

梯度介质光学常数的反射起偏法测量

程 希 望

(中国科学院西安光学精密机械研究所)

李 长 英

(西北大学物理系)

提 要

本实验将弱信号检测放大技术应用于反射起偏法,使其成为折射的高精度测量方法,为梯度介质光学常数测量提供了一个简捷准确的途径,但仍属破坏法。

关键词: 梯度介质; 反射起偏法; 弱信号检测放大技术; 光学常数。

一、引言和测量原理

1815年, D. Brewster 总结出偏振定律(即 Brewster 定律): 当光入射到两种各向同性的透明介质上时, 若入射角和折射角之和为 $\frac{\pi}{2}$, 则反射光将是完全偏振光, 即光的电矢量方向在入射面内^[1]。此时, 由折射定律知

$$\operatorname{tg} B = n_2/n_1 \quad (1)$$

B 为入射角。若介质 1 是空气, 则 $n_1 = 1.00027125$ ($0.6328 \mu\text{m}$, 20°C , 760 mm 汞柱), 故有

$$n_2 = 1.00027125 \times \operatorname{tg} B \quad (2)$$

本实验即据上式进行测量。

虽然偏振定律发现较早, 但实际并无人认真应用反射起偏法进行折射率测量, 其困难有两条, 一是在偏振角附近, 反射率变化小, 二是反射光量弱, 难于检测。

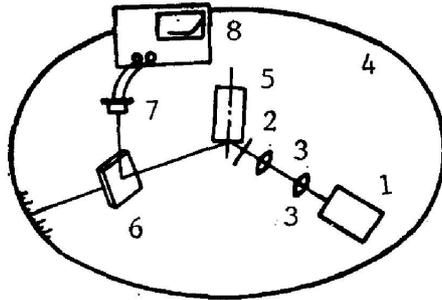
将反射起偏法应用于广义梯度介质折射率测量, 除了有上述困难外, 还得再加上空间分辨率要求, 这一要求不是使前两条困难减轻, 反而更加大了测量难度。

既然困难如此之大, 为什么非要用反射起偏法测量梯度介质折射率呢? 因为 (1) 目前还没有测量广义梯度介质折射率的行之有效方法; (2) 现有测量特殊梯度(诸如点对称球面梯度, 线对称径向梯度, 面对称轴向梯度等)介质光学常数的方法均系间接的, 最高精度仅到千分位^[2, 3]; (3) 反射起偏法是点反射单一角度测量技术, 虽然也属间接法, 但测算公式是最简单的; (4) 消除噪音技术的进步; (5) 电子学放大倍数的提高。

误差理论告诉我们, 测算公式越简单, 且越接近直接测量, 则误差越小。反射起偏法正是符合这一原理的方法, 只要测角精度高, 结果精度可到万分位, 本实验达到 $4 \sim 5 \times 10^{-4}$ 。不过这个方法仍属破坏法。

二、实验装置、结果和讨论

测量装置示意图如图 1, He-Ne 激光经准直镜组准直, 通过针孔而照到样品上, 其测点位于测角仪竖轴线上, 测点的反射光投射到所构成的入射面与原入射面垂直的玻璃片上, 以硅雪崩光电二极管接收, 经动电容静电计放大之后, 再经对数放大器放大, 显示在仪器观察屏上。一俟指示最小, 则移去 2、3、6、7、8 各部件, 直接测量角度。



1) He-Ne laser, 2) Needle aperture (5 μm), 3) System of collimating lenses, 4) Goniometer, 5) Sample, 6) Glass piece of inspecting polarization, 7) APD diode, 8) Scope system (It involve Moving-Capacitance Electrostaticmeter, logarithmic amplifier and scope).
(1, 2, 3 are replaced by the combination of other sources and single mode fiber)

Fig. 1 Diagram of measurement devices

Table 1 Brewster angle B , Index n , focusing parameter g of media varying continuously in radius direction

Sample	r/E	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	Error	g
		Glass Tl	B	57°36'19.3"	57°34'38.1"	57°28'21.7"	57°21'3.2"		
	n	1.57655	1.5748	1.5696	1.5611	1.5492	1.5338	5×10^{-4}	
Glass Li	B	56°51'43.9"	56°51'20.9"	56°51'12.5"	56°48'19.4"	56°45'40.7"	56°42'15.1"	0.5"	0.2134
	n	1.5322	1.5318	1.5307	1.5288	1.5263	1.5230	5×10^{-4}	

r/E , Standardized place of measuring point, E is radius.

Table 2 Comparing table of results

method	item	n_0		g	
		Tl	Li	Tl	Li
PMR		1.5765	1.5322	0.2886	0.2134
		0.03%	0.03%	0.014%	0.014%
EOI		1.5757	1.5316	0.2886	0.2134
		7.7%	7.7%	0.2%	0.2%

n_0 , Index of axis centre ($r/E=0$).

PMR, Polarizing method of reflection.

EOI, Equal object-image size imaging method^[4].

测量结果如表 1, 2 所示。样品乃线对称径向梯度介质。

本实验的精度取决于: (1) 测角仪精度; (2) 定中心精度 (样品测点与测角仪竖轴线重合精度); (3) 载样台调平精度; (4) 弱信号检测放大倍数。本方法精度高于文献 [2], [4] 的方法,

原因在于测算公式简单,且接近于直接测量,由单点取得数据。如果以其它光源和单模光纤组合代替本实验的 He-Ne 激光器及准直系统,则可满足目前光纤通信或其它应用中测量近红外折射率的要求。在不加准直系统和针孔的情况下,可测量匀质和径向梯度介质外径处的折射率。

此装置亦可用于临界角法测量介质折射率。从原理上讲,反射起偏法可用于一般或曰广义梯度介质测量。

作者特向提供样品的程科华、霍军民同志表示感谢,向与之进行过有益讨论的北京理工大学苏大图教授表示感谢,向参与了部分实验的郑中林同志表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 兰斯别尔格;《光学》,(王鼎昌译)(人民教育版,北京,1956),294。
- [2] 大越孝敬ほか;《光ファイバ》(オーム社,東京,1983),第10章。
- [3] E. Marchand;《梯度折射率光学》,(程希望译,西安交大版,1989年待出),第12章。
- [4] 程希望;《光学学报》,1987,7, No. 3 (Mar), 285。

Optical constant measurement in gradient media using method of polarizing reflection

CHENG XIWANG

(Xi'an Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

LI CHANGYING

(Physics Department, Northwest University)

(Received 7 March 1989; revised 5 June 1989)

Abstract

In the test, technique of detecting and amplifying weak signal is applied to the polarizing method of reflection, then this method has become a high precision method of measuring index. Therefore a forthright exact way is provided for the optical constant measurement in gradient media. This method is still of wrecking.

Key words: gradient media; optical constant; polarizing method of reflection; technique of detecting and amplifying weak signal.