

[文章编号] 1004-0609(2002)05-0925-06

工业 VO₂ 薄膜的电阻突变及其稳定性^①

杨绍利¹, 徐楚韶¹, 陈厚生², 胡再勇¹

(1. 重庆大学材料科学与工程学院冶金系, 重庆 400044; 2. 攀枝花钢铁研究院综合室, 攀枝花 617000)

[摘要] 以工业 V₂O₅ 为原料, 采用热分解法和还原法制备工业 VO₂ 薄膜。研究了制备工艺参数对电阻突变的影响及其在自然放置条件下的稳定性。结果表明: 1) VO₂ 薄膜的电阻突变达到了 2.0~3.4 个数量级, 突变温度约为 35 °C, 比纯 VO₂ 薄膜突变温度约低 33 °C; 2) 石英玻璃上的 VO₂ 薄膜的电阻突变数量级比普通玻璃上的大; 3) H₂ 还原法制备的 VO₂ 薄膜电阻突变数量级比 N₂ 热分解法制备的大; 4) 在自然放置条件下短时间内 VO₂ 薄膜可承受连续、反复多次的电阻突变, 其突变数量级降低不多, 突变温度滞后几乎没有变化; 5) 同等条件下石英玻璃上的 VO₂ 薄膜的电阻突变数量级降低较小、稳定性较好。

[关键词] V₂O₅; VO₂; 薄膜; 电阻; M-S 相变

[中图分类号] TB 43; TN 304.055; O 614.51

[文献标识码] A

VO₂ 薄膜是一种功能材料, 具有独特的结构。纯 VO₂ 晶体薄膜有两种结构(相), 在 68 °C 发生相变, 即由低温条件下的单斜金红石结构(半导体相)迅速转变为高温条件下的四方金红石结构(金属相), 此相变称之为金属-半导体相变(简称 M-S 相变)。由于相变前后的结构不同导致其电学、光学等性能的突变, 因此可以预见其应用前景将十分广阔^[1~4], 如应用于太阳能温度控制装置、激光致盲武器防护装置、电学和光学开关材料、光盘材料、全息存储材料、透明的导电材料、光学数据存储材料、可变反射镜、晶体管电路和石英振荡器等稳定化的恒温槽、辐射测热装置和热敏电阻等^[5]。

对纯 VO₂ 晶体薄膜相变特性的研究, 在国内外已经引起了广泛的关注, 并在试验室成功开发了 VO₂ 薄膜多种制备方法, 如磁控溅射法^[1]、反应蒸镀法^[2]、真空蒸发法^[3]、化学气相沉积法^[4]、激光剥离法^[6]、溶胶-凝胶法^[7~12]等, 但目前为止, 国内外学者均以纯金属钒或纯 V₂O₅ 或纯含钒有机化合物为原料来制备纯 VO₂ 薄膜, 原料价格昂贵, 其来源受到很大限制, 难以实现产业化。纯 VO₂ 薄膜的 M-S 相变温度虽为 68 °C, 但在民用和军事上应用时仍偏高。本文作者以价格相对较低的片状工业 V₂O₅ 晶体为原料, 采用 N₂ 热分解法和 H₂ 还原法来制备 VO₂ 薄膜, 并研究其电阻突变性能。为了与一般纯 VO₂ 薄膜相区别, 本文作者所制 VO₂ 薄膜称之为工业 VO₂ 薄膜(简称 VO₂ 薄膜, 下同)。

1 实验

以工业 V₂O₅ 为原料, 其化学成分见表 1。

表 1 工业 V₂O₅ 化学成分(%) 和物理状态

Table 1 Chemical compositions (%) and physical states of industrial V₂O₅

V ₂ O ₅	Si	Fe ₂ O ₃	P	S
98.36	0.198	0.029	0.008	0.021
As	Na ₂ O	K ₂ O	Physical state	
0.005	0.37	0.25	Sheet crystal	

将片状工业 V₂O₅ 晶体在电炉中熔化, 然后倒入蒸馏水中(水淬), 即制成 V₂O₅ 溶胶-凝胶。将 V₂O₅ 溶胶-凝胶用旋转涂膜法或浸渍涂膜法涂覆在普通玻璃衬底(尺寸为 70 mm × 17 mm × 2 mm)和石英玻璃衬底上, 在空气中自然干燥即形成 V₂O₅ 溶胶-凝胶薄膜(简称 V₂O₅ 薄膜, 下同), 将自然干燥后的 V₂O₅ 薄膜放在干燥箱中进行烘干处理(260~270 °C 下恒温 2~3 h)。

采用两种方法制取 VO₂ 薄膜。第一种是 N₂ 热分解法, 即将 V₂O₅ 薄膜放在电阻炉中并向炉内通入纯氮气(≥99.99%), 造成惰性气氛使 V₂O₅ 薄膜热分解, 制取 VO₂ 薄膜。主要反应如下:



热分解反应控制的主要工艺参数为: 在 450 °C 下恒温 5~35 h, 纯 N₂ 流量 1.0 L/min。

① [基金项目] 攀枝花新钢钒股份有限公司(新钢钒)资助项目(编号: 2001 外协 23)。

[收稿日期] 2001-12-24; [修订日期] 2002-03-05

[作者简介] 杨绍利(1963-), 男, 副教授, 博士研究生。

第二种是 H₂ 还原法, 即将 V₂O₅ 薄膜放在电阻炉中, 向炉内通入纯氢气(≥99.9%), 使 V₂O₅ 薄膜被还原, 制取 VO₂ 薄膜。主要反应如下:



还原反应的主要工艺参数控制为: 在 100~300 °C 下恒温 1~5 h, 纯 H₂ 流量 1.0 L/min。

采用两点法在自制的温度-电阻测量装置上测量 VO₂ 薄膜电阻(R) 随温度的变化^[14]。自制温度-电阻测量装置的主要性能参数为: 可调温度范围为 0~150 °C, 温度控制精度: ±1 °C; 数字式测阻仪(UN1-T 型) 测量精度为 0.8%~1.1%。经用四点法(四探针法) 校正, 两者相差在 3% 以下, 比较可靠; 用日本理学 D/MAX-1200 型全自动 X-射线衍射仪(XRD) 检测还原前后薄膜中的 V⁵⁺、V⁴⁺ 及其它等主要成分。用日本产扫描电子显微镜(SEM, KYKY AMRAY 型) 测试薄膜的微观形貌。

2 结果及分析

2.1 V₂O₅ 薄膜颜色的变化

表 2 所示为经不同条件热分解后薄膜的形态。从表 2 以及实验所测得的大量数据中可知: 在选定的影响 V₂O₅ 热分解和还原成 VO₂ 的主要因素(如温度、保温时间等) 中, 温度的影响最大, 并且是实验成败的关键。

优选后热分解温度为 400~450 °C, 还原温度为 100~300 °C, 热分解时间为 10~30 h, 还原时间为 1~3 h。用以上两种方法由 V₂O₅ 薄膜制取 VO₂ 薄膜时, 其颜色均经历了由黄褐色变为浅黄褐色、浅黄绿色、绿色、褐绿色、浅墨绿色、墨绿色的变化, 但均呈透明状态。

2.2 V₂O₅ 薄膜成分的变化

图 1 所示为石英衬底上 V₂O₅ 薄膜和 H₂ 还原法制得 VO₂ 薄膜(N₂ 热分解法与此类似) 的 XRD 检测结果。从图 1 可知:

1) 未还原的 V₂O₅ 薄膜 XRD 图谱中 V₂O₅ 特征峰非常明显, 未出现 VO₂ 特征峰, 证明是以 V₂O₅ 为主要成分, 而没有 VO₂。但同时也存在少许如 V₄O₉、NaVO₄·1.9H₂O 等钒化合物, 故亦可称之为工业 V₂O₅ 薄膜。

2) 还原后的 V₂O₅ 薄膜 XRD 图谱中出现了明显的 VO₂ 特征峰, 已经没有 V₂O₅ 特征峰, 证明被 H₂ 还原后有 VO₂ 生成, 同时与所含杂质生成了少许其它钒化合物, 如 V₅O₉、V₄O₉、V₆O₁₁、V₇O₁₃ 及

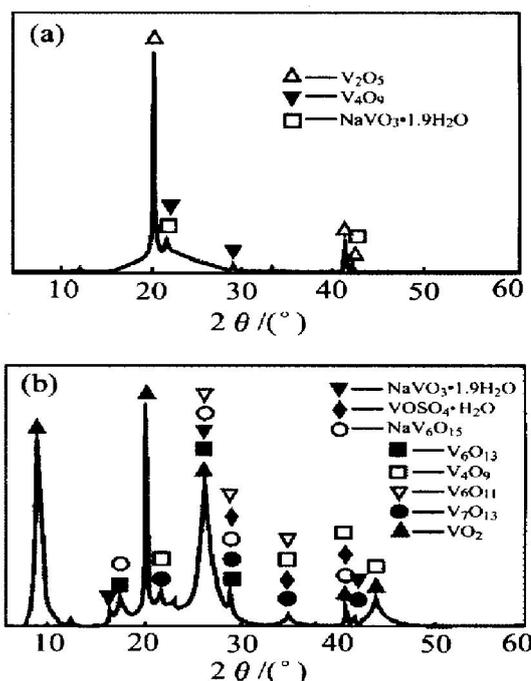


图 1 XRD 检测结果

Fig. 1 Results of XRD tests
(a) —V₂O₅ film; (b) —VO₂ film

NaV₆O₁₅ 等。因此作者所制的 VO₂ 薄膜是一种以 VO₂ 为主要成分同时含有少许其它钒化合物的 VO₂ 薄膜, 故称之为工业 VO₂ 薄膜。

2.3 VO₂ 薄膜的电阻突变及其主要影响因素

图 2 所示为 4 种典型的 VO₂ 薄膜样品的电阻突变情况。从图 2 中可见:

1) 普通玻璃上和石英玻璃上的 VO₂ 薄膜均具有明显的电阻突变特征。在突变温度区间内随着温度的变化其电阻发生突变, 电阻突变为 2.0~3.4 个数量级, 可以认为达到了国内外用纯含钒原料制备的 VO₂ 薄膜的电阻突变水平^[2, 8, 12, 13], 证明作者所给出的制备方法是比较好的。

2) VO₂ 薄膜的电阻突变温度区间均为 30~40 °C、突变温度为 35 °C 左右, 比纯 VO₂ 薄膜的突变温度降低了约 33 °C, 非常接近于室温。这主要是由于所含杂质的综合影响所致。因为工业 V₂O₅ 中含有 Na₂O、K₂O、Si、Fe、P、S、As 等杂质, 这些杂质进入 VO₂ 薄膜中将取代 V⁴⁺ 的位置, 因此在一定程度上影响 VO₂ 薄膜的晶体结构参数。由表 1 可知, 残留在 VO₂ 薄膜中的杂质以 Na、K 居多, Si、Fe 次之, P、S、As 相对最少。其中 Na、K 分别以 Na⁺ 和 K⁺ 形式存在, 泡令(Pauling) 离子半径分别为 0.98 Å 和 1.33 Å; Si、Fe 应该以 Si⁴⁺ 和 Fe³⁺ 形式存在, 相应的 Pauling 离子半径分别为 0.41 Å 和 0.67 Å;

表 2 不同热分解条件下的薄膜形态

Table 2 Forms of thin film under different thermal decomposition conditions

Thermal decomposition conditions	350 °C, 8 h; 400 °C, 5 h	450 °C, 5~ 8 h	480 °C, 3~ 5 h	520 °C, 3~ 5 h
Forms of thin film	From yellowish brown color to shallow yellow-green, appearance is intact, V ₂ O ₅ does not volatilize.	From yellowish brown color to light green, appearance is intact, V ₂ O ₅ does not volatilize basically.	After 3 h few V ₂ O ₅ volatilize, after 5 h the most of V ₂ O ₅ have volatilized, therefore it has been not complete thin films.	After 3 h V ₂ O ₅ has volatilized in large quantities, after 5 h it has volatilized completely, only a little residues can not volatilize on substrates.

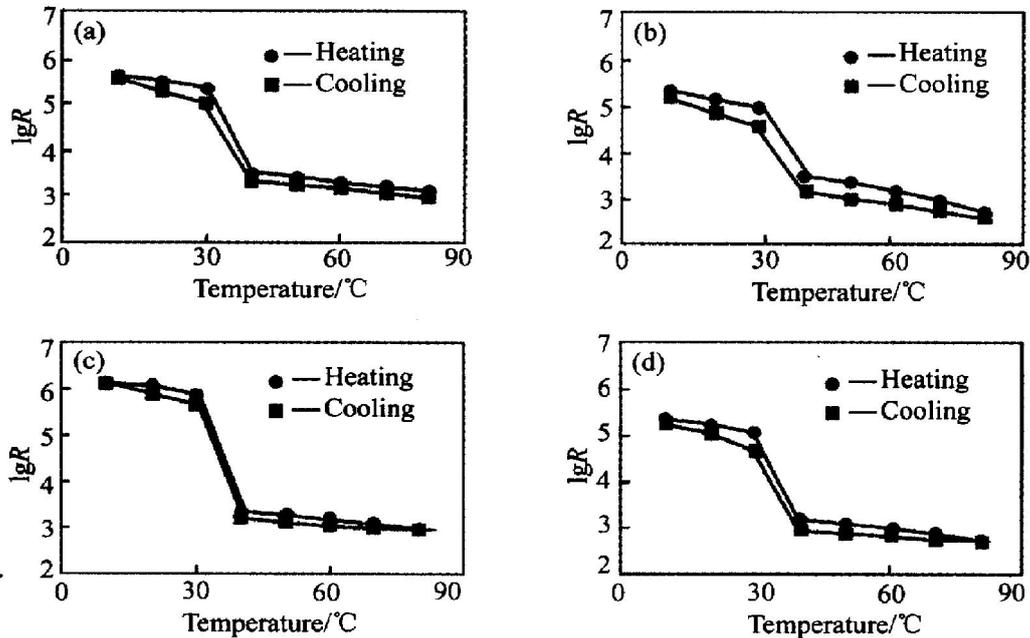


图 2 VO₂ 薄膜电阻突变

Fig. 2 Suddenly changing of VO₂ thin films' resistance

- (a) —Ordinary glass as substrate and H₂ reduction method;
- (b) —Ordinary glass as substrate and N₂ thermal decomposition;
- (c) —Quartz glass as substrate and H₂ reduction method;
- (d) —Quartz glass as substrate and N₂ thermal decomposition method

而 V⁴⁺ 的同种半径为 0.60 Å^[5]。因此 Na⁺、K⁺ 和 Fe³⁺ 的半径大于 V⁴⁺，Si⁴⁺ 的半径小于 V⁴⁺。由于 Na⁺、K⁺ 和 Fe³⁺ 的半径大于 V⁴⁺，所以它们在 VO₂ 薄膜中取代部分 V⁴⁺ 的位置后，将导致一部分 V—V 键强行伸长，同时由于 Si⁴⁺ 的半径小于 V⁴⁺，将导致一部分 V—V 键强行缩短。又因 Na⁺、K⁺、Fe³⁺ 这 3 种离子的残留量之和较 Si⁴⁺ 多得多，较 P、S、As 之和也多得多，故起主要作用，致使 V—V 键在总体上强行伸长。因此在升温过程发生电阻突变时只需较低的温度即可使 V—V 键伸长到没有杂质时的状态，即电阻突变温度降低；而在冷却过程发生电阻突变时，需将温度降得更低才能使强行伸长了的 V—V 键收缩到没有杂质时的状态，即也在较低的温度下发生电阻突变。

3) 衬底材质对 VO₂ 薄膜电阻突变数量级有较大影响：在同等条件下，普通玻璃上 VO₂ 薄膜电阻

突变数量级小于石英玻璃上的电阻突变量级。如采用 H₂ 还原法时，在普通玻璃衬底上电阻突变约为 2.1 个数量级(图 2(a))，在石英玻璃衬底上电阻突变约为 3.4 个数量级(图 2(c))；采用 N₂ 热分解法时在普通玻璃衬底上电阻突变约为 2.0 个数量级(图 2(b))，在石英玻璃衬底上电阻突变约为 2.5 个数量级(图 2(d))。这主要是因为石英玻璃的透光性能非常好，对其上 VO₂ 薄膜热辐射吸收的影响非常小，其上的 VO₂ 薄膜可直接地、最大限度地吸收热辐射，所以更有利于发生 M—S 相变。

4) 制备方法对 VO₂ 薄膜电阻突变数量级也有较大影响：同等条件下采用 H₂ 还原法时的 VO₂ 薄膜电阻突变数量级比采用 N₂ 热分解法时的要大。这是因为 H₂ 是一种非常活泼的还原性气体，式(2)的反应开始温度较低，容易生成 VO₂，而式(1)的反应开始温度则相对较高，生成 VO₂ 相对较为困难。薄膜中的 VO₂ 成分越多则其电阻突变数量级

越大。

综上所述, H_2 还原法制备的 VO_2 薄膜电阻突变数量级比 N_2 热分解法制备的大, 所需要的反应温度较低、时间较短, 即 H_2 还原法耗能较低、效率较高, 是一种较好的由 V_2O_5 制备 VO_2 薄膜的方法。

2.4 薄膜的微观形貌

图3所示为 V_2O_5 薄膜和 VO_2 薄膜的 SEM 检测结果。从图3中可以看出: V_2O_5 薄膜和 VO_2 薄膜中的颗粒形状不同, V_2O_5 薄膜中的颗粒呈针状, 堆积比较紧密; 而 VO_2 薄膜中的颗粒为近球状, 且呈疏松孔洞结构, 这与文献[9]所得结果非常相近。在试验过程中发现, 热分解时间或还原时间越长以及温度越高, 则越容易出现疏松孔洞结构。这可能是由于随着时间的延长和温度的升高, 薄膜不断地失去氧, 晶体结构也不断地发生变化, 同时有一部分 V_2O_5 及可挥发的杂质挥发掉, 导致紧密程度下降, 出现疏松孔洞结构。并且还发现疏松孔洞结构的出现有利于提高其电阻突变数量级。

2.5 VO_2 薄膜电阻突变温度滞后规律

VO_2 薄膜存在电阻突变温度滞后现象也是该薄膜的一个重要特点。所谓电阻突变温度滞后是指薄膜升温 and 降温过程中的电阻突变温度之差。对于 VO_2 薄膜来说, 电阻突变温度滞后具有十分重要的意义, 尤其是在光学数据存储方面的应用中, 突变温度滞后大小是十分重要的性能参数。

从图2及其它大量的试验结果中, 可得出如下规律:

1) 当电阻突变数量级较大时, 则其突变温度滞后较小, 反之则较大。如图2(c)中电阻突变数量级约3.4, 突变温度滞后几乎为 $0\text{ }^\circ\text{C}$, 而图2(b)中电阻突变数量级约2.0, 突变温度滞后约为 $4\text{ }^\circ\text{C}$; 当电阻突变数量级处于两者之间时, 其突变温度滞后介于 $0\sim 4\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。这是因为电阻突变数量级较大的 VO_2 薄膜在发生 M-S 相变时受阻较小, 转变迅速, 因而突变温度滞后较小; 而电阻突变数量级较小的 VO_2 薄膜在发生 M-S 相变时受阻较大, 需要较长时间才能完成转变过程, 导致了突变温度滞后较大。

2) 衬底材质对突变温度滞后有较大影响: 石英玻璃上 VO_2 薄膜的电阻突变温度滞后小于普通玻璃上的电阻突变温度滞后。其原因应与衬底材质对电阻突变数量级的影响相同。

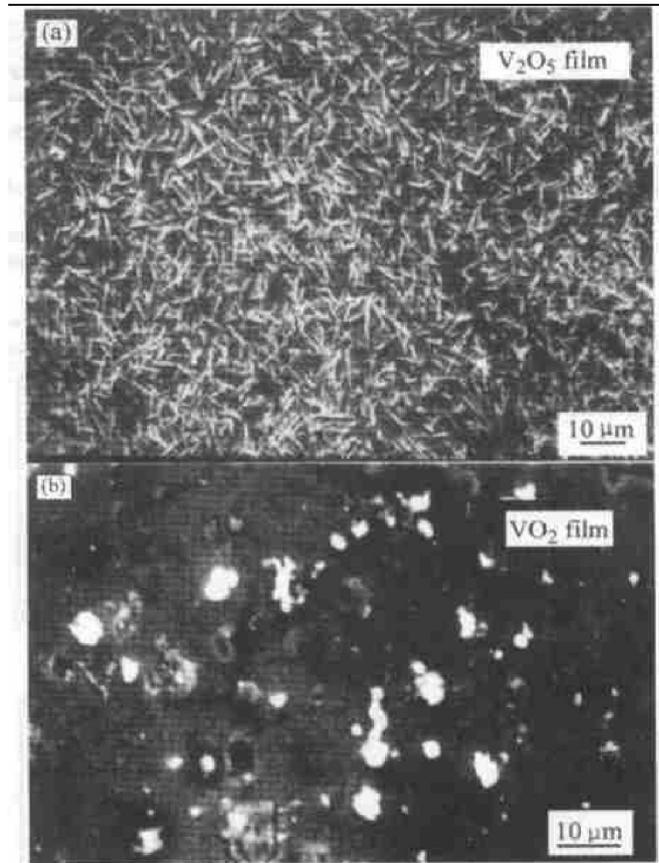
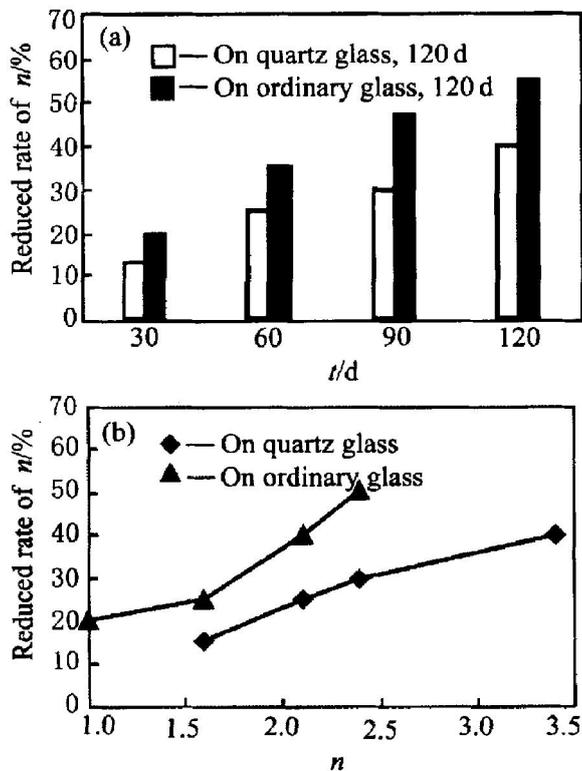


图3 薄膜的 SEM 微观形貌
Fig.3 SEM morphologies of thin films

3 VO_2 薄膜电阻突变稳定性

所谓电阻突变稳定性, 是指由于各种外部因素的影响或长期反复相变后其电阻突变数量级(n)的稳定程度, 是一个非常重要的应用性能指标, 可用 n 的变化率来表示。目前尚未见此方面的研究报道。本文作者初步研究了所制 VO_2 薄膜的电阻突变稳定性。值得一提的是: 刚刚制好的 VO_2 薄膜在短时间(如 $48\sim 72\text{ h}$)内可经受连续、反复多次的 M-S 相变, 电阻突变数量级大小及其突变温度滞后几乎没有变化。但是, 在长期自然放置条件下其电阻突变稳定性会发生变化。图4(a)为不同衬底上 VO_2 薄膜在空气中裸露放置时间对其电阻突变数量级降低率的影响, 图4(b)为电阻突变数量级大小与其降低率的关系。

从图4中可以得出: 1) 随着放置时间的延长, 薄膜电阻突变数量级降低率增大, 特别是在普通玻璃衬底上降低率增大得较多。如放置3个月时, 其降低率在 $30\%\sim 50\%$, 放置4个月时, 其降低率在 $40\%\sim 60\%$; 2) 当电阻突变数量级较大时, 则在相同的放置时间内其降低率较大, 同样也是在普通玻璃上降低得更多。因此, 石英衬底上 VO_2 薄膜的电

图 4 VO₂ 薄膜电阻突变稳定性Fig. 4 Stability of suddenly changing of resistance of VO₂ thin films

阻突变稳定性好于普通玻璃衬底。造成 VO₂ 薄膜电阻突变数量级下降的原因可能有两个: 一是 VO₂ 薄膜在空气中放置过程中被氧气缓慢地氧化成 V₂O₅, 使 VO₂ 成分含量减少, 同时伴随着部分晶体结构的改变; 二是 VO₂ 薄膜吸收空气中的水(湿)分而使其成分和结构发生一定的变化。因此实际应用时很有必要对 VO₂ 薄膜采取保护措施。如将 VO₂ 薄膜保存在干燥的地方, 防止其吸水, 从而减少水(湿)分的影响; 或在其表面再涂覆或粘贴一层保护层, 或采用复合膜等措施防止其成分和结构发生变化, 保持其电阻突变的稳定性。对此尚需做进一步的研究。

4 结论

1) XRD 结果表明: 经 N₂ 热分解和 H₂ 还原后 V₂O₅ 薄膜变成了 VO₂ 薄膜, 同时与所含杂质新生成了少许其它钒化合物。

2) 所制 VO₂ 薄膜均具有明显的电阻突变特征, 电阻突变达到了 2.0~3.4 个数量级, 达到了国际上用纯含钒原料制备 VO₂ 薄膜的电阻突变水平; 突变温度区间为 30~40 °C, 突变温度约为 35 °C,

比纯 VO₂ 薄膜的相变温度降低了约 33 °C, 非常接近于室温。

3) 在同等条件下, 石英玻璃上 VO₂ 薄膜电阻突变数量级大于普通玻璃上的电阻突变数量级; H₂ 还原法制备的 VO₂ 薄膜电阻突变数量级大于 N₂ 热分解法制备的 VO₂ 薄膜电阻突变数量级; H₂ 还原法制备 VO₂ 薄膜耗能较低、效率较高, 是一种较好的由 V₂O₅ 制备 VO₂ 薄膜方法。

4) 当 VO₂ 薄膜电阻突变数量级较大时, 则其突变温度滞后较小, 反之则较大; 石英玻璃上 VO₂ 薄膜的电阻突变温度滞后小于普通玻璃上的电阻突变温度滞后。

致谢

实验过程中得到王万录、孙善长、张明熙、任勤、詹黎明等老师的帮助, 在此表示感谢。

[REFERENCES]

- [1] 崔敬忠, 达道安, 姜万顺. VO₂ 热致变色薄膜的结构和光电特性研究[J]. 物理学报, 1998, (47) 3: 454-460.
CUI Jing-zhong, DA Dao-an, JIANG Wan-shun. Study of structural, electrical and optical properties of VO₂ thermochromic thin films[J]. Acta Physica Sinica, (in Chinese), 1998, (47) 3: 454-460.
- [2] Case F C. Improved VO₂ thin films for infrared switching [J]. Applied Optics, 1991, 30: 4119-4123.
- [3] 卢勇, 林理彬, 邹萍, 等. 1.7MeV 电子束在 VO₂ 热致相变薄膜中引起的结构和光电性能的变化[J]. 功能材料, 2001, 32(5): 525-528.
LU Yong, LIN Li-bin, ZOU Ping, et al. Change of structural, optical and electrical properties in VO₂ thin films induced by electron irradiation with energy of 1.7MeV [J]. Journal of Functional Materials, 2001, 32 (5): 525-528.
- [4] 查子忠, 王骥, 李学春, 等. VO₂ 薄膜对 TEACO₂ 激光响应特性的实验研究[J]. 光学学报, 1996, 16 (8): 1173-1176.
ZHA Zi-zhong, WANG Qi, LI Xue-chun, et al. Experimental study of response properties of VO₂ films to TEA-CO₂ laser [J]. Acta Optical Sinica, (in Chinese), 1996, 16(8): 1173-1176.
- [5] 黄道鑫. 提钒炼钢[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000, 13-14.
HUANG Dao-xin. Draw Chemical of Vanadium and Steel Making [M]. Beijing: Metallurgical Industrial Press, 2000, 13-14.
- [6] 吴召平, 方平安. 二氧化钒薄膜在 α-Al₂O₃ 衬底上的外延生长及其金属-半导体相变特性研究[J]. 无机材料学报, 1999, 14(5): 823-827.

- WU Zhao-ping, FANG Ping-an. Epitaxial growth and phase transition properties of vanadium dioxide thin films on sapphire substrate[J]. Journal of Inorganic Materials, 1999, 14(5): 823-827.
- [7] 陆松伟, 侯立松, 干福熹. 氧化钒薄膜的成分及相转变的研究[J]. 硅酸盐学报, 1991, 19(2): 142-146.
LU Song-wei, HOU Li-song, GAN Fu-xi. Study of the composition and phase transformation of vanadium oxide thin films[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 1991, 19(2): 142-146.
- [8] Speck K R, Hu H S-W, Sherwin M E, et al. Vanadium dioxide films grown from vanadium tetra-isopropoxide by the sol-gel process[J]. Thin Solid Films, 1988, 165: 317-322.
- [9] 尹大川, 许念坎, 张晶宇, 等. 二氧化钒薄膜表面起泡的起因和防止[J]. 西北工业大学学报, 1997, 15(4): 639-643.
YIN Da-chuan, XU Nian-kan, ZHANG Jing-yu, et al. Prevention of blistering in preparation of vanadium dioxide films[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 1997, 15(4): 639-643.
- [10] 尹大川, 许念坎, 刘正堂. VO₂薄膜的主要制备工艺参数研究[J]. 功能材料, 1997, 29(1): 52-58.
YIN Da-chuan, XU Nian-kan, LIU Zheng-tang. Preparation conditions of VO₂ thin films by sol-gel method[J]. Journal of Functional Materials, 1997, 29(1): 52-58.
- [11] 陆松伟, 侯立松, 干福熹. 浸渍法VO₂薄膜的相转变[J]. 材料科学进展, 1991, 19(2): 142-146.
LU Song-wei, HOU Li-song, GAN Fu-xi. Phase transition of VO₂ thin films prepared by dip-coating technique[J]. Materials Science Progress, 1991, 19(2): 142-146.
- [12] Remke R L, Waser R M, Bene R W. The effect of interfaces on electronic switching in VO₂ thin films[J]. Thin Solid Films, 1982, 97: 129-143.
- [13] Kim D H, Kwok H S. Pulsed laser depositions of VO₂ thin film[J]. Appl Phys Lett, 1994, 65(25): 3188-3190.
- [14] 杨绍利, 徐楚韶, 胡再勇, 等. 工业V₂O₅薄膜的导电特性研究[J]. 钢铁钒钛, 2001, 22(4): 45-48.
YANG Shao-li, XU Chu-shao, HU Zai-yong, et al. The study on conduction specificity of industrial V₂O₅ thin films[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, (in Chinese), 2001, 22(4): 45-48.
- [15] 孙作民. 结构化学[M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1990. 294-295.
SUN Zu-min. The Structure Chemistry[M]. Xi'an: Shaanxi Normal University Press, 1990. 294-295.

Suddenly changing of resistance and its stability of industrial VO₂ thin films

YANG Shao-li¹, XU Chu-shao¹, CHEN Hou-sheng², HU Zai-yong¹

(1. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
2. Panzihua Iron & Steel Research Institute, Panzihua 617000, China)

[Abstract] Industrial VO₂ crystal thin films are produced through thermal decomposition method and reduction method with industrial V₂O₅ as raw material. The suddenly changing properties of VO₂ thin films' resistance were tested. The effects of preparation technological parameters on suddenly changing of VO₂ thin films' resistance and its stability at natural condition were studied. The results show that: 1) The suddenly changing of VO₂ thin films' resistance reaches 2.0~3.4 order of magnitude, and the temperature of its suddenly changing is about 35 °C, which is lower 33 °C than that of pure VO₂ thin film; 2) the order of magnitude of suddenly changing of the VO₂ thin films' resistance on quartz glass are larger than those on ordinary glass; 3) the order of magnitude of suddenly changing of the VO₂ thin films' resistance by H₂ reduction method are larger than those by N₂ thermal decomposition method; 4) VO₂ thin films can undergo continuous and repeat the M-S phase transition at natural conditions and in short time, decreasing of order of magnitude of suddenly changing is less, and temperature hysteresis of suddenly changing do not nearly vary; 5) under the same conditions the decreasing of order of magnitude of suddenly changing of VO₂ thin films' resistance on quartz glass is less, and its stability is better.

[Key words] vanadium dioxide; vanadium pentoxide; thin film; resistance; M-S phase transition

(编辑 何学锋)