

# 蒸镀调制盘及其分析

张 伟 赵恒谦

(哈尔滨工业大学)

**摘要:** 本文对蒸镀薄膜过程中的蒸发粒子流调制盘的形式及作用进行了讨论;同时对具有调制盘存在时的蒸发速度、调制速度以及膜厚的关系进行了分析。文中给出了一个用调制盘稳定沉积速度的例子,并指出了实践中应注意的几个问题。

## Modulating grids for evaporation and analysis of them

Zhang Wei, Zhao Hengqian

(Harbin Institute of Technology)

**Abstract:** The forms and functions of the modulating grids for the evaporating particle beam during the evaporation are discussed. The relationship among the evaporating rate, the modulating coefficient and the thickness of the depositing film is analysed at the same time. An applied example of stabilizing the evaporating rate with the modulating grid is given. Some points to be noted in practice is also pointed out.

### 一、调制盘的作用及其形式

在真空薄膜沉积过程中,由于膜料及其蒸发粒子空间分布的不均匀,由于沉积速度的不稳定,不仅使得镀制的薄膜厚度分布不均匀,而且更使得膜厚不易控制或控制误差较大(特别是以时间来控制膜厚的方式)。对蒸发粒子流的调制恰恰可以改善这两方面的不足,特别是后一方面,这便是蒸镀调制盘的作用。

典型的蒸镀调制盘有以下三种形式:

#### 1. 栅网状调制盘

这种调制盘,用金属丝编织而成。它几乎适合所有形式的蒸发源,如图1所示,其调制系数(遮挡粒子流那部分面积与总面积之比):

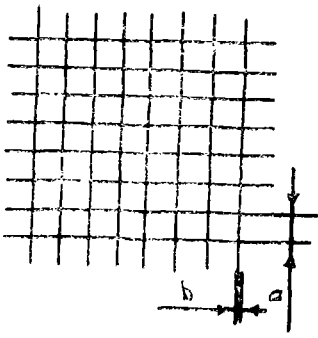


图1 用作调制盘的金屬柵網  
(4.5 (長) × 4 (高) cm<sup>2</sup>)

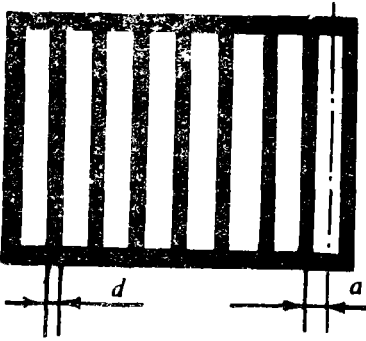


图2 薄金屬板製成的柵條狀調制盤

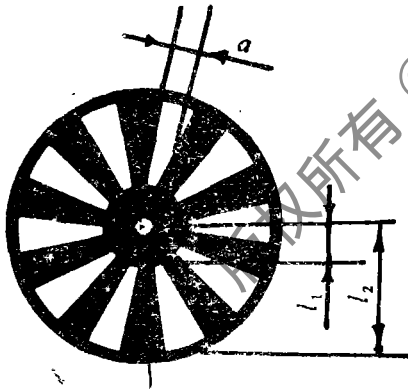


图3 輻射柵狀調制盤示意圖  
(5.5 (長) × 5 (高) cm<sup>2</sup>)

$$s = d \left( \frac{a+b-2d}{ab} \right) \quad (1)$$

式中,  $d$  為金屬絲直徑,  $a \times b$  為以金屬絲軸線算起的柵格大小。通常  $a = b$ , 所以上式為:

$$s = 2d \left( \frac{a-d}{a^2} \right) \quad (2)$$

### 2. 柵條狀調制盤

柵條狀調制盤, 一般由金屬薄板製成, 它主要適合那些具有排列狀的蒸發源, 如螺旋狀的蒸發源, 如圖2所示。其調制係數  $s$  為:

$$s = d/a \quad (3)$$

$d$  為不透光部分的寬度,  $a$  為柵格常數 (透光中心線到不透光中心線的距离)。

### 3. 輻射柵狀調制盤

輻射柵狀調制盤, 如圖3所示, 一般由金屬薄板製成, 主要用于圓形的蒸發源, 如錐籃狀蒸發源, 亦可用于許多面蒸發源。其調制係數  $s$  為:

$$s = 1 - na / [\pi (l_2 + l_1)] \quad (4)$$

式中,  $n$  為整個圓盤上刻制的柵格總數,  $a$  為柵格的有效平均寬度,  $l_2 - l_1$  為柵格的有效調制長度, 且  $l_1$  與  $l_2$  的長度均從圓心算起。

## 二、調制係數、沉積速度與膜厚度的關係

設: 薄膜的沉積速度為  $v_d$ , 調制盤的調制係數為  $s$ , 鍍制時間為  $T$ , 則鍍制的膜厚度  $d$  為:

$$d = v_d \cdot s \cdot T = v_{de} \cdot T \quad (5)$$

$$\text{其中 } v_{de} = v_d \cdot s \quad (6)$$

為經過調制盤後薄膜的沉積速率, 或稱為薄膜的有效沉積速率。 $v$  值應根據不同的調制盤形式分別由式 (1) 或 (2)、(3) 及 (4) 確定。

## 三、在鍍制中性密度漸變濾光片中的應用

在常規薄膜元件的鍍制中較難直接看到沉積速率不穩或不均勻所帶來的對光學性能的影響, 因為蒸發不穩常常是在鍍膜過程之中的。盡管用時間來監控膜厚能反應沉積不穩的結果,

但不能反映沉积过程中的蒸发不稳定以及利用调制盘的改善情况。这里，我们将蒸镀调制盘应用到一种中性密度渐变滤光片的镀制中，其结果明显地改善了沉积速率不稳对其光学性能的影响。需要说明的是：在真空薄膜沉积过程中，薄膜厚度或折射率是很多因素的综合结果，这些因素包括膜料、基片、温度、沉积速率及真空室其它条件等等，特别地对不同次镀制结果的影响。因此，在实验中，我们尽可能地精心地保持在不同次镀制薄膜时，这些因素固定不变，以突出加否蒸镀调制盘这一因素对镀膜结果的影响。

固定一圆形基片（中心有孔），通过该基片中心孔有一与电机相联（或通过减速机构）的轴。在轴端，亦即基片的下方，固定有一挡板。该挡板上有一径向小缝。若使挡板匀速转动，在沉积速率不变的条件下，在基片上各处得到相同厚度的膜；若使挡板转速按与其位置有关的特定规律进行，则可获得一线性的、随基片转角（圆心角）变化的中性密度滤光片<sup>[1]</sup>。实际上，由于蒸发源、蒸发电流（或能量）、膜料组分与品性，甚至固态或液态膜料在蒸发源的不同位置等等因素，使得沉积速率不可能是稳定与均匀的。这种沉积的不稳定必将引起中性密度渐变滤光片光学特性（反射或透射）与其理想线性特性的偏离，而造成不可预见的较大偏差。蒸镀调制盘的应用确实在较大程度上改善了这种情况。

图4与图5是180°圆形中性密度渐变滤光片在引入蒸镀调制盘前后的、较典型的二组镀制结果。圆形基片为红外玻璃，在舟形蒸发源内加热光谱纯金属铬蒸镀，采用栅网状调制盘，调制系数 $s = 0.46$ ，测量波长为 $2.5\mu\text{m}$ 。

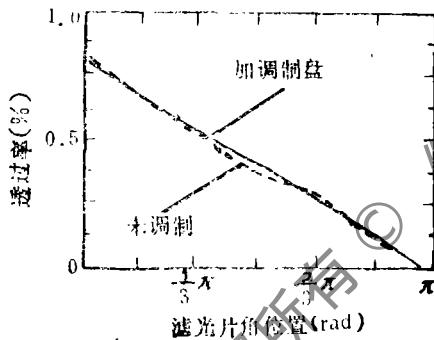


图4 圆形密度渐变滤光片加调制前后的特性比较 ( $v_s = 1000$  转/min)  
(5.5 (长) × 4 (高)  $\text{cm}^2$ )

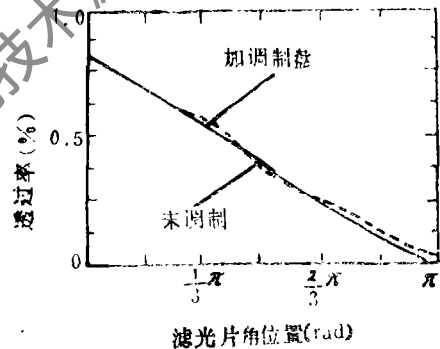


图5 圆形密度渐变滤光片加调制前后的特性比较 ( $v_s = 150$  转/min)  
(5.5 (长) × 4 (高)  $\text{cm}^2$ )

#### 四、几点注意

实践中发现，在采用蒸镀调制盘时，有以下几点需要注意：

##### 1. $s$ 值

$s$  值将直接影响蒸发粒（分子）分布的均匀性与蒸发效率，它与遮挡部分的面积有关，无论哪种调制盘形式，实验发现，一般以  $s$  值不超过 0.5 为佳。

##### 2. 材料与距蒸发源的位置

调制盘材料熔点较低及距蒸发源较近，可导致：(a) 有效蒸发速率分布不均，以致调制

失效；(b) 长时间工作，调制盘（特别是栅网状）的 $s$ 值变化；(c) 调制盘烧坏。较合适的位置是在蒸发源挡板的上方，采用熔点较高的材料。

### 3. 调制速度

调制速度也是影响蒸发稳定性与均匀性的一个重要因素，一般调制盘的速度（线速度）以取5~10倍该处的蒸发粒子流速度为佳。

### 4. 清洗

长期工作，调制盘上沉积有各种膜料的膜层，不仅影响 $s$ 值，更严重的是可能成为再次镀膜的膜料杂质。因此，要定期地根据膜层特性来清洗调制盘。

实践证明，这种调制盘不仅工艺上简单，易实现，而且效果确实比较明显。

## 参 考 文 献

[1] 张 伟等，红外中性周期渐变减光板的研制，《激光与光学》，待发表。

收稿日期：1988年12月14日。

· 简 讯 ·

## He - Ne激光穴位照射治疗疟腮

江苏徐州市第四人民医院激光针灸室用He - Ne激光穴位照射治疗33例疟腮（即流行性腮腺炎，俗称“蛤蟆瘟”），收到满意效果。33例患者中男14、女19，均25岁以下青少年。使用741型He - Ne激光器，输出功率 $> 7 \text{ mW}$ ，光纤末端输出功率 $2 \sim 3 \text{ mW}$ ，取手少阳经穴为主，每日治疗2次，每次照射5 min。轻症29例，治疗4~8次全愈23，8~10次全愈6；较重者3例，治疗8~10次全愈1，10~12次全愈2；严重症1例，经10~12次治疗全愈。本法止痛、消肿效果优于药物，操作简便，疗程短，病人无痛苦，值得临床大力推广。

（徐州市第四人民医院 张育勤 供稿）

## 签订潜水艇战斗系统合同

按照美国海军航海系统司令部要求，Raytheon公司接受了一项价值405.5百万美元，为期四年的合同，以提供改进型的潜水艇战斗控制系统，包括该型设计和研制硬件及软件。Raytheon的潜水艇信号分公司将是带头的承包商；该公司的设备分部将改进现有的战斗头控制显示控制台，以提高其性能并进一步扩大到颜色上的研究。

译自L. & O., 1988, No. 12, p. 12.

邹福清 译 邹声荣 校