

变温四探针电阻率测试仪的开发及本科教学实践^①

李斌斌

(南京航空航天大学材料科学与技术学院 江苏南京 210016)

摘要: 为了便于测量半导体薄膜在变温下的电阻率, 满足本科生《半导体材料》课程的教学要求, 利用现有一台室温四探针测试仪和一台恒温加热台, 开发了一台变温四探针电阻率测量仪, 测量温度范围从室温到300℃。通过磁控溅射法制备了热致相变材料二氧化钒薄膜, 利用自组装的变温四探针测试仪测量了该薄膜在不同温度下的电阻率, 得到了相变转变温度。教学实践表明: 该变温四探针能够很好的满足关于半导体材料电阻率与温度变化关系实验测量的教学大纲要求, 取得了良好的教学效果。

关键词: 四探针 电阻率 变温测量 教学效果

中图分类号: TH162.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-098X(2011)01(c)-0122-02

Design of Temperature Controlling Four-probe Tester and its Practice on Undergraduate Course Teaching

Li Binbin

(College of material science and technology, Nanjing university of aeronautics and astronautics, Nanjing Jiangsu, 210016, China)

Abstract: For the purposes of measuring semiconductor conductivity on variable temperature, meeting the requirements of undergraduate teaching of the semiconductor material, a temperature controlling four-probe tester was developed according to a room-temperature four probe tester and a constant temperature heating station, with the temperature range from room temperature to 300 °C. The thermal phase change material vanadium dioxide was prepared by magnetron sputtering, and measured by the self-assembly temperature controlling four-point probe tester. Teaching practice shows that the temperature controlling four-point probe tester can reach the requirement of teaching outline and test the relation between resistivity and temperature of semiconductor materials.

Key Words: Four probe tester; Electrical resistivity; Temperature controlling ;the effect teaching

半导体材料已成为微电子学、光电子学、磁电子学、传感器、太阳能利用等新兴学科的材料基础。《半导体材料》课程比较全面的介绍了半导体材料的基本概念、以及制备方法。通过本课程的学习, 要求学生掌握半导体材料的基本概念, 以及各种制备方法, 扩大学生的知识面, 培养学生解决实际工程技术问题的能力, 为以后的科研工作打好基础。

电学性能是半导体材料区别金属材料 and 绝缘体材料的主要特征, 因而测量半导体材料的电学性能是必备的表征手段。原先的《半导体材料》课程教学大纲中, 没有涉及半导体材料电阻率测量的实验教学环节。新修订《半导体材料》课程教学大纲中, 半导体材料电阻率与温度关系测量实验教学是主要的实验教学内容。

四探针测量仪具有测试原理简单、测试精度高、简单快捷的优点, 在半导体技术中得到了广泛的应用, 已经成为半导体生产工艺中应用最为广泛的工艺监控手段之一。半导体材料的电学性能与温度密切相关, 一般来说, 半导体材料的导电能力随

温度升高而迅速增加, 即半导体的电阻率具有负的温度系数。而某些热致相变材料在转变点温度时电阻率会发生急剧变化, 比如二氧化钒在68℃附近发生半导体与金属结构相变^[1,2]。

本论文的目的在于利用现有的室温四探针测试仪和恒温加热台, 开发一台变温四探针测试仪, 开展半导体材料电阻率与温度关系的测试实验教学。通过磁控溅射法制备二氧化钒薄膜, 开展电阻率与温度关系的实验教学, 实践表明: 该变温四探针能够很好的满足关于半导体材料电阻率与温度变化关系实验测量的教学大纲要求, 取得了良好的教学效果。

1 变温四探针测试仪的开发

1.1 室温四探针测试仪

实验室现有的室温四探针测试仪, 型号为KDY-1四探针测量仪, 属于直线型测试方法。四点探针的原理见图1所示, 四个探针(1,2,3,4)等距(间距为S)排成一条直线, 给探针施加一定的压力, 使其垂直的压在一块样品的表面。外侧的两个探针(1,4)之间施加精密恒流电流I, 中间的两个探针(2,3)之间接高精度数字电压表U。

如果样品的尺寸与探针间距大小相比都可视为无限大, 探针1与样品表面接触可以看成是点电源, 根据拉普拉斯方程, 可以得到距离探针1(点电源) r处的电势为

$$V(r) = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi r} \quad (1)$$

探针2处的电势差应为探针1和探针4两个极性相反电流源的共同作用:

$$V_{(2)} = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{1,2}} - \frac{1}{r_{4,2}} \right) \quad (2)$$

探针3处的电势差同样应为探针1和探针4两个极性相反电流源的共同作用:

$$V_{(3)} = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{1,3}} - \frac{1}{r_{4,3}} \right) \quad (3)$$

所以, 探针2和探针3两点间的电势差为:

$$V_{2,3} = V_{(2)} - V_{(3)} = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{1,2}} - \frac{1}{r_{4,2}} - \frac{1}{r_{1,3}} + \frac{1}{r_{4,3}} \right) \quad (4)$$

由于直线型四探针间距相等, 都为S, 代入(4)中, 因而

$$V_{2,3} = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi} \left(\frac{1}{S} - \frac{1}{2S} - \frac{1}{2S} + \frac{1}{S} \right) = \frac{\rho I_{1,4}}{2\pi S} \quad (5)$$

因而知道电流 $I_{1,4}$ 、电压 $V_{2,3}$ 、探针间距S, 就可以计算出半导体薄膜的电阻率^[3,4]。

实验现有的恒温加热台型号为AZY1010, 加热功率1000W, 平台尺寸10cm*10cm, 温度范围: 室温-300℃, 温度精度为1℃。

1.2 变温四探针测量仪

为了实现变温测量, 需将样品放在恒温加热台上进行加热和控温。由于现有四探针探头和测量底座的最大高度只有10cm, 而恒温工作台的整体高度达到20cm, 超过了探头导轨的最大高度。因而重新加工了一个30cm高的导轨, 这样恒温加热工作台就可以整体放入探头的正下

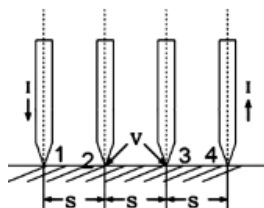


图1 直线型四探针示意图

①作者简介: 李斌斌(1978, 7—), 男, 汉, 江苏南京, 博士, 讲师, 半导体材料。

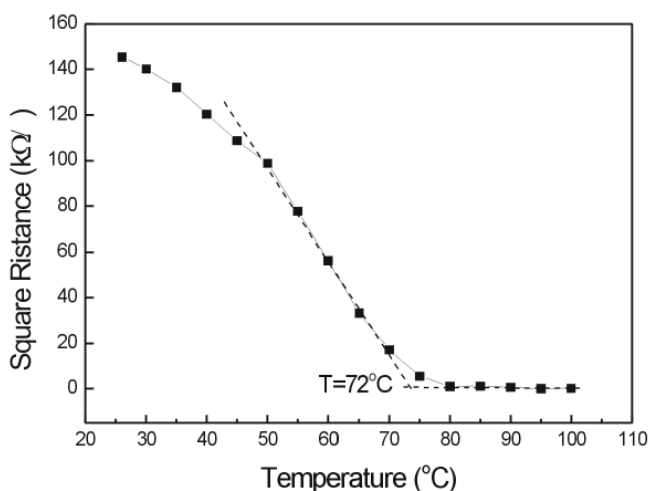


图2 二氧化钛薄膜的方块电阻与温度的关系曲线

方,样品放在恒温加热台,实现变温测量。

为了开展半导体材料电阻率与温度关系的测量实验教学,本文利用磁控溅射法制备了二氧化钛薄膜,并测量二氧化钛薄膜电阻率与温度的变化关系。

2 实验教学实践

2.1 二氧化钛薄膜的制备

本文采用MSIB-6000型磁控溅射设备制备二氧化钛薄膜,衬底为石英片,靶材选用高纯二氧化钛靶材,靶材直径为60mm,厚度为3mm。实验的具体参数如下:背底真空度 1×10^{-4} Pa,溅射功率100W,溅射气压0.5Pa,氩气流量30sccm,溅射时间30min,衬底温度300°C。溅射前先用有机溶剂对石英片超声清洗10min,再用去离子水清洗10min,

然后用氮气吹干。沉积薄膜前对靶预溅射5min,以去除靶表面的杂质。

2.2 半导体材料电阻率与温度关系的实验教学

利用自制的变温四探针测试仪,开展了二氧化钛薄膜电阻率与温度关系的实验教学。由于二氧化钛薄膜的相变转变温度在70°C左右,本实验教学的温度变化从室温到100°C,每隔5°C测量一次电导率。第一个测量点室温为26°C,第二个测量点为30°C,第三个测量点为35°C,一直到100°C。对于每个测量温度点,要求温度到后,恒温等待5min后,再开始测试电阻率。测试结果如图2所示。

从图2中可以看出,随着温度的升高,二氧化钛薄膜的方块电阻先迅速降低,然后趋于平缓。利用两段趋势的外延线相

交,测量出二氧化钛材料的相变转变温度约为72°C,与文献中报道的相变转变温度基本吻合。通过教学实践表明:该变温四探针能够很好的满足关于半导体材料电阻率与温度变化关系实验测量的教学大纲要求,取得了良好的教学效果。

3 结论

根据《半导体材料》课程新修订教学大纲的需求,利用现有一台室温四探针测试仪和一台恒温加热台,自组装了一台变温四探针电导率测量仪,并通过磁控溅射法制备二氧化钛材料,开展了半导体材料的电导率与温度关系的实验教学。教学实践表明:该变温四探针能够很好的满足关于半导体材料电阻率与温度变化关系实验测量的教学大纲要求,取得了良好的教学效果。

参考文献

- [1] 宋婷婷,何捷,林理斌,等.氧化钒晶体的半导体至金属相变的理论研究[J].物理学报,2010,59(9):第59卷第9期,6480-6485.
- [2] 柯才军,陈西曲.金属-半导体转变的研究现状及应用前景[J].材料科学与工程,2009,9(15):4398-4420.
- [3] 刘新福,孙以材,刘东升.四探针技术测量薄层电阻的原理及应用[J].半导体技术,2004,29(7):48-52.
- [4] 翟俊学,张保岗,张萍,等.变温/变压四探针测试仪的研制与应用[J].实验室研究与探索,2011,30(3):27-29.

(上接121页)

靠政府和高校仍然是远远不够的,我们的社会也有责任和义务对贫困大学生实施帮助。我们应该充分发动社会各方的力量为贫困大学生提供多种形式的资助。

例如,政府和可以发动一些爱心企业为贫困大学生的资助问题进行捐款,然后把这些捐款全部集中起来,建立一个贫困大学生助学基金,去帮助那些需要资助的贫困大学生。这个基金建立之后,每年都需要动员爱心企业为该基金注资,进而让这个基金更加庞大,从而更加有效的发挥其对大学生资助的重要作用。这里需要注意的是:为了让这个基金能够全部用于贫困大学生的资助,相关部门还需要对其用途进行严格的监督,尤其是那些捐资的企业更要对其进行严格监督,以防基金被挪它用。

为了倡导更多的企业和个人对贫困大学生进行资助,相关的媒体也应该出一份力,诸如媒体可以为资助贫困大学生造势。对于部分贫困大学生的生活和学习情况进行报道,让更多的人了解贫困大学生的艰辛生活,从而引导更多的企业、单位和个人参

与到资助贫困大学生的队伍当中。

除此之外,贫困大学生利用课余时间打工的时候,相关人士也应该对其进行尽可能的照顾。为其安排的工作不应该与他们的学业产生冲突。这是一种爱心的表现,更是对贫困大学生的一种最为直接的资助。为了让大学生可以更好的利用课余时间打工,社会上一些爱心企业也可以到学校去直接招聘贫困大学生到其企业工作,从而让贫困大学生可以有更多的经济收入,减轻他们贫困的生活状况。相信在社会全体企业和人士的关心、帮助之下,我们的贫困大学生一定会得到更多更好的资助,从而帮助更多的贫困大学生顺利完成学业。

4 结语

总而言之,贫困大学生在我们的社会中一个弱势群体,他们正处于获取知识的关键时期,他们更需要获得各方的资助来完成学业。如果因为经济上的困难而影响贫困大学生的正常学习甚至是辍学,这不仅对于我们贫困大学生本身来说是一种悲哀,对于我们的整个社会来说更是一种悲哀。因此,

我们必须不断完善贫困大学生的资助体系,从各个方面作出努力,让贫困大学生可以获得更多的资助。正所谓:一方有难八方支援,希望我国能够不断完善贫困大学生的资助体系,为贫困大学生的学习提供更多的资助,让他们更多的体会到国家、高校以及社会的关爱之情!

参考文献

- [1] 刘礼明.关于构建贫困生社会化资助体系的思考[J].煤炭高等教育,2003(6).
- [2] 糜静.资助高校贫困生的现状及对策建议[J].山西统计,2002(1).
- [3] 牛彦绍.中国高校学生资助体系中存在的四对矛盾[J].河南工业大学学报(社会科学版),2007(1).
- [4] 孙文范.浅谈高校家庭经济困难大学生资助体系建设[J].中国电力教育,2007(9).
- [5] 沈江.关于完善我国大学生资助体系与方式的探讨[J].教育与职业,2008(5).
- [6] 张民选.关于大学生资助政策发展的比较研究[J].教育研究,2007(4).