

等离子体和壁相互作用问题的研究,从受控聚变研究的初期就已开始,但作为一个独立的研究方向,只有几年的历史。近来,对这一课题投入了越来越多的工作。这是因为,从目前装置上的研究来看,杂质问题肯定是实现受控聚变的一个主要困难。

然而,从目前研究的进展来说,对这一过程的很多方面仍很不清楚。这是因为发生在表面及边界层的过程非常复杂,涉及等离子体物理、表面物理及等离子体化学等很多学科的问题。

目前的工作主要是:研究在堆的条件下的各种表面过程以取得必要的的数据,弄清各类杂质的主要来源,试用偏滤器并研究其对各种表面过程的影响,边界层的研究,发展必要的诊断手段,第一壁材料的选择等。

目前的工作尚停留于定性和半定量的阶段。如何发展定量的研究是一个重要的问题。

参 考 文 献

- [1] V. A. Vershkov & S. V. Mirnov, *Nucl. Fusion*, **14**(1974), 383.
- [2] R. Behrisch & B. B. Kadomtsev, in *Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research* (Proc. 5th Int. Conf. Tokyo 1974), **2**(1974), 229.
- [3] A. Pospieszczyk, et al., in *Plasma Wall Interaction* (Proc. Int. Symp. Jülich, 1976), Pergamon Press 471.
- [4] H. Vorsefeld, et al., *J. Nucl. Mat.*, **63**(1976), 215.
- [5] L. H. Jenkins, et al., *J. Nucl. Mat.*, **63**(1976), 438.
- [6] M. Kaminsky, et al., *Phys. Rev. Lett.*, **32**(1974), 599.
- [7] S. K. Das & M. Kaminsky, *J. Nucl. Mat.*, **53**(1975), 115.
- [8] G. J. Thoma's & W. Bauer, *J. Nucl. Mat.*, **53**(1975), 134.
- [9] H. Miley, *J. Nucl. Mat.*, **63**(1976), 331.
- [10] G. M. McCracken & D. H. J. Goodall, *Nucl. Fusion*, **18**(1978), 537.
- [11] T. F. R. Group, in *Plasma Wall Interaction* Proc. Int. Symp. Jülich, 1976), Pergamon Press, 1.
- [12] H. F. Dylla & S. A. Cohen, *J. Nucl. Mat.*, **63**(1976), 487.
- [13] Z. Sledziewski, et al., Proc. 6th Int. Vac. Congress, (Tokyo 1974), 217.
- [14] N. Fujisawa, et al., *Japan. J. Appl. Phys.*, **13**(1974), 851.
- [15] T. F. R. Group, in *Plasma Wall Interaction* (Proc. Int. Symp. Jülich, 1976), Pergamon Press, 465.
- [16] L. Oeren & R. J. Taylor, *Nucl. Fusion*, **17**(1977), 1143.
- [17] P. E. Stott, et al., *Nucl. Fusion*, **15**(1975), 431.
- [18] P. E. Stott, et al., Culham Report CLM-P492 (1977), 21.

光 学 传 递 函 数

赵 达 尊

(北京工业学院光学教研室)

当我们看到一幅形象逼真、细节清晰、层次丰富的照片时,不禁要赞赏作者的摄影技巧。其实,这里除了技巧之外,照相机的质量也起着重要的作用。时常听说,“这架相机的质量挺高”。可是,对于照相机的设计和检验人员来说,单单用“高”、“低”这样笼统的评语是很不充分的。他们必须找到一种既能反映实际使用效果的好坏,又有严格科学依据的定量指标来评价一架照相机的质量。实际上,除了照相机之外,还有许多光学系统也是用来成象的,例如放映机和望远镜等等,它们也都存在成象质量的评价问题,即“象质评价”问题。

尽管在伽利略时代(十七世纪初)便有了望远镜,到十九世纪初叶又出现了带有透镜的照相机,并且对象质评价的研究也有了几乎同样悠久的历史;但是,历

来所提出的各种象质指标却并不令人满意。因为它们在不同程度上存在片面、主观或难以定量描述等缺陷。直到约三十年前,出现了光学传递函数,情况才有所变化。

1946年,法国 P. M. Duffieux 发表了一本著作,名为《傅里叶积分及其在光学中的应用》。该书以傅里叶变换为数学手段,从一个新的角度来理解光学系统的成象过程。同时自然地引进了光学传递函数作为象质指标。概括地说,该书把光学系统看作一个“信号传递系统”,被成象的景物(即物面上的光强分布)是这个系统的“输入”,而象面上的光强分布则是这个系统的“输出”。为了研究输出与输入的关系,他又提出了如下的成象观点:首先把物面光强分布分解成许多疏密不一,方向各异的余弦形光强分布(各个成分的大小

可由对物面光强分布作傅里叶分析得到);然后认为系统在传递这些余弦分布成分时,将分别对它们施加不同程度的影响;最后,这些经受了系统影响的余弦形光强分布,在象面上又迭加起来(傅里叶综合),构成了象面上的光强分布。显然,系统的作用,也就是光学系统的象质,可以归结为系统对各种余弦形光强分布的影响情况。光学传递函数就是定量描述这个影响与余弦形光强分布的疏密程度及方位之间的关系的函数。

光学传递函数在理论上依据充分、概念明确的特点,在实践上既与各种传统的象质指标联系密切,又可弥补它们的缺陷。因此,自它问世后便得到国际上的普遍重视。三十年来,在理论、测试、计算和应用等各方面都已有很大进展。目前,光学传递函数已进入推广实用阶段。同时,各方面的研究工作,包括标准化规范工作,也在继续深入进行。

我国于六十年代初期也开始着手对光学传递函数的研究。多年来,科研、生产、学校等各条战线上的有关单位做了大量工作,取得不少成绩,由川光仪器厂和北京工业学院协作试制的 GCH-1 型光学传递函数测定仪,就是一例。

一、成象系统的象质及其描述

成象系统的作用是把物面上的光强分布转换成象面上的光强分布。理想的要求是,除了尺寸按比例缩放之外,象、物光强分布形式完全一致。但是,由于象差、工艺缺陷和衍射等因素的影响,这一要求不能完全达到。我们所说的象质,就要反映这两种分布的一致程度如何。不难理解,一种全面、定量而又实用的象质指标应当满足下列要求:

- (1) 能给出任意物分布的象分布;
- (2) 能被直接测量;
- (3) 能根据成象系统的结构参数进行计算;
- (4) 能归结成少量数据,以表征象质在某些方面的主要面貌;
- (5) 能指导改善象质的途径。

现有的象质指标种类较多,大体可分成两类。第一类指标描述物面上一个发光点在象面上造成的光强分布。它所依据的成象机制是:任何物光强分布可以看作由大量位置不同,发光功率也不不同的发光点所组成,如果知道每个光点的象光强分布,则整个象面光强分布便可由它们迭加求得。为了用数学式子表示,我们采用如下符号:物面直角坐标 (x_1, x_2) ,并简写成 x ;象面直角坐标 (x'_1, x'_2) ,并简写成 x' ; $I(x)$ 和 $I(x')$,分别表示物面和象面的光强分布(某处单位面积上的光功率); $P(x' - \bar{x})$ 点扩散函数,即 \bar{x} 处单位功率发光点 $\delta(x - \bar{x})$ (狄拉克 δ 函数)在象面上造成的光强分布;现在可以写出

$$I(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(\bar{x})\delta(x - \bar{x})d\bar{x}, \quad (1)$$

$$I(x') = \int_{-\infty}^{+\infty} I(\bar{x})P(x' - \bar{x})d\bar{x}. \quad (2)$$

(1)式表明,物面光强分布 $I(x)$ 是由位于各个 \bar{x} 处,功率为 $I(\bar{x})d\bar{x}$ 的大量发光点所组成;(2)式表明象面光强分布由上述各点的象所组成,同时给出了由物光强分布 $I(x)$ 和点扩散函数 $P(x' - x)$ 求象光强分布 $I(x')$ 的关系式,用数学术语来说, $I(x')$ 等于 $I(x)$ 与 $P(x)$ 的卷积。

应该指出,(2)式的成立是有条件的:第一,当物点光强变化时,其象光强分布按比例变化,并且,象面上 x' 处的光强等于各个点象在 x' 处的光强之和。换句话说,系统具有“线性迭加”性;第二,点扩散函数不写成 $P(x', x)$,而写成 $P(x' - x)$,意味着当物点在物面上移动时,象面光强分布并不改变其形式,而只是随之在象面上移动,这个性质通常叫做“空间不变性”。同时,变量写成 $(x' - x)$ 而不写成 $(x' - Kx)$ 又意味着系统的放大倍数 $K = 1$ 。实际上,当物体自己发光或者受非相干照明时,确实满足“线性迭加”条件;另外,总可以把整个象面划分为若干个较小的区域,使得在每个区域内“空间不变”条件近似满足。至于放大倍数 K ,当它不为 1 时,可以适当选择物、象坐标单位,使 K 在形式上变为 1。

可以归入第一类的象质指标较多,例如各种几何象差、星点象观测、波象差以及两点象的鉴别率和点象的中心点亮度等等,它们都致力于描述点扩散函数的全部和部分特征。但是,本文最后一节将指出,即使是点扩散函数本身也存在较大的缺点。

第二类象质指标描述系统对特定物光强分布图案的成象特性。常用的图案有,由黑白光栅状线条组成的“鉴别率板”和一些字符如 E, C 等。通常,这类指标仅仅指明在象面上可以看清多密的黑白线条(鉴别率),或多大的字符(犹如视力测定那样)。可见它们反映的情况相当片面,所以使用范围受到限制。然而,虽然我们要介绍的数学传递函数(以下我们采用国际上比较通用的英文缩写 OTF),原则上也可以归入第二类象质指标,但它却能较好的满足前述对象质指标的五个要求。

二、基本概念

OTF 直接描述初位相为零的单位强度余弦光栅的成象情况。所谓余弦光栅,是指物光强分布具有“一维”余弦形式的图案,其表达式为

$$I(x_1, x_2) = A + B \cos[2\pi(f_1x_1 + f_2x_2) + \varphi]. \quad (3)$$

图案的形状示意和式中各符号的意义见图 1。图中的

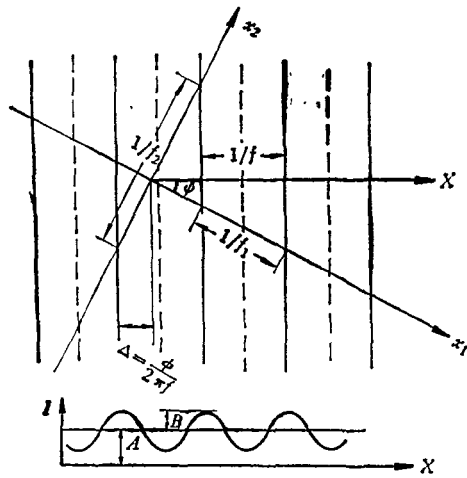


图1 余弦光栅

粗实线表示条纹的极大值位置,虚线表示极小值位置。 A 是均匀背景光强; B 是余弦起伏部分的强度的“振幅”; f_1, f_2 是“空间频率”分量——光栅沿 x_1, x_2 方向上周期的倒数,单位是每毫米的线对数:1/mm; φ 是“初位相”或简称“位相”,它决定光栅图形与坐标原点的相对位置(见图中的 Δ); ψ 是光栅的“方位”。

利用坐标转动公式,可以明确上述光栅的“一维”性质:

$$I(x, \psi) = A + B \cos(2\pi f x + \varphi), \quad (4)$$

或者简写成

$$I(x) = A + B \cos(2\pi f x + \varphi), \quad (4')$$

其中 f 是光栅的空间频率,它与 f_1, f_2 的关系是

$$f_1 = f \cos \psi; \quad f_2 = f \sin \psi.$$

由于光强分布不可能出现负值,所以总有 $A \geq B$,也即余弦成分不可能单独存在。但是由于迭加性质,我们仍然可以单独讨论余弦成分成象情况,同时把均匀背景当作零频($f=0$)成分看待。

可以证明,对于同时满足线性迭加条件和空间不变条件的系统,余弦成分的象仍是一个余弦成分。证明如下:设物面上有一个零位相($\varphi=0$)单位强度($B=1$)的余弦成分(可称作“余弦基元”)为

$$I(x) = \cos 2\pi f x, \quad (5)$$

并设其象分布为 $I'(x')$ 。现在改用 $I(x)$ 的线性组合 $-(2\pi f)^{-2} \frac{d^2}{dx^2} I(x)$ 作为物(注意,这里 f 是常数,而微分运算可以看作是减法运算的极限情形;分母上的 dx^2 也可以看作是一个常数位移量 Δx 的极限值的平方),则只要放大倍数 $K=1$,象应当变为

$$-(2\pi f)^{-2} \frac{d^2}{dx^2} I'(x').$$

另一方面,这个线性组合物实际上仍然等同于原来的 $I(x)$,所以象也仍应是 $I'(x')$ 。这样便得到一个关于

$I'(x')$ 的二阶微分方程,其实通解为

$$I'(x') = C_1(f) \cos[2\pi f x' + C_2(f)], \quad (5')$$

式中 C_1, C_2 是与 x' 无关的“常数”,不过它们可以是 f 的函数。这就证明了余弦分布的象仍是余弦分布,并且在 $K=1$ 时,象、物分布的频率相同。而成象系统在传递一个余弦基元时,对它施加的影响仅仅在于改变这个成分的振幅和位相,改变大小由 $C_1(f)$ 和 $C_2(f)$ 表征。

定义振幅的相对改变量为调制传递函数(英文缩写为MTF) $M(f)$,

$$M(f) = C_1(f)/C_1(0). \quad (6)$$

分母上的 $C_1(0)$ 是零频成分的“振幅”改变系数,反映系统的通光性能。把它作为除数,相当于以 $C_1(0)$ 作为象面光强单位,从而把通光性能排除在我们所说的象质之外。其效果等价于规定 $M(0)=1$,所以常称为 $M(f)$ 的归化。显然,理想的情况是各种频率成分受到同样的改变,即 $M(f) \equiv 1$ 。不幸,理论和实践都证明了,对于任何光学系统,都有 $0 \leq M(f) \leq 1$ 。

定义位相的改变量为位相传递函数(英文缩写为PTF) $\theta(f)$ 为

$$\theta(f) = C_2(f). \quad (7)$$

根据位相的含义(注意图1中 Δ 与 φ, f 的关系),自然有 $\theta(0) \equiv 0$ 。理想要求 $\theta(f) \equiv 0$,这在实际上是可能做到的。

定义光学传递函数(OTF) $D(f)$ 为

$$D(f) = M(f) \exp[j\theta(f)], \quad (8)$$

式中 $j = \sqrt{-1}$,将 $D(f)$ 定义成复指数形式,不仅为了把两个关于 f 的独立函数结合在一起,同时表征系统对余弦基元的成象特性,而且有利于简化计算。

在进一步讨论之前,先直观地看一下,当调制传递函数及位相传递函数偏离理想要求时,一般物光强分布的成象质量将受到什么影响。假若物光强分布是(4')式所示的余弦光栅,则象分布为

$$I'(x') = AC_1(0) + BC_1(f) \cos[2\pi f x' + C_2(f)]. \quad (9)$$

对余弦光栅,光学上常用“反衬度” V (现在又常称为“调制度”)来反映条纹的清晰程度,其定义是余弦成分振幅与零频成分之比。即物光强分布的 $V = B/A$;而象光强分布的 $V' = BC_1(f)/AC_1(0) = M(f)V$ 。所以 $M(f) = V'/V$,即调制传递函数等于象、物反衬度之比。这样当物光强分布中只含有一种非零频成分时, $M(f) < 1$ 的影响尚不致改变象的形状,只是 $M(f)$ 越小,象的反衬度也越小,越不易看清条纹。一般系统的 $M(f)$ 随 f 增大而减小,到某个频率 f_M 处, $M(f_M)$ 下降至零,象面上不复存在大于 f_M 的成分。 f_M 称为“截止频率”。另一方面,在余弦光栅物情形下,位相传递函数 $\theta(f) \neq 0$ 的影响是使象发生平移,但清晰度不受影响。当物光强分布含有多种频率成分时,情况要不利得多:因为不同 f 成分的 $M(f)$ 不同,使象、物不再

相似,象变得模糊而且细节消失。 $\theta(f)$ 的作用原则上更为严重,不同 f 成分的横移量不同,可以使迭加起来的象分布面目全非。幸好在多数情况下,在 $M(f)$ 较大的频率范围内, $\theta(f)$ 不致太大,对象质的影响尚不十分严重。

根据 OTF 来预言任意物分布的象,需要借助傅里叶变换式。任意物光强分布 $I(x)$ 都可写成

$$I(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} i(f) \exp[j2\pi x f] df, \quad (10)$$

式中的复指数函数可以看作是余弦基元的复数形式, $i(f)$ 是 $I(x)$ 的傅里叶变换。(10)式表明, $I(x)$ 由大量余弦基元线性组合而成,频率 f 基元成分的振幅为 $|i(f)|df$,位相为 $\arg i(f)$,或者说“复振幅”为 $i(f)df$ 。所以 $i(f)$ 可以理解为 $I(x)$ 的余弦分量密度。根据 $D(f)$ 的定义及线性迭加条件, $i(f)df \exp[j2\pi x f]$ 的象是 $i(f)df D(f) \exp[j2\pi x' f]$,从而整个象面光强分布为

$$I'(x') = \int_{-\infty}^{+\infty} i(f) D(f) \exp[j2\pi x' f] df, \quad (10')$$

即 $I'(x')$ 的傅里叶变换 $i'(f)$ 为

$$i'(f) = i(f) D(f). \quad (11)$$

这就是在频率域内用 $D(f)$ 描述象、物关系的公式。公式(10),(11)和(10')构成了傅里叶成象理论——频谱分析、单频成分传递和频谱综合的基础。顺便指出,由 $D(f)$ 和 $i(f)$ 求 $i'(f)$ 是简单的相乘关系;与(2)式相比,那里用点扩散函数 $P(x' - x)$ 在空间域中计算象物关系需通过卷积运算。

由于位在物面原点的单位功率发光点 $\delta(x)$ 的傅里叶变换 $i(f) = 1$,所以 $D(f)$ 恰好就是点扩散函数在频率域中的表达式

$$D(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(x') \exp[-j2\pi x' f] dx'. \quad (12)$$

可见 $D(f)$ 和 $P(x')$ 实质上含有同样的信息。不少资料以(12)式作为 OTF 的定义,效果是一样的。

$M(f)$ 和 $\theta(f)$ 与 f 的关系常用图2那样的曲线表示。应该注意,某一系统的曲线形式还与成象参数,例

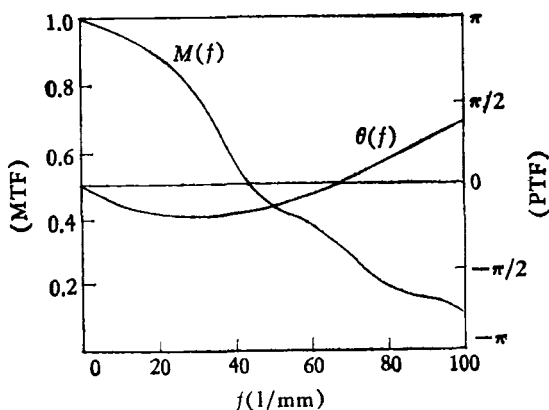


图2 OTF 曲线

物理

如光波的波长 λ 、象面位置 d 、光栅方位 ψ 、视场角 ω 等有关。因此,全面地反映象质仅用一对曲线是不够的,需要用一整套曲线才行。

三、测 量

测量 OTF 的原理很简单。在被测系统物面上放置一块由(4')式描述的余弦光栅,然后用光度学方法测得象面光强分布,根据(9)式便可由已知的 A, B 求得该光栅频率下的 $M(f)$ 和 $\theta(f)$ 值。不过实际仪器大多根据(12)式进行测量:在物面上放置一个狭缝光源,在象面上得到狭缝象的光强分布(它是点扩散函数沿狭缝长度方向的一维积分,称为“线扩散函数”),再用余弦光栅去扫描狭缝象,便可以滤出线扩散函数中 f 频率分量,得到 $D(f)$ 。这相当于用光机手段完成模拟傅里叶分析运算。不过,上述方法每次只能测得一个频率下的 $D(f)$ 值,欲得整个函数曲线,尚需更换不同频率值的光栅。为了提高效率,实际仪器都使用了各种形式的非单频光栅,一次测量便可得到几个甚至几十个频率下的数据。

近年来,电子计算机日益普及,出现了用光度学方法测量线扩散函数,用计算机完成傅里叶分析的仪器。它们的光机设备比较简单,误差来源较少,可以有较高的测量精度和较大的频率测量范围。

此外,还有一种利用干涉学方法测定 OTF 的装置,这里不再介绍。

四、计 算

在成象系统的设计阶段便可计算出 OTF。计算时从物面的一个发光点出发,根据系统的结构参数(如透镜的曲率,镜面的间隔和玻璃的特性等),用光线的概念算出点扩散函数(或者算出反映波象差的“光瞳函数”),最后再求出 $D(f)$ 。如果在计算中不考虑衍射影响,得到的是“几何传递函数”,否则得到“波动光学传递函数”,即真实的 OTF。当然,前者工作量较少,但精度较低,适用于几何象差比衍射影响大得多的“大象差系统”;后者精度较高,但工作量大。为了兼顾精度和工作量,还出现了种种混合计算方案。

五、应 用

1. 象质评定

这是 OTF 最直接也是最主要的应用。OTF 既可用作实际系统的象质指标,又可用作系统设计阶段的目标函数。已经指出,一套完整的 OTF 曲线可以全面地确定系统的象质,可惜由于涉及数据太多,难以实用。因此,首要的工作是压缩数据。现在,这个工作主

要集中在调制传递函数上,其主要原因在于:实践表明,在多数情况下,仅仅考虑调制传递函数确实也能反映系统的主要成象特性。

目前,对调制传递函数的数据压缩有两种途径:一种是把整条曲线归结为少数几个甚至一个“特征值”;另一种是从大量曲线中挑选少数最能反映系统某方面特性的曲线,用这曲线族来评价。

被选做特征值的例子有:特定频率 f_0 下的 $M(f_0)$ 值(有人建议以10,20,40 l/mm作为普通摄影物镜的特定频率;以5,10 l/deg作为目视望远系统的特定频率);特定 $M(f)$ 值(例如 $M(f) = 0.5$)所对应的频率;以及 $M(f)$ 的各种加权积分值 Q ,

$$Q = \int M(f)W(f)df / \int W(f)df,$$

其中权函数 $W(f)$ 可视具体情况选择,以反映接收器件的调制传递函数或其它因素的影响。

作为曲线族的例子有 $M(f)-f(d)$ 曲线族和 $M(f_0)-d-(\omega)$ 曲线族等。前者是以象面位置 d 为参量的 $M(f)-f$ 曲线族,主要反映系统象质随象面前后移动时的变化情况;后者是以象面视场角 ω 为参数的 $M(f_0)-d$ 曲线族,反映系统在特定的频率 f_0 下,欲使整个象面都有较好的象质,象面应选在哪里,公差可允许多大。

测量系统特征值的仪器已经有商品出现,可用于生产线上控制产品质量,但曲线族方法还大多用于设计阶段或试制原型的评价上。

在光学系统设计中,上述两种指标都可采用,作为比较各种设计方案优劣的依据或者作为设计的目标函数。此外,还可以根据传递函数概念来规定象差容限,作为设计要求。

2. 象质改善

利用传递函数理论,提出了两类改善象质的方法。一类叫做事后处理,应用较多。例如,如果已经知道一张比较模糊的照片在成象过程中的 $D(f)$,便有可能根据(11)式恢复原来物面上的光强分布,即从照片光强分布 $I(x')$ 找到它的变换 $i'(f)$,把它除以 $D(f)$,再作傅里叶反变换,便可得到 $I(x)$ 。其中的傅里叶变换和除法运算既可由计算机完成,也可以用光学信息处理方法以模拟方式完成。运用同一原理,还可以去掉网版照片或电视照片上的网格或扫描线(它们对应着特定的空间频率)。另一类象质改善叫事先处理。例如,可以根据系统的传递函数与光瞳函数之间的关系,设计特定形式的模版,放置在系统的出射光瞳处,以改善

大象差系统的调制传递函数,提高成象质量。

六、小 结

由以上简单介绍可以看出,OTF基本满足对象质指标的五项要求,是比较理想的象质指标。虽然原则上定量的点扩散函数能给出同OTF一样的信息,但由于OTF所描述的象、物基元成分之间有一一对应的关系,象、物关系式比较简单。这一点对由多个“独立成象”系统连续成象(前一系统的象是后一系统的物,并且每个系统都满足线性迭加和空间不变条件)的情况显得更为突出,整个系统的OTF等于各个独立系统OTF之积;而求取整个系统的点扩散函数却需经过一系列卷积运算。此外,在测量时,点扩散函数只能由象面各“点”的光度测量获得,而“二维”的OTF却可以由对多个方位的“一维”OTF测得,从而可以使用狭缝光源,并在象面上测定各条“线”上的光度,提高了测量信噪比。

作为象质指标,OTF也有其不足之处。比较突出的是数据太多。看来,由于成象系统具有并行(同时)传递二维面积上大量信息的能力,全面描述象质的数据是少不了的。问题在于,OTF是否提供了从中提取出少量关键数据的可能性。上节介绍的数据压缩例子,只是初步试探,在理论上和实践上都还不够理想。应该说,这个问题的进一步研究是当前的重要课题。此外,测试装置比较复杂,计算工作量比较大,以及人们对OTF还不很习惯,等等,也是实际存在的问题。

熟悉通信理论的读者一定会注意到,这里所介绍的成象理论和传递函数概念,实际上引用了线性系统理论的一个分支,即线性不变系统理论和傅里叶分析综合方法;所不同的只是通信中所处理的是随时间变化的电信号,而这里的处理对象是作为空间坐标函数的光强分布。应该说,“系统”理论的应用是非常广泛而灵活的。即使在光学领域内,当用它来讨论相干光波的传递和成象过程时,便可以得到傅里叶光学中的许多重要结果;甚至在讨论光学传递函数问题时,“系统”本身以及“输入”、“输出”也可以代表不同的内容:在测量OTF时,我们仅仅关心被测系统的输出(象面光强分布)与输入(物面光强分布)的关系,而不问成象系统内部的结构如何;但在计算OTF时,则必须从系统的结构参数出发。而当我们要设计一个成象系统时,则应当把结构参数一并当作“输入”,然后设法调整这些“输入”,使系统的“输出”(即根据象质要求规定的各种“目标函数”)最终落到允许的公差范围之内。