

實驗八 氟化鎂(MgF₂)與硫化鋅(ZnS)之多層膜

一. 實驗目的

單層膜的功能非常有限，通常只適合用於一般增加反射、穿透和分光。以實驗七氟化鎂為低折射率材料，為了滿足更高的光學特性，多使用多層膜。

二. 實驗儀器

真空鍍膜系統、適量的氟化鎂及硫化鋅

三. 實驗原理

本實驗用的鍍膜系統亦為熱電阻式蒸鍍系統，運用電阻器做為加熱源以進行鍍膜材料熱蒸發，此種方法稱為熱電阻式蒸發法。此方法具有低設備成本、操作與維護簡單的優點，因此被廣泛地應用在金屬反射薄膜、眼鏡鍍膜、光學元件、濾光薄膜、裝飾膜等領域，迄今仍是鍍膜的主流技術。氟化鎂(MgF₂)與硫化鋅(ZnS)共蒸鍍，常被拿來運用於各種濾光片與面鏡等。

※材料特性(MgF₂)

1. 氟化鎂是薄膜製程中用的最多的膜料，它的折射率在 $\lambda=550\text{ nm}$ 時約為1.38，而在長波長時折射率稍有降低， $\lambda=2000\text{ nm}$ 時約為1.35。
2. 透明區域為 $0.14\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ；蒸發溫度為 $1300\sim 1600\text{ }^\circ\text{C}$ ，可用鉬舟和鎢舟蒸發。
3. 由於氟化鎂的低折射率與高強度，使它在抗反射膜中的地位名列第一；而在多層膜中，其也常與ZnS或CeO₂等組合。

四. 實驗步驟

1. 一開始要先清理真空腔的 O-ring 的部份，用無塵紙加酒精把原來的真空膏擦拭乾淨再均勻地塗上新的真空膏，真空膏的量要盡可能地減少。最好是讓 O-ring 的表面看起來亮亮的，摸起來不會感覺到有油的存在。
2. 把適量的 MgF₂ 與 ZnS 分別放在鉬舟上，最好在鉬舟上放置一個表面具有數個小的蓋子。
3. 玻璃基板要用標準的清潔程序清潔。
4. 將基板放好後，蓋上真空腔依照標準程序抽氣。
5. 抽氣完成後，打開電熱絲開關，開始加熱。(ZnS)開始溫度要慢慢地加上到約 100A，等到材料都熔的差不多時，再把電流突然開大到 170A

- 讓材料蒸發。蒸發的過程很短(約一至二秒)，再快速地把電流降下來。
- (MgF₂)開始溫度要慢慢地加上去到約 200A，等到材料都熔的差不多時，再應緩慢加熱，把電流加大到 260-270A 讓材料蒸發，以減少飛濺情形發生。蒸發的過程很短(約一至二秒)，再突然地把電流降下來。
 - 因 MgF₂ 在氣態時有輕微的毒性，所以在蒸鍍完成後，讓 MgF₂ 被幫浦抽掉一些，再破真空。

※為滿足多層膜在監控波長 550nm 有高反射率，我們設計氟化鎂(MgF₂)與硫化鋅(ZnS)做五層膜堆，厚度分別為 $n_H = 60(\text{nm})$ $n_L = 100(\text{nm})$ 。(設四分之一膜堆為 $S|(HL)^P H|A$ ，P 為整數，此膜堆共有 $2P+1$ 層，則反射率為下列公式，可見膜層越多反射率越大。)

$$R = \left[\frac{1 - \left(\frac{n_H}{n_L} \right)^{2P} \frac{n_H^2}{n_S}}{1 + \left(\frac{n_H}{n_L} \right)^{2P} \frac{n_H^2}{n_S}} \right]^2$$

五. 問題與討論

- 加熱基板可使材料動能增加，增加薄膜均勻度，但 ZnS 卻不讓基板溫度過高，為何？
- ZnS 與 MgF₂ 多層膜之光譜圖與單層 ZnS 有何差別？

六. 參考資料

- 薄膜製程上課講義
- 薄膜光學與鍍膜技術