

## 参 考 文 献

- [1] D. M. Dodd and D. B. Fraser, *Am. Min.*, **52** (1967), 149—160  
 [2] D. W. Rudd, E. E. Houghton and W. J. Carroll *Western Electric Engineer*, **1**(1966), 22.  
 [3] Fumiko Iwasaki, *Japanese J. of Appl. Phys.*, **17** (1978), 5.

- [4] K. Moriya and T. Ogawa, *J. Crystal Growth*, **44**(1978), 8.  
 [5] A. R. Lang and V. F. Miuseov, *J. Appl. Phys.*, **38**(1967), 2447.  
 [6] A. C. Melaren, C. F. Osborne and L. A. Saunders, *J. Phys Stat. Sol., (a)*, **4**(1971), 235—247.  
 [7] S. Homma and M. Iwata, *J. Crystal Growth*, **19** (1973), 125.  
 [8] 仲维卓, *物理学报*, **28**(1979), 240.

# 非晶态硫系化合物半导体的制备和电导特性的研究\*

陈光华 王印月 张仿清 吴锦华  
 (兰州大学物理系)

本文对四种硫系玻璃半导体材料的制备工艺和电导的温度特性进行了研究,给出了室温下电导率及电导激活能的实验数据.把所得结果同国外工作进行了比较,并对一些问题进行了初步讨论.

X射线衍射强度曲线分析及电子显微镜观察,这四种材料均已形成无序性优良的非晶态半导体.对于薄膜  $\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$  样品,是将它的块状样品做成靶子,在真空溅射台内溅射而成.

## 一、非晶态半导体的电导率

## 2. 电导率的测量

根据 Mott-CFO 模型<sup>[1]</sup>,非晶半导体的导电过程有四种不同的类型,即扩展态中的电导、带尾定域态中的电导、禁带定域态中的电导以及在低温下的变程跳跃电导,总的直流电导率同温度的关系可表示为

我们在 200—500K 的温度范围内,测量了样品电导率随温度的变化关系.对电阻率不太大的材料可采用数字电压表或电位差计来测量.对于象  $\text{As}_2\text{S}_3$  (室温下的电阻率约  $10^{15}\Omega \cdot \text{cm}$ )

$$\sigma = \sigma_0 e^{-E/kT} + \sigma_1 e^{-E_1/kT} + \sigma_2 e^{-W_2/kT} + \sigma_2 e^{-A/T^4}, \quad (1)$$

其中第一项为扩展态中的电导率,第二项为带尾定域态中的电导率,第三项为禁带定域态中的电导率,第四项为低温变程跳跃电导率.对硫系玻璃半导体,一般情况下不存在低温下的变程跳跃电导,因此  $\sigma$  只有前三项.

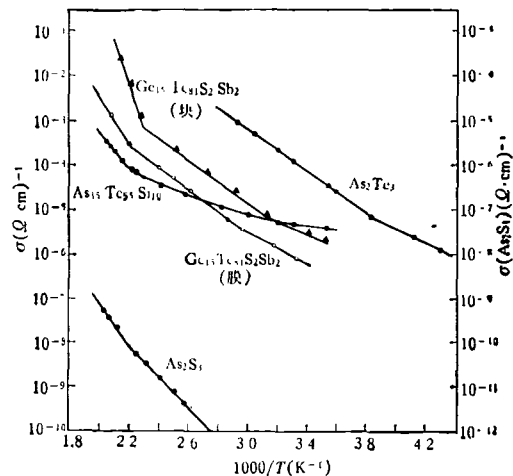


图1 硫系玻璃半导体电导率与温度关系曲线

## 二、样品的制备和电导率的测量

### 1. 样品制备

我们用熔体淬火技术制备了  $\text{As}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$  和  $\text{As}_{35}\text{Te}_{55}\text{S}_{10}$  的块状玻璃,经

\* 1980年2月4日收到.

表 1

玻璃半导体	激活能 $\Delta E$ (eV)	文献中的 $\Delta E$ (eV)	电导率 $\sigma$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) <sup>-1</sup> 室温 (300K)	文献中 $\sigma$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) <sup>-1</sup> (300 K)
$\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$	$W_2 = 0.44$ (300 K) $W_2 = 0.433$	0.44 (300K) [ 3 ]	$1 \times 10^{-5}$	$1.6 \times 10^{-5}$ [ 3 ]
$\text{As}_2\text{Te}_3$	$E_1 = 0.453$ (300 K) $W_2 = 0.347$ (<200 K)	0.42 (330K) [ 4 ] 0.38 (130K) [ 4 ] 0.45 (300K) [ 5 ]	$1.2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$ [ 6 ] $2 \times 10^{-4}$ [ 7 ]
$\text{As}_{35}\text{Te}_{55}\text{Si}_{10}$	$E_1 = 0.312$ (370--400K) $W_2=0.415$ (400--415K)		$5.9 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$ [7]
$\text{As}_2\text{S}_3$	$E = 1.0$ (450K) $E_1 = 0.66$ (350K)	1.142(450K) [ 4 ] 1.2 (480K) [ 8 ] 0.6 (250K) [ 8 ]	$5 \times 10^{-15}$	$5 \times 10^{-15}$ [ 6 ]

cm) 这样的非晶材料, 采用高阻电位差计配以光点检流计来测量微弱电流和电压, 就遇到了困难, 即电流计愈灵敏, 响应时间就愈长, 使测量精度受到了很大的影响, 为此必须考虑采用静电计或电子管静电计来测量. 对这些材料的实验结果见图 1 和图 2.

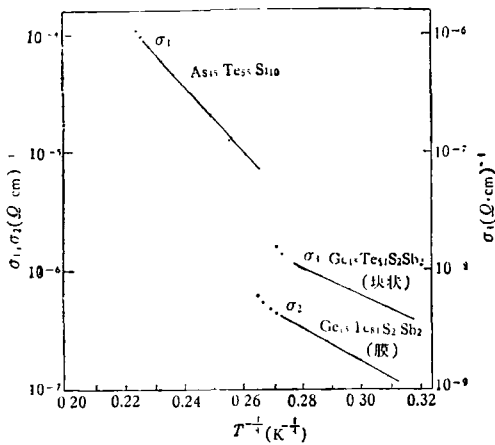


图 2  $\text{As}_{35}\text{Te}_{55}\text{Si}_{10}$  和  $\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$  低温下的  $\sigma-T^{-1}$  关系

### 三、结果讨论

1. 由图 1 可知, 这四种材料电导率随温度的变化关系, 在  $\log \sigma - \frac{1}{T}$  坐标中分别有 2 或 3 段不同斜率的直线, 说明它们的电导率在不同温度范围内都是指数式的, 即符合公式 (1) 的

前三项. 在低温下, 我们发现  $\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$  和  $\text{As}_{35}\text{Te}_{55}\text{Si}_{10}$  是满足  $\log \sigma - T^{-1}$  的关系(见图 2), 这表明在低温下这两种材料有变程跳跃电导存在, 对这种掺有 Ge, Si 的硫系化合物中的变程跳跃电导, 我们已在专门的文章中用电子负有效相关能的变化予以解释<sup>[2]</sup>.

2. 由图 1  $\log \sigma - \frac{1}{T}$  中的直线, 可求得这四种材料的激活能  $\Delta E$  和室温下的电导率. 例如,  $\text{Ge}_{15}\text{Te}_{81}\text{S}_2\text{Sb}_2$  材料有三个折线(标为 1, 2, 3),  $\Delta E$  就有三个值, 其中第 1 段直线的激活能  $\Delta E$  为(1)式中的  $E$ , 第 2 段的  $\Delta E$  为  $E_1$ , 第 3 段的  $\Delta E$  为  $W_2$ . 由图 1 所得数据同前入结果基本一致(见表 1).

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 陈光华, 王印月, 物理, **8-5**(1979), 420.
- [ 2 ] 陈光华, 王印月, 吴锦华, 甘润今, 张仿清, 半导体学报, **1-3**(1980), 175.
- [ 3 ] A. E. Owen et al., *J. Non-Crystalline Solid*, **32** (1979), 29.
- [ 4 ] C. H. Seiger et al., *J. Non-Crystalline Solid*, **17** (1975), 386.
- [ 5 ] J. M. Marshall et al., *Phil. Mag.*, **33**(1976), 457.
- [ 6 ] J. Tauc, *Amorphous and Liquid Semiconductors*, (1974), 263.
- [ 7 ] R. M. Hill et al., *J. Non-Crystalline Solid*, **32** (1979), 53.
- [ 8 ] L. C. Bobb et al., *J. Non-Crystalline Solid*, **21** (1976), 441.