2.2	泰曼-格林干涉仪检测法	(324)
§ 6.2.3	横向剪切干涉仪检测法	(337)
§ 6.2.4	径向、旋转剪切干涉仪检测法	(343)
§ 6.2.5	用多通干涉仪测量波象差	(347)
§ 6.2.6	散射板干涉仪检测法	(354)
§ 6.2.7	点衍射干涉仪检测法	(356)
§ 6.2.8	朗奇检验法	(358)
§ 6.2.9	全息干涉法	(368)
§ 6.2.10	偏振干涉法	(373)
§ 6.2.11	光学干涉图的计算机处理与判读	(380)

第七章 测量光学传递函数 (OTF) 的干涉方法

§ 7.1	干涉法测量 OTF 的原理	(394)
-------	---------------	-------

§ 7.2	用双光束剪切干涉仪测量 OTF	(397)
§ 7.3	用偏光剪切干涉仪测量 OTF	(399)
§ 7.4	用光栅剪切干涉仪测量 OTF	(402)
§ 7.4.1	双光栅移动式剪切干涉法	(402)
§ 7.4.2	双光栅旋转剪切干涉仪法	(404)
§ 7.5	几种测量 OTF 的平板剪切干涉仪	(405)
§ 7.5.1	用单平板剪切干涉仪测量 MTF	(405)
§ 7.5.2	用平面环路剪切干涉仪测量 MTF	(406)
§ 7.6.	用干涉法测波象差求 OTF 的方法	(408)
§ 7.6.1	干涉仪系统误差的消除	(411)
§ 7.6.2	调整误差的消除	(413)

第八章 形变、流速、振动、位移的干涉测量

§ 8.1	全息测量法	(414)
§ 8.1.1	静态表面位移与形变的测量	(414)
§ 8.1.2	三维位移的测量	(419)
§ 8.2	全息莫尔技术	(421)
§ 8.3	散斑测量法	(425)
§ 8.3.1	散斑照相法	(425)
§ 8.3.2	无透镜散斑法	(429)
§ 8.3.3	散斑干涉术	(431)
§ 8.4	干涉测试法	(434)
§ 8.4.1	小位移或形变测量	(434)
§ 8.4.2	速度的测量	(438)
§ 8.5	风洞气流的偏光检测法	(445)

第九章 干涉测量的其它应用

§ 9.1	相干度的干涉仪测量	(447)
§ 9.1.1	相干分析	(447)
§ 9.1.2	仪器使用及测量	(450)
§ 9.2	二级相干度的测量	(455)
§ 9.2.1	偏振干涉仪法	(455)
§ 9.2.2	用光栅和显微镜测量二级相干度	(458)
§ 9.3	随机变化位相物体的自相关函数的测量	(463)

§ 9.4	三光束干涉仪测量气体折射率·····	(465)
§ 9.5	透明物质均匀性的测量 ·····	(473)
§ 9.5.1	全息干涉仪测量介质的均匀性 ·····	(474)
§ 9.5.2	用串联式干涉仪测量介质均匀性 ·····	(475)
§ 9.5.3	用莫尔-全息法测量非均匀分布的折射率 ·····	(476)
§ 9.6	表面抛光缺陷的研究 ·····	(479)
§ 9.7	无损检验 ·····	(481)
§ 9.7.1	复合叠层中粘接层及薄片焊接的检验 ·····	(482)
§ 9.7.2	全息干涉条纹的判读 ·····	(483)
§ 9.8	振动位相的测量 ·····	(490)
§ 9.9	干涉型光纤传感器 ·····	(493)
§ 9.9.1	光纤水声传感器 ·····	(494)
§ 9.9.2	振动检测器 ·····	(495)
§ 9.9.3	单模光纤偏振干涉型温度传感器 ·····	(496)
§ 9.9.4	光纤加速度传感器 ·····	(498)
§ 9.9.5	M-Z干涉型悬臂梁测试 ·····	(498)
§ 9.9.6	光纤陀螺 ·····	(501)
§ 9.9.7	法卜里-珀罗干涉型光纤传感器·····	(503)
§ 9.9.8	多模光纤干涉传感器 ·····	(504)
附录一	计算断截正弦条纹周期与位相的快速 数字方法·····	(505)
附录二	泽尼克多项式前36项表达式 ·····	(510)
主要参考文献	·····	(513)

第一章 光干涉测量技术的理论基础

自1802年杨氏 (Thomas Young) 首先用实验方法研究光的干涉现象以来, 对光干涉的现象、本质及其应用的研究已经有190多年的历史。随着研究的不断深入, 光干涉技术在各种物理量的测量方面有了很大的发展。由于本书以较大的篇幅介绍近代新的干涉仪及其应用, 为使读者能顺利的阅读和参考有关的章节, 本章把后续章节中所必需的基本光学原理及基础知识作一介绍。其中, 1.7节全息、1.8节散斑以及1.9节傅里叶变换理论等尤其重要, 因为一些近代干涉仪及其应用的研究是建立在这些基础光学知识上的。

§1.1 单色光和非单色光的复数表示

麦克斯韦 (Maxwell) 把光和磁两种现象联系到一起, 建立了光的电磁理论。光的电磁理论指出, 光的传播是一种交变的电场和磁场变换的结果。在传播过程中, 电场与磁场具有相同的地位。但从光与物质的作用来看, 电场远比磁场重要。因此, 光在空间的传播中, 通常简单地认为电场的振动就是光振动。

设电场在各向同性电介质中的传播速度为 v , 为简单起见, 考虑光线是线偏振的, 则光波可以用标量 E 来表示。假设 x 是时间为 t 的振动的横坐标, 从麦克斯韦方程出发, 可以得出平面波的波动方程:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (1.1)$$

令

$$\xi = t - \frac{x}{v} \quad (1.2a)$$

$$\eta = t + \frac{x}{v} \quad (1.2b)$$

由 (1.1) 式, 得到

$$\frac{\partial^2 E}{\partial \xi \partial \eta} = 0 \quad (1.3)$$

对 η 积分得到

$$\frac{\partial E}{\partial \xi} = g(\xi)$$

式中, $g(\xi)$ 是 ξ 的任意矢量函数。再对 ξ 积分得到

$$E = \int g(\xi) d\xi + H(\eta) = G(\xi) + H(\eta) \quad (1.4)$$

即得到方程 (1.3) 的通解 (1.4), $G(\xi)$, $H(\eta)$ 为两个任意函数。 $G(\xi)$ 表示沿 x 正方向传播的波, H 表示以同一速度沿 x 负方向传播的波。因为我们考虑的是光源的向外辐射问题, 所以只保留前面一项 $G(\xi)$ 。

令 $G(\xi)$ 是一个时间的正弦函数, 根据 (1.2) 式和 (1.4) 式, 在横坐标 x 上任一给定点的振动将是一个时间的函数, 可以写成如下的形式:

$$E = a \cos \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \right] \quad (1.5)$$

式中, a 为振幅; ω 为角频率, $\left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \right]$ 为波的位相。利用熟

知的关系式 $\omega = 2\pi \nu = 2\pi \frac{1}{T}$ 和 $\lambda = \nu \cdot T$, (其中 ν 是速度; T

为周期; ν 为振动频率) 以及波长 $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ 和波数 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (λ , λ_0 分别为波在介质和真空中的波长, n 为介质折射率), 可以把 (1.5) 式表示成:

$$E = a \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad (1.6)$$

和

$$E = a \cos (\omega t - kx) \quad (1.7)$$

两种不同的形式。

利用复数表示形式，我们可以把 (1.7) 式写成：

$$E = \operatorname{Re} \left\{ a \exp \left[i 2\pi \nu \left(t - \frac{x}{v} \right) \right] \right\} \quad (1.8)$$

式中， $i = \sqrt{-1}$ ； $\operatorname{Re}\{ \}$ 表示括号中复数的实数部分。

令

$$A = a \exp \left[-i 2\pi \nu \frac{x}{v} \right] = ae^{-i\phi} \quad (1.9)$$

因此

$$E = \operatorname{Re} \{ A \exp [i 2\pi \nu t] \} \quad (1.10)$$

为简便起见，省去表示实数部分的符号 Re ，则写成

$$E = Ae^{i2\pi \nu t} \quad (1.11)$$

在很多情况下，人们所需要的物理量实际上是用 (1.11) 式计算得到的实数部分，即不考虑光波随时间的变化，而用其复振幅

$$A = ae^{-i\phi} \quad (1.12)$$

来表示光波。最后，要注意的是，上述波动公式只适用于单色光的情况。实际上，原子辐射并不是单色的，而是非单色光，形成一系列的频谱，下面将讨论非单色光情况下的复数表示形式。

对于非单色光振动，可以用一个复函数的形式来表示。根据式 (1.11)，并假定有一实的、非单色振动：

$$V^{(r)}(t) = \int_0^\infty b(\nu) \cos[2\pi \nu t - \phi(\nu)] d\nu \quad (1.13)$$

式中， $b(\nu)$ 和 $\phi(\nu)$ 分别是每一实的单色频率分量 ν 的振幅和位相。我们考虑具有实振动 $V^{(r)}(t)$ 的第二个振动：

$$V^{(i)}(t) = \int_0^\infty b(\nu) \sin[2\pi \nu t - \phi(\nu)] d\nu \quad (1.14)$$

并用尤拉 (Euler) 公式, 得到

$$V(t) = V^{(r)}(t) + iV^{(i)}(t) = \int_0^{\infty} b(\nu) e^{i[2\pi\nu t - \phi(\nu)]} d\nu \quad (1.15)$$

复函数 $V(t)$ 是和实函数 $V^{(r)}(t)$ 有关的解析信号。这一信号只含有正的频率, 因此用来表示实振动是有利的。(1.15) 式是一个表示非单色振动的公式, 它可用下面不同的形式。

假定 $F(\nu)$ 是 $V^{(r)}(t)$ 的傅里叶变换, 由 (1.13) 式, 可以得到:

$$V^{(r)}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu \quad (1.16)$$

若把积分限从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 分成 $-\infty$ 到 0 和 0 到 $+\infty$ 两个区间, 则我们可以把 (1.16) 式表示成如下的形式:

$$\begin{aligned} V^{(r)}(t) = & \int_0^{\infty} F(-\nu) e^{-i2\pi\nu t} d\nu \\ & + \int_0^{\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu \end{aligned} \quad (1.17)$$

因为 $V^{(r)}(t)$ 是一个实函数, 则

$$F(-\nu) = F^*(\nu) \quad (1.18)$$

*表示复共轭。因此, 我们就可以得到:

$$V^{(r)}(t) = \int_0^{\infty} F^*(\nu) e^{-i2\pi\nu t} d\nu + \int_0^{\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu \quad (1.19)$$

由复共轭的性质, 有

$$V^{(r)}(t) = 2\operatorname{Re} \left[\int_0^{\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu \right] \quad (1.20)$$

比较 (1.13) 式和 (1.20) 式, 得到

$$F(\nu) = \frac{1}{2} b(\nu) e^{-i\phi(\nu)}, \quad \nu \geq 0 \quad (1.21)$$

从 (1.21) 式, 解析信号 (1.15) 可以写成如下形式:

$$\begin{aligned}
 V(t) &= \int_0^{\infty} b(\nu) e^{i(2\pi\nu t - \phi(\nu))} d\nu \\
 &= 2 \int_0^{\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu
 \end{aligned} \tag{1.22}$$

通常 $V^{(r)}(t)$ 的数学运算是线性的, 故可直接取计算结果的实部为 $V(t)$ 的值。因此, 我们用下列公式

$$V(t) = 2 \int_0^{\infty} F(\nu) e^{i2\pi\nu t} d\nu \tag{1.23}$$

来表示非单色光的振动。

§ 1.2 几何光学

为了阐明光的性质, 这一节用几何光学的方法来研究光在传播过程中, 遇到具有二种不同折射率的边界时的性质。主要讨论光在透镜、分束镜、反射镜这些在干涉仪中常用元件的特性, 并说明如何用这些元件来获得干涉条纹。

§ 1.2.1 光在边界面上的反射与折射

众所周知, 光在同一媒质(各向同性的)中是以直线传播的。当光在传播过程中遇到具有二种不同透射性质的介质时, 一般说光有一部分在界面上反射, 而另一部分则在界面透过。如图(1.1)所示, 入射光 R 以 i 角入射于介质表面上, i 为入射光与表面法线 N 的夹角。反射光 R' 则以 i' 角反射, 并位于由 R 与 N 决定的平面内。根据透射光的性质, 透射光 T 也将位于由 R 与 N 决定的平面内, 其透射角 r 遵守斯涅尔 (Snell) 定律:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \tag{1.24}$$

式中, n_1, n_2 分别为界面两侧的折射率。

当 $n_1 < n_2$ 时, 折射角 r 总是小于入射角 i 。当 $n_1 > n_2$ 时, 若满足

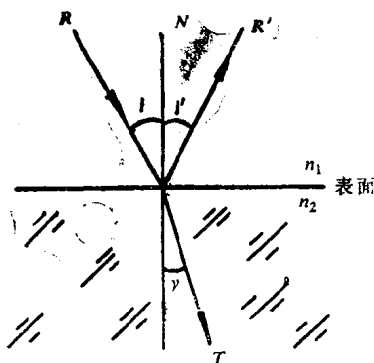


图 1.1 光在界面上的反射和折射

$$i_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

时, 光线将在界面上产生全反射。式中 i_c 称为临界角。

同时, 由光在介质中传播的性质, 我们可以得到光在折射率为 n 的介质中传播的波长 λ 与光在真空中传播时的波长 λ_0 之比:

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = n \quad (1.25)$$

光在不同介质中传播时, 波

长会产生变化, 它必然会带来位相的变化。具有相同位相的两束光分别在不同折射率中经过相同的路程以后将有不同的位相。

在考虑以上性质的同时, 在光干涉中, 为了得到满意的干涉条纹, 还应该注意光在介质中传播时, 许多材料对光振幅的衰减是相当大的, 只有少数固体材料如玻璃, 石英及塑料等和许多液体, 对光振幅的衰减很少。

当自 A 点发出的一束光射到平面反射镜上时 (如图 1.2 所示), 根据反射定律, 在反射面上反射的一束光就如同在界面之后的 A' 发出的光束一样。 A' 点的位置和物点 A 是关于反射面 SS 对称的。在光学系统中, 往往有许多情况是光束经过一块平行平板 (如图 1.3 所示)。在 B 、 C 两个界面应用两次折射定律,

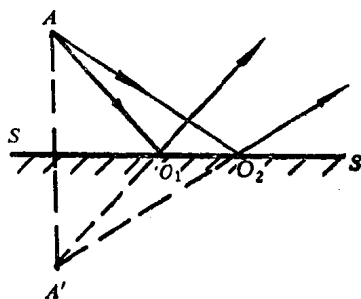


图 1.2 光在镜面上的反射

$$\sin i_1 = n \sin i'_1$$

$$n \sin i_2 = \sin i'_2$$

因为 $i'_1 = i_2$, 则很容易就得到,

$$i_1 = i'_2 \quad (1.26)$$