

介质膜光谱反射系数的测量方法

在激光技术中,为了构成谐振腔及空间分离基频辐射和谐波,要使用在较窄光谱区内具有高反射系数 ρ 的多层介质膜。在研制此种膜系的时候,必须深入分析膜的各组成层及整个膜系的光谱特性 $\rho(\lambda)$ 。

当 $\rho \geq 0.97$ 时,解决这个问题较为困难,因为要求在仪器光度分划上限附近作精确测量,而此处的测量灵敏度低,因而决定 ρ 时的相对误差就相当大。用反射率计能在很大程度上解决上述困难。反射率计利用被测试件的多次反射^[1, 2],它与分光光度计相结合,可以在 ρ 值达到0.999的情况下研究关系 $\rho(\lambda)$ 。但是作此种测量时,射向试件的光束的发散达到 5° ,从而给用这种方法研究介质膜造成一定的限制。

参考文献^[3]介绍的谐振腔法,可以测出在激光辐射发散角情况下接近于1的 ρ 值。用此法时,为了求出函数 $\rho(\lambda)$,要求采用可调谐激光器,显然,在许多情况下这又是相当困难的。

本文介绍的方法能够在激光发散的情况下,不用调谐光谱辐射源,就可求出高反射介质膜在其反射带内的关系值 $\rho(\lambda)$ 。

现代多层介质膜是一种弱吸收媒质^[4],因此,在其光谱反射系数 ρ 、透射系数 τ 和光散射系数 ε 之间有一近似等式:

$$\rho \approx 1 - (\tau + \varepsilon) \quad (1)$$

由于这个缘故,本方法的基础是决定系数 τ 和 ε ,接着再按照公式(1)计算 ρ 值。 τ 和 ε 值可以用参考文献^[5]介绍的激光光度装置测定。为了使本方法得以实现,激光光度装置再配以激光线性偏振器(格兰棱镜),和用以测量试件散射的辐射通量的光度球。试件装在旋转台的球内,使之能确定 $0 \sim 50^\circ$ 范围内的光线入射角 θ 。在光度球球壁上,有一个孔和一个窄隙缝,前者用于输出通过试件的定向辐射,后者用于在 θ 为任意值时输出镜面反射光束。

对装置进行实验研究表明,在仔细消除杂散辐射后,量值 $\tau = 1 \times 10^{-5} \sim 8 \times 10^{-5}$ 的相对测量误差不超过 $\delta\tau = \pm(3 \sim 10)\%$,而 $\varepsilon = 1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2}$ 的相对测量误差为 $\delta\varepsilon = \pm 10\%$ 。测量的绝对误差则为

$$\Delta\rho = \Delta\alpha + \tau\delta\tau + \varepsilon\delta\varepsilon \quad (2)$$

式中, $\Delta\alpha \leq 0.003$ ^[4]是(1)式中未计入的被测薄膜的吸收系数值。

例如,从公式(2)得出,当 $\rho = 0.95$ ($\tau \approx 0.04$), $\varepsilon = 0.005$ ^[6],以及 $\delta\tau$ 和 $\delta\varepsilon$ 为上述规定值的情况下,反射系数测量误差为 $\Delta\rho \approx \pm 0.008$,而当 $\rho = 0.99$ ($\tau \approx 0.01$)时, $\Delta\rho \approx \pm 0.005$ 。

本方法规定了下述求取 $\rho(\lambda)$ 关系值的程序。在 $0 \sim 50^\circ$ 的范围内取数个 θ 值,用激光光度

装置测量系数 τ 和 ε 的值；根据此种测量结果，在第一象限图（见图1）按公式（1）计算得出关系值 $\rho(\theta)$ （1~9点）。然后用分光光度计取同样的 θ 值作出被测膜的透射（反射）曲线*。

在仪器输出隙缝的后面，装有偏振器，保证辐射的偏振状态与激光装置的相同。用分光光度计测量时，不要求高的光度精度，因为只需确定各个 θ 值时薄膜最小透光率（最大反射率）所在的波长 λ_M 。根据得出的光谱图计算下值：

$$\Delta\lambda = \lambda_M(0) - \lambda_M(\theta)$$

式中， $\lambda_M(0)$ 是 $\theta = 0^\circ$ 时试件最小透光率（最大反射率）所对应的波长； $\lambda_M(\theta)$ 是任一其它入射角时的上述波长**。在第三象限图内，算出关系值 $\Delta\lambda(\theta)$ （1'~9'点）。于是，将曲线 $\rho(\theta)$ 和 $\Delta\lambda(\theta)$ 放在第二象限，就可以算出关系值 $\rho(\lambda)$ （1''~9''点）。此函数的纵坐标值由横坐标相同的函数点 $\rho(\theta)$ 和 $\Delta\lambda(\theta)$ 的纵坐标相交处取得，而横坐标 $\rho(\lambda)$ 值则用 $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$ 求得。

为了对本方法作实验检查，将(5BH)×5B介质膜系镀在K8玻璃的平面平行基片上，此膜由ZnS(B)和MgF₂(H)膜层交替组成。薄膜的反射系数 $\rho_{\lambda=530} = 0.93$ 。用Cary-14型分光光度计在530~550nm范围内求出关系值 $\tau(\lambda)$ ，再根据它算出函数 $\rho'(\lambda)$ 。然后，按照本办法用激光光度装置及分光光度计CΦ-10求出该膜系的光谱反射曲线 $\rho(\lambda)$ ，并用CΦ-10量出关系 $\Delta\lambda(\theta)$ 。函数 $\rho(\lambda)$ 与 $\rho'(\lambda)$ 的值实际是一致的（差别未超出测量误差）。

这样，本方法可以测量介质膜系在其反射带内的光谱反射系数，误差为 $\Delta\rho = \pm(0.005 \sim 0.008)$ ，而 ρ 的数值为 $\rho = 0.97 \sim 0.99$ 。采用高频脉冲光度装置[7]的结构原理至少可使本方法的误差减少二分之一，并可把被测值的范围扩大到 $\rho = 0.995$ 。

参 考 文 献 (略)

译自 OMI, 1984, No.1, P.43~45.

伍允涵 译 周九林 校

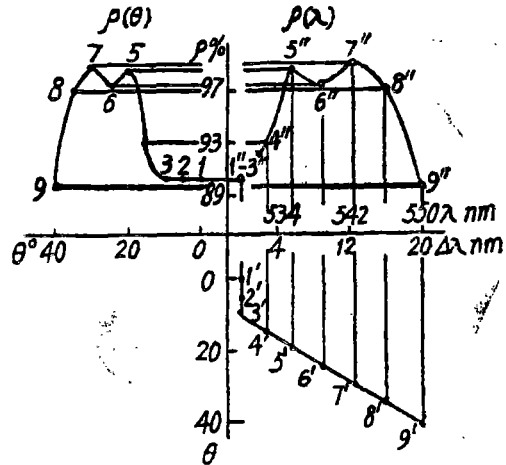


图1 根据函数 $\rho(\theta)$ 和 $\Delta\lambda(\theta)$ 的测量结果确立的关系 $\rho(\lambda)$

*用夹具将被测试件夹住，使之在沟槽内与入射的光通量成各种不同的角度。

**在此必须指出，当入射角由零度变到10°时，对许多高反射介质膜，都未发现反射谱带明显位移，也就是说，在此角度范围内 $\Delta\lambda = 0$ 。