

装置与元器件

光学镀膜走向哪里

珍珠母、水面上的油层和多层光学膜的反射颜色之间有什么相似？它们都是光学相干现象。本文讨论这种多层膜的干涉效应，以及它们如何增加或减小其附着基板的表面反射率。本文将讨论一些这种膜层的应用以及制造这些膜层的新技术。

首先考虑干涉如何形成。最简单的是单个无吸收层。图1是在折射率为1.65基板玻璃上涂层的光谱反射情况，如果没有膜层，每个面的反射率为6%，如果采用 MgF_2 ($n=1.38$)低折射率膜层，可将反射率减至0.5%，如果膜层的折射率大于基板 ($n=1.85$)，就会增加整体反射。膜层中的干涉效应可以解释上述现象。

图1用白色和黑色代表波幅的最大值和最小值。(b)部份的波透过膜层，被基板反射，这部份反射波再次进入空气，在图中标为(d)，它与膜层表面反射波(c)相位可以相同或不同。

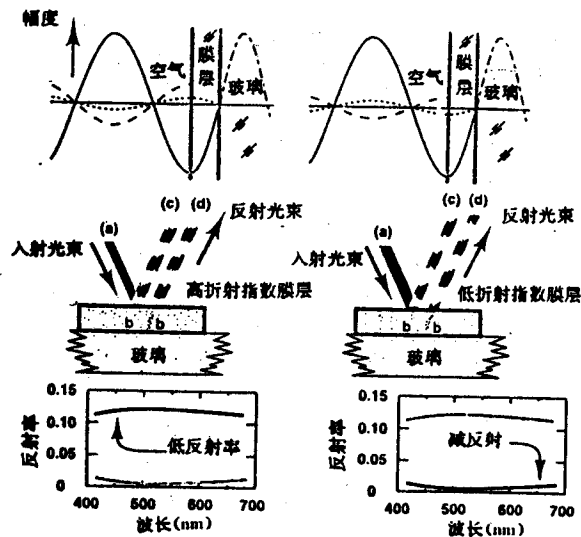


图1 左部为玻璃上有 $n=1.85$ 的 $1/4$ 波长厚膜层，右部膜层 $n=1.35$ ，基板玻璃 $n=1.65$ 。上图实线波为入射光波幅度，虚线为膜层与空气相交面的反射波幅，点线为膜层与玻璃相交面的反射波幅

图1的左部表示膜层折射率高于基板折射率的情况，(c)波和(d)波处于同相位状态，形成混合反射波，图上部为波幅的“快速照相”。实线为入射分量，虚线和点线波是从二个界面上同相位的反射波。可以由峰值反射率12%这个数值来证明。在物理光学书籍中，称为“相长干涉”。

图1的右部表示膜层的折射率低于基板折射率。二界面的反射波相位差 180° ，在物理光学上称为“相消干涉”。其结果是使基板在没有膜层时的反射率6%下降到几乎为0。

上述讨论中的最终反射率依赖于膜层厚度与波长的关系。图1中膜层厚度相当于530nm波长的四分之一。反射率在这个波长可为最大(或量小)值。对于更短的波长，反射率曲线会发生变化。如果膜层加厚，最大反射率会在长波处出现。

光学膜层的形成

上述干涉理论由Fizeau和Rayleigh等经典物理学家提出。问题是在玻璃基板上仅有少量方法形成这种固态耐用的膜层。1930年代，德国的卡尔·蔡司和美国的博士伦公司开始用真空沉积方法镀减反膜。当时的设备如图2所示。玻璃钟罩用橡皮圈与金属基座之间密封，罩内上部支架上放置待镀膜透镜，用真空泵使钟罩内部达到低真空状态，钟罩下部有一加热器对 MgF_2 加热，将 MgF_2 分子在玻璃表面涂上单分子层。当膜层厚度达到要求时，沉积过程停止。

六十到七十年代，出现了更加复杂的沉积设备。用不锈钢罩代替玻璃钟罩，冷冻泵代替油扩散泵，电子枪蒸发源代替电阻加热舟。虽然还没有广泛普及，有些地方已用在线计算机控制镀膜过程。

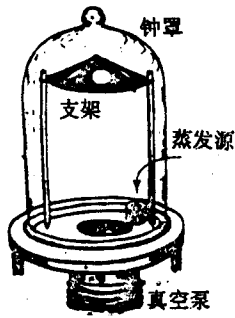


图2 真空中沉积用的钟罩，上部支架放置待镀透镜

膜层的功能

四十年代开始，采用膜层的器械日益成长而变得复杂。现在可得的镀层可到几百层的复杂结构。在某些例子中，整个工业都依赖于镀膜技术，其中一些较大的膜层市场如下：

1) 激光器

为了提供放大介质的反锁过程，每台激光器至少有二块镜子。这些镜子一般用多层介质膜，因为它们有低吸特性。在激光陀螺中，反射率一般可达99.99%，即铝膜在光谱可见区的反射率仅为90%。

2) 视觉显示终端

计算机显示器中的阴极射线管是视觉显示终端的一例。由于室内环境光(背景光)使显示器对比度下降。如在外面装一块涂有减反膜的吸收板，对比度就会增加，目前每年的产量约为4m²量级。

3) 眼科

全世界每年生产的眼镜千百万付。欧洲和日本眼镜片镀减反膜已很普遍。

4) 分析仪器

许多用于确定化学物品浓度的分析仪器往往是测量一些特殊波长的光吸收来完成的。滤光片往往可以将某一特定波长选出。例子之一是测量尿中血清含量的光度计，它采用吸收带129nm附近的带通多层滤光片。虽然，衍射光栅或棱镜也可以用作分光，但干涉滤光片价格低而体积小。

5) 彩电摄像机

高质量的电视摄像机采用多色分束器将光

分成红、绿和蓝光三个通道，如图3所示。每个棱镜均涂有多层介质膜，分别对三种颜色进行反射或透射。

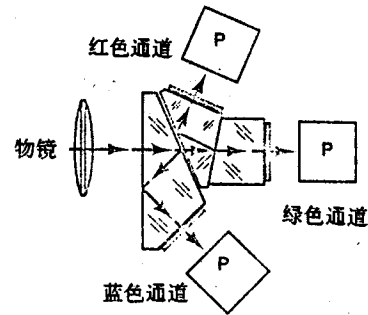


图3 彩电摄像机中，玻璃棱镜的双色膜层可将不同颜色的光输入不同的接收管

6) 光源

目前发展较快的石英卤素灯泡上的增强涂层，如图4所示。它在可见区的反射率较低，而在近红外区反射率则高。红外区的反射可以使灯丝再加热，而可见光则发射出来。其增强效果为1.35。表明产生同样的可见光可以节省35%的电力。

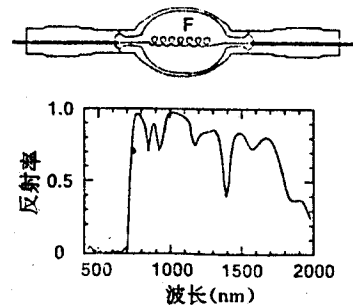


图4 上图—石英卤素光源上的增强膜层；
下图—Bergman公司膜层的反射率特性

膜层制造

据估计，美国镀膜工业年产值为7亿美元。还不包括下面提及的建筑玻璃镀层。生产膜层很大程度上依赖于仪器设备能不能很容易买到，以及能不能很好地对工程技术人员进行操作培训。在西半球、日本和欧洲，可从很多公司买到真空蒸发设备。所用的主要方法包括(1)磁测射；(2)化学气相沉积；和(3)脉冲等离子体化

学气相沉积。

1) 平面磁控溅射

高能离子轰击阴极,将动能转移给阴极表面的原子就形成溅射过程。在此过程中,部份原子脱离表面。由于在磁控溅射中,离子被磁场约束在阴极表面,建筑玻璃的镀层就采用这个方法。全世界这种设备至少有100台,生产建筑所用的以平方公里计的玻璃膜层。这种技术产值高且有很高的膜层密度。为此,在许多应用中磁控溅射会代替真空蒸发技术。

2) 化学气相沉积

化学气相沉积(CVD)在半导体工业中已使用多年。在硅石层中沉积势垒是个很好的例子。在这种过程中,被镀部件置于加温炉中。在容器抽空以后充入带有惰性载流子的气体(如氮)及其它气体,便开始沉积。充入何种气体取决于待沉积的物质,沉积硅石的一种方法是充入臭氧和含硅石的有机材料(如氧或 tetraethylsilicate),后者称为“先质”。在适当温度下,先质会分解,在氧的帮助下形成硅石膜层。

CVD过程的瞬间镀膜特性可以视为优点,也可以视为缺点。优点是适用于单面光学体,缺点是只有一面获得膜层。这些仪器往往由半导体工业界提供,为了改进膜层的均匀性对设备要进行改装。这类膜层还有明显的机械应力,膜

层厚度就会受到限制。美国已有两家公司生产这种设备。

3) 脉冲等离子体化学气相沉积

等离子体是气体中含有几乎等量的电子和正离子。最简单的例子是霓虹灯管中包含的等离子体。在等离子体CVD过程中,进入反应室的气体与上节CVD中相似。用的强微波功率使“先质”气体分解,并与氧发生反应,可以形成硅石或二氧化钛膜。用多过脉冲可以形成厚度精确的膜层。等离子体CVD过程的优点是可以对各种形状的物体镀膜,例如对管子内壁,MR-16反射器的内部等等。作者熟悉的等离子体CVD装置往往是自制的。

前景展望

本领域另一个进展是对膜层分析的软件。1956年,美国只有一个计算机编码可以分析光学膜层和调节膜层厚度,以改进其特性。八十年代后期,PC机和软件的激增产生了上千份编码来做同一个工作,而且日益完善!

上面讨论指明了新技术的发展,并用新的技术形成膜层。大部份CVD和等离子体CVD用来形成氧化物膜层。将来还可能研制出一些沉积含有卤素和硫属化合物的机械,特别是用于红外线镀膜的装置。

(楼祺洪;罗 山供稿)

激光热处理光学件的选择

热处理常用于钢铁部件以改善其耐磨性。采用传统工艺加热部件,要求达到转变硬化的温度以及随后在冷却池中的淬火。已获得几毫米的硬化深度,但有明显的畸变,需要再加工。激光束热处理是一种替代技术,它可以选择性地硬化磨损表面,只利用部件其余部分进行散热,这种自淬火省去用油或水淬火池的需求。激光技术的吸引力在于避免明显的畸变,省去部件再加工。虽然硬化时低热输入只产生 $\leq 1\text{mm}$ 的硬化深度,这在许多应用中已足够了。

CO_2 和Nd:YAG两种激光器都可用于热处理。吸收涂层采用 CO_2 光束,因为金属的吸收率低($< 10\%$),Nd:YAG光束被金属吸收较好($< 50\%$),涂层可省去。确认激光热处理成功有许多因素:表面吸收、光束成形、材料、激光功率、馈送速率和部件的几何形状。本文将叙述最佳激光热处理的激光束成形技术。

光束成形光学件

热处理工艺的效率极大地受所用激光束分布的影响。从入射光束吸收的热通量必须明显