

## PbS 薄膜的激光敏化

孙维国 胡荣武

(航空工业部第014中心)

为了解决敏化条件难掌握,重复性差等技术问题,我们采用激光在适当的情况下照射代替管式高温炉,取得了较好的敏化效果。本方法可直接通过观察颜色判断敏化情况,因而敏化过程中可直接控制条件。采用该方法敏化速度快,敏化后的器件性能好,成品率高,较稳定,为PbS多晶薄膜红外探测器的制造提供了较好的敏化手段。

Laser sensitization of PbS thin film

Sun Weiguo, Hu Rongwu

(Center 014 of Aircraft Industry Ministry)

Abstract

In order to solve the problems which sensitization conditions are difficult to be controlled and repetitiveness is lower, we use the laser instead of furnace in atmosphere to irradiate the element which need sensitizing. We get a good sensitization result. This method can judge the situation of sensitization according to the colors on the surface. During sensitization process, we can change and control the conditions which we want. By using this method, we compare with old method: the speed of sensitization is faster. The parameters of sensitized element are better. The yield is higher. We think it gives a better way to manufacture the PbS infrared detectors.

### 一、敏化机制对激光器的要求

按照PbS光敏薄膜的p-n结理论<sup>[1]</sup>。敏化薄膜是由许多p-n结构成的。光所激发的非平

衡少数载流子向p-n结扩散,此时p-n结范围之间的势垒高度降低了,因而使光电流增大。敏化结果便最大限度地提高PbS势垒高度。而这些势垒是由小晶体之间的PbS的氧化膜(PbO, PbSO<sub>4</sub>)形成的,所以利用激光使其达到敏化效果,需使一定配方的化学沉淀PbS薄膜形成所需的氧化膜。

利用高能量密度的激光束辐照半导体材料,从而引起半导体材料的突然升温,使其表面薄层达到氧化反应。由于激光化学的效应,利用激光敏化加快化学反应速度,从而其敏化过程与高温法比较有明显的不同。一般说来半导体材料经激光辐照后其温升与注入激光束的能量密度,被注入材料的吸收系数、热传导系数、反射系数以及注入层的厚度有关<sup>[2]</sup>。如果注入的激光束能量密度在横截面上是均匀的,所引入的热传导方程则为:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = I(Z, t) \alpha + \frac{\partial}{\partial Z} \left( k \frac{\partial T}{\partial Z} \right)$$

式中,  $c$ 是热容,  $\rho$ 是材料的密度,  $T$ 是温度,  $\alpha$ 是吸收系数,  $k$ 是热导率,  $I$ 是样品内的激光功率密度, 其值与时间 $t$ 和深度 $Z$ 有关。

把辐射穿透层分成许多小层 $\Delta Z$ , 而时间间距取为 $\Delta t$ , 那么注入功率密度为 $I_0(t)$ 的激光束之后, 在 $\Delta t$ 内的第 $i$ 层从激光束中吸收的能量则为:

$$\Delta Q_i^{(a)} = I(1-e^{-\alpha \Delta Z}) \Delta t$$

式中,  $I$ 表示在深度为 $Z_i$ 处的功率密度, 第 $i$ 层就是指时间为 $t$ 时的 $Z_i$ 处层, 于是

$$I(Z_i, t) = (1-R) I_0(t) e^{-\alpha Z_i}$$

式中,  $R$ 是反射系数,  $I_0(t)$ 为入射激光束的功率密度, 那么, 从最接近的一层传到第 $i$ 层的热量则为:

$$\Delta Q_i^{(d)} = \left( k_L \frac{T_{i-1} - T_i}{\Delta Z} + k_R \frac{T_{i+1} - T_i}{\Delta Z} \right) \Delta t$$

式中,  $T_i$ 是第 $i$ 层的温度,  $k_L$ 和 $k_R$ 分别为第 $i$ 层二个界面的热传导率。在 $i$ 层上的温升 $\Delta T_i$ 则为:

$$\Delta T_i = T_i(t + \Delta t) - T_i(t) = \frac{\Delta Q_i^{(a)} + \Delta Q_i^{(d)}}{c\rho \Delta Z}$$

利用上式就可以算出注入激光束辐射后, 在材料表面引起的温升随深度和时间变化的关系。

由于化学沉淀的PbS薄膜很薄( $\sim 1\mu\text{m}$ ), 因此必须适当选择激光器的种类, 工作方式, 工作波长, 功率密度, 功率稳定性以及相关设备的选择, 如扩束或扫描系统。

## 二、实验及实验结果分析

通过对几种激光器的试用, 我们选用连续CO<sub>2</sub>气体激光器, 10.6 $\mu\text{m}$ 工作波长, 光斑均匀地照射(或扫描)薄膜上。通过采用一定的输出功率, 调节不同的光斑能量密度及照射(或扫描)时间及观察薄膜颜色的变化。我们取得了一定的敏化效果。

没有浸没透镜的PbS薄膜元件NO<sub>11</sub>探测率

温度 (°C)	20
暗阻 (kΩ)	67
噪音 (μV)	2.6
讯号 (μV)	33
$D^* \left( \begin{smallmatrix} 500k \ 1360Hz \\ cm \cdot Hz^{1/2} \cdot W^{-1} \end{smallmatrix} \right)$	$3.89 \times 10^8$

没有浸没透镜的PbS薄膜元件NO<sub>12</sub>探测率与温差的关系

温度 (°C)	20	干冰温度
暗阻 (kΩ)	96	452
噪音 (μV)	3.8	4.3
讯号 (μV)	44	163
$D^* \left( \begin{smallmatrix} 500k \ 1360Hz \\ cm \cdot Hz^{1/2} \cdot W^{-1} \end{smallmatrix} \right)$	$3.73 \times 10^8$	$1.07 \times 10^9$

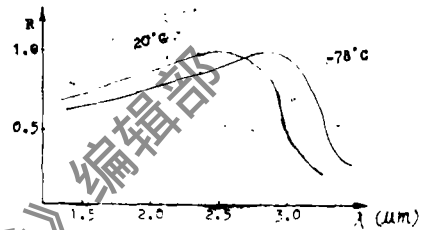


图 1 在不同温度下响应与波长关系

三、讨 论

用激光敏化的工作我们做得还不太深入，有些方面正在逐步探讨，但从初步工作看来，这种方法是完全可行的。在敏化中不用特殊气体保护，只是在大气中以激光束使表面形成氧化层。由于我们的设备还不够完善，有些参量控制不精确，光斑的均匀性不是太好，所以在薄膜表面有些小区域没能达到敏化效果。有时由于光斑能量密度太大，使薄膜表面挥发或造成小凹穴缺陷，在这种情况下，敏化的元件暗阻较大，噪音也较大。若采用良好扩束或扫描装置，其性能将会提高。

参 考 文 献

- [1] 无线电元件及材料国际动态编辑部编，《红外光电导探测器》，1961年12月，第41页。
- [2] J.A.P., 1979, Vol.50, No.2, P.789.

作者简介：孙维国，男，1957年出生。助工。现从事红外探测器研制。  
胡荣武，男，1939年出生。工程师。现从事红外探测器研制。

收稿日期：1987年12月28日。