

# 航空工业需要的光学涂层

〔摘要〕介绍了在下一个五年间所必须的新干涉涂层的要求，着重在目前正设计的涂层和滤光片膜系，但是对于这些膜系的制造工艺尚不是现有的。

课题包括宽带消反射膜、带通滤光片、光束分离器、宽带保护镜、高反射镜、黑镜和直接淀积在探测器上的涂层。在每种情况下，关于透射率、反射率、吸收率和环境的抵抗能力等目前所设想的要求是初步的。

## 引言

过去的十五年期间，薄膜涂层工业获得了重要进展，并且目前为应用于宽光谱提供成熟的涂层和干涉滤光片。然而，虽然有了这样的进展，目前仍将需要考虑较好的涂层和干涉滤光片膜系。这篇论文讨论对于透射率、反射率、吸收率、散射和对不同环境的抵抗能力等目前设想的要求。因此着重的是未来系统将需要的有关这些涂层和滤光片，但是这些涂层目前不是现有的。

## 消反射膜

随着激光测距仪的出现，使用可见瞄准望远镜作为激光接收器，并有时也作为透射望远镜已成为普通的实践。将来的共用窗口系统具有近红外传感器同上述可见和激光波长传感器相结合。所以，它需要从0.4到1.1 $\mu\text{m}$ 有较好的透过率。现时的工作表明，列举在图1的涂层要求具有从1.45到1.85折射率的光学玻璃。还必须注意，在这些系统中有许多元件，由于吸收和散射其损耗每个表面必须低于0.25%。

初步的工作表明，激光测距仪在2 $\mu\text{m}$ 波段是能实现的。假如这些测距仪能够实现，那么它们对眼睛破坏较现有测距仪提供非常大的安全。

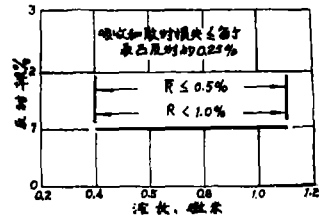


图1 可见——近红外区的消反膜。

对于可见—2 $\mu\text{m}$ 激光系统共用窗口的初步工作表明，需要显示在图2特性的涂层。

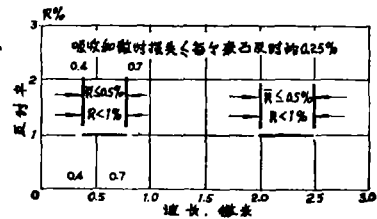


图2 可见——红外区的消反膜。

由于在图1和图2共用窗口消反膜将使用到包括传感器窗口的所有元件上，因此它们必须能经得起20昼夜的湿度，附着力，20次磨擦，盐雾喷射和溶解等实验。

许多红外系统工作在3到5 $\mu\text{m}$ 波长范围。这个波段范围的最近工作引起了一系列宽波段传感器设计，其中硅和锗需要非常耐用的消反膜。

这个涂层不仅必须满足于图1和图2所示涂层所规定的环境要求，而且它也必须经受住28昼夜盐雾，255 $^{\circ}\text{F}$ 温度和硫酸里浸渍。图3表明对于这种涂层的初步规定。

大多数红外热的图象传感器在8到13 $\mu\text{m}$ 宽的波长区工作。使用锗和硒化锌透镜的这些传感器的性能对于某些透镜表面的反射是非常敏感的。由于这个理由，编出特殊的计算机程序来计算这些临界表面的位置，并且评价可以允许的最大反射率。研究结果指出需要表明在图4的涂层。这个涂层将经受下述的环境实验：24小时湿度，附着力和20次磨擦实验。

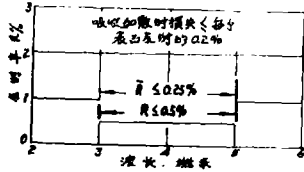


图3 适用于3 $\mu$ 到5 $\mu$ 范围Ge和Si的消反膜。

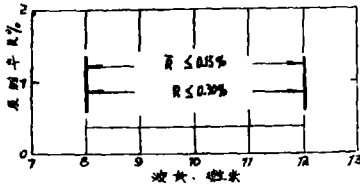


图4 适用于红外热图象望远镜的消反膜。

## 带通滤光片

红外遥感系统的现时工作表明，需要完整的窄带滤光片系列。如果象表明在图5的滤光片不是可实现的，那么将使用光栅单色仪或付里叶变换单色仪。由于这些滤光片将应用于空间，它们就必须经受24小时湿度，附着力和50次干酪织布磨擦实验。

一些远红外传感器设计需要下述的带通滤光片(图6)，对如地球资源滤光片的情况，市面出售的尺寸不大，但是完成同样结果的另一办法尽管是花费很大的，还是继续做这种接近理想的滤光片。主要要求是滤光片有通带以外能量的高抑制和中等的通带内透射比。

因为这个滤光片在工作环境里可以被保护，它仅仅需要经得起正常实验室环境。然

而，它将在装入探测器柱瓦盒内之前进行清洗，所以它必须经得起小心的清洗。

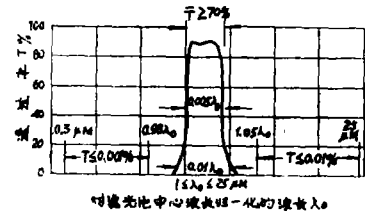


图5 适用于地球资源探测器的窄带滤光片。

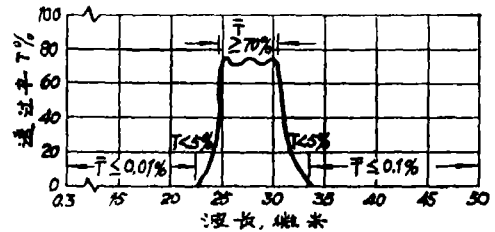


图6 适用于遥控的带通滤光片。

## 光束分离器

光学通讯系统的现时工作表明，需要光束分离器的二个类型，它必须工作在红外而不是可见区。第一个类型是典型光束分离器立方体，在这个立方体中入射能量的一部分被反射，而剩余部分透过；第二个类型是二色光束分离器。通常感兴趣的波长范围很狭（从来没有多于1 $\mu\text{m}$ 宽），但是它可以对准中心在2到11 $\mu\text{m}$ 范围的任何地方。随应用而定，透射率要求能象5%一样低和95%一样高。再有，正如带通滤光片的情况一样，这些光束分离器通常能被保护并且因此只需要经受住正常实验室环境的实验。这样的光束分离器略图显示在图7。

因为许多光学通讯系统使用用以指向的位标，因此需要二色光束分离器立方体。图8是一个这样光束分离器的简图；除 $\text{CO}_2$ 激光器以外的激光器要求这样的光束分离器。对于在二种情况使用立方体的理由是能把近场衍射限的望远镜应用到空间。

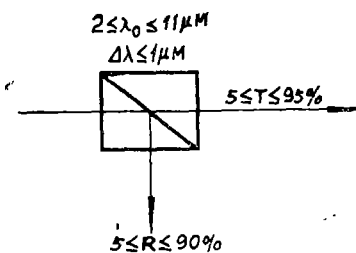


图7 适用于光学通讯系统的光束分离器立方体简图。

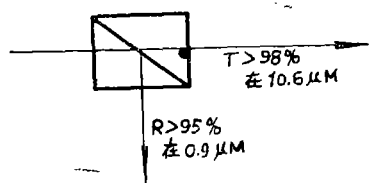


图8 适用于光学通讯系统的二色光束分离器的简图。

最近设计了使用偏振光束分离器立方体的一些激光系统。光束分离器反射垂直于入射平面的偏振能量，而透射平行于入射平面的偏振能量。这个概念的成功使显示系统的设计应用液体晶体和偏振光束分离器。对于显示应用，偏振光束分离器必须在全部可见波长范围内工作，并在象  $5/4$  快焦比的光学系统中具有高的（大于  $100:1$ ）对比值。由于对此棱镜指定的应用，它将能经受住24小时湿度实验， $160^\circ\text{F}$  高的温度和反复清洁。再者，因为1000瓦功率级入射在  $2 \times 2 \times 2$  英寸的立方体上，因此这个涂层必须有低吸收。

## 反 射 镜

许多红外传感器必须在刚出视场之外带有明亮的光源下工作。这个要求导致超抛光反射镜的加工，其表面是如此平滑，在非镜反射方向的散射低于入射能量的  $0.01\%$ 。然而，迄今，只有简单的没有保护覆盖层的金属涂层适用于这些反射镜上。这些反射镜显

示出达到这样程度污染的倾向，以至于它们必须反复擦亮。因此，需要象反射镜那样有同样低散射特性的涂层，然而其涂层还要十分牢固，要能经受住正常实验室环境和若干次小心的清洗。

前边叙述过系统的共用窗口要求反射镜在全可见区和红外波段的宽广范围内具有高的反射。因为在许多情况下这些是军用系统，它们也必须经得起10昼夜湿度、附着力和50次磨擦实验。通常要求在可见区大于  $97\%$  的平均反射，从  $0.8$  到  $1.1\mu\text{m}$  大于  $97\%$  的反射和从  $8$  到  $12\mu\text{m}$  大于  $98\%$  的反射。此外，这类涂层必须涂在玻璃和金属基底上，而且是相当大的数量。这个要求大概是共用窗口系统设计者面临的十分紧迫的近期问题之一。

对于激光器的高反射镜要求改善到这一点，即其吸收和散射皆小于入射激光能量的  $0.01\%$ 。同时，这些反射镜必须能经受24小时湿度，附着力和50次干酪织布磨擦实验。

由于若干新激光器的出现，这个反射镜要求适用于  $2$  到  $11\mu\text{m}$  全部波长范围。

黑镜（航空工业这样称呼）具有很低反射的镜反射表面，现在的传感器设计研究表明，对于黑镜要求下列的波段： $0.3$  到  $1.1\mu\text{m}$ ， $2$  到  $4\mu\text{m}$  和  $8$  到  $16\mu\text{m}$ 。在每个情况下，平均反射将小于入射能量的  $0.2\%$ ，而低于入射能量的  $0.1\%$  将散射到非镜反射方向上。

涂层要求涂在金属和玻璃上并且必须经过24小时湿度，附着力和50次干酪织布磨擦实验。

## 探 测 器

电荷热偶器件和整体焦点平面点阵的发展迫使涂镀技术的发展将允许人们直接地在探测器上淀积消反射膜和滤光片。我们知道我们需要这样的滤光片和涂层，然而到目前为止，尚没有见到技术规格说明。

## 结 语

在最近五年里,系统和元件的多样性得到了发展,即光学数据连接,集成光学和液体晶体显示器。这些光学新概念要求改善的涂层和滤光片并且发展了复杂的测量仪器。对于希望在1980年实现设想的传感器需要上

述的滤光片和涂层。在这个领域过去发展的基础上,上述技术规格说明在1980年左右出现将是十分自然的事情。

译自“Optical Coatings Applications and Utilization”

Vol.50, P209—213, 1974.

(齐钰译,袁幼心校。)

---

(上接第61页)

$$(15 \cdot \sqrt{7} \cdot d^2) \quad (B \cdot 9)$$

借助物体(在源处)所张的最大角  $\phi_{max}$ , (B·9)变成:

$$\overline{\Delta S} = D \sin^{-1} \phi_{max} / 15 \sqrt{7} \quad (B \cdot 10)$$

如果现在我们为简化假设,  $\sin \phi_{max} = \phi_{max}$ , 得到:

$$\overline{\Delta S} = 0.025 \delta_{max} \phi_{max}^2 \quad (B \cdot 11)$$

自然,其中  $\phi$  是弧度,  $S_{max}$  是正弦图中对应

的最大尺度。这就是均方根偏差。

最大偏差是在  $S = S_{max}$  处, 由 (B·4) 和 (B·8) 得到它的值为:

$$\Delta S_{max} = 2\beta r_{max}^3 / 5 \quad (B \cdot 12)$$

它超过均方根偏差  $\sqrt{7}$  ( $= 2.65$ ) 信, 于是:

$$\Delta S_{max} = 0.067 S_{max} \quad (B \cdot 13)$$

金友译  
遼小靖校