

聚光系统对显微物镜杂光测量影响的分析与实验

刘瑞祥 王海明

摘要: 显微物镜通常采用部分相干照明, 测量它的杂光时, 有必要研究照明系统的影响。实验表明, 对于中、低倍物镜来说, 当照明系统的数值孔径变化时, 物面相干性变化对显微物镜杂光测量的影响可以忽略, 从而可以采用积分球面扩展光源去测量它们的杂光系数。文中对相关的问题进行了分析讨论。

一、引 言

一般来说, 国产中低倍生物显微物镜的像差校正状况与国外一些厂家的同类产品相差不大。但使用国产显微物镜时, 往往用肉眼即可看出像的对比度有明显差距。杂光大是造成这种结果的主要原因之一, 从而引起了对于测量显微物镜杂光的重视。

对于照相物镜一类光学系统、通常采用黑斑法测量它们的杂光性能^{[1]、[2]}。文献^[3]中讨论过用黑斑法测量显微物镜杂光中的一些问题, 得到了与测量照相物镜杂光时大致相同的结果^[4]。

本文试图说明的是, 由于显微物镜采用部份相干照明, 如果仍然采用黑斑法, 则必须结合它的照明系统, 探讨在测量中可能出现的一些特殊问题。

二、分析与实验

1. 照明相干性的影响

从照明的观点看, 显微镜聚光系统的基本参数与调整状态, 不仅影响显微物镜物面上的光通量、照明均匀性, 还将影响物面上照明的相干性。文献^[5]的结果表明, 在准单色光照明条件下, 刃边、圆盘等目标经显微物镜成像后, 在其几何阴影区内的照度随相干度变化。

譬如, 当照明由非相干变到完全相干时, 这种变化可以达到5%左右。这就启示我们要对这种空间相干性的影响进行探讨。为此, 我们采用了图1(a)中所示的实验装置进行了实验。对于杂光的测量来说, 选择适宜的黑目标尺寸与接收孔尺寸是十分重要的。根据以往的经验, 实验中选择不同的黑目标尺寸, 使它们经各种被测显微物镜均成大约2mm的黑斑像, 接收孔取为0.4mm, 即接收孔尺寸与黑斑像尺寸之比为1:5。

如同许多文献中采用的方法, 这里仍然采用

$$\sigma = \frac{n_0' \sin \theta_0'}{n_0 \sin \theta_0} \quad (1)$$

表征目标板面上的照明相干度。其中 $n_0' \sin \theta_0'$ 为聚光系统的数值孔径, $n_0 \sin \theta_0$ 为被测显微物镜的数值孔径。被测显微物镜选定后, 使孔径光阑的 u_0' 改变, 即可得到不同的 σ 值。

实验中, 首先调整聚光系统与被测显微物镜的相对位置, 使得它们的光瞳同心, 然后改

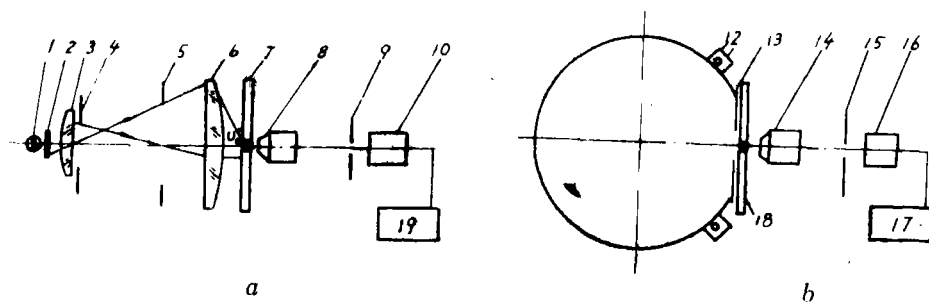


图1 实验装置原理图

(a) Köler 照明配置 (b) 积分球照明配置

- 1—灯源 2—毛玻璃 3—辅助透镜 4—视场光阑 5—孔径光阑 6—聚光镜
 7—黑目标板 8—被测显微物镜 9—接收孔 10—探测器 11—积分球 12—照明灯
 13—光阑 14—被测显微物镜 15—接收孔 16—探测器 17—显示装置 18—黑目标板
 19—显示装置

变 σ 值,分别测得黑斑像的光强 I_b 与亮场像所对应的光强 I_b ,简单地令

$$K = I_b / I_b \quad (2)$$

采用上述图1(a)的装置,测量不同倍率和数值孔径的显微物镜,得到了一组 $K \sim \sigma$ 曲线,典型结果如图2所示。

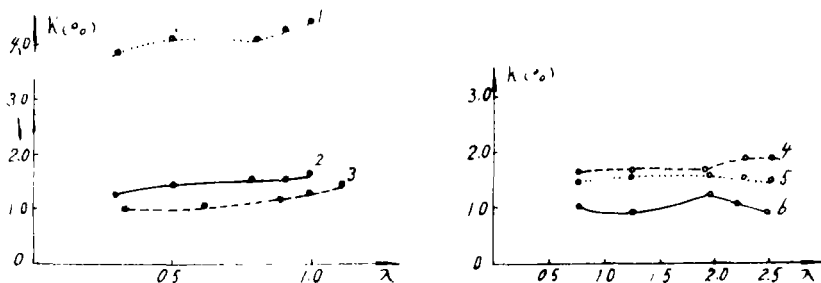


图2 典型的 $K \sim \sigma$ 曲线例

- 1—国产 $10\times NA=0.25$ 2—OLYMPUS A10 $NA=0.25$ 3—OPTON Plam10
 $NA=0.22$ 4—OPTON Plam2.5 $NA=0.08$ 5—国产 $4\times NA=0.10$
 6—OLYMPUS A4 $NA=0.10$

必须指出,因为杂光大小与物面光强分布有关,所以式(2)中的 K 并不是严格定义下的杂光系数,它只是表现在不同照明孔径角下显微物镜杂光量的一个参数。

图2中所示的 $K \sim \sigma$ 曲线,显然没有一个统一的随 σ 变化的趋势,并且变化量都小于1%。分析其它几组曲线,结论是一样的。在我们所采取的实验条件下,所得结果并没有像文献中^[5]所预示的那样, K 值会随 σ 值增大而变小。并且测量值的波动量远小于5%。由于实验中我们已采用光阑保证目标板面上的亮区尺寸始终相同,测试结果表明当选取接收孔直径小于一定的程度,就有可能使照明相干度的影响远小于物镜本身结构所造成的多次反射和散射等的影响。从这个意义上讲,完全非相干的积分球光源可以用于黑斑法中去测量显微物镜的杂光,而不必去模拟照明光源的相干度,这样将给实验带来极大的方便。

2. 显微物镜的VGI及与K值的比较

笔者认为, 照相物镜一类光学系统杂光系数的定义适用于显微物镜。即 *VGI* (*Veiling glare index*) 定义为: 放在亮度均匀的无限大面扩散光源上的零亮度小面积黑体由物镜所成像的照度与没有黑体时的照度之比。可以采用图 1 (b) 所示的实验装置去测量显微物镜的 *VGI*。由于显微物镜物距很小, 不能仍然如同测照相物镜杂光系数那样在积分球壁上设置黑目标, 而是在积分球出光窗上放置一个带有小黑体的目标板。这样一个对显微物镜入瞳张角接近于 2π 立体角的面扩展光源, 是测量高倍大数值孔径显微物镜所必须的。对于 *N.A.* 较小的中、低倍物镜来说, 这种积分球光源所对应的数值孔径与实际光源的数值孔径差别较大, 必须从实验上探讨这种差别带来的影响。

图 3 表示采用图 1 (a) 中的实验装置测得的一组显微物镜的 *K* 值, 把它们各自的最大值 K_{max} 与用图 1 (b) 所示装置测得的 *VGI* 列在表 1 中。

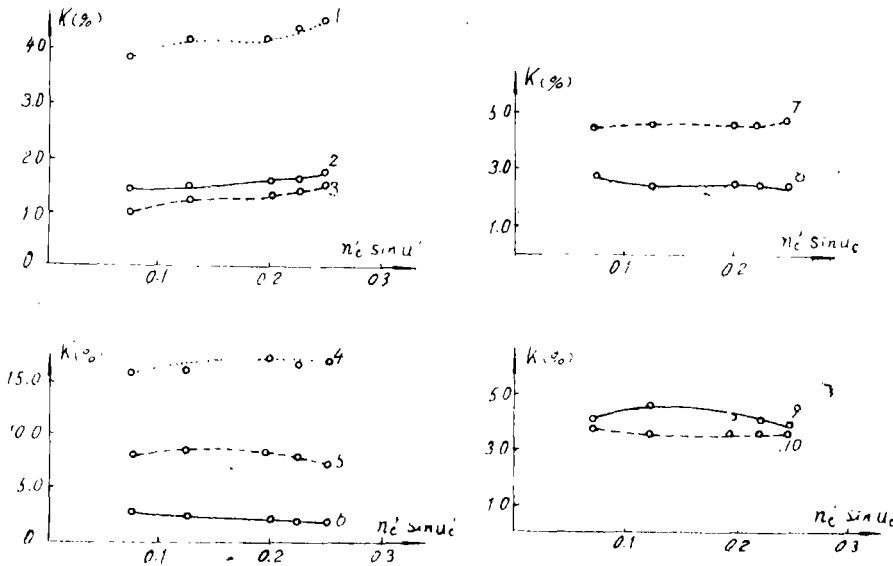


图 3 对于各种显微物镜, *K* 值随聚光镜数值孔径的变化

- 1—国产 $10\times NA=0.25$ 2—*OLYMPUS A10 NA=0.25* 3—*OPTON Plam 10 NA=0.22*
 4—国产 $40\times NA=0.65$ 5—*OPTON Plam 40 NA=0.65*
 6—*OLYMPUS Dplam 40 NA=0.65* 7—*OPTON Plamapo 25 NA=0.65*
 8—*OLYMPUS Dplam 20 NA=0.40* 9—*OLYMPUS Dplam 100 NA=1.25 oil*
 10—*OPTON plam 100 NA=1.25 oil*

表 1 K_{max} 与 *VGI* 的比较

物 镜	<i>OLYMPUS A10</i>	<i>OLYMPUS Dplam20</i>	<i>OPTON plan10</i>	<i>OPTON planapo25</i>	$10\times$	$4\times$
<i>N.A.</i>	0.25	0.40	0.22	0.65	0.25	0.10
$K_{max}(\%)$	1.67	2.35	1.49	4.70	4.45	1.50
<i>VGI</i> (%)	4.25	3.68	3.65	4.21	7.74	10.05

通过比较可以看出, 当被测显微物镜数值孔径比较小时, *VGI* 值都比 *K* 值不同程度地加大。

3. 显微物镜的幻象及其对测量的影响

显微物镜的某些折射面，同样有可能构成二次反射系统，在特定条件下形成幻象。实验中发现，一个显微物镜(40 \times , 0.65)的 K 值高达26%，如图4所示。经观察，发现像面上有明显的幻象存在。随着聚光镜数值孔径变小，幻象尺寸变小，变得明显。这是由于聚光镜系统数值孔径变小时，相应的光源尺寸随之变小，它就等同于暗场中小而亮的目标，可能在像面上产生幻象。当幻象部份地或完全地落到接收孔上时，就会导致 K 值明显变化。当采用实际聚光系统而不是积分球面扩展光源或其它面扩展光源测量显微物镜的杂光大小时，必须注意这一点。

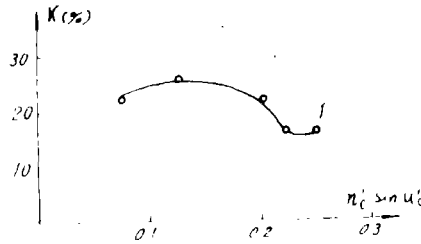


图4 幻象对测量结果的影响例

1—国产40 \times $N.A = 0.65$

三、结 语

尽管已经有测量光学系统杂光的一些相关标准，但是对于显微镜物杂光测量与评价问题仍有许多东西需要探讨。从我们所做的初步实验结果可以看出，当接收孔尺寸与黑斑像尺寸相比足够小时（例如本实验中采取1:5），聚光系统照明相干性对中、低倍显微物镜测量结果的影响不是很显著的。因此，在测量它们的杂光时，就可以采用非相干照明的面扩展光源，而不必采用部份相干照明光源。这样不仅可以简化实验装置，而且为显微物镜杂光测量的标准化提供了依据。

另外，测量照相物镜杂光系数时，通常采用积分球面扩展光源，而不必去模拟每个镜头的视场尺寸。由此可以想到，测量显微物镜杂光系数时也可以不去逐个模拟它们的照明孔径角，而同样采用积分球光源，适当配置光路以满足最大照明孔径角的需要。这样可以使得测量规范化、简易化。当然，这就必须研究在这种测试条件下所得结果的意义。

王雅黎对本文提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 刘瑞祥,《光学机械》,1977, 5 期, 11.
- [2] Tc 42/WG12; "Draft proposal for ISO standard on measurement of veiling glare index of photographic objectives", 1979.
- [3] 蒋筑英等,《光学机械》,1982, 4 期, 1.
- [4] 刘瑞祥,《光学机械》,1981, 2 期, 15.
- [5] W. N. Charman; J. O. S. A., 1963, 53, 4, 410.

Analysis and Experiment on Influence of the Illuminating System on Measuring Veiling Glare Character of Microscope Objectives

Liu Ruixiang Wang Haiming

Abstract

Microscope usually utilizes partial coherent illumination. When measuring its veiling glare character (VGC), it is necessary to consider the effect of its illuminating system. It has been shown experimentally that the variation of coherence on object plane along with the changes of N. A. of the illuminating system has a very small influence on the measurement of VGC for the microscope objectives with low and middle magnifications. Therefore an incoherent integrating sphere extended source can be used for measuring the VGI of microscope objectives. This paper represents an analysis and discussion on related problems.