

[补充信息]

利用原位压痕技术对原子层沉积 Al_2O_3 超薄纳米薄膜的力学性能表征

刘律宏^{1,2}, 刘燕萍¹, 马晋遥², 桑利军², 程晓鹏², 张跃飞^{2,✉}

1 太原理工大学机械与运载工程学院, 太原 030024

2 北京工业大学固体微结构与性能研究所, 北京 100124

[Supplementary Information]

In-situ Nanoindentation Investigation of Mechanical Properties of Al_2O_3 Ultra-thin Nanofilm Grown by Atomic Layer Deposition

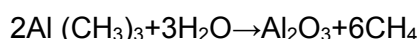
LIU Lv hong^{1,2}, LIU Yan ping¹, MA Jin yao², SANG Lijun², CHENG Xiaopeng², ZHANG Yuefei^{2,✉}

1 School of Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024

2 Institute of Microstructure and Property of Advanced Materials, Beijing University of Technology, Beijing 100124

原子层沉积 Al_2O_3 薄膜制备过程

试验使用本课题组自主搭建的原子层沉积 (ALD) 设备。沉积前将 (111) Si 基片用无水乙醇在 KQ-218 型超声波清洗器中清洗 5min, 吹干后放入沉积反应腔内的基片台上。使用三甲基铝 (TMA) 作为 Al_2O_3 的化学前体, H_2O 蒸气为反应的氧化源, N_2 气体为冲洗气体, 各类气体在 ALD 阀控制下脉冲交替通入反应腔室内, 发生化学反应。腔室以及基片台的温度为 150°C , 保持每个样品薄膜的沉积条件相同。沉积的化学原理是配位替代化学反应。一次反应的完成为一个周期, 循环往复, 逐层增长。每个周期产生 0.16 nm 的 Al_2O_3 薄膜, 周期时间为 50s。配位替代化学反应式为:



权衡函数的计算方法

Jennifer Hay 和 Bryan Crawford 提出的模型中, I_0 、 I_1 权衡函数计算方法如下:

$$I_0 = \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{t}{a}\right) + \frac{1}{2\pi(1-\nu_a)} \left[(1-2\nu_a) \frac{t}{a} \ln\left(\frac{1+(t/a)^2}{(t/a)^2}\right) - \frac{t/a}{1+(t/a)^2} \right] \quad (1)$$

$$\nu_a = 1 - \left[\frac{(1-\nu_s)(1-\nu_f)}{1-(1-I_1)\nu_f - I_1\nu_s} \right] \quad (2)$$

$$I_1 = \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{t}{a}\right) + \frac{t/a}{\pi} \ln\left(\frac{1+(t/a)^2}{(t/a)^2}\right) \quad (3)$$

式中: t 为膜厚, a 为压头接触半径, μ 为剪切模量, 下标 a、s、f 分别表示表观、基底、薄膜。