

掺铝氧化锌的工艺参数对Low-E面电阻的影响

Effect of Magnetron Sputtering Growth Parameters of ZnO:Al on

Surface resistance of Low-E

陈 波

上海耀华皮尔金顿玻璃股份有限公司 上海 201315

摘 要 通过改变ZnAlO靶的氧气量以及溅射功率, 测量Low-E膜层面电阻的变化, 分析掺铝氧化锌薄膜对低辐射镀膜玻璃面电阻的影响。

Abstract By Changing the amount of oxygen and sputtering power of ZnAlO target, measure the surface resistance of Low-E. Analyze the effect of magnetron sputtering growth parameters of ZnO:Al on Surface resistance of Low-E

关键词 ZnAlO 磁控溅射 面电阻

Key words ZnAlO Magnetron Sputtering Surface Resistance

1 引言

离线低辐射镀膜玻璃是利用磁控溅射的方法, 将银和介质化合物(氧化物或氮化物)溅射沉积到玻璃表面, 形成一定的膜层结构, 其中银薄膜是功能膜, 起反射红外线、使玻璃原片的辐射率从84%降低到4%~12%的作用; 介质膜层起调整整个膜系的可见光透射率和干涉色、保护银膜层不被腐蚀和划伤的作用^[1]。

低辐射薄膜的面电阻主要取决于Ag层面的面电阻。磁控溅射Ag膜是以岛状模式形成和成长的。随着膜厚的增加, 由独立的晶核逐渐过渡到小岛阶段, 经过小岛长大和岛的联并直至形成连续薄膜。当Ag层比较薄时, 薄膜是以岛状结构存在的, 有较多的缺陷, 不是连续的薄膜, 此时它的面块电阻很大; 当银膜的厚度逐渐增加时, 薄膜变得逐渐连续, 薄膜的凹凸起伏变小, 趋向平整, 薄膜的面块电阻逐渐下降^[2]。

常用介质膜层有SnO₂、ZnO、TiO₂、NiCrO、Si₃N₄等。其中SnO₂有良好的抗腐蚀性, 但SnO₂薄膜表面粗糙, 很容易被银原子渗透。ZnO有光滑的表面, 可以加速银膜的成核, 得到很好的导电性, 用它作介质层, 可以得到比只用SnO₂的低辐射薄膜有更高的可见光透射率和低的辐射率、传热系数, 它的缺点在于易被SO₂腐蚀^[3]。

本文研究在制备低辐射镀膜玻璃时, 保持银层厚度不变的情况下, ZnAlO靶的工艺参数对薄膜面电阻的影响, 使用表面电阻仪表征薄膜面电阻的变化。

2 实验方法

试验设备: 上海耀皮工程玻璃有限公司TG镀膜线, 实验膜层结构: SnO₂/ZnO/Ag/NiCrO/SnO₂。ZnAlO靶材采用Heraeus生产的掺铝氧化锌旋转靶材, 溅射气体采用纯度为99.99%的Ar、O₂。基片玻璃采用耀皮常熟生产线的6mm白片, 薄膜表面电阻的测量使用STRATOMETER表面电阻仪。

本实验保持Ag功率不改变的情况下, 通过改变ZnAlO靶的各种工艺参数, 用STRATOMETER表面电阻仪分析薄膜面电阻的变化。

- (1) 改变通入ZnAlO靶的氧气的量, 控制ZnAlO靶的氧分压 λ 以5mV变化, 从 $\lambda = 265\text{mV}$ 至 $\lambda = 285\text{mV}$ 测量薄膜面电阻的变化;
- (2) 改变ZnAlO靶溅射功率, 测量薄膜面电阻的变化。

3 结果与讨论

3.1 氧气分压量 λ 的影响

(1) 保持ZnAlO靶溅射功率以及氩气量不变，减少通入的氧气量，控制ZnAl靶的氧分压 λ 以5mV变化，从 $\lambda = 265\text{mV}$ 至 $\lambda = 285\text{mV}$ (λ 越低，氧气量越多； λ 越高，氧气量越低，越接近氧化态至金属态的转变点)，测量薄膜面电阻的变化。

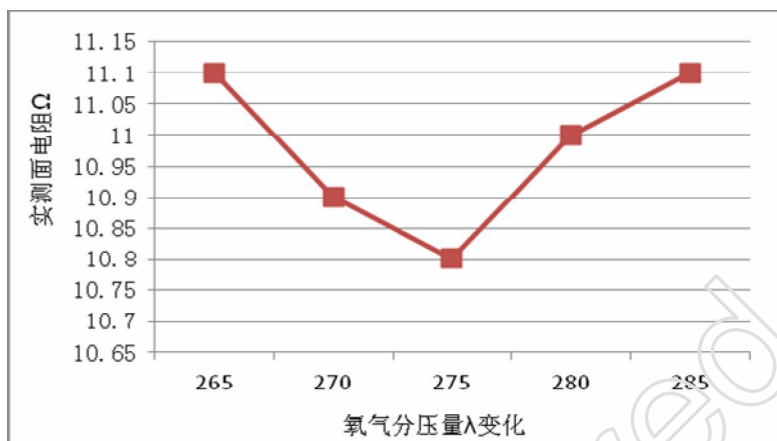


图1 ZnAl功率不变，氧分压 λ 对薄膜面电阻的影响

图1说明ZnAlO靶在过氧的状态以及接近转变点时，薄膜的面电阻是较高的。从过氧状态开始，随着通入的氧气量的减少、氧分压 λ 的增大，薄膜面电阻先降后升。在 $\lambda = 275\text{mV}$ 时，薄膜的面电阻最低。

(2) 考虑到在改变ZnAlO靶通入的氧气量时，靶材的溅射背景气压也有一定的变化，这会同时造成靶材的溅射效率的改变。为了避免ZnAlO靶溅射效率对薄膜电性能的影响，在减少ZnAlO靶通入的氧气量，控制ZnAl靶的氧分压 λ 以5mV变化。从 $\lambda = 265\text{mV}$ 至 $\lambda = 285\text{mV}$ 的同时，对ZnAlO靶的溅射功率做出一定的调整，保持SnO₂/ZnO的总膜厚保持基本一致，即样品玻璃的颜色基本不变。

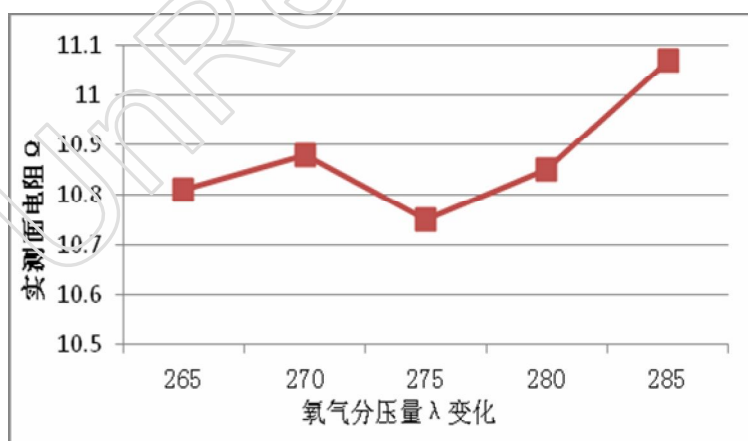


图2 底层膜厚不变，氧分压 λ 对薄膜面电阻的影响

图2说明ZnAlO靶在过氧的状态以及接近转变点时，薄膜的面电阻是较高的。从过氧状态开始，随着通入的氧气量的减少、氧分压 λ 的增大，薄膜面电阻先降后升。在 $\lambda = 275\text{mV}$ 时，薄膜的面电阻最低。

试验表明，在ZnAlO靶的溅射过程中加入一定量的氧气能够有利于ZnO薄膜的生成，减少薄膜的缺陷，有利于改善的膜层的电性能。当氧气量过多时，ZnO薄膜晶粒较小，晶面间距大，薄膜表面较为疏松，从而影响薄膜电性能；而在氧气量较多时，薄膜晶化程度较高，薄膜表面更加致密，有利

于改善薄膜的电性能。氧气量过低时，没有足够的氧气氧化靶材和被溅射的Zn原子，不能生成良好的ZnO晶体，导致薄膜的电性能降低^[4]。

3.2 溅射功率的影响

(1) 保持SnO₂功率不变，增加ZnAlO靶溅射功率，测量薄膜面电阻的变化。

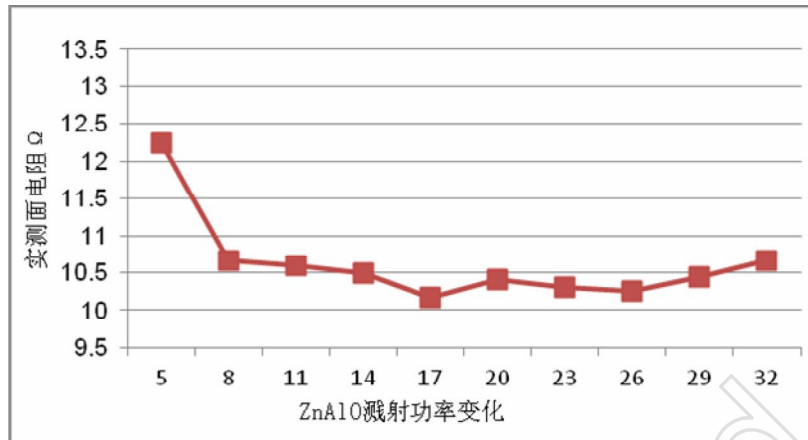


图3 SnO₂功率不变，增加ZnAlO靶溅射功率对面电阻的影响

图3说明在ZnAlO靶溅射功率较低和较高时，薄膜面电阻较差。随着ZnAlO靶溅射功率由低到高，薄膜面电阻先降后升，在ZnAlO靶溅射功率在15kw至26kw之间，薄膜面电阻较低。

(2) 通过ZnAlO靶氧分压 λ 变化的测定，确定 $\lambda = 275\text{mV}$ ，薄膜面电阻最低。因此，控制ZnAlO靶氧分压 $\lambda = 275\text{mV}$ 不变，并且保持SnO₂功率不变，增加ZnAlO靶溅射功率，测量薄膜面电阻的变化。

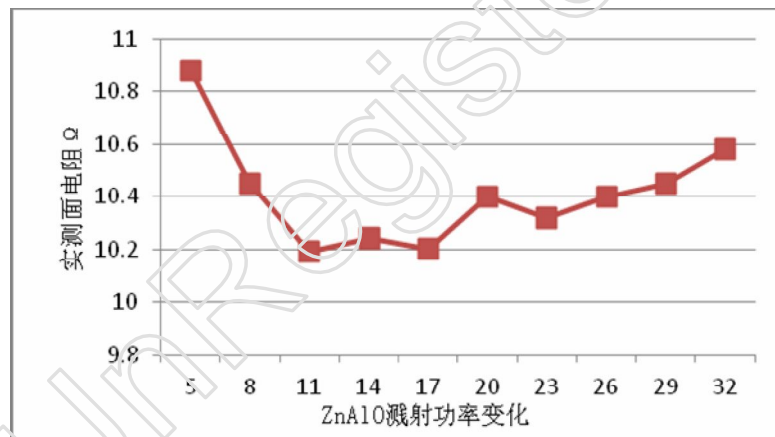


图4 保持ZnAlO靶氧分压 $\lambda = 275\text{mV}$ ，SnO₂功率不变，增加ZnAlO靶溅射功率对面电阻影响

图4说明在ZnAlO靶溅射功率较低和较高时，薄膜面电阻较差。随着ZnAlO靶溅射功率由低到高，薄膜面电阻先降后升，在ZnAlO功率在11kw至23kw之间，薄膜面电阻较低。

试验表明，ZnAlO靶溅射功率增加，导致等离子体密度增加，较多的氩离子以较高的能量撞击靶材使产生的溅射粒子数增加，从而沉积速率得到提高。撞击产生的溅射粒子以较高的能量沉积到基片上形成ZnO薄膜，因此膜层与基片的粘附力以及膜层的致密性都有所提高，另外晶体结构也得到进一步优化，因此随功率增加，薄膜的导电性得到改善。ZnO薄膜在形成过程中不断受到溅射粒子的轰击作用，当ZnAlO靶溅射功率太高时，溅射出来的高能粒子易损害生长的薄膜，从而使晶体结构发生畸变，从而影响薄膜的导电性。

4 结论

采用磁控溅射方法生产低辐射镀膜玻璃时，通过改变ZnAlO靶的功率和氧分压这两个工艺参数，能够辅助改善低辐射薄膜的面电阻。

(1) ZnAlO靶从过氧状态开始,随着通入的氧气量的减少、氧分压 λ 的增大,薄膜面电阻先降后升。在氧分压 $\lambda = 275\text{mV}$ 时,薄膜的面电阻最低。

(2) ZnAlO溅射靶功率由低到高,薄膜面电阻先降后升,ZnAlO靶功率在15kw至23kw之间,薄膜面电阻较低。

参考文献

- [1] 赵青南,马鸣明,董玉红,汪振东,赵修建,高必新.玻璃基Ag膜层厚度与其表面形貌和性能的关系[J].武汉理工大学学报,2009,31(4):76~79.
- [2] 闫金,孙学卿,曲崇,赵银女.纳米Ag夹层ZnO薄膜的光电性能[J].纳米技术与精密工程,2010,8(1):13~15.
- [3] 吴斌.离线Ag基低辐射玻璃的光热学性能及其应用研究[D].上海交通大学,2007.
- [4] 殷胜东,马勇,籍勇亮.磁控溅射制备参数对ZnO:Al电学性能的影响[J].淮北煤炭师范学院学报(自然科学版),2006,27(01):16~20.
- [5] 姜健,巴德纯,闻立时.ZnO:Al薄膜的制备与工艺参数对其电阻率的影响[J].真空,2000,(06):24~28.
- [6] 李微,孙云,何青,刘芳芳,李凤岩.孪生对靶直流磁控溅射制备ZnO:Al薄膜及其特性研究[J].人工晶体学报,2006,35(04):761~765.