真空镀膜实验报告

【摘要】 本实验使用高真空镀膜机，通过在高真空环境下电阻加热蒸镀材料，使其蒸发或升华，并淀积在基片上形成一层均匀薄膜。通过镀制三层交替的介质膜，同时采用极值法监测并控制膜厚，使得薄膜在每个交界面的反射光发生相长干涉，增强反射率，达到高反膜的效果。

【关键词】 真空镀膜，高反膜，反射率

Vacuum thermal evaporation coating

**Abstract:** In this experiment, a high vacuum coating machine was used to vaporize or sublimate the material by resistance heating in a high vacuum environment, and to form a uniform film on the substrate. By plating three layers of ZnS/MgF2/ZnS dielectric film, and using the extreme value method to monitor and control the thickness of the film, the reflected light of the film at each interface will occur interference, enhancing the reflectance, and achieving the effect of high reflective film.

**Key words: vacuum coating, high-reflecting film , reflectivity**

1引言

100多年前,人们在辉光放电管壁上首先观察到了溅射的金属薄膜，由此发展出一种制备薄膜的方法——真空镀膜。如今，真空镀膜技术已经实现了大规模生产，除应用在消费电子、集成电路、光学光电子元器件等领域外，还应用于医疗器械、航空航天、太阳能、塑料、包装、纺织、机械、防伪、建筑等领域。真空镀膜技术的广泛应用，使得其在现代高科技中越来越重要。本实验通过真空电阻加热蒸发镀高反膜三层机制膜，充分揭示真空镀膜的基本原理和方法。

2实验

使用高真空镀膜机使真空室内环境压强达到，再通过电阻加热蒸发和后淀积在基片上形成薄膜。膜厚通过光电流放大器采用极值法监测，使得基片上能够形成三层高反膜。

2.1真空镀膜的基本原理

真空镀膜主要有热蒸发镀膜与离子溅射两类，本实验采用前者。真空热蒸发镀膜是指在真空度不低于的环境中，将蒸发材料加热到一定温度，使其分子热振动能量大于表面的束缚能，从而使大量分子蒸发或升华，通过几乎无碰撞的直线运动到达基片，然后淀积在基片上形成镀膜。本实验加热蒸发材料的方法是电阻加热法，结构简单，操作方便。

2.2影响薄膜质量的几个因素

2.2.1基片的表面清洁度

基片表面的玷污将会严重影响膜层结构和牢固性。因此镀膜前要将基片用酒精擦拭并吹干，且不能用手接触基片，而应用镊子夹取。

2.2.2真空度为热蒸发的影响

为了使蒸发或升华的分子尽可能多地到达基片，需要减少其与气体分子的碰撞，即需要增大气体分子的平均自由程：

（1）

式中，为玻尔兹曼常数，为绝对温度，为气体分子的有效直径，为气体压强。课件，压强越小，平均自由程就越大，所以需要提高实验环境的真空度。

2.2.3 蒸发物质的加热

固体物质在受热过程中会发生放气现象，造成真空室内压强上升,使镀膜质量下降，因此,需要先在一定的真空度下使蒸发物质温度略高于熔点做“预熔释气”，然后再进行热蒸发。

2.3 介质膜的光学性质

当光垂直于交界面入射时，由菲涅尔公式可近似得到光的反射率为，分别为介质1、介质2的折射率。可见，如果要制备反射率以上的反射镜，很难找到折射率足够大的材料，所以单纯利用介质的光学性质难以实现高反射率。

2.3.1 单层膜对光的反射和透射

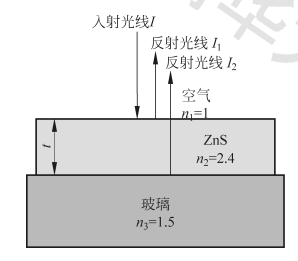
可以选用光的薄膜干涉特点来制作高反射镜。如图1，在玻璃表面镀一层厚度为的硫化锌薄膜，当波长为的光垂直入射时，将会在两个交界面分别产生反射光。是在空气与硫化锌交界面上的反射，由于是从光疏介质进入光密介质，所以会有半波损失；相比于在介质中多走的光程差为，对应相位差为。当与相位相同时，两光将发生相长干涉，反射光最强。即需使膜厚满足，。

图1 光在镀有硫化锌的玻璃表面的反射

该结论可以推导至一般薄膜，当光学厚度是的整数倍时，反射率出现极值，如图所示。所以在实验中可以采用极值法对膜厚进行监测。

2.3.2多层介质膜的原理

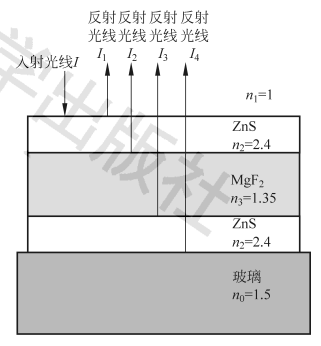
为了实现更高的反射率，可以在基片上镀多层膜。如图2所示，在此三层膜系中，每一层膜的光学厚度均为，在每层界面的反射光，由于半波损失和光程差，都是同相位的，互相加强，增强了反射光。

图2 光在三层薄膜的玻璃表面的反射

所以在本实验中可以通过在基片上先镀一层硫化锌，再镀一层氟化镁，再镀一层硫化锌，并使它们的光学厚度都为，从而使得镜面的反射率达到一定要求。

2.4 机械泵与扩散泵工作原理

机械泵的极限真空只有，当达到的时候，实际抽速只有理论的，如果要获得高真空的话，必须采用油扩散泵。

油扩散泵的应用压强范围是~。当油扩散泵用机械泵预抽到低于真空时，油锅可开始加热。沸腾时喷嘴喷出高速的蒸气流，热运动的气体分子扩散到蒸气流中，与定向运动的油蒸气分子碰撞。气体分子因此而获得动量，产生和油蒸气分子运动方向相同的定向流动。到了前级，油蒸气被冷凝，释出气体分子，即被机械泵抽走而达到抽气目的。

3 实验结果与分析

3.1 预熔放气

当真空度达到左右（本次实验中由于时间原因，压强为）时，即可开始预熔放气。放气过程中要用挡板隔开基片与蒸发材料，并记录真空室内压强随时间的变化关系。

3.1.1 对预熔放气

将电极调到，缓慢调节调压器输出电压，眼睛观察电流表的变化，将电极电流缓慢调至。

表1 真空室内气体压强随时间的变化

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 压强 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

图 3 氟化镁预熔放气时气体压强随时间的变化

可见，在受热过程中放出气体，使得气体压强随时间逐渐增大，在放气结束后，机械泵与扩散泵的持续工作又使得压强逐渐减小。

10分钟后，把电极电流缓慢调至，等待真空度回升。

3.1.2 对预熔放气

将电极调到，缓慢调节调压器输出电压，眼睛观察电流表的变化，将电极电流缓慢调至。

表2 真空室内气体压强随时间的变化

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 压强 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

图 4 硫化锌预熔放气时气体压强随时间的变化

可见，在受热过程中放出气体，使得气体压强随时间逐渐增大，在放气结束后，机械泵与扩散泵的持续工作又使得压强逐渐减小。与的放气过程相比，放出气体的总量较少，压强变化更小。

10分钟后，把电极电流缓慢调至，等待真空度回升。

3.2热蒸发

镀膜顺序为-*-。*

镀第一层膜时，把电极放在处，将电极电流缓慢调至，加热2分钟。将电极电流缓慢调至。放大器光电流逐渐减小，光电流达到最小时，逐渐将蒸发电流调至。

镀第一层膜时，把电极放在处，将电极电流缓慢调至，加热2分钟。将电极电流缓慢调至。放大器光电流逐渐增大，光电流达到最大时，逐渐将蒸发电流调至。

镀第三层膜时，操作方法及实验条件同第一层。

表3 热蒸发时的光电流初始值、结束值、所用时间与真空度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 光电流初始值（） | 光电流结束值（） | 所用时间（） | 压强 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

3.3膜厚的计算

通过极值法监测膜厚度，膜的厚度可由下式计算：

（2）

式中，为检测光波长，为材料折射率。

本实验绿光波长为，材料的折射率为，材料的折射率为。

代入式（2）计算可得膜厚为，膜厚为.

3.4平均自由程的计算

气体分子的平均自由程由（1）式计算，在常温下，取温度为，真空室内压强为。

分子的有效直径为，计算得其平均自由程为。

分子的有效直径为，计算得其平均自由程为。

3.5 镀膜质量

在玻璃基片上薄膜形状呈圆形；表面光滑；在中间绝大部分颜色均匀，边缘处较差；在白光下反射光为黄绿色，透射光为蓝紫色。

4 结论

本实验通过真空热蒸发镀膜法分别将两种镀膜材料——和，按照-*-*的顺序使之附着在待镀基片上。镀膜过程中采用极值法监测膜厚，使得三层介质膜在基片上形成了高反膜。

参考文献

[1]张孔时，丁慎训.物理实验教程（近代物理实验部分）.北京：清华大学出版社，1991

[2]王伟.浅析真空镀膜技术的现状及进展.科学技术创新，2018，（28）

[3]甄聪锦，李壮志，侯登录，郭革新，李玉现.真空蒸发镀膜.物理实验，2017，37（05）

[4]郭凯敏.真空镀膜机的原理及维护.阴山学刊（自然科学版），2007，（04）

