

# 硫系玻璃的饱和吸收\*

毛锡赉 杨佩红

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

## 提 要

本文主要报导铍玻璃激光作用于  $As-S-Se_x-Te_{1-x}$  四元系统硫系玻璃块体或薄膜时所出现的饱和吸收。当样品置于器件腔外时,出现透过率随激光功率而变化的非线性效应。透过率增加达 30% 左右。将样品置于器件腔内时,即出现调制效应。认为这种玻璃的饱和吸收机理是本征吸收限的自激动态 Burstein-Moss 位移。

## 一、引 言

在以往的实验工作中,只是研究了半导体晶体和外延薄膜的饱和吸收。如  $CdSe^{[1,2]}$ 、 $CdS^{[3]}$ 、 $InSb^{[4]}$ 、 $Ge^{[5]}$ 、 $GaAs^{[6,7]}$ 、 $ZnTe^{[8]}$  等晶体和  $InAs_xP_{1-x}Ga_yIn_{1-y}As$  等外延薄膜<sup>[9]</sup>。对非晶态半导体饱和吸收的研究还未见到报导。硫系玻璃是非晶态半导体的重要组成部分。过去有关硫系玻璃与激光相互作用的研究主要着重于光开关和记忆效应。如  $As-S$ 、 $As-Se$ 、 $Ge-Se$ 、 $P-Se-Ge$ 、 $As-Se-Ge$  等<sup>[10~13]</sup> 薄膜在氦氖激光(6328 Å)或氩激光(6471 Å)、红宝石激光(6943 Å)、铍玻璃激光(1.06 μ)等辐照下,由于引起薄膜的析晶或某些原子的重新排列等结构变化,使其本征吸收限向不同方向移动(向长波或短波方向)。有关非晶态硫系玻璃在激光辐照下饱和吸收的研究至今仍是空白。本文主要报导硫系玻璃块体或溅射薄膜在铍玻璃激光辐照下所出现的饱和吸收。

## 二、样 品 制 备

研究用的玻璃样品是  $As-S-Se_x-Te_{1-x}$  四元系统玻璃块体或薄膜。调节材料的组份  $x$ 、块体样品的厚度、溅射条件等使样品的本征吸收限与激光波长相匹配。

### 1. 块体玻璃的制备

通常采用熔融淬火和槽沉工艺。将光谱纯的原料  $As$ 、 $S$ 、 $Se$  和  $Te$  配制成所需组份的化学混合料装在石英管中,抽真空后置于感应炉内,边旋转边加热至 850°C,保持 6~10 小时,使组成充分混合均匀。熔融后取出置于空气中淬冷。最后用真空槽沉的方法制成一定尺寸的块体材料,两个大面进行光学加工。

为了使块体玻璃的本征吸收限与铍玻璃激光波长 1.06 μ 相匹配,可调节组份中  $Se$  与

收稿日期: 1981年9月30日

\* 本文曾在 1981年8月北京召开的国际玻璃讨论会上宣读。

Te 的配比。用 Te 取代 Se, 可使吸收限向长波方向移动。反之, 用 Se 取代 Te, 则向短波方向移动。

## 2. 薄膜制备

用高频溅射法, 频率为 15 MHz, 基板是  $\phi 30$  mm 的  $K_9$  玻璃。调节电压、溅射时间等条件, 制得所需的薄膜样品。

## 三、实验结果

使用 SV-50 型光谱仪测定块体或薄膜样品的透过率。几种硫系玻璃的吸收光谱曲线见图 1。

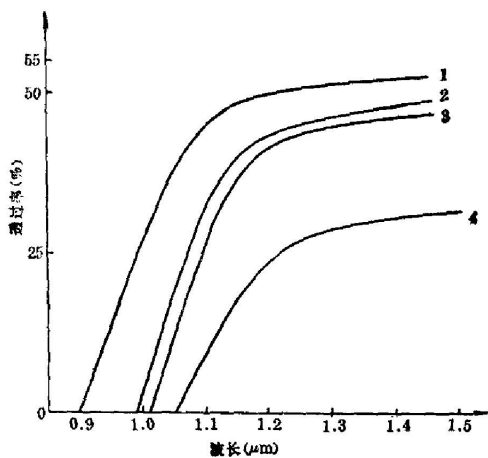


图 1 几种硫系玻璃的吸收光谱曲线  
Fig. 1 Transmission curves of some chalcogenide glasses

1—MX-123-3; 2—MX-123-5;  
3—MX-123-4; 4—MX-123-2

见图 1。

### 1. 腔外实验

激光装置示意图见图 2, 这是一台自由振荡的钕玻璃激光装置, 激光器腔长 480 mm, 最大输出能量 5J, 激光振荡时间 800  $\mu$ s。

将 MX-123-2 块体样品置于器件腔外, 出现透过率随激光功率的增加而呈非线性变化的现象。例如厚度为 1.5 mm 的块体样品在激光辐照下, 透过率从 1% 增至 30.2%。已接近最大原始透过率。

在激光辐照下, 几种硫系玻璃透过率变化的实验结果列于表 1。硫系玻璃的透过率随激光功率变化的关系见图 3、4。

### 2. 腔内实验

当用 MX-123-2 配方制得的溅射薄膜置于器件腔内后, 产生了调制效应。观察到激光脉冲半宽度从 5000 ns (见图 5a) 压缩到小于 250 ns (图 5 b), 输出能量为 3 mJ。

表 1 几种硫系玻璃在激光辐照下透过率的变化

Table 1 The variation of light transmission of some chalcogenide glasses under laser irradiation

样 品 号	MX-123-2	MX-123-3	MX-123-4	MX-123-5
本征吸收限( $\mu$ )	1.05	0.90	1.01	0.99
在 1.06 $\mu$ 处的透过率 (%)	1	40	13	24
最大的原始透过率 (%)	32	52	47	49
在激光辐照下 1.06 $\mu$ 处的最大透过率 (%)	30.2	56.5	32.4	51
激光功率( $10^3$ W/cm <sup>2</sup> )	4.9	4.76	7.20	4.70
在激光辐照下 1.06 $\mu$ 处透过率增加的倍数	30.2	1.41	2.5	2.13

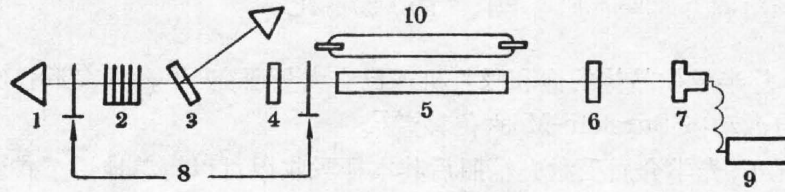


图 2 激光装置示意图

1—检测器; 2—衰减片; 3—分光器; 4—50% 介质膜; 5—钕玻璃棒; 6—全反射介质膜;  
7—硅光二极管; 8—样品支架; 9—示波器; 10—氙灯

Fig. 2 A scheme of the laser arrangement

1—detector; 2—attenuator; 3—beam splitter; 4—50% reflectivity mirror;  
5—Nd:glass rod; 6—total reflectivity mirror; 7—silicon photo diode;  
8—sample support; 9—oscilloscope; 10—xenon lamp

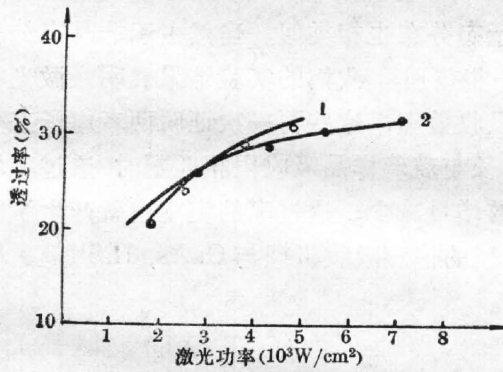


图 3 玻璃块体的透过率与激光功率的关系  
Fig. 3 The dependence of light transmission of bulk glass MX-123-4 on laser power  
1—MX-123-2; 2—MX-123-4

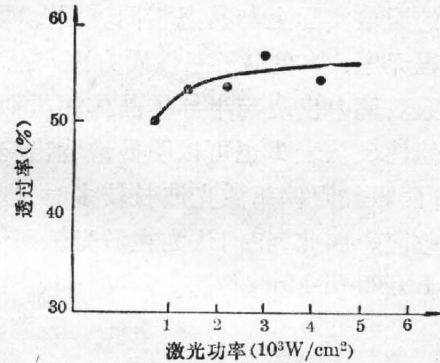


图 4 MX-123-3 玻璃块体的透过率与激光功率的关系  
Fig. 4 The dependence of light transmission of bulk glass MX-123-3 on laser power

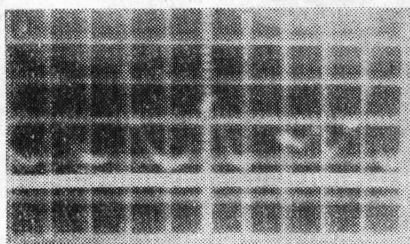


图 5(a) 没有薄膜样品时的激光脉冲波形  
(示波器刻度为  $5 \mu\text{s}/\text{格}$ )

Fig. 5(a) Oscilloscope traces of laser pulse without film sample  
(Oscilloscope scale  $5 \mu\text{s}/\text{div.}$ )

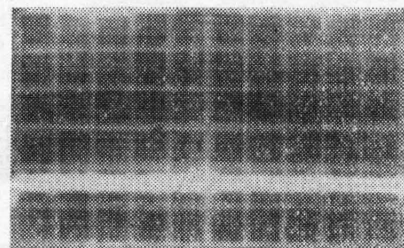


图 5(b) 有薄膜样品时的激光脉冲波形  
(示波器刻度为  $5 \mu\text{s}/\text{格}$ )

Fig. 5(b) Oscilloscope traces of laser pulse with film sample  
(Oscilloscope scale  $5 \mu\text{s}/\text{div.}$ )

## 四、讨 论

有关 GaAs 等半导体晶体的饱和吸收机理已有大量研究<sup>[6,7]</sup>。很多近代实验证明:它是本征吸收限的自激动态 Burstein-Moss 位移<sup>[4~7]</sup>。

在一般情况下,光学介质受激光辐照后其本征吸收限可以简单地用下式表示:

$$\alpha = \alpha_0(1 - f_e - f_h),$$

其中  $\alpha_0$  表示没有自由载流子时的带间吸收系数,  $f_e$ ,  $f_h$  分别为导带电子和价带空穴的占有几率(即费米函数)。

如果光学介质的本征吸收限与激光波长相匹配,在激光辐照下,能产生大量的电子-空穴对,则影响上式中的占有因子  $f_e$ ,  $f_h$ , 结果使费米能级移动到导带内,本征吸收限向光子能量高的方向移动,即移至光谱短波区,因此光学介质在长波区的透过率增加。

在非晶态固体中虽然缺乏长程有序,但众所周知,许多固体的电子光谱总的特征主要决定于已知原子最相邻的周围原子。由于非晶态材料中存在短程有序,其原子的结合力和最邻近的配位实际上与晶态相同。因此两者的电子态分布也相类似。当然由于非晶态结构中的长程无序,故在电子态性质方面与晶态存在一些差别。我们的实验结果表明在激光辐照下硫系玻璃中出现与半导体晶体相类似的饱和吸收效应,这些再一次证明两者电子态分布的相似性。从表 1 也可以明显地看出:当激光波长与玻璃样品吸收限相匹配时,透过率增加最多;而吸收限偏离激光波长较多时,则透过率的增量减少。透过率的突变也就产生了腔内调制效应。因此,我们认为在激光辐照下硫系玻璃的饱和吸收机理与 GaAs, InSb 等晶体一样是 Burstein-Moss 位移。

本工作承干福熹同志的指导,谨此致谢。

## 参 考 文 献

- [1] N. R. Kulish, M. P. Lisitsa *et al.*; *Fiz. Tekh. Poluprovodnikov*, 1978, **12**, 987.
- [2] N. R. Kulish, A. F. Maznichesko *et al.*; *Fiz. Tekh. Poluprovodnikov*, 1980, **14**, 695.
- [3] E. J. Conwey; *J. A. P.*, 1970, **41**, No. 4 (15 Mar), 1689.
- [4] A. V. Nurmikko; *Opt. Commun.*, 1976, **16**, No. 3 (Mar), 365.
- [5] C. J. Kennedy, J. C. Matter *et al.*; *Phys. Rev. Lett.*, 1974, **32**, No. 8 (25 Feb), 419.
- [6] A. E. Michel, I. Marshall; *A. P. L.*, 1965, **6**, No. 6 (15 Mar), 101.
- [7] J. Shan, R. F. Leheny; *Solid State Commun.*, 1976, **18**, No. 8, 1035.
- [8] Л. Г. Зимин, В. П. Грибковский и др.; *ЖПС*, 1975, **23**, No. 2, 336.
- [9] J. F. Reintjes, J. C. McGroddy *et al.*; *J. A. P.*, 1975, **46**, No. 2 (Feb), 879.
- [10] T. Igo, Y. Toyoshima; *J. Non-crystalline Solids* 1973, **11**, No. 4 (Jan), 304.
- [11] Я. А. Тетерис, Ю. А. Экманис; *Квантовая электроника*, 1978, **5**, No. 7, 1611.
- [12] K. Oe, Y. Toyoshima; *J. Non-Crystalline Solids*, 1976, **20**, 405.
- [13] K. Weiser, E. J. Gambino; *A. P. L.*, 1973, **22**, No. 1 (1 Jan), 48.

## Saturation of the optical absorption in chalcogenide glasses

MAO XILAI AND YANG PEIHONG

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 30 September 1981)

### Abstract

This paper is a report on the observations of saturated optical absorption in chalcogenide glass bulks or films of the  $\text{As-S-Se}_x\text{-Te}_{1-x}$  quaternary system under Nd:glass laser irradiation. When sample is placed outside the laser cavity, the nonlinear effect of the light transmission varying with the laser power is observed, and the light transmission of the sample increases by about 30%. When sample is placed inside the laser cavity, the modulated effect is observed. It is considered that the saturated optical absorption in the chalcogenide glasses of  $\text{As-S-Se}_x\text{-Te}_{1-x}$  system is caused by self-induced dynamic Burstein-Moss shift of the fundamental absorption edge.

(上接第 246 页)

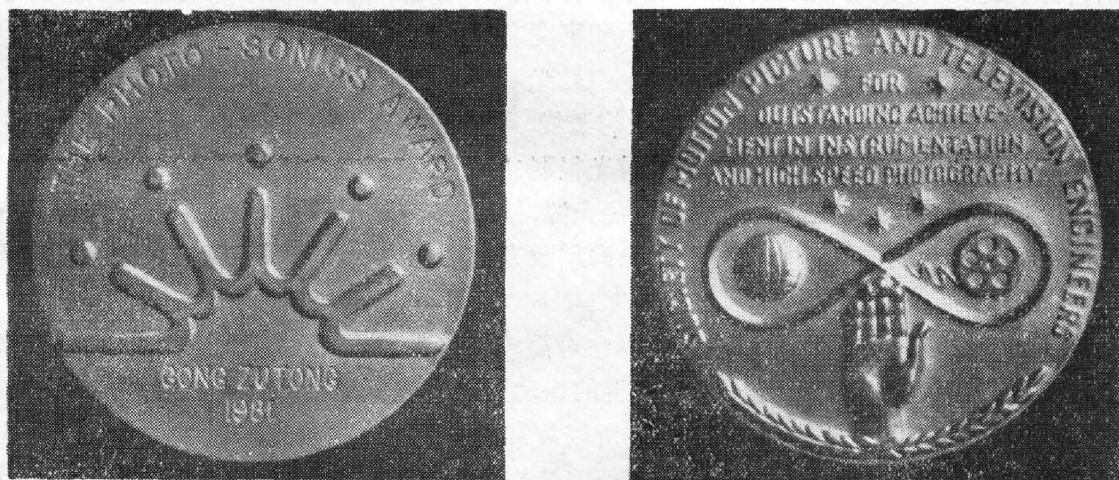


图 2 Photo-Sonics 成就奖奖章

我国第一台电子显微镜、第一台红外夜视仪都是在龚祖同教授领导下，于长春光学精密机械研究所研制成功的。此后，他又在西安光学精密机械研究所领导研制成中国第一根光学纤维和第一台高速摄影机，参加了我国第一次核试验。目前，龚祖同教授正在领导研制新型的网格高速摄影机，并对变折射率光学和光子学领域进行新的探索。

龚祖同教授现任中国科学院学部委员，中国科学院西安分院副院长，中国科学院西安光学精密机械研究所所长，中国光学学会副理事长，陕西省光学学会理事长，陕西省政协副主席，陕西省科协副主席等职。

(李景镇)