

# 氟化铅 (PbF<sub>2</sub>) 薄膜的红外光学特性

周 明 李复蝉

(西南技术物理研究所, 成都)

**摘要:** 本文报导了PbF<sub>2</sub>薄膜在红外区域的光学特性。对光谱法求折射率的有关公式进行了修正, 还给出了PbF<sub>2</sub>薄膜的折射率, 并且认为PbF<sub>2</sub>是一种较好的红外镀膜材料。

## IR optical character of PbF<sub>2</sub> film

Zhou Ming, Li Fuchan

(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** The infraed spectrum character of the PbF<sub>2</sub> thin film is presented. The formula used to calculate the optical index of the thin film from the spectrum character is modified and according to the modified formula, the optical index of PbF<sub>2</sub> thin film is obtained. It is pointed out that the PbF<sub>2</sub> is a good material for infrared coating.

### 一、引 言

近年来, 随着国内外光学技术的发展, 特别是CO<sub>2</sub>激光技术的进步, 人们对红外光学薄膜提出了更高的要求。常规的ZnSe、ZnS及Ge膜已远不能满足红外镀膜的要求。为此, 不得不寻求新的红外镀膜材料, 在众多的氟化物中, 似乎PbF<sub>2</sub>是一种极有希望的红外镀膜材料。首先, PbF<sub>2</sub>有较低的折射率, 透过光谱区宽广, 大致可透过到17μm<sup>[1,2]</sup>。其次, PbF<sub>2</sub>薄膜具有低应力的特点, 很适用于镀制厚的红外薄膜。由于PbF<sub>2</sub>薄膜的这些特性, 国外已将PbF<sub>2</sub>应用于镀制CO<sub>2</sub>激光输出窗<sup>[3]</sup>。尽管如此, 几乎未看到有关PbF<sub>2</sub>薄膜光学性质的报导。为了探索PbF<sub>2</sub>薄膜在大功率CO<sub>2</sub>激光器中的应用前景, 我们对PbF<sub>2</sub>薄膜的光学特性作了一系列的实验和研究, 本文将报导一些初步的实验结果。

### 二、PbF<sub>2</sub>薄膜的镀制及其光谱

目前国内还未见有市售的PbF<sub>2</sub>膜料, 我们的PbF<sub>2</sub>膜料是委托上海有关单位试制的。蒸镀前, PbF<sub>2</sub>在大气中烘烤处理7h, 处理温度为350℃。在H44·550-1型镀膜机上, 用钼舟蒸发, 镀制了一批实验样品, 蒸发速率为28 Å/s。

利用PE983G型红外分光光度计, 对所镀样品作了较宽的红外光谱测试, 光谱曲线如图1所示。

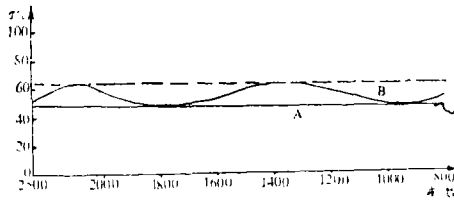


图1 PbF<sub>2</sub>单层薄膜镀于Ge基片的光谱及其包络曲线  
A—光洁Ge基片的透射光谱  
B—PbF<sub>2</sub>镀于Ge基片上的光谱

### 三、PbF<sub>2</sub>薄膜折射率的计算

光谱包络法是测量折射率最方便而又有效的方法之一,文献[4]、[5]对此有详细的论述,不过文献中的公式仅适合于薄膜的折射率高于基片的折射率的情况,当薄膜折射率低于基片折射率时,文献[4]、[5]中的有关折射率的公式应作如下的修改:

$$n = -\frac{1}{2} \left[ \sqrt{|8n_s n_0^2 C(\lambda) + (n_s - 1)^2|} \pm \sqrt{|8n_s n_0^2 C(\lambda) + (n_s + 1)^2|} \right] \quad (1)$$

$$C(\lambda) = \pm |T^+(\lambda) - T^-(\lambda)| / [2T^+(\lambda)T^-(\lambda)] \quad (2)$$

式中,  $n_s$ 、 $n_0$ 分别为基片和空气的折射率。 $T^+(\lambda)$ 、 $T^-(\lambda)$ 分别为透射光谱极大值包络值和极小值包络值。(1)式中“+”、“-”号的选取应根据薄膜的其它信息来确定。当 $n < n_s$ 时,两种解都具有物理意义,但我们只能选取接近块状材料折射率的解,当 $n > n_s$ 时,则只能选取正解;(2)式中 $n < n_s$ 时, $C(\lambda)$ 应为负,这是因为反射系数此时有 $\pi$ 的相移, $n > n_s$ 时, $C(\lambda)$ 则应为正。

利用图1中光谱极值的包络曲线,由公式(1)、(2)可以计算出PbF<sub>2</sub>的折射率如图2。

由于水吸收峰的影响,短波方向的折射率仅供参考,在图1中曲线A是光洁锗基片的透射光谱,曲线B是镀PbF<sub>2</sub>后的光谱,PbF<sub>2</sub>薄膜厚度 $nd = \lambda = 10.60\mu\text{m}$ ;如果PbF<sub>2</sub>薄膜在 $10.60\mu\text{m}$ 处无吸收,按照薄膜光学原理,镀膜前、镀后的基片透射率应相等。从图1可以看出,其透射率是相等的。我们认为PbF<sub>2</sub>薄膜在 $10.60\mu\text{m}$ 处没有可测的吸收。

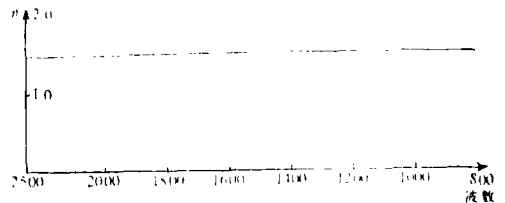


图2 PbF<sub>2</sub>薄膜折射率随波数的变化

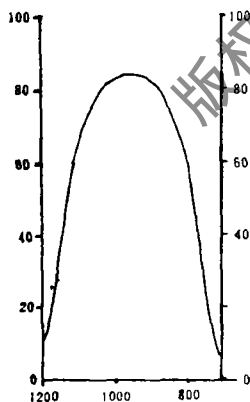


图3 PbF<sub>2</sub>/ZnSe组合镀制的输出镜 ZnSe 基底,膜系为HLHLHL/ZnSe/L

### 四、PbF<sub>2</sub>薄膜的应用

由于PbF<sub>2</sub>薄膜的红外折射率低,对ZnSe基片有很好的增透效果,但因PbF<sub>2</sub>薄膜不耐潮湿,增透膜外面还应加镀保护膜层。用PbF<sub>2</sub>和ZnSe组合镀制硒化锌窗口,则较为理想,只需要镀六层就能达到 $R = 85\%$ 的反射率,而且薄膜牢固、抗潮,具有良好的机械特性,图3是六层PbF<sub>2</sub>/ZnSe组成的硒化锌部分反射膜的光谱曲线。

将镀制的PbF<sub>2</sub>/ZnSe膜在水中浸泡一周,而未见膜裂或其它异常现象。

根据我们所作的实验和所测量的光谱曲线,PbF<sub>2</sub>具有

## 激光合成非晶态 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 粉末

李道火 仲志英 刘宗才 赵秉纯 李建国  
浦 坦 赵华珍 刘昌好 詹合英 花春贵

(中国科学院安徽光机所, 合肥)

**摘要:** 本文描述了大功率 $\text{CO}_2$ 激光辐照 $\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$ 的快速流动气体合成 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 超细粉末的实验, 揭示了激光谱线变化对合成反应的影响。讨论了粉末红外吸收光谱的畸变现象等。

### Synthesizing amorphous $\text{Si}_3\text{N}_4$ powders by laser

Li Daohuo, Zong Zhiying, Liu Zongcai, Zhao Bingchun, Li Jianguo  
Pu Tan, Zhao Huazhen, Liu Changhao, Zhan Heying, Hua Chungui  
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academic Sinica)

**Abstract:** The experiment of synthesizing superfine  $\text{Si}_3\text{N}_4$  powder by using the CW  $\text{CO}_2$  laser to irradiate the fast flowing gases ( $\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$ ) is described. The effect of the laser spectrum variation on the synthesis reaction has been revealed. The deformation phenomenon of the infrared absorption spectrum of the powder has been discovered.

较宽的透射光谱, 在中红外区域 ( $2.5\mu\text{m} \sim 11\mu\text{m}$ ) 内未见吸收峰存在, 不失为一种较好的中红外镀膜材料。

最后, 谨向黄芳鹏、唐和玲同志表示感谢, 他们分别提供了膜料和样品的测试数据。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 麦克带德H.A著, 周九林, 尹树百译。光学薄膜技术。北京: 国防工业出版社, 1974: 455
- [ 2 ] Sankur H. Appl Opt, 1986, 25(12): 1962
- [ 3 ] Malherbe A, Geenen B. Laser Focus, 1987, 23(1): 26
- [ 4 ] Aktulga E. Appl Opt, 1985, 24(4): 490
- [ 5 ] 周 明。兵器激光, 1986, 44(4): 51

\*

\*

\*

作者简介: 周 明, 见本刊1989年, 第3期第52页。

李复蝉, 女, 1941年1月出生。高级工程师。现从事光学薄膜工艺工作。

收稿日期: 1990年7月10日。